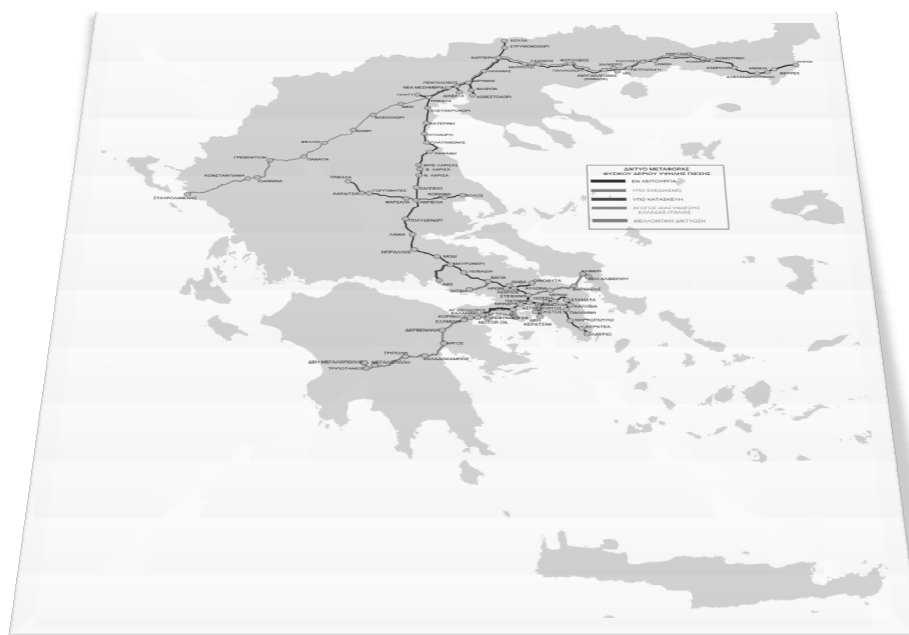


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΜΕΛΕΤΗ & ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟ ΔΗΜΟ
ΛΕΒΑΔΕΩΝ

ΚΑΡΒΟΥΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (Α.Μ.:4553)

2011

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΘΕΩΡΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	4
1.1 ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	4
1.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	4
1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	5
1.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	7
1.5 ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	9
1.6 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	12
1.6.1 Το ΣΥΣΤΗΜΑ (ΔΙΚΤΥΟ) ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	14
1.6.2 Ο ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	15
1.6.2.1 ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	16
1.6.3 Το ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	16
1.7 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ	17
1.7.1 ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	19
1.7.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	20
1.7.3 ΕΜΠΟΡΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	23
1.7.4 ΟΙΚΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	25
1.7.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)	28
1.7.6 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	29
1.8 ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΌΦΕΛΟΣ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ Φ.Α.	33
2.1 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	33
2.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	34
2.3 ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	36
2.3.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ρ , ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ D_g ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΊΞΩΔΕΣ M	36
2.3.2 ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ C_p	36
2.3.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ K	37
2.3.4 ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑ h	37
2.3.5 ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS Re	38
2.3.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ Z	38
2.3.7 ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ K	38
2.3.8 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ F_{PN}	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ & ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	40
3.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	40
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ	41
3.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	44
3.3.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	44
3.3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΓΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΗ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	52
3.3.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΛΙΒΑΔΕΙΑΣ	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΓΡΑΜΜΙΚΗ, ΜΗΤΡΟΪΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Φ.Α.	55
4.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	55
4.2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	56
4.2.1 ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	56
4.2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	57
4.2.3 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ	58

4.3 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΓΩΓΩΝ	59
4.3.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΩΓΟΥ – ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ Κ	59
4.3.2 ΜΗΤΡΩΪΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΓΩΓΟΥ – ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ Κ	61
4.3.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΓΩΓΩΝ	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	68
5.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Φ.Α.	68
5.1.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ & ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	68
5.1.2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΛΑΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	69
5.1.3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ 4 BAR	70
5.1.3.1 ΤΥΠΟΙ & ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΠΟΛΥΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	71
5.1.3.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΓΩΓΩΝ PE 80 ΚΑΤΑ DIN 8074/75	75
5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Φ.Α ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΛΕΒΑΔΕΩΝ	77
5.2.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ m ² ΤΗΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗΣ ΈΚΤΑΣΗΣ	77
5.2.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	80
5.2.3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ ΑΝΤΕΝΝΑ	81
5.2.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΝΑ ΈΞΟΔΟ ΑΝΤΕΝΝΑΣ	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	86
6.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	86
6.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ “AFT ARROW”	86
6.3. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ 1^ο ΔΙΚΤΥΟΥ	89
6.2.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	95
6.2.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ 1 ^ο ΔΙΚΤΥΟ	96
6.3. ΜΕΛΕΤΗ 2^ο ΔΙΚΤΥΟΥ	103
6.4. ΜΕΛΕΤΗ 3^ο ΔΙΚΤΥΟΥ	106
6.5. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110

Κεφάλαιο 1^ο : Θεωρία Φυσικού αερίου

1.1 Το Ελληνικό Φυσικό Αέριο

Το φυσικό Αέριο είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων, σε αέρια κατάσταση. Είναι ένα σύγχρονο αέριο καύσιμο που στην τελική του μορφή αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4 , συνήθως η περιεκτικότητά του σε μεθάνιο κυμαίνεται σε ποσοστά άνω του 90% κατ' όγκο) και σε μικρότερη αναλογία από αιθάνιο (C_2H_6), προπάνιο (C_3H_8), βουτάνιο (C_4H_{10}), πεντάνιο (C_5H_{12}), εξάνιο (C_6H_{14}), επτάνιο (C_7H_{16}) και οκτάνιο (C_8H_{18}). Μπορεί ακόμη να περιέχει προσμίξεις άλλων αέριων καυσίμων όπως είναι το υδρογόνο (H_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ή αδρανείς προσμίξεις όπως το άζωτο (N_2), το διοξείδιο του θείου (SO_2) και κάποιες πολύ μικρές ποσότητες ανόργανων αερίων.

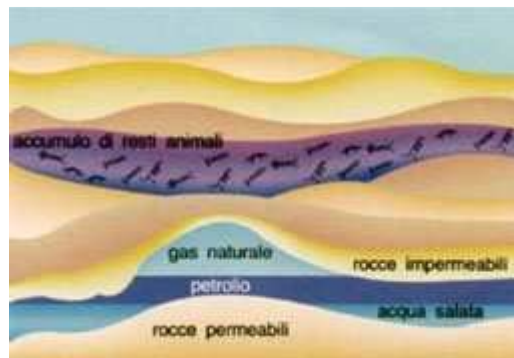
Ειδικότερα το **ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ** ορίζεται ως προς τη σύνθεση και τις ιδιότητες του από το Νόμο 2364/95 ως εξής:

«Φυσικό αέριο ή Αέριο : Καύσιμο, σε κανονικές φυσικές συνθήκες (1,01325 bar, 0 °C ή 273,15 K) αέριο, το οποίο συνίσταται από μίγμα υδρογονανθράκων και εξαγεται από γεωλογικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα, το αέριο αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (τουλάχιστον 75% κατ' όγκο) και από υδρογονάνθρακες υψηλότερου μοριακού βάρους και ενδεχομένως μικρές ποσότητες αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου και ίχνη άλλων ενώσεων και στοιχείων στο οποίο μπορεί να έχουν προστεθεί και οσμωτικές ουσίες. Ως φυσικό αέριο νοείται το ανωτέρω μίγμα σε οποιαδήποτε μορφή και αν περιέλθει, με μεταβολή των φυσικών συνθηκών, όπως συμπίεση, ψύξη ή οποιαδήποτε άλλη μεταβολή»

1.2 Σχηματισμός Φυσικού Αερίου

Εκατομμύρια χρόνια πριν πραγματοποιήθηκαν γεωλογικές καθιζήσεις κατά τη διάρκεια των οποίων τεράστιες ποσότητες οργανικής ύλης εγκλωβίστηκαν μέσα στη γη, συμβάλλοντας στο σχηματισμό πετρωμάτων. Με το πέρασμα των χρόνων, οι υψηλές θερμοκρασίες και οι πιέσεις που αναπτύχθηκαν από τις καθιζήσεις μαζών γης, πυροδότησαν μια σειρά χημικών διεργασιών που είχαν ως αποτέλεσμα τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε υδρογονάνθρακες, οι οποίοι, απορροφούμενοι από πορώδη πετρώματα, δημιούργησαν τα κοιτάσματα. Με μια διαδικασία που διήρκεσε εκατομμύρια έτη, το αέριο τμήμα αυτών των υδρογονανθράκων, διαχωριζόμενο από το βαρύτερο υγρό τμήμα (το γνωστό πετρέλαιο), ανερχόταν προς την επιφάνεια της γης. Κατά την ανοδική του πορεία, το αέριο αυτό τμήμα παγιδεύτηκε μέσα σε ειδικές δομές του υπεδάφους, σχηματίζοντας έτσι τις κοιλάτες Φυσικού Αερίου. Μια απαραίτητη προϋπόθεση για τη συσσώρευση του Φυσικού Αερίου είναι η παρουσία πορωδών πετρωμάτων, τα οποία καλύπτονται από μη διαπερατά πετρώματα, δηλαδή πετρώματα με δομή που εμποδίζει τη διέλευση του. Αυτή η γεωλογική διάταξη δεν παρατηρείται σε ολόκληρο τον γήινο

φλοιό, παρά μόνο σε ορισμένες περιοχές και σε ορισμένα βάθη όπου και συναντάμε το φυσικό αέριο.



Σχήμα 1.1 : Σχηματισμός Φυσικού Αερίου

1.3 Παραγωγή-Προέλευση Φυσικού Αερίου

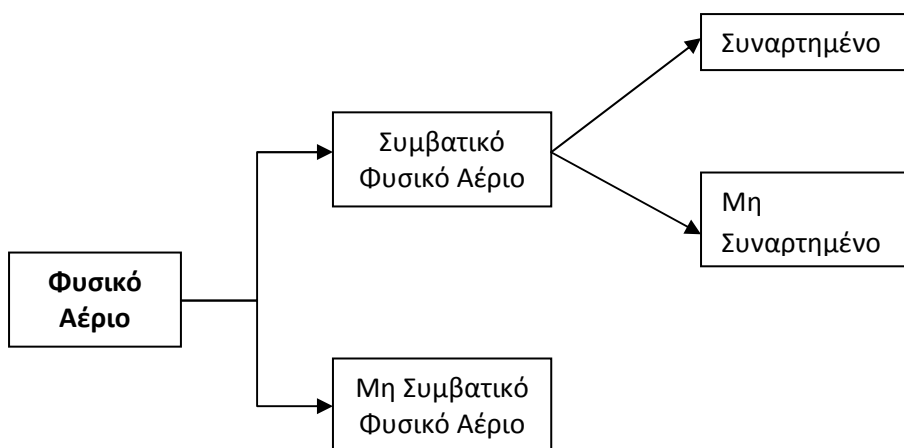
Το Φυσικό Αέριο συναντάται σε υπόγειους σχηματισμούς (κοιτάσματα) με τη μορφή μίγματος αέριων υδρογονανθράκων σε ελεύθερη μορφή ή διαλυμένων στο νερό ή το πετρέλαιο ή απορροφημένων από πετρώματα.

Με κριτήριο τη προέλευση του διακρίνεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- το «συμβατικό», που είναι άμεσα απολήψιμο από γεωτρήσεις (είναι η κύρια μορφή που παράγεται σήμερα) και
- το «μη συμβατικό», που περιέχεται σε άμμους και σχιστόλιθους.

Το «συμβατικό» Φυσικό Αέριο, με τη σειρά του, διακρίνεται σε ότι αφορά τη εκμετάλλευση του:

- στο «συναρτημένο» με το πετρέλαιο, το οποίο είναι παραπροϊόν της άντλησης του πετρελαίου και
- στο «μη συναρτημένο».



Σχήμα 1.2 : Σχηματική Αναπαράσταση Προέλευσης Φυσικού Αερίου

Κατά την πραγματοποίηση μιας γεώτρησης το Φυσικό Αέριο ανέρχεται στην επιφάνεια λόγω της μεγάλης πίεσης. Παρόλα αυτά όμως πάντοτε απαιτείται κάποια μορφή άντλησης για να το παραλάβουμε. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι με αντλίες (Σχήμα 3) οι οποίες φέρνουν στην επιφάνεια πετρέλαιο και Φυσικό Αέριο.

Η ροή του Φυσικού Αερίου από τον ταμιευτήρα μπορεί να βελτιωθεί με την δημιουργία μικροσκοπικών ρηγμάτων μέσα στο πέτρωμα (συνήθως με τη χρήση ρευστού σε υψηλή πίεση) που επιτρέπουν στο αέριο να διαφύγει.



Σχήμα 1.3 : Αντλίες Άντλησης Πετρελαίου-Φυσικού Αερίου

Για την διακρατική μεταφορά του αερίου αλλά και την περαιτέρω διανομή του στο εσωτερικό της χώρας χρησιμοποιούνται αγωγοί υψηλής πίεσης και μεγάλων διαμέτρων, που μεταφέρουν το Φυσικό αέριο σε αέρια μορφή. Παράλληλα γίνεται και διαμετακόμισή του με ειδικά κρουγενικά πλοία ή οχήματα, που μεταφέρουν το Φυσικό Αέριο σε υγροποιημένη μορφή. Τέλος, έχει αρχίσει πρόσφατα η μεταφορά υγροποιημένου αερίου με χρήση αγωγών μεταφοράς.

Οι μεγαλύτερες πηγές Φυσικού Αερίου βρίσκονται στις εξής χώρες:

- Ευρώπη: Ρωσική Ομοσπονδία, Ουκρανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Μ. Βρετανία, Ρουμανία, Γερμανία, Γαλλία.
- Β. Αμερική: ΗΠΑ, Καναδάς.
- Ν. Αμερική: Αργεντινή, Μεξικό, Βραζιλία, Χιλή, Βενεζουέλα.
- Περσικό Κόλπο: Ιράν, Κατάρ, Υεμένη, Ομάν, Η.Α. Εμιράτα.
- Κεντρική Ασία: περιοχή Κασπίας, Καυκάσου.
- Ν.Α. Ασία: Μαλαισία, Ινδονησία, Μπρούνεϊ.
- Β. Αφρική: Αλγερία, Λιβύη, Αίγυπτος.
- Αυστραλία.

Ο παρακάτω πίνακας (πίνακας 1) μας δίνει σύμφωνα με στοιχεία της Oil & Gas Journal για το έτος 2007 τις πιο πλούσιες σε αποθέματα χώρες.

Χώρες με μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου		
Κατάταξη	Χώρα	Εξακριβωμένα Αποθέματα (τρεις κυβικά μέτρα)
1	Ρωσία	1.680
2	Ιράν	974
3	Κατάρ	930
4	Σαουδική Αραβία	250
5	Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	220
6	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	190

Πίνακας 1.1: Χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα Φυσικού Αερίου (πηγή: Oil & Gas Journal)

1.4 Εισαγωγή του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα

Το Φυσικό Αέριο εισάγεται στη Ελλάδα μέχρι στιγμής από:

- τη **Ρωσία** (Gazexport, θυγατρική της Gazprom), μέσω αγωγών μεταφοράς αερίου με σημείο παραλαβής τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) και σε ποσότητα 2,8 δις. m³ ετησίως, μέχρι το 2016, ενώ η εισαγωγή του άρχισε τον Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 1.4: Αγωγοί Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε αέρια φάση

- την **Αλγερία** (Sonatrach), σε υγροποιημένη μορφή (LNG), με ειδικό δεξαμενόπλοιο στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης της νήσου Ρεβυθούσας, στον κόλπο των Μεγάρων. Η ετήσια ποσότητα κυμαίνεται από 0,51 έως 0,68 δις m³ ετησίως, μέχρι το 2020, ενώ η εισαγωγή του άρχισε τον Φεβρουάριο του 2000.
- το **Αζερμπαϊτζαν** (SOCAR). Πρόκειται για μια νέα συμφωνία Ελλάδας – Αζερμπαϊτζαν (Απρίλιος 2011) με τις ποσότητες που θα εισέρχονται στον ελληνικό χώρο να μην έχουν καθοριστεί πλήρως. (Οι Αζέριοι ωστόσο δήλωσαν ότι σκοπεύουν να πουλήσουν στην Ελλάδα 0,7 δις κυβικά μέτρα ΦΑ)

Συγχρόνως, σημαντική συμφωνία στον τομέα της ενέργειας, που αφορά στην κατασκευή νέου αγωγού φυσικού αερίου, διπλής κατεύθυνσης, υπεγράφη μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας, στο πλαίσιο της διεθνούς διάσκεψης, για την ενεργειακή ασφάλεια και τη συνεργασία. Αφορά τον **αγωγό φυσικού αερίου Κομοτηνή – Stara Zagora (Βουλγαρία), IGB** που καθιστά τη χώρα μας κλειδί στην πόρτα της ενεργειακής ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο νέος αγωγός 170 km (τα 25 km επί ελληνικού εδάφους), διπλής ροής έρχεται να ενισχύσει την περιφερειακή διάσταση του ITGI (Ιταλό-Ελληνικό-Τουρκικός αγωγός) και να εξασφαλίσει μια επιπλέον δίοδο εφοδιασμού φυσικού αερίου προς την Ευρώπη. Ακόμη με την κατασκευή του η Βουλγαρία θα έχει τη δυνατότητα να προμηθεύεται αέριο μέσω

του Ελληνικού δικτύου, προέλευσης Αζερμπαϊτζάν. Παράλληλα, η Ελλάδα θα μπορεί να προμηθεύει τη γειτονική χώρα με υγροποιημένο αέριο, μέσω του σχεδιαζόμενου **νέου σταθμού στην Καβάλα (σταθμό LNG)**, κατά τα πρότυπα της Ρεβουθούσας. Από την άλλη μεριά υπάρχει και ένα ενδιαφέρον επέκτασης του Ελληνικό –Βουλγαρικού αγωγού προς τη Ρουμανία, η οποία θα τροφοδοτείται με αέριο που θα «τρέχει» μελλοντικά στον **ITGI, τον Ιταλό-Ελληνικό-Τουρκικό αγωγό** και ο οποίος καταρχήν θα πληρείται με αέριο Ιρανικής προέλευσης ύστερα από Μνημόνιο Συνεννόησης που υπέγραψε το Ιράν με την Ελλάδα, το 2002, για την προέκταση του αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου Τουρκίας – Ιράν προς τη βόρειο Ελλάδα και συνέχισης του υποθαλάσσια προς την Ιταλία. Πιο συγκεκριμένα μέσω του αγωγού Τουρκίας – Ελλάδος - Ιταλίας φυσικό αέριο θα ρέει από την Τουρκία έως την Κομοτηνή και από τις ακτές της Θεσπρωτίας μέσω του υποθαλάσσιου τμήματος στο Οτράντο της Ιταλίας. Με την ολοκλήρωση του έργου το 2015 αναμένεται η Ελλάδα να εισάγει μέχρι 3 δις κυβικά μέτρα στην εγχώρια αγορά.

Παράλληλα ενεργειακή συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την κατασκευή αγωγού φυσικού αερίου (South Stream) υπογράφηκε τον Απρίλιο του 2009. Με τον **αγωγό South Stream** 30 δις. κυβικά μέτρα ρώσικου φυσικού αερίου διασχίζοντας την Μαύρη Θάλασσα θα τροφοδοτούν την Κεντρική Ευρώπη, μέσω του Βόρειου κλάδου.



Σχήμα 1.5: Ο Αγωγός South Stream

Ο ελληνικός κλάδος του αγωγού **South Stream** (Νότιος κλάδος) θα ξεκινά από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα και θα μεταφέρει φυσικό αέριο στην Ιταλία μέσω Ελλάδας. Προβλέπεται ότι η συμφωνία θα έχει ισχύ για 30 χρόνια και μέσω του αγωγού θα διέρχονται 10 δις. κυβικά μέτρα αερίου ετησίως. Μέρος της ποσότητας αυτής θα διοχετεύεται στη χώρα μας, ενώ η Ελλάδα θα εισπράττει και τέλη διέλευσης. Προβλέπεται ακόμη συμφωνία για την ίδρυση εταιρίας που θα έχει την ευθύνη για την κατασκευή και εκμετάλλευση του αγωγού, η οποία θα υπογραφεί ανάμεσα στην Ελληνική ΔΕΣΦΑ και την GASPROM. Η έδρα της εταιρίας θα είναι κατά προτίμηση στην Ελλάδα και το έργο της θα είναι ο σχεδιασμός, η χρηματοδότηση, η κατασκευή και η λειτουργία του αγωγού. Ενώ τέλος, τον Απρίλιο του 2009 πραγματοποιήθηκαν επαφές του Υπουργού Ανάπτυξης με τους Αιγύπτιους Υπουργούς Ηλεκτρισμού και Πετρελαίου για την μεταφορά με πλοία **συμπιεσμένου Φυσικού Αερίου από το Κάιρο** το οποίο θα επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών των εργοστασίων Ηλεκτροπαραγωγής που προτίθεται να κατασκευάσει η «ΔΕΗ Α.Ε» στη νήσο Κρήτη.

Στο ενεργειακό σταυροδρόμι της διπλωματίας των αγωγών βρίσκεται με αυτό τον τρόπο η χώρα μας, με τη Ρωσία από τη μία πλευρά ενώ από την άλλη παρουσιάζονται ως εναλλακτικές πηγές τροφοδοσίας το Αζερμπαϊτζάν και το Ιράν. Την ίδια ώρα η Ελλάδα καθίσταται ενδιάμεσος σταθμός τόσο για το ρωσικό όσο και για το αζέρικο αέριο. Στην πραγματικότητα καθίσταται διαμετακομιστικό κέντρο όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα (σχήμα 6).



Σχήμα 1.6: Οι «δρόμοι» Φυσικού Αερίου από και προς την Ελλάδα

Για την παροχή του Εθνικού Δικτύου Διανομής την παρούσα χρονική στιγμή γίνεται μια μίξη του Αλγερινού και του Ρωσικού Αερίου, στα διυλιστήρια του Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α). Το μίγμα αυτό διοχετεύεται στο σύστημα αγωγών κυρίως στην περιοχή της Αττικής, ενώ σε περιοχές, όπως η Θεσσαλονίκη, η Λάρισα και ο Βόλος, που τροφοδοτούνται από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς διοχετεύεται απευθείας το Αέριο Ρωσικής προελεύσεως.

Εκτός από τις περιοχές της Αττικής, της Θεσσαλονίκης, του Βόλου και της Λάρισας που ήδη τροφοδοτούνταν με Φυσικό αέριο, τον Ιούλιο του 2009 ξεκίνησε και η τροφοδότηση των Τρικάλων. Παράλληλα όπως έχει ανακοινωθεί και από τον Αρμόδιο Υπουργό μέσα στο 2009 θα ξεκινήσει και η μελέτη για την επέκταση των εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου στη νήσο Κρήτη.

1.5 Εταιρίες Διανομής και Παροχής Φυσικού Αερίου

Πρόδρομος του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα ήταν το φωταέριο. Το διέθετε στην αγορά, για πρώτη φορά το 1857, η «Γαλλική Εταιρία Φωταερίου», η οποία το 1939 περιήλθε στον Δήμο Αθηναίων. Η «Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου Αθηνών (Δ.Ε.Φ.Α.)» συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο, μέχρι το 1984. Τη χρονιά αυτή, έγινε η σύνδεση με τα «Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α.)» και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της Δ.Ε.Φ.Α. με ναφθαέριο (αέριο πόλεως), το οποίο χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1997 οπότε και εισήχθη το φυσικό αέριο. Το 1983, καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το Φυσικό Αέριο στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε «Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου Α.Ε. (Δ.Ε.Π.)» και σήμερα «Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε.».

Το Σεπτέμβριο του 1988, ιδρύεται ως 100% θυγατρική της «Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου Α.Ε.», η «**Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (Δ.Ε.Π.Α.)**», ενώ το Δεκέμβριο του 1997 ενσωματώνει στο δυναμικό της και το δίκτυο της Δ.Ε.ΦΑ. Σήμερα, τα «Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε.» κατέχουν μόνο το 35% των μετοχών της Δ.Ε.Π.Α., ενώ το υπόλοιπο 65% έχει περιέλθει στο Ελληνικό Δημόσιο.



Ο Νόμος για το Φυσικό Αέριο 2364/95 ρυθμίζει την αγορά του Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα. Σύμφωνα, με τη νομοθετική αυτή πράξη και τις μετέπειτα τροποποιήσεις η Δ.Ε.Π.Α. είναι υπεύθυνη για την:

- Εισαγωγή, μεταφορά, αποθήκευση Φυσικού Αερίου.
- Κατασκευή και εκμετάλλευση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φ.Α.
- Πώληση Φυσικού Αερίου σε μεγάλους καταναλωτές, με ετήσια κατανάλωση άνω των 10 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων (m³).
- Πώληση Φυσικού Αερίου σε Εταιρίες Παροχής Αερίου, στις οποίες συμμετέχουν ιδιώτες επενδυτές, κατά 49 %.
- Διανομή Φυσικού Αερίου σε περιοχές όπου δεν έχουν συσταθεί Εταιρίες Παροχής Αερίου.

Το 1993, η Δ.Ε.Π.Α. ίδρυσε έξι θυγατρικές εταιρίες, τις **Περιφερειακές Εταιρίες Διανομής Φυσικού Αερίου (Π.Ε.Δ.Φ.Α.)**:

- «**ΑΤΤΙΚΟ ΑΕΡΙΟ Α.Ε.**» από 44 Δήμους και Κοινότητες της Βόρειας, Ανατολικής και ΝΑ Αττικής.
- «**ΑΘΗΝΑΪΚΟ ΑΕΡΙΟ Α.Ε.**» από 18 κεντρικούς Δήμους του Λεκανοπεδίου Αττικής.
- «**Π.Ε.Δ.Φ.Α. Δήμων Πειραιά, Θριασίου Πεδίου και Δυτικής Αττικής**» από 23 Δήμους και Κοινότητες της περιοχής.
- «**Φυσικό Αέριο Μακεδονίας Α.Ε.**» από 24 Δήμους και Κοινότητες της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης.
- «**Δ.Ε.Φ.Α. Λάρισας**» στην περιοχή της Λάρισας.
- «**Δ.Ε.Υ.Α. Μείζονος Βόλου**» στην περιοχή του Βόλου.

Οι Π.Ε.Δ.Φ.Α. ξεκινούν τα έργα εγκατάστασης δικτύων χαμηλής πίεσης στην Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο υπό την επίβλεψη και διοίκησή τους. Συστήνουν Συντονιστική Επιτροπή, για την προώθηση της εισαγωγής του Φυσικού Αερίου στην αστική κατανάλωση και την αναβάθμιση του ρόλου της Τοπικής Αυτοδιοίκησης στη Διανομή του Φυσικού Αερίου.

Το Σεπτέμβριο του 1995, η ΔΕΠΑ ίδρυσε τρεις θυγατρικές εταιρίες, τις **Εταιρίες Διανομής Αερίου (Ε.Δ.Α.) Αττικής, Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας**, των οποίων σήμερα κατέχει το σύνολο των μετοχών τους.

Οι τρεις Ε.Δ.Α. διεξήγαγαν διεθνείς Διαγωνισμούς για την εξεύρεση ιδιωτών επενδυτών, προκειμένου από κοινού να συστήσουν τις αντίστοιχες Εταιρίες Παροχής Αερίου (Ε.Π.Α.), οι οποίες ως αντικείμενο δραστηριότητας έχουν την ανάπτυξη, λειτουργία, συντήρηση και διανομή του Φυσικού Αερίου στον τελικό καταναλωτή που εντάσσεται στις περιοχές τους, συγκεκριμένα στον οικιακό και εμπορικό τομέα, καθώς και στους βιομηχανικούς καταναλωτές με ετήσια κατανάλωση λιγότερο των 100 GWh.

Τελικά, μετά την ολοκλήρωση των διαγωνισμών η Δ.ΕΠ.Α. και οι ιδιώτες επενδυτές που επιλέχθηκαν, ίδρυσαν τις εξής θυγατρικές **Εταιρίες Παροχής Αερίου (Ε.Π.Α.)**:

- την Ε.Π.Α. Αττικής, στην οποία συμμετέχουν κατά 51% η Ε.Δ.Α. και κατά 49% ξένοι επενδυτές (Duke Energy με 51% και Shell με 49%). Ιδρύθηκε τον Οκτώβριο του 2001 και έχει άδεια για την αποκλειστική Διανομή Φυσικού Αερίου στην Αττική, από το Υπουργείο Ανάπτυξης με βάση την υπ' αριθμό. Δ1/18887/ 06.11.2001 (Φ.Ε.Κ. 1521/13.11.2001) απόφαση, για 30 έτη.



- την Ε.Π.Α. Θεσσαλίας, στην οποία συμμετέχουν κατά 51% η Ε.Δ.Α. και κατά 49% η Italgas. Ιδρύθηκε το Μάιο του 2000 και κατέχει την αποκλειστική τριακονταετή άδεια για τη διαχείριση της υπηρεσίας διανομής Φυσικού Αερίου, για τις επεκτάσεις του δικτύου που ανέλαβε από την ΔΕΠΑ κατά το έτος 2000 και για την προώθηση και την διάθεση του Φυσικού Αερίου για πελάτες με κατανάλωση χαμηλότερη των 100 GWh στην Θεσσαλία, με βάση την απόφαση Φ.Ε.Κ. 1087/31.08.2000, του Υπουργείου Ανάπτυξης.



- την Ε.Π.Α. Θεσσαλονίκης, στην οποία συμμετέχουν κατά 51% η Ε.Δ.Α. και κατά 49% η Italgas, μέσω της ITALGAS Hellas Ε.Π.Ε. Ιδρύθηκε το Μάιο του 2000 και κατέχει την αποκλειστική τριακονταετή άδεια για τη διαχείριση της υπηρεσίας διανομής Φυσικού Αερίου, για τις επεκτάσεις του δικτύου που ανέλαβε από την Δ.ΕΠ.Α. κατά το έτος 2000 και για την προώθηση και την διάθεση του Φυσικού Αερίου σε πελάτες με κατανάλωση χαμηλότερη των 100 GWh, στους Δήμους και Κοινότητες της Νομαρχίας Θεσσαλονίκης.



Από την 1η Ιανουαρίου του 2007, σε εφαρμογή του Νόμου 3428/2005, δημιουργήθηκε η «**Ε.Δ.Α. Α.Ε.**», η οποία προέκυψε από τη συγχώνευση των τριών Ε.Δ.Α., (Αττικής, Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης). Συγκεκριμένα, η Ε.Δ.Α. Αττικής απορρόφησε τις Ε.Δ.Α. Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης και μετονομάστηκε σε Ε.Δ.Α. Α.Ε. Η Ε.Δ.Α. Α.Ε. στη παρούσα φάση εποπτεύει τις τρεις υπάρχουσες Εταιρίες Παροχής Αερίου (Αττικής, Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης) και ετοιμάζει την κατάλληλη υποδομή για να υποδεχτεί τις νέες Ε.Π.Α.. Το «πράσινο φως» για την προκήρυξη διαγωνισμών σύστασης 3 νέων εταιρειών παροχής αερίου (ΕΠΑ στις Περιφέρειες Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης και Κεντρικής Μακεδονίας) (εκτός Θεσσαλονίκης, όπου ήδη υπάρχει ΕΠΑ) έδωσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με σχετική απόφασή της στις 11 Σεπτεμβρίου 2008 και στο πλαίσιο της Οδηγίας 2003/55/ΕΚ. Μετά από μακρά περίοδο διαπραγμάτευσης με τις υπηρεσίες της Επιτροπής, το Υπουργείο Ανάπτυξης σε συνεργασία με τη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου μπορεί να προχωρήσει τις διαδικασίες που θα επιτρέψουν την ίδρυση των νέων εταιρειών και επομένως την επέκταση του δικτύου φυσικού αερίου μεσαίας και χαμηλής πίεσης, στις γεωγραφικές περιοχές που προαναφέρθηκαν. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμφώνησε στη χορήγηση παραχώρησης αποκλειστικού δικαιώματος για την ανάπτυξη και λειτουργία συστήματος διανομής φυσικού αερίου και σχετικές δραστηριότητες προμήθειας φυσικού αερίου, σε νέα ΕΠΑ που θα ιδρυθεί για το

σκοπό αυτό σε κάθε μια από τις Περιφέρειες Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης και Κεντρικής Μακεδονίας. Για τις ΕΠΑ των Περιφερειών Κεντρικής Μακεδονίας και Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης, η αποκλειστικότητα του δικαιώματος (άδεια παρέκκλισης άρθρου 28.4 της Οδηγίας 2003/55/ΕΚ) χορηγείται για χρονικό διάστημα είκοσι ετών από την πρώτη τροφοδοσία αερίου μέσα από τα δίκτυα της εν λόγω περιοχής, ενώ για την ΕΠΑ Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας για χρονικό διάστημα δέκα ετών. Σημειώνεται ότι η ίδρυση των ΕΠΑ θα γίνει μετά από προκήρυξη Διεθνών Διαγωνισμών για την ανάδειξη επενδυτών που θα συμμετάσχουν στο μετοχικό κεφάλαιο των εταιρειών και θα αναλάβουν τη διοίκησή τους, κατ' αναλογία του προτύπου των υφιστάμενων ΕΠΑ Αττικής, Θεσσαλίας και Θεσσαλονίκης.

1.6 Το σύστημα Μεταφοράς και Διανομής του Φυσικού Αερίου

Το σύστημα του Φυσικού Αερίου έχει ως σκοπό την ασφαλή τροφοδοσία των μεγάλων καταναλωτικών κέντρων της χώρας και αποτελείται από:

- το δίκτυο μεταφοράς του Φυσικού Αερίου.
- τον τερματικό σταθμό αποθήκευσης του υγροποιημένου (LNG) αλγερινού Φυσικού Αερίου στην Ρεβυθούσα. Το υγροποιημένο Φυσικό Αέριο επαναεριοποιείται και τροφοδοτεί το δίκτυο μεταφοράς.
- το σύστημα διανομής του Φυσικού Αερίου στους καταναλωτές



Σχήμα 1.7: Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής Φυσικού Αερίου.

1.6.1 Το Σύστημα (Δίκτυο) Μεταφοράς

Μεταφορά του Φυσικού Αερίου χαρακτηρίζεται η διοχέτευση και παροχέτευση του Αερίου, μέσω αγωγών πίεσης σχεδιασμού μεγαλύτερης των 19 bar (υπερπίεση) και η διαμετακόμιση του σε υγροποιημένη μορφή, μέσω πλοίων ή οχημάτων. Ο όρος αυτός διαφέρει από τον όρο *Διανομή του φυσικού Αερίου*.

Το σύνολο της υποδομής του συστήματος μεταφοράς της ΔΕΠΑ συνθέτουν τα εξής βασικά τμήματα:

- Κεντρικός αγωγός μεταφοράς Αερίου υψηλής πίεσης (70 bar) από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Θέση Προμαχώνας) μέχρι την Αττική, συνολικού μήκους 512 km. Η διάμετρος του αγωγού είναι 36'' για τα πρώτα 100 km και 30'' για τα υπόλοιπα.
- Κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης προς την ανατολική Μακεδονία και Θράκη, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο, τα Οινόφυτα και την Αττική, συνολικού μήκους 450 km.



Σχήμα 1.8: Δίκτυο Μεταφοράς στη Μεγαλόπολη

- Μετρητικοί και ρυθμιστικοί σταθμοί, για τη μέτρηση της παροχής Αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης.
- Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών, για την εποπτεία και τον έλεγχο του συστήματος μεταφοράς Φυσικού Αερίου.
- Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης, στην Αττική, τη Θεσσαλονίκη, τη Θεσσαλία και την Ξάνθη (υπό κατασκευή).
- Δίδυμος υποθαλάσσιος αγωγός από τη νησίδα Ρεβυθούσα μέχρι την Αγία Τριάδα.
- Τερματικός σταθμός υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (αποθήκευσης και αεριοποίησης Φυσικού Αερίου) στη νήσο Ρεβυθούσα.
- Συνοριακός Σταθμός Εισόδου (Border Station).

1.6.2 Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Η βραχονησίδα Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων, είναι η τοποθεσία που επελέγη για την εγκατάσταση του Τερματικού Σταθμού Υποδοχής Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου με προμηθεύτρια χώρα την Αλγερία.

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο αποτελεί μια δεύτερη πηγή τροφοδοσίας και μια εναλλακτική λύση αποθήκευσης αερίου με τις μικρότερες επενδύσεις. Ο σταθμός αυτός εξασφαλίζει την κάλυψη της ημερήσιας ζήτησης αιχμής του από τους καταναλωτές και την τροφοδοσία της βασικής κατανάλωσης, σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μεταφοράς του Ρωσικού Φυσικού Αερίου. Επομένως καλύπτει και την αξιοπιστία του συστήματος, όπως συνέβη τον Ιανουάριο του 2009 οπότε και η Ελλάδα επιτυχώς πέρασε αλώβητη τη Ρωσοουκρανική κρίση αποκλειστικά και μόνο χάρη στη Ρεβυθούσα δεν έλειψε από την ελληνική αγορά ούτε ένα κυβικό αερίου. Ένας επιπλέον λόγος ύπαρξης του σταθμού στη Ρεβυθούσα αλλά πολιτικής σημασίας αυτή τη φορά είναι η ανεξαρτησία από μια μόνο πηγή τροφοδοσίας ενέργειας με αυτονόητα οικονομικά και στρατηγικά οφέλη.



Σχήμα 1.9: Νήσος Ρεβυθούσα.

Παράλληλα τρεις νέες «Ρεβυθούσες» αλλάζουν το χάρτη της ελληνικής αγοράς φυσικού αερίου, με στόχο την ασφαλή τροφοδοσία αλλά και την ενίσχυση του γεωπολιτικού ρόλου της χώρας στην ευρύτερη περιοχή. Πρόκειται για :

- ✓ τη δεξαμενή που θα κατασκευάσει ο ΔΕΣΦΑ στη Ρεβυθούσα, την Τρίτη δεξαμενή με πιθανή χωρητικότητα 90 χιλιάδων κυβικών που θα αυξήσει κατά 70% την υφιστάμενη δυναμικότητα των δύο δεξαμενών (65 χιλιάδων κυβικών η κάθε μια). Ήδη έχει ανατεθεί η μελέτη του έργου στη γαλλική Sofregaz. Σήμερα η Ρεβυθούσα έχει δυνατότητα να τροφοδοτήσει τη χώρα αδιαλείπτως επί 10 έως 20 ημέρες, ανάλογα με την εποχιακή κατανάλωση που είναι υψηλή το χειμώνα και χαμηλή το καλοκαίρι.
- ✓ το νέο τερματικό (δεύτερος τερματικός σταθμός LNG) που σχεδιάζουν από κοινού ΔΕΠΑ και Gaz de France Suez 9εφόσον έχει υπογραφεί μεταξύ τους μνημόνιο συνεργασίας), στην Καβάλα στις εγκαταστάσεις της ΒΦΛ
- ✓ Ενώ την ανάπτυξη σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) φαίνεται να μελετά και η ΓΕΚ Τέρνα, για την περιοχή του Μαντουδίου, στην Εύβοια μετά την

απόρριψη του λιθάνθρακα, που πάγωσε τα σχέδια του ομίλου για τη δημιουργία ανθρακικής μονάδας. Αφορά την κατασκευή μονάδας φυσικού αερίου 840 έως 1160MW στο Μαντούδι της Εύβοιας, με την προοπτική δημιουργίας υποδομών αποθήκευσης αερίου ή ακόμη και μικρού LNG τερματικού, το οποίο θα καλύπτει τις ανάγκες της ομολογουμένως φιλόδοξης ως προς το μέγεθος μονάδας.

1.6.2.1 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Το «Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο» (ΥΦΑ ή LNG=Liquefied Natural Gas) περιέχει κυρίως μεθάνιο CH_4 και διαφέρει πλήρως από τα γνωστά μας Υγραέρια (όπως το υγροποιημένο Βουτάνιο). Η υγροποίηση είναι δυνατή, μόνο για θερμοκρασία αισθητά κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία του μεθανίου που είναι $T_k = -82,5^\circ\text{C}$ (υπό κρίσιμη πίεση $P_k = 46,2 \text{ bar}$). Υπό κανονική πίεση $P_n = 1,01325 \text{ bar}$, η υγροποίησή του επιτυγχάνεται στη θερμοκρασία των $T_s = -161,5^\circ\text{C}$, οπότε ο όγκος του μειώνεται έναντι αυτού υπό κανονικές συνθήκες 587 φορές. Η αναλογία υγρού προς αέριο είναι 1:587 αυτό σημαίνει ότι 1 m³ υγροποιημένου Φυσικού αερίου μας δίνει περίπου 600 m³ σε αέρια μορφή.

1.6.3 Το Σύστημα Διανομής

Διανομή του Φυσικού Αερίου χαρακτηρίζεται η διοχέτευση και παροχέτευση του Αερίου, μέσω αγωγών πίεσης σχεδιασμού μέχρι και 19 bar υπερπίεση, δηλαδή 20 bar απόλυτη πίεση.

Το σύστημα διανομής αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:

- Χαλύβδινα Δίκτυα Μέσης Πίεσης (19 bar) στην Αττική, Θεσσαλονίκη, Θεσσαλία και στις βιομηχανικές περιοχές Οινοφύτων, Πλατέως Ημαθίας, Ξάνθης, Καβάλας και ΒΙΠΕ Κομοτηνής
- Δίκτυα Πολυαιθυλενίου Χαμηλής Πίεσης (4 bar) στις πόλεις Αθήνα, Πειραιά, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο και προσφάτως στα Τρίκαλα.



Σχήμα 1.10: Απεικόνιση Δικτύου Διανομής

- Υπάρχον δίκτυο διανομής στην Αθήνα. Η ΔΕΠΑ, στο πλαίσιο του κατασκευαστικού της έργου, ολοκλήρωσε στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας 860 km δικτύου διανομής τα οποία προσετέθησαν στα υφιστάμενα 550 km δικτύου που ανήκαν στην Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου Αθηνών και ήδη τροφοδοτεί περίπου 8.000 εμπορικούς, οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές με Φυσικό Αέριο.

1.7 Χρήσεις και πλεονεκτήματα Φυσικού Αερίου ανά τομέα

Το Φυσικό Αέριο, λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων του σε σχέση με τα άλλα καύσιμα, βρίσκει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, σε όλους τους τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Οι βασικές χρήσεις του είναι δύο:

1. Αποτελεί Καύσιμο. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί
 - a) Στην **Ηλεκτροπαραγωγή** (δηλαδή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς) ως «δευτερογενές» καύσιμο



Σχήμα 1.11: Εργοστάσιο Ηλεκτροπαραγωγής

- b) Στη **Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας** για την παραγωγή θερμότητας και την άμεση υποκατάσταση του ηλεκτρισμού ως «πρωτογενές» καύσιμο.
 - c) Στον **Εμπορικό τομέα**, για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως και σε άλλες εξειδικευμένες χρήσεις ως «πρωτογενές» καύσιμο.
 - d) Στον **Οικιακό τομέα**, τέλος, για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως αλλά και μαγείρεμα ως «πρωτογενές καύσιμο



Σχήμα 1.12: Μια από τις χρήσεις του Φυσικού Αερίου Στον Οικιακό και Επαγγελματικό τομέα

2. Πρώτη ύλη της χημικής Βιομηχανίας. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον **Βιομηχανικό-Βιοτεχνικό τομέα** σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών προϊόντων (κυρίως αμμωνία – μεθανόλη) καθώς και σειράς προϊόντων από πλαστικά υλικά μέχρι λιπάσματα. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν διάφορες χρήσεις φυσικού αερίου σε βιομηχανίες τσιμέντου, μετάλλων, υάλου, οικοδομικών υλικών και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράνσεις. Από την άλλη χρησιμοποιείται και για ίδια χρήση όπως θέρμανση.

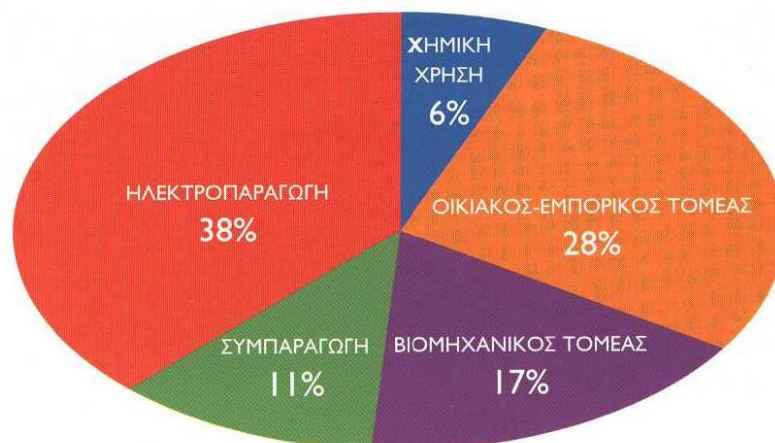
Ταυτόχρονα, γίνεται προσπάθεια για την επέκταση και την εδραίωση της χρήσης του Φυσικού Αερίου και σε νέους τομείς δραστηριοτήτων, όπως είναι:

- ο η **Αεριοκίνηση Οχημάτων**, (κυρίως λεωφορείων και φορτηγών)
- ο η παραγωγή ενέργειας από **Μονάδες Κυψελών Καυσίμου** και
- ο η χρήση του Φυσικού Αερίου σε **Θερμοκήπια**.



Σχήμα 1.13: Λεωφορεία κινούμενα με χρήση Φυσικού Αερίου

Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τη χρήση Φυσικού Αερίου ο βιομηχανικός τομέας, για θερμικές και χημικές χρήσεις (καύσιμο ή πρώτη ύλη) θα φθάσει σταδιακά να απορροφά το 23% των συνολικών ποσοτήτων. Αντίστοιχα, για τον εμπορικό και οικιακό τομέα το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 28% και προορίζεται να καλύψει κυρίως ανάγκες για θέρμανση, μαγείρεμα και ζεστό νερό. Το 38%, θα χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, με χρήση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών, που παρόλα αυτά αποτελεί και την χειρότερη χρήση του Φυσικού Αερίου. Τέλος, το 11% των ποσοτήτων του Φυσικού Αερίου προβλέπεται να απορροφηθεί από την αγορά της Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας όπως φαίνεται και στο ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 1.14: Αναμενόμενη κατανάλωση Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα, ανά τομέα χρήσης, κατά το 2020. (Βέβαια με πιο πρόσφατες μελέτες φαίνεται να αλλάζουν μέχρι το 2020)

1.7.1 Ηλεκτροπαραγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει εντατικοποιηθεί η χρήση του Φυσικού αερίου στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και σε χώρες που άλλα είδη καυσίμων είναι σε επάρκεια (όπως είναι η Ελλάδα), παρόλο που η ηλεκτροπαραγωγή αποτελεί την χειρότερη ίσως χρήση του Φυσικού αερίου υποβαθμίζοντάς το από πρωτογενή ενεργειακό φορέα σε δευτερογενή. Τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι γενικά το Φυσικό Αέριο είναι πλέον εύχρηστο και αποδοτικό από τον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον λιγνίτη. Συνάμα η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης των αεριοστρόβιλων επέτρεψαν τη ραγδαία ανάπτυξη των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής «συνδυασμένου κύκλου» αεριοστρόβιλου – ατμοστρόβιλου.

Η «ΔΕΗ Α.Ε.» αποτελεί τον πρώτο και μεγαλύτερο καταναλωτή Φυσικού Αερίου, από την πρώτη περίοδο εισαγωγής του αερίου στο ενεργειακό σύστημα της χώρας μας εφόσον ο προμηθευτής μας απαιτούσε την κατανάλωση συγκεκριμένων ποσοτήτων Φυσικού Αερίου που δεν θα μπορούσαν να καταναλωθούν από ιδιώτες.

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού έχει ήδη θέσει σε λειτουργία ή πρόκειται να θέσει σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αντικαθιστώντας τα «ευτελέστερα» καύσιμα όπως το πετρέλαιο, τον λιθάνθρακα, τον λιγνίτη, το Diesel και το Μαζούτ στις περιοχές :

- ✓ Άγιος Γεώργιος, Κερασίνη Αττικής (ΑΗΣ Αγ. Γεωργίου). Στην περιοχή λειτουργούν από το 1997 2 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βασικό καύσιμο το Φυσικό αέριο και συνολικής ισχύος 360 MW.
- ✓ Λαύριο Αττικής. 2 μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου το Μεγάλο και το Μικρό Λαύριο, ισχύος 560 και 177 MW αντίστοιχα
- ✓ Κομοτηνή. Μία μονάδα παραγωγής με Φυσικό Αέριο, συνδυασμένου κύκλου Ισχύος 485 MW.
- ✓ Θήβα Βοιωτίας. Η Εταιρεία «Ηρων Θερμοηλεκτρική» θυγατρική του ομίλου ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ έχει θέσει σε λειτουργία από το 2004 ένα σταθμό παραγωγής (Ηρων 1) ισχύος 150 MW ενώ υπό κατασκευή βρίσκεται (και θα τεθεί σε λειτουργία στις αρχές του 2010) και ένας σταθμός συνδυασμένου κύκλου (Ηρων 2) στη θέση Χαραιντίνι Θήβας ισχύος 435 MW.
- ✓ Δομοκός Φθιώτιδας. Μία μονάδα παραγωγής με φυσικό αέριο (Ηρων 3) από την εταιρεία «Ηρων Θερμοηλεκτρική» ισχύος 830-900 MW.
- ✓ Θίσβη Βοιωτίας. Η Εταιρεία «Ηρων Θερμοηλεκτρική» πρόκειται στα τέλη του 2010 να θέσει σε λειτουργία μία ακόμη μονάδα (Ηρων 4) ισχύος 400 MW.
- ✓ Ασπρούδα-Μότσου, Βιγκλάφια, Νεάπολη Λακωνίας. Η εταιρεία «Ηρων Θερμοηλεκτρική» εξετάζει και την κατασκευή μίας μονάδας 448 MW στη συγκεκριμένη θέση η οποία ωστόσο έχει «παγώσει» λόγω αντιδράσεων της τοπικής κοινωνίας.
- ✓ Αλιβέρι Ευβοίας. Έχει ήδη αδειοδοτηθεί η κατασκευή μίας νέας μονάδας ισχύος 417 MW που θα αντικαταστήσει λιγνιτική μονάδα παραγωγής.
- ✓ Μεγαλόπολη Αρκαδίας. Ύστερα από διαμάχη της ΓΕΝΟΠ ΔΕΗ με την Διοίκηση της ΔΕΗ Α.Ε και την παρ' ολίγον ακύρωση του διαγωνισμού για την κατασκευή μονάδος στη Μεγαλόπολη, τον Αύγουστο του 2009



Σχήμα 1.15: Εργοστάσιο Ηλεκτροπαραγωγής

αποφασίστηκε η δημιουργία μονάδας ισχύος 800 MW από την κοινοπραξία ΜΕΤΚΑ-ΕΤΑΔΕ.

- ✓ Αντίκυρα Βοιωτίας. Ο όμιλος «Μυτιληναίος Α.Ε.» προχωρεί στην κατασκευή ενεργειακού κέντρου στην περιοχή της Βοιωτίας, που θα περιλαμβάνει μια μονάδα συμπαραγωγής με Φυσικό Αέριο ισχύος 334 MW, για την κάλυψη των αναγκών της εταιρίας «Αλουμίνιον της Ελλάδας» και μιας ανεξάρτητης μονάδας ηλεκτροπαραγωγής συνδυασμένου κύκλου με Φυσικό Αέριο ισχύος 412 MW.
- ✓ Κρήτη. Τέλος μελετάται η δημιουργία μονάδων Ηλεκτροπαραγωγής με χρήση συμπιεσμένου Φυσικού Αερίου από το Κάιρο στη νήσο Κρήτη. Παρόλα αυτά λειτουργούν ήδη 4 μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Φυσικού Αερίου και Μαζούτ συνολικής ισχύος 195,2 MW στο Λασιίθι (ΑΗΣ Αθρινόλακου Λασιίθι Κρήτης).

Τα σπουδαιότερα *πλεονεκτήματα* από την αναβάθμιση των λιγνιτικών μονάδων ή και τη δημιουργία νέων μονάδων παραγωγής συνδυασμένου κύκλου αεριοστρόβιλου-ατμοστρόβιλου με χρήση Φυσικού Αερίου είναι τα εξής :

- i. Αυξάνει σημαντικά το βαθμό απόδοσης με την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό των μονάδων.
- ii. Μειώνει δραστικά την ρύπανση του περιβάλλοντος και αποφεύγονται δαπανηρές επενδύσεις για περιβαλλοντικό εξοπλισμό.
- iii. Οικονομικά οφέλη για τους πολίτες μιας και η χρήση φυσικού αερίου (φθηνότερο καύσιμο από το πετρέλαιο ή το λιγνίτη) θα επιτρέψει μια μακροπρόθεσμη και ομαλή πολιτική τιμών στην ηλεκτρική ενέργεια.

1.7.2 Βιομηχανικός Τομέας

Η συμμετοχή του Φυσικού Αερίου στην παγκόσμια ενεργειακή οικονομία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία. Τα περιθώρια χρήσης του Φυσικού Αερίου στη βιομηχανία είναι σαφώς μεγαλύτερα απ' ότι στον οικιακό τομέα για παράδειγμα επειδή μεγάλο μέρος θερμικού έργου των βιομηχανιών που καλύπτεται με ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αναληφθεί από το αέριο. Έτσι ο βιομηχανικός τομέας, λόγω της δυνατότητάς του να απορροφά σημαντικές ποσότητες ενέργειας, συνεισφέρει στη βιωσιμότητα πολλών έργων Φυσικού Αερίου αποτελώντας ταυτόχρονα σημαντικό παράγοντα λειτουργικότητάς τους. Η αυξημένη διείσδυση του Φυσικού Αερίου στη Βιομηχανία, που προβλέπεται

να συνεχιστεί και στην επόμενη δεκαετία, είναι αποτέλεσμα της διαρκώς αυξανόμενης προσπάθειας για περιορισμένη εξάρτηση από το πετρέλαιο, αλλά και των σημαντικών πλεονεκτημάτων που διαθέτει το Φυσικό Αέριο ως βιομηχανικό καύσιμο. Ειδικότερα για τον Ελληνικό Χώρο, ο τομέας της Βιομηχανίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την οικονομική βιωσιμότητα του έργου του Φυσικού Αερίου, αφού με βάση τον υπάρχοντα σχεδιασμό, προβλέπεται να απορροφά σημαντικό μέρος των ετήσιων ποσοτήτων αερίου.

Το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιείται στη Βιομηχανία κυρίως με δύο τρόπους:

a) **Ως πρώτη ύλη** για την παραγωγή χημικών προϊόντων (όπως αμμωνία, μεθανόλη και πολυολεφίνες.)
(6% της παγκόσμιας κατανάλωσης Φυσικού Αερίου).

b) **Ως πηγή θερμικής ενέργειας.**

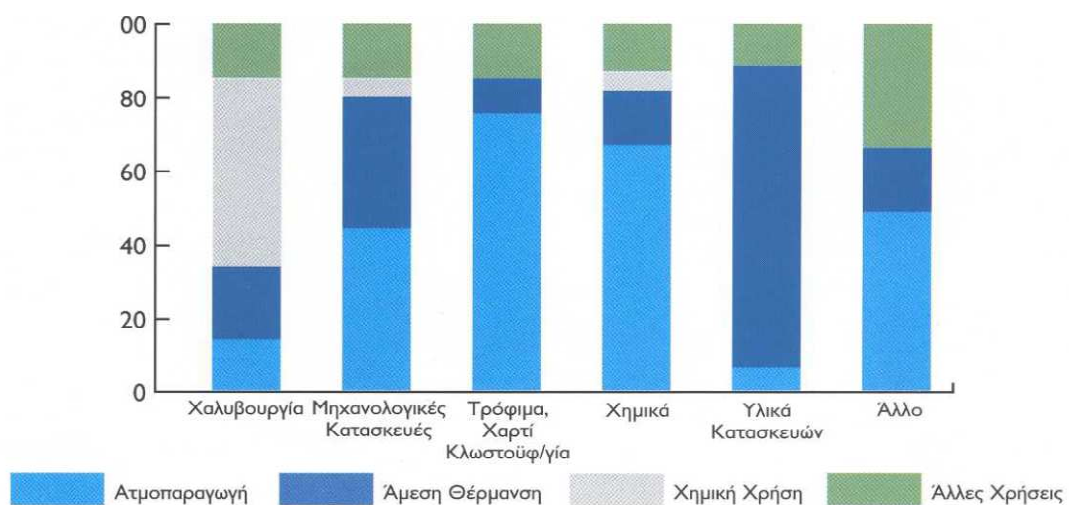
Οι θερμικές χρήσεις στη Βιομηχανία διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. στις έμμεσες θερμικές χρήσεις και
2. στις άμεσες θερμικές χρήσεις.

Στις έμμεσες θερμικές χρήσεις, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεταφέρεται με θερμιδοφόρα ρευστά σε διάφορα σημεία του εργοστασίου, όπου και καταναλώνεται. Η διαδικασία αυτή, γίνεται με τη χρήση λεβήτων και τα συνηθισμένα θερμιδοφόρα ρευστά είναι ο ατμός, το ζεστό νερό και το λάδι, ανάλογα με τη θερμοκρασία που απαιτείται στην τελική χρήση.

Στις άμεσες θερμικές χρήσεις, η καύση πραγματοποιείται αποκεντρωμένα, στη θέση τελικής κατανάλωσης της ενέργειας. Τέτοιες χρήσεις, οι οποίες είναι συνήθως και ιδιαίτερα ενεργοβόρες, υπάρχουν στις βιομηχανίες τσιμέντου (περιστροφικοί κλίβανοι παραγωγής κλίνκερ), μετάλλων (φούρνοι τήξεως, ανόπτησης, βαφής. ομογενοποίησης κ.λπ.), ύαλου (φούρνοι παραγωγής γυαλιού), οικοδομικών υλικών (παραγωγή τούβλων, κεραμικών. άσβεστου), μεταλλικών κατασκευών. ηλεκτρικών συσκευών και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράσεις.

Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται μία τυπική κατανομή της κατανάλωσης καυσίμων σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους.



Σχήμα 1.16: Χρήση καυσίμων, ανά τομέα βιομηχανικής δραστηριότητας κατά την εκτίμηση της ΔΕΠΑ.

Σύμφωνα με προβλέψεις της ΔΕΠΑ το έτος 2020 αναμένεται η συνολική κατανάλωση Φυσικού Αερίου στον βιομηχανικό τομέα να φτάσει περίπου το 700*10 m³ όπου το μεγαλύτερο τμήμα αυτής θα καταναλώνεται από βιομηχανίες των περιοχών Αττικής, Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας ενώ το υπόλοιπο από βιομηχανικές μονάδες των περιοχών Βοιωτίας, Εύβοιας, Φθιώτιδας, Ημαθίας, Δράμας, Καβάλας και Κομοτηνής.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας που δείχνει την καταλληλότητα διαφόρων ενεργειακών πηγών για κάθε χρήση στο βιομηχανικό τομέα

ΧΡΗΣΕΙΣ	ΑΕΡΙΟ	ΥΓΡΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	ΚΑΡΒΟΥΝΟ	ΑΤΜΟΣ	ΗΛ/ΣΜΟΣ
Θέρμανση χώρων	**	*		**	*
Θέρμανση λουτρών	**	*		**	
Λέβητες	**	**			
Ξήρανση με θερμό αέρα	**			**	
Ξήρανση με περ/φικό τύμπανο	**	**	**		
Τήξη σιδηρούχων μετάλλων	**		** (κωκ)		**
Τήξη μη σιδηρούχων μετάλλων		*			**
Αναθέρμανση σιδηρούχων μετάλλων σε μεγάλες	**	*			
Θερμική επεξεργασία	**				**
Σμάλτωση επιφανειών	**				**
Γαλβανισμός	**	*	*		*
Περ/φικοί κάμινοι ασβεστίου	**	**			
Ευθείς κάμινοι ασβεστίου	**	**	*		
Τούβλα και κεραμίδια	**	**	**		
Κεραμικά	**	*			**
Τήξη γυαλιού	**	**			*
Αναθέρμανση γυαλιού	**				**
Έγχυση σε υψικάμινους			**		
Παραγωγή αμμωνίας	**				
Παραγωγή μεθανόλης	**				
** Μεγάλη καταλληλότητα			* Μικρή καταλληλότητα		

Για βιομηχανικά συγκροτήματα, με κατανάλωση >500 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ)/ έτος

Πίνακας 1.2: Εκτίμηση καταλληλότητας των διαφόρων πηγών ενέργειας για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις.

Τα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν στη βιομηχανία από τη χρήση του Φυσικού αερίου θα είναι η αποφυγή δαπανηρών επενδύσεων για την προστασία του περιβάλλοντος λόγω των μειωμένων επιπτώσεων των καυσαερίων του (καθαρότερο περιβάλλον και αποφυγή του φαινομένου του θερμοκηπίου) καθώς και η μείωση του κόστους μεταφοράς των κλασσικών χρησιμοποιούμενων καυσίμων. Ακόμη η χρησιμοποίηση Φυσικού Αερίου έχει αποδειχθεί ότι συνεισφέρει σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό στην εξοικονόμηση ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα (αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία). Αυτό συμβαίνει γιατί:

- 1) Οι επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας είναι καθαρότερες από ότι κατά τη χρήση πετρελαίου λόγω της έλλειψης αποθέσεων από τέφρα, καπνό και θείο και συνεπώς η μεταφορά θερμότητας στις επιφάνειες εναλλαγής είναι μεγαλύτερη.

- 2) Η περίσσεια αέρος κατά την καύση του αερίου είναι μικρότερη από ότι κατά την καύση πετρελαίου γεγονός που μειώνει τις απώλειες θερμότητας στην καμινάδα.
- 3) Η έλλειψη εκπομπών οξειδίων του θείου επιτρέπει τη χρήση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας χωρίς κινδύνους διαβρώσεων από τη δημιουργία οξέων.

Παράλληλα πρέπει να τονιστεί ότι το όφελος από την αυξημένη ενεργειακή απόδοση εξαρτάται από το είδος της βιομηχανίας και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις βιομηχανίες στις οποίες το κόστος των καυσίμων αποτελεί μεγάλο ποσοστό του συνολικού κόστους.

Άλλα *πλεονεκτήματα* από την χρήση Φυσικού αερίου στις βιομηχανίες είναι : συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων, μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης, βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου και τέλος αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

1.7.3 Εμπορικός Τομέας

Το Φυσικό Αέριο προσφέρει πλεονεκτήματα και στον εμπορικό τομέα, ο οποίος περιλαμβάνει τις παρακάτω κατηγορίες καταναλωτών:

- α. Ξενοδοχεία και Νοσοκομεία
- β. Εστιατόρια-Εργαστήρια Ζαχαροπλαστικής
- γ. Αρτοποιεία
- δ. Εκπαιδευτικά Ιδρύματα
- ε. Αθλητικά και Πολιτιστικά Κέντρα
- στ. Μεγάλα κτίριο-Χώροι Αναψυχής
- ζ. Πλυντήρια-Καθαριστήρια
- η. Εμπορικά Καταστήματα
- θ. Θερμοκήπια
- ι. Εργαστήρια Αργυροχρυσοχοΐας
- ια.. Φούρνοι Βαφής Αυτοκινήτων

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	ΚΥΡΙΟ ΥΠΟΚΑΘΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΥΣΙΜΟ
Ξενοδοχεία	Θέρμανση χώρων Παραγωγή Ζεστού νερού Μαγείρεμα Πλύσιμο-Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Πετρέλαιο Πετρέλαιο Υγραέριο & Ηλεκτρισμός Πετρέλαιο
Νοσοκομεία	Θέρμανση χώρων Παραγωγή Ζεστού νερού Μαγείρεμα Πλύσιμο-Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Πετρέλαιο Πετρέλαιο Υγραέριο & Ηλεκτρισμός Πετρέλαιο
Εστιατόρια & Ζαχαροπλαστεία	Μαγείρεμα	Ηλεκτρικό ρεύμα Υγραέριο
Εκπαιδευτικά Ιδρύματα Μεγάλα Κτίρια Χώροι Αναψυχής	Θέρμανση χώρων	Πετρέλαιο
Εμπορικά Καταστήματα	Θέρμανση χώρων	Ηλεκτρικό ρεύμα Πετρέλαιο
Αρτοποιεία	Ψήσιμο ψωμιού	Μαζούτ - Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα
Πλυντήρια - Στεγνωτήρια	Πλύσιμο-Στέγνωμα Σιδέρωμα ρούχων	Ηλεκτρικό ρεύμα
Αθλητικά Κέντρα	Θέρμανση χώρων Παραγωγή ζεστού νερού Θέρμανση νερού κολυμβητηρίων	Πετρέλαιο
Συνεργεία Αυτοκινήτων	Φούρνοι βαφής	Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα

Πίνακας 1.3: Κατηγορίες καταναλωτών και χρήσεις Φ.Α. στον εμπορικό τομέα.

Τα κυριότερα **πλεονεκτήματα** του Φυσικού Αερίου, στον εμπορικό τομέα, μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Συνεχής παροχή: Εξοικονόμηση χρόνου από τη διαδικασία παραγγελιών και παραλαβών καυσίμου και δυνατότητα εκμετάλλευσης των υπαρχόντων αποθηκευτικών χώρων (αντί να αποτελούν χώρους δεξαμενών).
- Αισθητική αρτιότητα και αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών.
- Μειωμένη συντήρηση, ορθολογική χρήση ενέργειας, μείωση λειτουργικών δαπανών και οικονομία.
- Επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και υψηλότερη απόδοση.
- Θετικές επιπτώσεις στην προστασία του περιβάλλοντος.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα όμως για όσους χρησιμοποιούν το Φυσικό Αέριο είναι το κόστος του, το οποίο καταβάλλεται αφού πρώτα έχει καταναλωθεί και τουλάχιστον με τα μέχρι τώρα στοιχεία είναι φθηνότερο του πετρελαίου. Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει και στην ασφάλεια κατά τη χρήση του Αερίου. Το Φυσικό Αέριο δεν είναι τοξικό και συνεπώς, δεν υπάρχει κίνδυνος δηλητηρίασης από την εισπνοή του. Επειδή, είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, η διαφυγή του στο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής είναι εύκολη.

Έτσι, ο κίνδυνος έκρηξης είναι πολύ περιορισμένος σε σχέση με τους κινδύνους που υπάρχουν κατά τη χρήση υγραερίου. Επιπλέον, η διαρροή αέριων καυσίμων είναι σχεδόν αδύνατη, λόγω των σύγχρονων ασφαλιστικών συστημάτων που διαθέτουν οι

συσκευές. Μπορεί δε να ανιχνευθεί εύκολα με τη χρήση ειδικών ανιχνευτών αερίου, οι οποίοι, συνδεδεμένοι με ηλεκτροβάνα στη γραμμή κεντρικής παροχής αερίου, προκαλούν αυτόματα διακοπή στην κεντρική παροχή αερίου σε περίπτωση ανίχνευσης διαρροής.

1.7.4 Οικιακός Τομέας

Σήμερα, ένα σημαντικό μέρος του οικογενειακού προϋπολογισμού προορίζεται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι ενεργειακές ανάγκες όμως δεν περιορίζονται μόνο εκεί. Το μαγείρεμα, η χρήση ζεστού νερού και το λουτρό είναι ανάγκες που παρουσιάζονται σε καθημερινή βάση και μαζί με τη θέρμανση, καλύπτουν το 80% περίπου των ενεργειακών απαιτήσεων ενός νοικοκυριού.

Στον οικιακό τομέα, το Φυσικό Αέριο χρησιμοποιείται για:

➤ Παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως

Η παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως στα σπίτια, μπορεί να γίνει με **θερμοσίφωνες συνεχούς ροής**. Πρόκειται, για επιτοίχιες μονάδες μικρών διαστάσεων, που τοποθετούνται μέσα στο σπίτι, σε εξωτερικό όμως τοίχο, ώστε να είναι εύκολη η απαγωγή των καυσαερίων στο περιβάλλον. Διαθέτουν ατμοσφαιρικό καυστήρα, που τίθεται σε λειτουργία πιεζοηλεκτρικά. Συσκευές τέτοιου τύπου, μπορεί να είναι μιας βαθμίδας, δύο βαθμίδες ή και αναλογικής ρύθμισης και αποδίδουν

5-16 lt/min νερό θερμοκρασίας 40-65°C, ανάλογα με την παροχή του νερού και την ισχύ της συσκευής. Ο βαθμός απόδοσης αυτών των συσκευών είναι περίπου 83-84%. Άλλος τρόπος παραγωγής ζεστού νερού χρήσεως είναι με **θερμοσίφωνες αποθήκευσης**. Πρόκειται για συσκευές δαπέδου, με ενσωματωμένο ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου. Έχουν τη δυνατότητα να δίνουν μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού σε μικρό χρόνο. Στο εμπόριο, κυκλοφορούν συσκευές με χωρητικότητα 115 μέχρι και 200 ή 220 lt και έχουν βαθμό απόδοσης περίπου 90%. Γενικά, στην παραγωγή ζεστού νερού στα σπίτια, το Φυσικό Αέριο αντικαθιστά κυρίως τον ηλεκτρισμό και σπανιότερα το πετρέλαιο (σε περίπτωση που υπάρχει boiler, συνδεδεμένο με λέβητα κεντρικής θέρμανσης).

➤ Θέρμανση χώρων

Η θέρμανση των χώρων ενός σπιτιού μπορεί να γίνει, είτε από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης της οικοδομής, είτε με ατομικό σύστημα θέρμανσης ή ακόμα και με χρήση αυτόνομων συσκευών θέρμανσης σε κάθε δωμάτιο.

❖ Σύστημα κεντρικής θέρμανσης οικοδομής

Είναι το κλασικό σύστημα καυστήρα-λέβητα, που διανέμει το ζεστό νερό στα θερμαντικά σώματα των διαμερισμάτων. Ο καυστήρας του φυσικού αερίου μπορεί να είναι ατμοσφαιρικός ή πιεστικός, προσαρμοσμένος στον κατάλληλο λέβητα. Οι **ατμοσφαιρικοί λέβητες** χρησιμοποιούνται για μικρότερες ισχύς, διότι καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο. Έχουν ωστόσο σημαντικά πλεονεκτήματα: δεν απαιτούν ρύθμιση του αέρα καύσης και επιπλέον, λειτουργούν αθόρυβα. Στην

περίπτωση *πιεστικών συστημάτων* χρησιμοποιούνται οι γνωστοί λέβητες των τριών διαδρομών καυσαερίων. Η προσαγωγή του αέρα καύσης γίνεται με ανεμιστήρα.



Σχήμα 1.17: Απεικόνιση κεντρικής Θέρμανσης κτιρίου

Ο καυστήρας συνδέεται με το δίκτυο μέσω συστήματος τροφοδοσίας αερίου. Αυτό περιλαμβάνει: κεντρική βάννα διακοπής παροχής σφαιρικού τύπου, φίλτρο αερίου, ρυθμιστή πίεσης με σύστημα ασφάλειας του ρυθμιστή από υπερπίεσεις, πιεζοστάτη αερίου και μια ή δύο σωληνοειδείς βαλβίδες, ανάλογα με την ισχύ του καυστήρα. Υπάρχουν ακόμα καυστήρες διττής καύσης, που λειτουργούν εναλλακτικά με πετρέλαιο ή αέριο ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.



Σχήμα 1.18: Λέβητας που λειτουργεί με χρήση Φ.Α

❖ Ατομικό σύστημα θέρμανσης

Το σύστημα αυτό αποτελείται από επιτοίχιες ή εντοιχιζόμενες ειδικές συσκευές μικρών διαστάσεων. Μέσα σε μια τέτοια συσκευή, υπάρχουν όλα τα στοιχεία ενός πλήρους λεβητοστασίου. Δηλαδή: κυκλοφορητής, δοχείο διαστολής, βαλβίδα ασφάλειας, εξαεριστικό κλπ. Ταυτόχρονα, υπάρχει δυνατότητα σύνδεσής τους με συστήματα προγραμματισμού και αντιστάθμισης. Η κατασκευή και η λειτουργία αυτών των μονάδων είναι ανάλογες με αυτές των θερμοσιφώνων ροής. Σε πολλές συσκευές αυτού του τύπου, έχει προστεθεί εναλλάκτης νερού-νερού, ώστε ταυτόχρονα με τη θέρμανση να γίνεται δυνατή και η παραγωγή ζεστού νερού χρήσεως. Επιπλέον, με εξωτερική σύνδεση αυτών των συσκευών με boiler, παρέχεται η δυνατότητα παραγωγής ζεστού νερού χρήσεως με αποθήκευση. Το σημαντικό πλεονέκτημα των μονάδων αυτών σε σχέση με τις αντίστοιχες μονάδες πετρελαίου είναι η αθόρυβη λειτουργία τους, αφού δεν απαιτείται ανεμιστήρας για την

προσαγωγή του αέρα καύσης. Ο βαθμός απόδοσης των ατομικών θερμαντικών μονάδων είναι. όπως και στους θερμοσίφωνες ροής, περίπου 83-84%.

❖ Αυτόνομη θέρμανση δωματίου

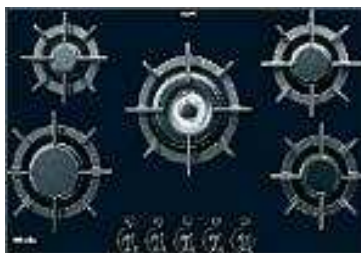
Επιτυγχάνεται με θερμαντικά σώματα αερίου κλειστής εστίας καύσης. Τα σώματα αυτά τοποθετούνται πάντα σε εξωτερικό τοίχο για να γίνεται εύκολα δυνατή τόσο η εξαγωγή καπναερίων στο περιβάλλον όσο και η προσαγωγή αέρα καύσης. Ο καπναγωγός έχει δύο μέρη. Από το ένα βγαίνουν τα καυσαέρια και από το άλλο εισέρχεται ο αέρας καύσης, που παράγεται από τη δημιουργουμένη υποπίεση. Ο αέρας του χώρου θερμαίνεται με συναγωγή, καθώς εισέρχεται από ανοίγματα που υπάρχουν στο κάτω μέρος. Η ενδεχόμενη χρήση ανεμιστήρα που προκαλεί βεβιασμένη κυκλοφορία του προς θέρμανση αέρα, αυξάνει την απόδοση των θερμαντικών σωμάτων. Μια συσκευή τέτοιου τύπου ισχύος 4,6 KW θερμαίνει χώρο περίπου 50 m³ στην Ελλάδα. Ο βαθμός απόδοσης αυτών των συσκευών είναι περίπου 88-89%.



Σχήμα 1.19: Τζάκι που λειτουργεί με Φ.Α

➤ **Μαγείρεμα**

Για όλα τα είδη και τις μεθόδους μαγειρέματος (ψήσιμο σε φούρνο ή σε ψηστήρα, μαγείρεμα, βράσιμο ή τηγάνισμα σε εστία), υπάρχουν συσκευές αερίου αντίστοιχες των ηλεκτρικών. Όσον αφορά λοιπόν το μαγείρεμα στα σπίτια, το φυσικό αέριο αντικαθιστά σχεδόν αποκλειστικά τον ηλεκτρισμό. Οι οικιακές συσκευές φυσικού αερίου συνδυάζουν δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Είναι πολύ πρακτικές, καθώς η απόδοση θερμότητας γίνεται τη στιγμή που η συσκευή τίθεται σε λειτουργία και σταματά με το κλείσιμο του διακόπτη. Είναι απλές στην κατασκευή τους και έχουν μικρότερο κόστος λειτουργίας, αφού καταναλώνουν πρωτογενή ενέργεια.



Σχήμα 1.20: Κεραμική Εστία Φυσικού Αερίου

Τα κυριότερα *πλεονεκτήματα* του Φυσικού Αερίου στον οικιακό τομέα, μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Η παροχή Φυσικού Αερίου γίνεται μέσω αγωγού. Έτσι, ο χρήστης το έχει εύκολα στη διάθεσή του με το γύρισμα ενός διακόπτη, τη στιγμή που το χρειάζεται, ενώ αποδεδειγμένα από τη διατήρηση δεξαμενών και αποθέματος. Το πληρώνει δε, αφού πρώτα το έχει καταναλώσει.
- Το Φυσικό Αέριο είναι καθαρό καύσιμο, φιλικό προς το περιβάλλον. Δεν είναι τοξικό, δεν περιέχει θείο και στα καυσαέρια του δεν υπάρχει αιθάλη, αιωρούμενα σωματίδια ή τέφρα. Δίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στις συσκευές, ενώ απλουστεύει την κατασκευή τους και περιορίζει τα έξοδα λειτουργίας και συντήρησής τους.
- Το Φυσικό Αέριο δίνει τη δυνατότητα αποκεντρωμένων χρήσεων, καθώς και ρύθμισης των συσκευών με μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα του Φυσικού Αερίου είναι η οικονομία που προσφέρει, αφού σε διάφορες χρήσεις ανταγωνίζεται σχετικά ακριβές μορφές ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο και η ηλεκτρική ενέργεια.
- Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα ($d_{σχ} = 0,59$). Έτσι, σε περίπτωση διαρροής, είναι εύκολη η διαφυγή του στο περιβάλλον, περιορίζοντας τον κίνδυνο ασφυξίας, αλλά και τον κίνδυνο εκρηκτικού μίγματος.

1.7.5 Συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)

Η *Συμπαγωγή* αναγνωρίζεται ευρύτατα στον κόσμο σαν μια από τις πιο απόδοτικές χρήσεις του Φυσικού Αερίου. Ως Συμπαγωγή ορίζεται η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με μεγαλύτερο συνολικό βαθμό απόδοσης από τους αντίστοιχους βαθμούς απόδοσης κάθε επιμέρους διεργασίας με την εκμετάλλευση της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων, η οποία στις κοινές εγκαταστάσεις Ηλεκτροπαραγωγής αποβάλλεται στο περιβάλλον. Ακόμα αποτελεί μία οικονομική εναλλακτική λύση για τις περιπτώσεις εκείνες όπου απαιτούνται ταυτόχρονα σημαντικές ποσότητες θερμικών φορτίων, αλλά και ηλεκτρισμού τόσο στο Βιομηχανικό τομέα αλλά και ευρύτερα στον Εμπορικό τομέα. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις Συμπαγωγής ο συνολικός θερμικός βαθμός απόδοσης συχνά υπερβαίνει το 80% αφού περίπου το 50% της μη εκμεταλλεύσιμης για ηλεκτροπαραγωγή ενέργειας αξιοποιείται για άλλους σκοπούς.

Έτσι η Συμπαγωγή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις ευρωπαϊκές χώρες, όπου το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ιδιοπαράγεται από μονάδες συμπαγωγής. (Στη Δανία το ποσοστό της Συμπαγωγής στο ενεργειακό ισοζύγιο ξεπερνά το 50%) Με βάση τις κατάλληλες προϋποθέσεις, η οικονομία στο σύνολο του ενεργειακού κόστους, που επιτυγχάνεται με την επιλογή της λύσης ΣΗΘ, μπορεί να είναι πολύ σημαντική. Επίσης, μπορούν να προκύψουν οικονομικά οφέλη από την πώληση του πλεονάζοντος ηλεκτρισμού στην εταιρεία διανομής. Οι επιχειρήσεις με την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας της συμπαγωγής έχουν οικονομικά οφέλη και από την εξοικονόμηση καυσίμων λόγω του υψηλού βαθμού απόδοσης ενώ ταυτόχρονα μειώνονται τα προβλήματα προμήθειας και αποθήκευσης των στερεών ή υγρών μέχρι πρότινος

χρησιμοποιούμενων καυσίμων. Παράλληλα προκύπτουν θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις με την ενδεχόμενη αντικατάσταση των παλαιωμένων συστημάτων καύσης με νέα φυσικού αερίου που συντελούν σε περισσότερο αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μονάδας και σημαντικά μειωμένη συντήρηση. Οι προϋποθέσεις για μια τέτοια εξέλιξη και τη χώρα μας δημιουργήθηκαν με τον Νόμο 2244/94, ο οποίος αποτελεί το πρώτο βήμα για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα, λειτουργούν στον κόσμο πολλά τέτοια συστήματα (ΣΗΘ με Φυσικό Αέριο), με απόδοση ισχύος που κυμαίνεται από 10 KW μέχρι έναν σεβαστό αριθμό MW.

Το κόστος επένδυσης για τέτοιου είδους εγκαταστάσεις, μπορεί να είναι σχετικά υψηλό, αλλά οι οικονομίες που πραγματοποιούνται, λόγω μείωσης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συγκριτικά πολύ μεγαλύτερες, με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου απόσβεσης, αλλά και του κόστους της ενέργειας για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Για την διεργασία της Συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας οι ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς ενέργειας που χρησιμοποιούνται είναι:

- ✓ Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Φυσικού Αερίου (για μικρές μονάδες)
- ✓ Αεριοστρόβιλοι
- ✓ Συνδυασμός Αεριοστρόβιλου-Ατμοστρόβιλου (Θεωρητικά ο καλύτερος τρόπος)

1.7.6 Χρήση του Φυσικού Αερίου στην Αεριοκίνηση Οχημάτων

Η Αεριοκίνηση οχημάτων αποτελεί σήμερα μια σημαντική και αποτελεσματική διέξοδο στο οξύ πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που αντιμετωπίζουν πολλές μεγαλουπόλεις. Το Φυσικό Αέριο καίγεται σε κινητήρα τύπου Otto (με σπινθήρα) καθιστώντας δυνατή την εναλλαγή καυσίμου, μεταξύ βενζίνης και Φυσικού Αερίου. Η δυνατότητα της εναλλαγής εφαρμόζεται κυρίως στα μικρά οχήματα. Μεγαλύτερα οχήματα που κινούνται σε συγκεκριμένες διαδρομές (λεωφορεία, απορριματοφόρα, κλπ.) κατασκευάζονται αποκλειστικά για καύση Φ.Α. για οικονομικούς λόγους.

Με τη χρήση του Φυσικού Αερίου στα οχήματα επιτυγχάνεται, ανάλογα με το συγκρινόμενο καύσιμο και τον τύπο του οχήματος:

- Μείωση των εκπομπών μη-μεθανιούχων υδρογονανθράκων μέχρι και 80%.
- Ελαχιστοποίηση, έως και μηδενισμός, των εκπομπών καρκινογόνων αρωματικών και πολυκυκλικών υδρογονανθράκων.
- Μείωση των εκπομπών NO_x μέχρι και 85%.
- Μείωση των εκπομπών CO περισσότερο από 90%.
- Μείωση των εκπομπών CO₂ μέχρι και 20%.
- Μείωση του σχηματισμού όζοντος κατά 80-90%.
- Μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων μέχρι (PM) και 99%.

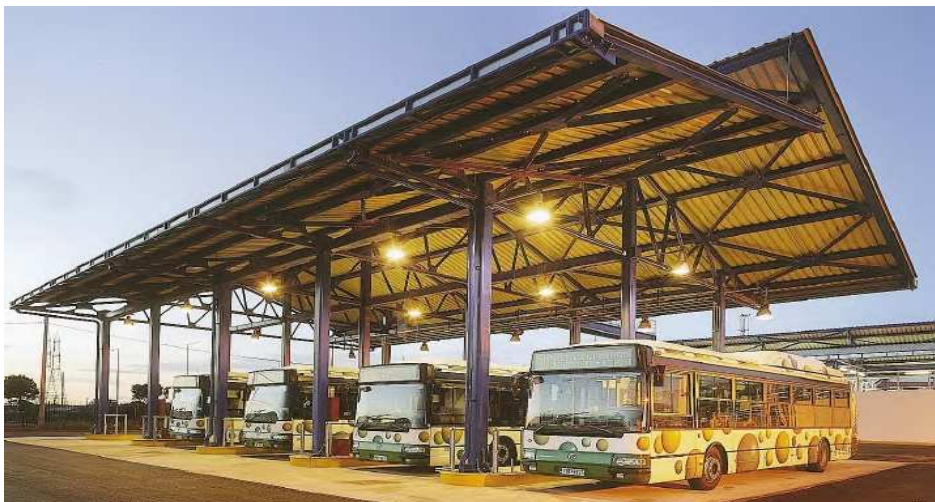
Τα οχήματα Φυσικού Αερίου θεωρούνται σήμερα ως τα καθαρότερα, μετά τα αυτοκίνητα «μηδενικών» εκπομπών (ηλεκτρικά, υδρογόνου), που όμως έχουν σοβαρούς τεχνολογικούς περιορισμούς.

Με σκοπό την ανάπτυξη της Αεριοκίνησης Οχημάτων στην Ελλάδα τα κύρια ζητήματα που πρέπει να προωθηθούν είναι:

- Η δημιουργία επαρκούς δικτύου σταθμών ανεφοδιασμού CNG (τόσο ανεξαρτήτων σταθμών, όσο και ενσωματωμένων σε υφιστάμενα πρατήρια υγρών καυσίμων).
- Η παροχή από την Πολιτεία κατάλληλων οικονομικών κινήτρων στους ιδιοκτήτες οχημάτων Φυσικού Αερίου, για περιβαλλοντικούς κυρίως λόγους. Τέτοια κίνητρα θα μπορούσε να είναι: η μικρότερη τιμή του Φυσικού Αερίου από την τιμή των συμβατικών καυσίμων, η επιχορήγηση μέρους ή και του συνόλου του επιπλέον κόστους για την αγορά τέτοιων αυτοκινήτων, η επιχορήγηση του κόστους επένδυσης για τους σταθμούς ανεφοδιασμού και η ευνοϊκή φορολογία για αυτού του είδους της αυτοκίνησης.
- Η υιοθέτηση κατάλληλων διεθνών τεχνικών προτύπων, για την εμπέδωση της εμπιστοσύνης στην τεχνική αρτιότητα και την ασφάλεια των υποδομών και των οχημάτων Φ.Α.
- Η εισαγωγή κατάλληλων μοντέλων οχημάτων Φ.Α. και οχημάτων διπλού καυσίμου, καθώς και η δημιουργία επαρκούς υποδομής τεχνικής υποστήριξης τους.

Η ΔΕΠΑ έχει ολοκληρώσει την κατασκευή Δυο Σταθμών Ανεφοδιασμού Λεωφορείων Φυσικού Αερίου.

1. Ο Πρώτος Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο αμαξοστάσιο του ΟΑΣΑ στα Άνω Λιόσια. Ο Σταθμός αυτός εξυπηρετεί τις ανάγκες 300 λεωφορείων ημερησίως. Διαθέτει πέντε θέσεις ανεφοδιασμού και η δυναμικότητά του είναι 5000 Nm³/h Φ.Α.. Ήδη από τις 18/1/2001 πραγματοποιούνται δρομολόγια στην Αττική τέτοιων λεωφορείων.
2. Επίσης από τις 1/1/2005 τέθηκε σε λειτουργία και ο Δεύτερος Σταθμός Ανεφοδιασμού Λεωφορείων στην Ανθούσα της Αττικής, ο οποίος εφοδιάζει 415 λεωφορεία Φυσικού Αερίου της ΕΘΕΛ. Ο Σταθμός αυτός έχει δυναμικότητα να παραδίδει συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο με ροή 5000 Nm³/h, ενώ η παράδοση συμπιεσμένου Φ.Α. προς το όχημα είναι 220 barg. Ο νέος Σταθμός Φυσικού Αερίου αποτελεί τον μεγαλύτερο Σταθμό Ανεφοδιασμού Λεωφορείων σε ολόκληρη την Ευρώπη.



Σχήμα 1.21: Σταθμός Τροφοδοσίας CNG της Δ.Ε.Π.Α., στην Ανθούσα Αττικής.

1.8 Το Περιβαλλοντικό Όφελος

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρουσιάζεται ιδιαίτερα οξυμμένο τις τελευταίες δεκαετίες στα μεγάλα αστικά και βιομηχανικά κέντρα, από τη συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ήδη ότι η αντικατάσταση στερεών και υγρών καυσίμων με Φυσικό Αέριο αποτελεί για το σημερινό επίπεδο τεχνολογικής ανάπτυξης την καλύτερη επιλογή στο δρόμο για την απορρύπανση, δηλ. την μείωση του ρυθμού αύξησης της ρύπανσης και, κατά το δυνατόν, την τελική μείωσή της. Αυτό συμβαίνει γιατί το Φυσικό Αέριο, όπως σχεδόν και όλα τα αέρια καύσιμα, είναι λιγότερο επιβλαβές περιβαλλοντικά σε σχέση με το πετρέλαιο ή τον άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι το Φυσικό αέριο είναι καθαρότερο, αφού κατά την καύση του δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αβλαβών αερίων όπως είναι οι υδρατμοί, όχι ωστόσο και αθώο.

Οι ρύποι που παράγονται κατά την καύση του Φυσικού Αερίου μπορούν να ομαδοποιηθούν σε «πρωτογενείς», που εκπέμπονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα, και σε «δευτερογενείς», που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από φωτοχημικές ή και χημικές αντιδράσεις διαφόρων προϊόντων καύσης αυτού. Οι κυριότεροι ρυπαντές αναφέρονται συνοπτικά στη συνέχεια.

- Το διοξείδιο του θείου (SO₂) αποτελεί σοβαρότατη απειλή για την ποιότητα της ατμόσφαιρας καθώς συμβάλει στο «φαινόμενο της Ώξινης Βροχής». Ακόμη οξείδια του θείου προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο συντελούν στη μείωση της χλωροφύλλης στα φυτά και προκαλούν διάβρωση σε κτίρια και μεταλλικές κατασκευές. Οι εκλυόμενες ποσότητες SO₂ είναι ανάλογες με την περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο. Το θείο του καιόμενου καυσίμου, δίνει επίσης κάποιες ποσότητες τριοξειδίου του θείου (SO₃), το οποίο με τους υδρατμούς των καυσαερίων μετατρέπεται σε θειικό οξύ (H₂SO₄) . Παρόλα αυτά η καύση Φυσικού Αερίου παράγει 130 φορές λιγότερα οξείδια του θείου σε σχέση με την καύση του πετρελαίου.

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι υπεύθυνο σε σημαντικό βαθμό για το παγκόσμιο «φαινόμενο του Θερμοκηπίου» (σε ποσοστό 55%) δηλαδή τη μεταβολή της θερμοκρασίας που προκαλείται από την παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Γενικά είναι ακίνδυνο για τη χλωρίδα και τα κτίρια. Η καύση Φυσικού Αερίου παράγει μειωμένα ποσοστά CO₂ κατά 43% σε σχέση με τον άνθρακα και κατά 30% σε σχέση με το πετρέλαιο.

- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), σχηματίζεται κατά τη διεργασία της καύσης και συντελεί κατά ανάλογο τρόπο στη ρύπανση της ατμόσφαιρας αφού γρήγορα μετατρέπεται σε CO₂. Είναι ακίνδυνο για τη χλωρίδα και τα οικοδομήματα όμως σε ειδικές περιπτώσεις είναι δηλητηριώδες για τον άνθρωπο και τα ζώα αφού προκαλεί διαταραχές στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στο καρδιακό κυκλοφορικό σύστημα.

- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης («Φωτοχημικό Νέφος») ενώ συμμετέχουν και σε ποσοστό 10% στη δημιουργία του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου». Η παραγωγή τους έχει να κάνει τόσο με το είδος του καυστήρα, εφόσον η κακή ρύθμισή των καυστήρων

συμβάλλει την παραγωγή τους, όσο και με την παροχή οξυγόνου. Τα οξείδια του αζώτου που κυρίως παράγονται κατά την καύση του Φυσικού Αερίου είναι: το μονοξείδιο (NO), το διοξείδιο (NO₂), το τριοξείδιο (N₂O₃) και το πεντοξείδιο του αζώτου (N₂O₅). Από αυτά το διοξείδιο του αζώτου είναι το τοξικότερο και σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει τα αναπνευστικά όργανα του ανθρώπου προκαλώντας από βρογχίτιδα έως και θανατηφόρα μόλυνση των πνευμόνων. Παρόλα αυτά με την καύση Φυσικού Αερίου έχουμε μείωση της παραγωγής οξειδίων του αζώτου κατά 33% σε σχέση με το πετρέλαιο.

▪ Τέλος, οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες και τα αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως αιθάλης σε αμελητέα περιεκτικότητα), σχηματίζονται κατά τη διεργασία της καύσης, είναι παράγωγα ατελούς καύσης και συντελούν ανάλογα στη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	NO _x	CO ₂	CO	CH
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό Αέριο	4	100	0,3	7	1

Πίνακας 1.4: Εκπεμπόμενοι Ρύποι, κατά τη καύση διαφόρων καυσίμων, σε μονάδα ατμοπαραγωγής (mg/MJ ,Εισαγόμενης Ποσότητας Καυσίμου).

Κεφάλαιο 2^ο : Σύνθεση και Θερμοφυσικές Ιδιότητες Φ.Α.

2.1 Ομαδοποίηση και Ταξινόμηση των Αέριων Καυσίμων

Τα αέρια καύσιμα όπως και τα διάφορα είδη Φυσικού Αερίου είναι κατά κανόνα μίγματα και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την σύνθεση, δηλαδή την ποσοστιαία αναλογία των καθαρών αερίων συστατικών και τις θερμοφυσικές ιδιότητές τους. Για το λόγο αυτό μια αυστηρά τυποποιημένη ταξινόμηση των αερίων, με βάση την σύνθεσή τους, είναι πολύ δύσκολη. Αντί αυτής έχει επιλεγεί διεθνώς η ομαδοποίηση τους σε «**Οικογένειες Αερίων**» με βάση την θερμογόνο δύναμή τους δηλαδή την παρεχόμενη ενέργεια κατά την καύση τους. Τα όρια αυτών των «Οικογενειών Αερίων» ορίζονται με βάση τις τιμές του δείκτη Wobbe.

Ο **δείκτης Wobbe** συνδέεται με την θερμογόνο δύναμη και την σχετική πυκνότητα του αερίου και είναι ο λόγος της απόλυτης πυκνότητας του αερίου προς αυτήν του αέρα, υπό κανονικές φυσικές συνθήκες. Δίνεται δε από την σχέση:

$$W = \frac{H}{\sqrt{d}} \quad \text{σε } J/Nm^3 \quad (2.1)$$

Ο δείκτης αυτός έχει ιδιαίτερη σημασία για την «εναλλαξιμότητα» των διαφόρων τύπων αερίων στις συσκευές καύσης (ειδικά στους καυστήρες που αποτελούν κατ'εξοχήν εξαρτήματα μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμική) και είναι ένα μέτρο της «ροής ενέργειας», που εκρέει από το ακροφύσιο ενός καυστήρα. Διαχωρίζεται σε *Ανώτερο Δείκτη Wobbe* (W_o) και σε *Κατώτερο Δείκτη Wobbe* (W_u) σε αντιστοιχία με την Ανώτερη Θερμογόνο Δύναμη (H_o) και την Κατώτερη Θερμογόνο Δύναμη (H_u). Είναι προφανές ότι λόγω της εξάρτησης του Δείκτη Wobbe και της Θερμογόνου Δύναμης έχουν τις ίδιες μονάδες δηλαδή J/m^3 ή J/kg

Έχουν γενικά επικρατήσει «τέσσερις οικογένειες αερίων» (ωστόσο στην Ελλάδα προβλέπονται τρείς) οι οποίες είναι:

- ✓ **Πρώτη Οικογένεια Αερίων**: Συνθετικά και παραγόμενα αέρια καύσιμα.

Σε αυτήν ανήκει το αέριο πόλης και οι τιμές του δείκτη Wobbe κυμαίνονται από $23 - 33 \text{ MJ}/m^3$

- ✓ **Δεύτερη Οικογένεια Αερίων**: Φυσικά Αέρια.

Στη δεύτερη οικογένεια αερίων υπάγονται όλα τα Φυσικά Αέρια και σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς η συγκεκριμένη οικογένεια υποδιαιρείται στις δυο ομάδες «L» (για το Light) και «H» (για το High). Στην ομάδα L ανήκει το Φ.Α. που προέρχεται από κοιτάσματα πετρελαίου, αντλείται δηλαδή σαν μίγμα πετρελαίου και αερίου και είναι φτωχότερο σε θερμογόνο δύναμη.

Αντίθετα στην ομάδα Η υπάγεται το Φ.Α. που προέρχεται από κλειστά κοιτάσματα αερίου. Το δεύτερο, το Φυσικό Αέριο Η είναι αυτό που έχει επικρατήσει στο δίκτυο της Ευρώπης και προφανώς και στην Ελλάδα. Έτσι, το Ελληνικό Φ.Α. είναι σχεδόν ισοδύναμο ενεργειακά με το Γερμανικό Erdgas Η.

Μεγέθη		Ομάδα L	Ομάδα H
Δείκτης Wobbe	$W_0, \text{ MJ/Nm}^3$	37,8 – 46,8	46,1 – 56,5
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	$H_0, \text{ MJ/Nm}^3$	30,2 – 47,2	
Επιτρεπόμενη Τοπική Απόκλιση W_0	 MJ/Nm^3	+0,6 / -1,2	+0,7 / -1,4
Σχετική Πυκνότητα	d	0,55 – 0,70	
Πίεση Σύνδεσης	P, mbar	18 -24 , ονομαστική 20	

Πίνακας 2.1: Θερμοδυναμικές ιδιότητες της δεύτερης οικογένειας αερίων.

✓ **Τρίτη Οικογένεια Αερίων:** Υγραέρια.

Σε αυτή την οικογένεια αερίων ανήκουν τα υγρά προπάνιο ή βουτάνιο ή μίγματα αυτών. Ο δείκτης Wobbe έχει τιμές από $72.4 - 92.4 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$

✓ **Τέταρτη Οικογένεια Αερίων:** Μίγματα Φυσικών Αερίων (Δεύτερη κατηγορία) και Υγραερίων (Τρίτη κατηγορία) με αέρα.

2.2 Σύνθεση Διαφόρων Τυπικών αερίων

Οι αναλογίες των συστατικών του Φυσικού Αερίου διαφέρουν ανάλογα με την προέλευσή του. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή ενός Φυσικού Αερίου είναι εάν προέρχεται από αμιγή κοιτάσματα Φ.Α. ή παράγεται ως «συνοδό αέριο» κοιτασμάτων πετρελαίου. Ακόμη δεν πρέπει να συγχέεται με το υγραέριο (προπάνιο, βουτάνιο ή μείγμα), που είναι παράγωγο καύσιμο από τα διυλιστήρια.

Υπάρχουν Φυσικά Αέρια με διαφορετικές συνθέσεις όχι μόνο διεθνώς, αλλά και σε δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ίδιας χώρας. Γι' αυτό κρίθηκε σκόπιμη η εισαγωγή ορισμένων «Τυπικών Φυσικών Αερίων» με συνθέσεις όσο το δυνατόν πλησιέστερες στις συνθέσεις των Φ.Α., που διατίθενται σε μια χώρα. Τούτο είναι αναγκαίο ιδιαίτερα στην Ελλάδα, εξαιτίας της προελεύσεως του από διαφορετικές πηγές, κυρίως την Ρωσία και την Αλγερία.

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η σύνθεση τεσσάρων ειδών Φ.Α. με την ονομασία «Τυπικό Φυσικό Αέριο (ΤΥ.Φ.Α.)» και «Τυπικό Ελληνικό Φυσικό Αέριο (Τ.Ε.Φ.Α.)», σε σχέση με την σύνθεση του ρωσικού, του αλγερινού και του γερμανικού αερίου. Τα Τ.Ε.Φ.Α 1 και Τ.Ε.Φ.Α. 2 προσιδιάζουν στις ενδεικτικές συνθέσεις του ρωσικού και του αλγερινού Φ.Α., ενώ το Τ.Ε.Φ.Α. 0 αντιστοιχεί σε μια μέση σύνθεση των αερίων που έχει δώσει η Δ.Ε.Π.Α. Το ΤΥ.Φ.Α. 1 έχει σύνθεση παρόμοια με την ενδεικτική σύνθεση του Γερμανικού Erdgas Η (προέλευση H₂).

ΣΥΣΤΑΣΗ	ΤΥΠΟΣ	ΡΩΣΙΚΟ Φ. Α.	ΑΛΓΕΡΙΝΟ Φ. Α.	Erdgas L	Erdgas H	ΤΥΦΑ 1	ΤΕΦΑ 0	ΤΕΦΑ 1	ΤΕΦΑ 2
Μεθάνιο	CH ₄	98,0	91,2	81,28	98,50	93,20	90,0	98,2722	86,4
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	0,6	6,5	2,82	0,50	2,84	3,0	0,5159	7,7
Προπάνιο	C ₃ H ₈	0,2	1,1	0,40	0,17	0,76	---	0,1607	3,2
i-Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	0,2	0,2	0,14	0,06	0,22	1,0	0,0592	0,1
n - Βουτάνιο	n - C ₄ H ₁₀	---	---	---	---	---	0,5	---	0,6
i - Πεντάνιο	C ₅ H ₁₂					0,08	---	0,0157	---
n - Πεντάνιο	n - C ₅ H ₁₂					---	---	---	---
Εξάνιο	C ₆ H ₁₄	0,1	---	0,14	0,14	0,04	---	0,0055	---
Επτάνιο	C ₇ H ₁₆					0,02	---	0,0016	---
Οκτάνιο	C ₈ H ₁₈					---	---	0,0009	---
Άζωτο	N ₂	0,8	1,0	14,27	0,46	2,55	2,5	0,8858	2,0
Διοξ. Άνθρακα	CO ₂	0,1	---	0,94	0,17	0,28	1,0	0,0668	---
Ήλιο	He	---	---	---	---	---	---	0,0157	---
Βενζόλιο	C ₆ H ₆	---	---	---	---	0,01	---	---	---
Οξυγόνο	O ₂	---	---	0,01	---	---	---	---	---

Πίνακας 2.2: Σύνθεση Τοπικών Φυσικών Αερίων.

2.3 Θερμοφυσικές Ιδιότητες Φυσικών Αερίων

Εφόσον το Φ.Α. είναι ένα μίγμα ιδανικών αερίων σε διάφορες αναλογίες r_i , οι θερμοφυσικές ιδιότητές του, ακολουθούν τους κανόνες μίξης, των ιδανικών αερίων. Έτσι, για κάθε συστατικό i , ορίζεται το γραμμομοριακό κλάσμα x_i , το κλάσμα μάζας w_i και η σχετική μοριακή μάζα M_i (μοριακό βάρος), ως εξής:

$$x_i = \frac{c_i}{c} \quad \text{και} \quad w_i = \frac{\rho_i}{\rho} \quad \text{και} \quad M_i = \frac{\rho_i}{c_i} \quad (2.2)$$

2.3.1 Πυκνότητα ρ , Σχετική Πυκνότητα d_g και Δυναμικό Ιξώδες μ

Η απόλυτη πυκνότητα ρ του μίγματος του Φ.Α., με n συστατικά και πυκνότητα ρ_i του κάθε συστατικού, υπό την ίδια πίεση και θερμοκρασία με αυτή του μίγματος, δίνεται από την σχέση:

$$\rho = r_1\rho_1 + r_2\rho_2 + \dots + r_n\rho_n = \sum_{i=1}^n r_i\rho_i \quad \text{σε } kg/m^3 \quad (2.3)$$

Η σχετική πυκνότητα d_g αποτελεί τον αδιάστατο λόγο της πυκνότητας του αερίου, προς την πυκνότητα του αέρα στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

$$d_g = \frac{\rho}{\rho_{air}} = r_1d_1 + r_2d_2 + \dots + r_nd_n = \sum_{i=1}^n r_id_i \quad (2.4)$$

Το δυναμικό ιξώδες μ του Φυσικού Αερίου υπολογίζεται από το ιξώδες των συστατικών του με τη ημ εμπειρική σχέση του Wilke (Θεωρία Μιγμάτων):

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{x_i\mu_i}{\sum_{j=1}^n x_j\Phi_{ij}} \quad \text{σε } kg/msec \quad (2.5)$$

όπου η συνάρτηση Φ_{ij} δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left[1 + \frac{M_i}{M_j} \right]^{-0.5} \left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j} \right)^{0.5} \left(\frac{M_i}{M_j} \right)^{0.25} \right]^2 \quad (2.6)$$

Το Φ_{ij} είναι αδιάστατο και ισχύει για $i=j$ είναι $\Phi_{ij}=1$

2.3.2 Ειδική Θερμοχωρητικότητα C_p

Η ειδική ισοβαρής θερμοχωρητικότητα C_p του μίγματος Φυσικού Αερίου, συναρτήσει μόνο της θερμοκρασίας, δίνεται από τη σχέση:

$$C_p(T) = \sum_{i=1}^n w_i C_{pi}(T) \quad \text{σε } KJ/m^3K \quad (2.7)$$

Ωστόσο για τεχνικές εφαρμογές τα συστατικά του Φυσικού Αερίου θεωρούνται ιδανικά αέρια έτσι η ειδική ισοβαρής θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από πολυωνυμικές ή εκθετικές μορφές εξισώσεων.

2.3.3 Θερμική Αγωγιμότητα k

Η θερμική αγωγιμότητα k του μίγματος, δίνεται από τη σχέση:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n x_i k_i \sqrt{M_i}}{\sum_{i=1}^n x_i \sqrt{M_i}} \quad \text{σε } KJ/msec \quad (2.8)$$

2.3.4 Ειδική Ενθαλπία h

Η ειδική ενθαλπία h του μίγματος, δίνεται από τη σχέση:

$$h = \sum_{i=1}^n w_i h_i = \sum_{i=1}^n w_i C_{pi} T_i \quad \text{σε } J/Kg \quad (2.9)$$

Ενδεικτικές τιμές διαφόρων ιδιοτήτων σε κανονικές φυσικές συνθήκες, για μερικά τυπικά Φ.Α. δίνονται στον πίνακα 2.3, ενώ στον πίνακα 2.4 δίνονται οι ιδιότητες του γερμανικού Erdgas H2, σε διάφορες θερμοκρασίες για πίεση 1 atm.

ΑΕΡΙΟ	Τ.Ε.Φ.Α. 0	Τ.Ε.Φ.Α. 1	Τ.Ε.Φ.Α. 2	ΤΥ.Φ.Α. 1
ρ_n (Kg/m ³)	0,8190	0,7298	0,8448	0,7701
d	0,633	0,564	0,653	0,595
μ (Kg/m sec)	10,02 * 10 ⁻⁶	10,23 * 10 ⁻⁶	10,14 * 10 ⁻⁶	10,54 * 10 ⁻⁶
C _p (KJ/Kg k)	2,013	2,164	1,964	2,088

Πίνακας 2.3: Ιδιότητες για μερικά από τα Τυπικά Φ.Α σε Κ.Σ

T	ρ	μ	C _p	k	h
(⁰ C)	(Kg/m ³)	(10 ⁻⁶) (Kg/ms)	(KJ/m ³ K)	(10 ⁻⁶) (KJ/ms)	(KJ/Kg)
-10	0,8003	10,24	1,572	29,4	516,90
0	0,7707	10,54	1,586	30,5	562,11
10	0,7432	10,83	1,601	31,7	609,96
20	0,7177	11,12	1,617	32,8	660,48
30	0,6938	11,41	1,634	34,0	713,96
40	0,6715	11,70	1,652	35,2	770,40
50	0,6506	11,98	1,670	36,4	829,48
60	0,6310	12,26	1,690	37,7	892,27
70	0,6125	12,54	1,711	39,0	958,58
80	0,5951	12,81	1,732	40,3	1.027,82
90	0,5787	13,09	1,754	41,6	1.100,68
100	0,5631	13,36	1,777	43,0	1.177,57
20	0,4438	15,93	2,048	58,6	1.352,80
300	0,3663	18,33	2,317	75,8	3.625,41
400	0,3118	20,59	2,572	94,0	5.552,73
500	0,2715	22,73	2,813	113,0	8.010,57

Πίνακας 2.4: Ιδιότητες συναρτήσει της θερμοκρασίας, του Erdgas H2, σε πίεση 1atm.

2.3.5 Αριθμός Reynolds Re

Ο αριθμός Reynolds Re αποτελεί κριτήριο για τον τύπο της ροής στον αγωγό. Εφόσον η τιμή του είναι μεγαλύτερη του συμβατικού ορίου 2.320 (για αγωγό κυκλικής διατομής) η ροή θεωρείται τυρβώδης και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. Για την ροή ρευστού πυκνότητας ρ , ταχύτητας u και δυναμικού ιξώδους μ , σε αγωγό διαμέτρου d , δίνεται από την σχέση:

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} \quad (2.10)$$

Πρόκειται για έναν αδιάστατο αριθμό, που αποτελεί την σημαντικότερη παράμετρο για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής λ . Επειδή στα δίκτυα διανομής και μεταφοράς η ροή θεωρείται κατά προσέγγιση ισόθερμη, ο Re παραμένει σχεδόν σταθερός για έναν αγωγό σταθερής διαμέτρου d .

2.3.6 Συντελεστής Συμπιεστότητας Z

Ο Συντελεστής Πραγματικού Αερίου Z , γνωστότερος ως Συντελεστής Συμπιεστότητας, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μεγέθη για την ρευστοθερμική ανάλυση του Φυσικού Αερίου και οι τιμές του πρέπει να είναι γνωστές για το θεωρούμενο αέριο για κάθε σύνθεση και κατάσταση πίεσης και θερμοκρασίας. Για τον υπολογισμό του έχουν επικρατήσει δυο τρόποι: της AGA (AGA 1985) και της GERG (Jaeschke, 1988).

Με βάση αυτές τις δυο αναπτύχθηκε μια τρίτη συνθετική μέθοδος με αντίστοιχο κώδικα (Papanikas, 1990-1993). Από την ανάλυση αυτή προέκυψε ότι η απόκλιση της πραγματικής συμπεριφοράς του Φ.Α., από αυτήν σε κανονικές συνθήκες, είναι μικρή για χαμηλές και μέσες πιέσεις, δηλαδή για πιέσεις μικρότερες της απόλυτης πίεσης των 5 bar.

Απόλυτη Πίεση (bar)	Z Μέσες Τιμές	Απόκλιση σε % $f_z = (1-Z) / Z$
0,0 – 1,0	1,000	$0,0 < f_z < 0,5$
1,0 – 2,5	0,995	$0,5 < f_z < 1,0$
2,5 – 5,0	0,990	$1,0 < f_z < 2,0$
5,0 -10	0,975	$2,1 < f_z < 3,6$

Πίνακας 2.5: Τιμές Z κατάλληλες για τον υπολογισμό ροής σε αγωγούς για τα τυπικά Τ.Ε.Φ.Α.

Σημαντικό είναι να σημειώσει κανείς, ότι ο συντελεστής πραγματικού αερίου του μεθανίου (και κατά συνέπεια του Φ.Α., που αποτελείται κατά το μέγιστό του μέρος από μεθάνιο) στις κανονικές συνθήκες δεν είναι η μονάδα, αλλά ελάχιστα μικρότερος, όπως εξάλλου αναμένεται, επειδή πρόκειται για πολυατομικό αέριο.

2.3.7 Αριθμός Συμπιεστότητας K

Σε πρακτικές εφαρμογές για Φυσικό Αέριο και εντελώς προσεγγιστικά, π.χ. για υπόγειους αγωγούς, όπου η θερμοκρασία μπορεί να θεωρηθεί σταθερή στους

περίπου 12°C και για πιέσεις μέχρι 70 bar, ισχύει σύμφωνα με τα δεδομένα του Cerbe:

$$K \approx 1 + \frac{P_{abs}}{450bar} \quad (2.11)$$

όπου P_{abs} η απόλυτη πίεση.

Για $P_{abs} \approx P_n$, η σχέση αυτή δεν ισχύει.

2.3.8 Συντελεστής Υπερσυμπιεστότητας F_{pv}

Σε υψηλής ακρίβειας μετρήσεις παροχής, με την βοήθεια διαφραγμάτων, σε διασυνδεδεμένα δίκτυα διακρατικής διακίνησης του Φ.Α. χρησιμοποιείται ο συντελεστής υπερσυμπιεστότητας F_{pv} , ο οποίος ορίζεται από την σχέση:

$$F_{pv} = \left(\frac{Z_b}{Z}\right)^{0.5} \quad (2.12)$$

Είναι ο λόγος των συντελεστών πραγματικού αερίου του θεωρούμενου Φ.Α. με Z , στις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που ενδιαφέρουν και Z_b σε συνθήκες αναφοράς ή βάσης, οι οποίες θα μπορούσε να ήταν οι κανονικές συνθήκες P_n και T_n

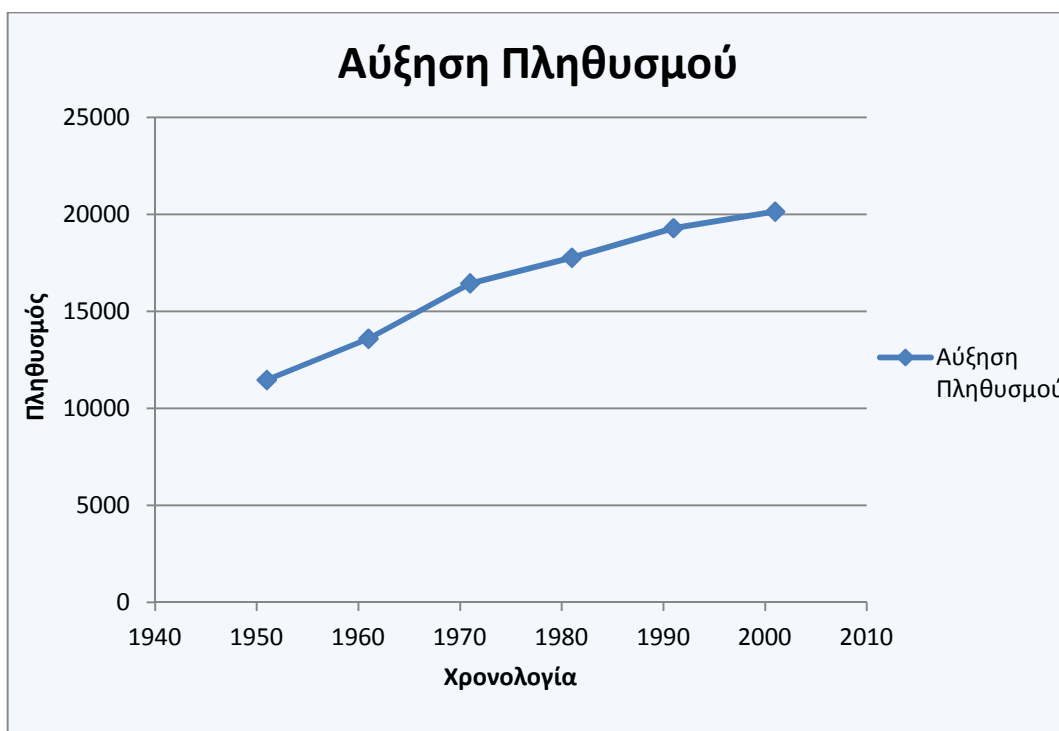
Κεφάλαιο 3^ο : Εκτίμηση Νοικοκυριών & Κατανάλωσης

3.1 Εκτίμηση Πληθυσμού

Με βάση τις απογραφές που έγιναν τις τελευταίες δεκαετίες για τον Δήμο Λιβαδειάς, προκύπτουν τα ακόλουθα στατιστικά στοιχεία για την αύξηση του πληθυσμού :

Δήμος Λιβαδειάς	
Χρονολογία	Πληθυσμός
1951	11469
1961	13595
1971	16446
1981	17769
1991	19295
2001	20149

Πίνακας 3.1 : Απογραφικά στοιχεία πληθυσμού για το Δήμο Λιβαδειάς



Σχήμα 3.1 : Αύξηση πληθυσμού ανά έτος για το Δήμο

Σύμφωνα με τα ανωτέρω απογραφικά στοιχεία η αύξηση του πληθυσμού που παρατηρείται στο Δήμο τις τελευταίες δύο δεκαετίες είναι:

- ❖ Για τη δεκαετία 1981-1991 ποσοστό 8,6%
- ❖ Για τη δεκαετία 1991-2001 ποσοστό 4,43%

Συνεπώς έχουμε ένα μειούμενο ποσοστό αύξησης του πληθυσμού που ανέρχεται στο 0,49%. Σύμφωνα με αυτό το ποσοστό μείωσης για τη δεκαετία 2001-2011 το ποσοστό αύξησης του πληθυσμού θα είναι 2,26% και ο **αναμενόμενος**

αριθμός κατοίκων το έτος 2011 θα είναι:

20605 κάτοικοι

3.2 Εκτίμηση Νοικοκυριών

Σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε) το πλήθος των νοικοκυριών στο Δήμο Λιβαδειάς είναι όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα 3.2,

Δήμος Λιβαδειάς (Νομό Βοιωτίας)								
2001 Πραγματικός Πληθυσμός								
	Νοικοκυριά	Μέλη	Με 1 δωμάτιο	Με 2 δωμάτια	Με 3 δωμάτια	Με 4 δωμάτια	Με 5 δωμάτια	Με 6 και πάνω δωμάτια
Νοικοκυριά με 1 μέλος	1040	1040	41	233	297	289	140	40
Νοικοκυριά με 2 μέλη	1758	3516	17	162	430	659	359	131
Νοικοκυριά με 3 μέλη	1581	4743	9	65	293	617	422	175
Νοικοκυριά με 4 μέλη	1685	6740	4	41	260	686	496	198
Νοικοκυριά με 5 μέλη	517	2585	0	10	75	190	163	79
Νοικοκυριά με 6 μέλη	163	978	0	4	26	50	48	35
Νοικοκυριά με 7 μέλη	51	357	0	2	3	20	17	9
Νοικοκυριά με 8 μέλη	14	112	0	0	1	6	4	3
Νοικοκυριά με 9 μέλη	5	45	0	0	0	0	2	3
Νοικοκυριά με 10 μέλη	3	33	0	0	0	0	1	2
Σύνολο	6817	20149	71	517	1385	2517	1652	675

Πίνακας 3.2 : Αριθμός νοικοκυριών ανά αριθμό μελών και αριθμό δωματίων για το έτος 2001

Βρίσκουμε το πλήθος των ατόμων που μένουν σε κάθε κατοικία ως ποσοστό του μεγέθους αυτής με βάση τα στατιστικά στοιχεία του 2001. (πίνακας 3.3)

Μέλη	Δωμάτια					
	1	2	3	4	5	6 και πάνω
1	57,75	45,07	21,44	11,48	8,475	5,926
2	23,94	31,33	31,05	26,18	21,73	19,41
3	12,68	12,57	21,16	24,51	25,54	25,93
4	5,634	7,93	18,77	27,25	30,02	29,33
5	0	1,934	5,415	7,549	9,867	11,7
6	0	1,934	5,415	7,549	9,867	11,7
7	0	0,774	1,877	1,986	2,906	5,185
8	0	0	0,072	0,238	0,242	0,444
9	0	0	0	0	0,121	0,444
10	0	0	0	0	0,061	0,296

Πίνακας 3.3 : Ποσοστό επί τοις εκατό (%) των ατόμων που μένουν σε κάθε κατοικία συναρτήσει του μεγέθους αυτής

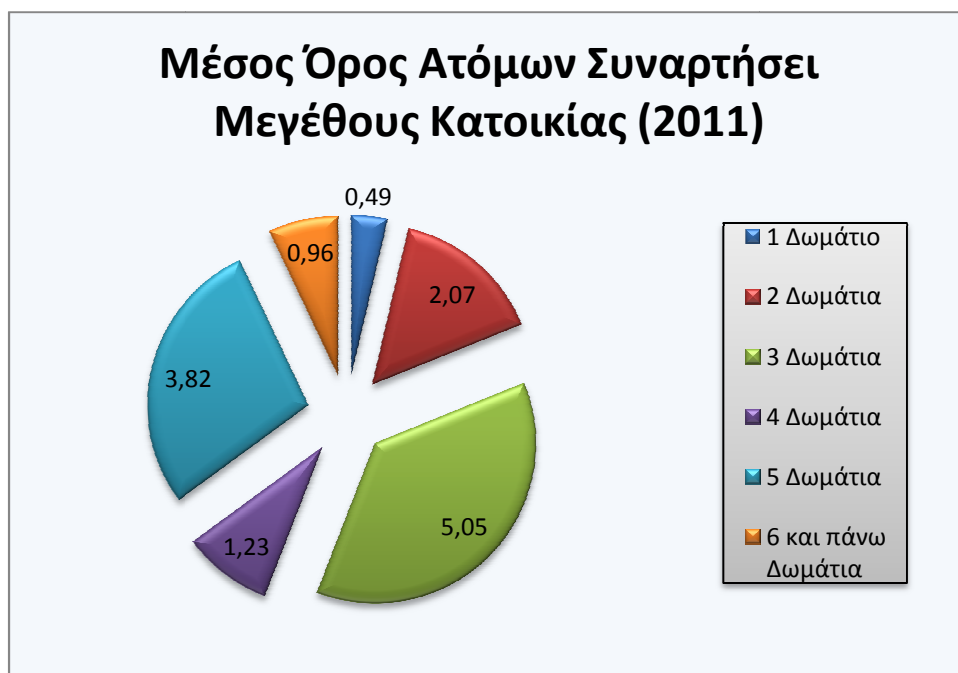
Στη συνέχεια, και με χρήση της προσαύξησης του πληθυσμού κατά 2.26% , υπολογίζουμε τόσο τον αναμενόμενο αριθμό των νοικοκυριών για το έτος 2011 (πίνακας 3.4) όσο και τον μέσο όρο των ατόμων συναρτήσει του μεγέθους της κατοικίας για το ίδιο έτος. (πίνακας 3.5)

Μέγεθος Οικίας (Δωμάτια)	Μέσος Όρος Ατόμων
1 Δωμάτιο	0,492922919
2 Δωμάτια	2,07778502
3 Δωμάτια	5,042553853
4 Δωμάτια	1,228934858
5 Δωμάτια	3,820468894
6 και πάνω Δωμάτια	0,957941587

Πίνακας 3.5 : Μέσος όρος ατόμων συναρτήσει μεγέθους κατοικίας.

Δήμος Λιβαδειάς (Νομό Βοιωτίας) 2011 Πραγματικός Πληθυσμός								
	Νοικοκυριά	Μέλη	Με 1 δωμάτιο	Με 2 δωμάτια	Με 3 δωμάτια	Με 4 δωμάτια	Με 5 δωμάτια	Με 6 και πάνω δωμάτια
Νοικοκυριά με 1 μέλος	1063,504	1063,504	41,9266	238,265	303,7122	295,531	143,164	40,904
Νοικοκυριά με 2 μέλη	1797,730	3595,4616	17,3842	165,661	439,718	673,893	367,1134	133,9606
Νοικοκυριά με 3 μέλη	1616,731	4850,1918	9,2034	66,469	299,6218	630,944	431,5372	178,955
Νοικοκυριά με 4 μέλη	1723,081	6892,324	4,0904	41,926	265,876	701,503	507,2096	202,4748
Νοικοκυριά με 5 μέλη	528,684	2643,421	0	10,226	76,695	194,294	166,6838	80,7854
Νοικοκυριά με 6 μέλη	166,684	1000,1028	0	4,0904	26,5876	51,13	49,0848	35,791
Νοικοκυριά με 7 μέλη	52,153	365,0682	0	2,045	3,0678	20,452	17,3842	9,2034
Νοικοκυριά με 8 μέλη	14,316	114,5312	0	0	1,0226	6,1356	4,0904	3,0678
Νοικοκυριά με 9 μέλη	5,113	46,017	0	0	0	0	2,0452	3,0678
Νοικοκυριά με 10 μέλη	3,0678	33,7458	0	0	0	0	1,0226	2,0452
Σύνολο	6971,064	20604,367	72,605	528,684	1416,301	2573,88	1689,335	690,255

Πίνακας 3.4: Αριθμός Νοικοκυριών και μέλη για το έτος 2011



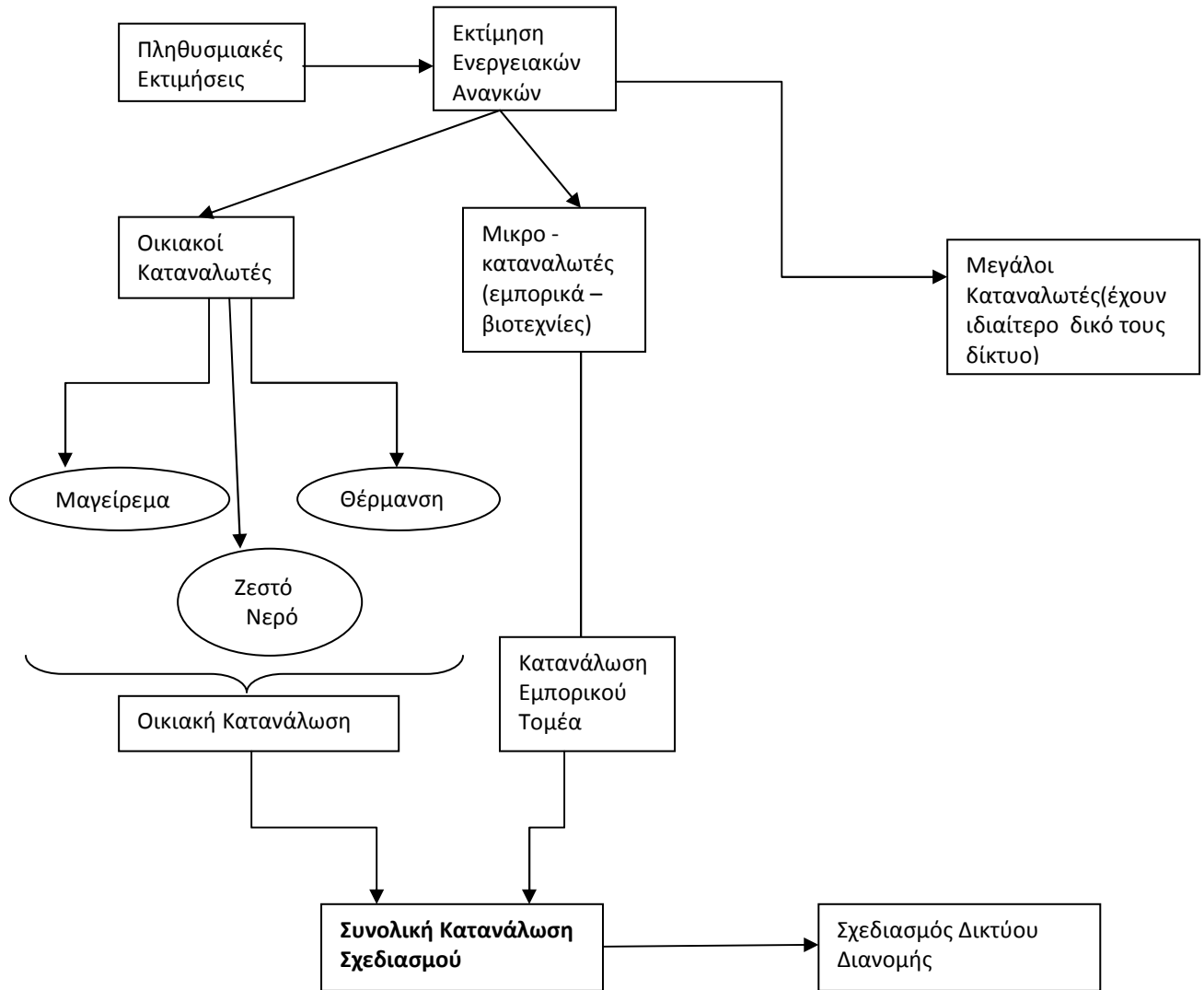
Σχήμα 3.2 :Μέσος όρος ατόμων συναρτήσει μεγέθους κατοικίας (2011)

Από τα παραπάνω προκύπτουν για το 2011:

- Σύνολο Νοικοκυριών :
- Αριθμός ατόμων ανά νοικοκυριό :

3.3 Εκτίμηση Κατανάλωσης

Η βάση της μελέτης ενός δικτύου Φυσικού Αερίου σε μια περιοχή στηρίζεται στην σωστή εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών εντός της περιοχής για την περίοδο για την οποία σχεδιάζεται η εγκατάσταση. Ο διαχωρισμός των ενεργειακών αναγκών γίνεται με βάση το είδος της κατανάλωσης και είναι αυτός που παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα (σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3: Η διαδικασία που ακολουθείται στην πρόβλεψη των ενεργειακών αναγκών και της κατανάλωσης αιχμής

3.3.1 Εκτίμηση κατανάλωσης στον Οικιακό Τομέα

Η κατανάλωση ενέργειας για οικιακή χρήση είναι ένα μέγεθος που εκτιμάται μόνο στατιστικά και επηρεάζει σημαντικά τη διαμόρφωση του επιπέδου της τελικής ζήτησης Φυσικού Αερίου.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τις ενεργειακές εγκαταστάσεις και σχετίζονται με την χρήση Φ.Α. είναι οι ακόλουθοι:

- Κλιματολογικές συνθήκες
- Αγοραστική ικανότητα και συνήθειες καταναλωτή
- Τυπικός οικογενειακός προγραμματισμός και συνθήκες καταναλωτή

Ένας τρόπος μελέτης και εκτίμησης των καταναλώσεων ενέργειας είναι ο διαχωρισμός τους σε επί μέρους κατηγορίες, ανάλογα με τον σκοπό της κατανάλωσης (όπως φαίνεται και στο σχήμα 1 πιο πάνω).

Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Α. Μαγείρεμα
- Β. Ζεστό νερό
- Γ. Θέρμανση.

A. Μαγείρεμα

Λόγω έλλειψης στατιστικών στοιχείων, με βάση παλαιότερες μετρήσεις, οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για μαγείρεμα υπολογίζονται περίπου $Q_M = 850 \text{ MJ/aP}$ ανά έτος (a) και άτομο (P).

Η απαιτούμενη ποσότητα Φυσικού αερίου για μαγείρεμα υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\dot{V}_M = \frac{Q_M}{\eta H_u} \text{ σε } \text{m}^3/\text{aP} \quad (3.1)$$

όπου: $Q_M = 850 \text{ MJ/aP}$

η = ο συντελεστής απόδοσης συσκευής (περίπου 0,5)

H_u = η θερμογόνος δύναμη Φυσικού Αερίου.
(Ελληνικό Φ. Α. = $40,5 \text{ MJ/Nm}^3$)

Οπότε για την περίπτωση μας, η απαιτούμενη ποσότητα Φ.Α για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για μαγείρεμα είναι:

$$\dot{V}_M = \frac{Q_M}{\eta H_u} = \frac{850}{0,5 \cdot 40,5} \rightarrow \dot{V}_M = 41,98 \text{ m}^3/\text{aP} \quad (3.2)$$

Για να αναχθούν τα ετήσια μεγέθη καταναλώσεων για μαγείρεμα σε ωριαίες καταναλώσεις στις δυσμενέστερες συνθήκες (υψηλότερης κατανάλωσης) χρησιμοποιούνται οι «συντελεστές φόρτισης» L_δ και L_h , οι οποίοι έχουν προσδιοριστεί με βάση στατιστικά στοιχεία χρήσης ηλεκτρικής κουζίνας και ηλεκτρικού θερμοσίφωνα. Ο μετασχηματισμός αυτός γίνεται γιατί στον σχεδιασμό των δικτύων διανομής σημαντικό ρόλο παίζει η ωριαία μέγιστη κατανάλωση αιχμής.

Δίμηνο	Συντελεστής φόρτισης L_δ	
	Μαγείρεμα	Ζεστό Νερό
Σεπτέμβριος - Οκτώβριος	1.0916	1.0976
Νοέμβριος - Δεκέμβριος	1.0824	1.1354
Ιανουάριος - Φεβρουάριος	1.0791	1.1139
Μάρτιος - Απρίλιος	1.0426	1.0359
Μάιος - Ιούνιος	0.9865	0.9914
Ιούλιος – Αύγουστος	0.7177	0.6251

Πίνακας 3.6: Συντελεστής φόρτισης Διμηνίας για μαγείρεμα και ζεστό νερό

Κάνοντας χρήση

- ✓ του υψηλότερου συντελεστή φόρτισης διμήνου: $L_\delta = 1.0916$
- ✓ του υψηλότερου ωριαίου συντελεστή φόρτισης: $L_h = 0.147$
- ✓ και του αριθμού ατόμων ανά νοικοκυριό: $A = 2,96 \text{ P/N}$

υπολογίζεται η ωριαία κατανάλωση για μαγείρεμα ανά νοικοκυριό, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\dot{V}_M^h = \frac{1}{360} A L_\delta L_h \dot{V}_M \quad \text{σε } \text{m}^3/\text{hN} \quad (3.3)$$

Έτσι η ωριαία κατανάλωση για μαγείρεμα ανά νοικοκυριό είναι:

$$\dot{V}_M^h = \frac{1}{360} * 2,96 * 1,0916 * 0,147 * 41,98 \rightarrow \dot{V}_M^h = 0,0554 \quad \text{m}^3/\text{hN} \quad (3.4)$$

Ώρα	Συντελεστής φόρτισης L_h	
	Μαγείρεμα	Ζεστό Νερό
8	0.131	0.047
9	0.104	0.051
10	0.097	0.052
11	0.147	0.046
12	0.118	0.024
13	0.065	0.013
14	0.025	0.018
15	0.014	0.023
16	0.011	0.040
17	0.022	0.054
18	0.059	0.093
19	0.060	0.142
20	0.057	0.144
21	0.055	0.109
22	0.024	0.041
23	0.004	0.010
24 - 3	0.010	0.094

Πίνακας 3.7: Ωριαίος Συντελεστής φόρτισης για μαγείρεμα και ζεστό νερό

B. Ζεστό νερό

Οι βασικές ενεργειακές ανάγκες για ζεστό νερό είναι αυτές για την κουζίνα Q_{NK} και για το μπάνιο Q_{NM} .

Οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για την κουζίνα Q_{NK} υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_{NK} = nMc\Delta T \quad \text{σε } \text{MJ}/\text{aP} \quad (3.5)$$

όπου: n = συντελεστής φόρτισης (περίπου 0,8) , σχετικά χαμηλός για να συμπεριλάβει την πτώση κατανάλωσης τους θερινούς μήνες
 M = ποσότητα νερού που καταναλώνεται (8-10 lt ανά ημέρα και άτομο, δηλαδή σε ετήσια βάση ανά άτομο $3000 \text{ lt}/\text{aP}$)
 c = θερμοχωρητικότητα του νερού (4186, 8 J/kg K)

ΔT = μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού που θερμαίνεται κατά περίπου 40 K

Συνεπώς στην περίπτωση μας, οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για την κουζίνα είναι:

$$Q_{NK} = 0,8 * 3000 * 4186,8 * 40 \rightarrow Q_{NK} = 401,933 \text{ MJ/aP} \quad (3.6)$$

Οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για το μπάνιο Q_{NM} υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_{NM} = \frac{m}{A} Mc\Delta T \quad \text{σε MJ/aP} \quad (3.7)$$

όπου: m = συντελεστής αναμμάτων θερμοσίφωνα (περίπου 0,5 ανά νοικοκυριό την ημέρα ή 182 ανά νοικοκυριό και έτος)
 A = μέσος αριθμός ατόμων ανά νοικοκυριό, P/N
 M = χωρητικότητα θερμοσίφωνα (μέσος όρος 150 lt)
 c = θερμοχωρητικότητα του νερού (4186, 8 J/kg K)
 ΔT = μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού που θερμαίνεται κατά περίπου 25 K

Έτσι για την δική μας περίπτωση, οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για το μπάνιο είναι:

$$Q_{NM} = \frac{182}{2,96} * 150 * 4186,8 * 25 \rightarrow Q_{NM} = 965,37 \text{ MJ/aP} \quad (3.8)$$

Οπότε, οι **τελικές ανάγκες σε θερμική ενέργεια για ζεστό νερό ανά έτος και άτομο** είναι:

$$Q_{ZN} = Q_{NK} + Q_{NM} = 1367,303 \text{ MJ/aP} \quad (3.9)$$

Η απαιτούμενη ποσότητα Φ.Α. για ζεστό νερό τώρα υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{ZN} = \frac{Q_{ZN}}{\eta H_u} \quad \text{σε m}^3/\text{aP} \quad (3.10)$$

με η = ο συντελεστής απόδοσης συσκευής (περίπου 0,75)

Συνεπώς, η απαιτούμενη ποσότητα Φ.Α. για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών για ζεστό νερό είναι:

$$V_{ZN} = \frac{1367,303}{0,75 * 40,5} \rightarrow V_{ZN} = 45,014 \text{ m}^3/\text{aP} \quad (3.11)$$

Όμοια με προηγουμένως για να αναχθούν τα ετήσια μεγέθη καταναλώσεων για ζεστό νερό σε ωριαίες καταναλώσεις στις δυσμενέστερες συνθήκες (υψηλότερης

κατανάλωσης) χρησιμοποιούνται οι «συντελεστές φόρτισης» όπως αυτοί φαίνονται στους πίνακες 3.6 και 3.7 πιο πάνω.

Λαμβάνοντας υπόψη:

- ✓ τον υψηλότερο συντελεστή φόρτισης διμήνου: $L_{\delta} = 1.1354$
- ✓ τον υψηλότερο ωριαίο συντελεστή φόρτισης: $L_h = 0.144$
- ✓ και τον αριθμό ατόμων ανά νοικοκυριό: $A = 2,96 P/N$

υπολογίζεται η ωριαία κατανάλωση για ζεστό νερό ανά νοικοκυριό, σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{ZN}^h = \frac{1}{360} A L_{\delta} L_h V_{ZN} \quad \sigma\epsilon \quad m^3/hN \quad (3.12)$$

Ως εκ τούτου, η ωριαία κατανάλωση για ζεστό νερό ανά νοικοκυριό είναι:

$$V_{ZN}^h = \frac{1}{360} 2,96 * 1,1354 * 0,144 * 45,014 \rightarrow V_{ZN}^h = 0,0605 \quad m^3/hN \quad (3.13)$$

C. Θέρμανση

Η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για την θέρμανση, που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των οικιακών αναγκών, χαρακτηρίζεται από δυσκολίες και σχετίζεται άμεσα με την εξωτερική θερμοκρασία. Η εκτίμηση μπορεί να γίνει με βάση την κατανάλωση άλλων καυσίμων (π.χ. πετρελαίου θέρμανσης), αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στατιστικά στοιχεία κατανάλωσης, όπως αυτά δίνονται από την ΔΕΦΑ.

Η εκτίμηση με βάση την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης ξεκινάει από την έρευνα κατανάλωσης ενέργειας και προκύπτει για την εξεταζόμενη περιοχή, η μέση τιμή ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης V_{Π} . Η τιμή αυτή κατανάλωσης πετρελαίου μπορεί να μετατραπεί σε μια ενδεικτική τιμή ενεργειακών αναγκών ανά κατοικία, σύμφωνα με τη σχέση:

$$Q_{\theta} = E_{\kappa} V_{\Pi} \rho_{\Pi} H_{\Pi} \quad \sigma\epsilon \quad MJ/aN \quad (3.14)$$

όπου: Q_{θ} = μέση τιμή ενεργειακών αναγκών για θέρμανση

V_{Π} = μέση τιμή ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου θέρμανσης
(έχει εκτιμηθεί για αστικές περιοχές και για κατοικίες 30 –120 m²,
περίπου σε $V_{\Pi} = 12 \text{ lt}/m^2 d$)

E_{κ} = τυπικό εμβαδόν μέσης κατοικίας (περίπου 75 m²)

ρ_{Π} = πυκνότητα πετρελαίου (926 kg/m³)

H_{Π} = θερμογόνος δύναμη πετρελαίου (44 MJ/ Kg)

Συνεπώς, η ετήσια τιμή ενεργειακών αναγκών για θέρμανση είναι:

$$Q_{\theta} = 75 * 12 * 926 * 44 \rightarrow Q_{\theta} = 36669,6 \quad MJ/aP \quad (3.15)$$

Η απαιτούμενη ποσότητα Φ.Α. (όγκος) για θέρμανση ανά έτος και νοικοκυριό, προκύπτει με την παραδοχή ότι ο συντελεστής απόδοσης και οι λειτουργικές απώλειες ενός καυστήρα φυσικού αερίου είναι ίδιες με αυτόν ενός καυστήρα πετρελαίου από την σχέση:

$$\dot{V}_{\Theta} = \frac{Q_{\Theta}}{H_u} \quad \text{σε } \text{m}^3/\text{aN} \quad (3.16)$$

όπου: Q_{Θ} = οι απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση
 H_u = η θερμογόνος δύναμη Φ.Α. (Ελληνικό Φ.Α. = 40,5 MJ/ Nm³)

Συνεπώς, η ετήσια ποσότητα Φ.Α. για θέρμανση είναι:

$$\dot{V}_{\Theta} = \frac{36669,6}{40,5} \rightarrow \dot{V}_{\Theta} = 905,422 \quad \text{m}^3/\text{aN} \quad (3.17)$$

❖ **Μέθοδος 1:** Για να αναχθεί αυτή η τιμή ετήσιας κατανάλωσης ανά νοικοκυριό σε ωριαίες ενδεικτικές τιμές (μέση και αιχμής) πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κλιματολογικές συνθήκες που επιδρούν κατά κύριο λόγο στην καταναλωτική συμπεριφορά. Έτσι έχουμε τους ακόλουθους συντελεστές φόρτισης, τον μηνιαίο L_{μ} και ωριαίο L_h , όπως παρουσιάζονται στους πίνακες 3.8 και 3.9

Ωριαίοι συντελεστές φόρτισης κατανάλωσης L_h για θέρμανση			
Ώρα	Συντελεστής	Ώρα	Συντελεστής
1	0.02122	13	0.04721
2	0.00236	14	0.04727
3	0.0	15	0.04480
4	0.0	16	0.05180
5	0.0	17	0.05896
6	0.0	18	0.07310
7	0.0	19	0.08254
8	0.02122	20	0.08962
9	0.03060	21	0.08962
10	0.04070	22	0.08018
11	0.04950	23	0.06840
12	0.04121	24	0.04727

Πίνακας 3.8: Ωριαίοι συντελεστές φόρτισης L_h για θέρμανση σύμφωνα με τη ΔΕΦΑ.

Λαμβάνοντας υπόψη:

- ✓ τον υψηλότερο μηνιαίο συντελεστή φόρτισης: $L_{\mu} = 3.4217$
- ✓ τον υψηλότερο ωριαίο συντελεστή φόρτισης: $L_h = 0.08962$
- ✓ και τον αριθμό ατόμων ανά νοικοκυριό: $A = 2,96$ P/N

υπολογίζεται η ωριαία κατανάλωση αιχμής για θέρμανση σύμφωνα με τη σχέση:

$$\dot{V}_{\Theta}^h = \frac{1}{360} A L_{\mu} L_h \dot{V}_{\Theta} \quad \text{σε } \text{m}^3/\text{h} \quad (3.18)$$

Συνεπώς, η ωριαία κατανάλωση αιχμής για θέρμανση είναι:

$$\dot{V}_{\theta}^h = \frac{1}{360} 2,96 * 3,4217 * 0,08962 * 905,422 \rightarrow \dot{V}_{\theta}^h = 2,283 \text{ m}^3/\text{hN} \quad (3.19)$$

Μηνιαίοι συντελεστές φόρτισης κατανάλωσης L _μ για θέρμανση	
Μήνες	Συντελεστής
Ιανουάριος	2.6235
Φεβρουάριος	3.4217
Μάρτιος	2.7457
Απρίλιος	1.3369
Μάιος	0.0
Ιούνιος	0.0
Ιούλιος	0.0
Αύγουστος	0.0
Σεπτέμβριος	0.0
Οκτώβριος	0.0
Νοέμβριος	0.1952
Δεκέμβριος	1.6770

Πίνακας 3.9: Μηνιαίοι συντελεστές φόρτισης L_μ για θέρμανση σύμφωνα με τη ΔΕΦΑ.

Η ωριαία κατανάλωση για θέρμανση ανά νοικοκυριό προκύπτει με την παραδοχή ότι η θέρμανση λειτουργεί περίπου έξι ώρες την ημέρα, δηλαδή είναι :

$$\dot{V}_{\theta}^h = \frac{2,283}{6} \rightarrow \dot{V}_{\theta}^h = 0,3805 \text{ m}^3/\text{hN} \quad (3.20)$$

❖ **Μέθοδος 2:** Ένας άλλος τρόπος για να αναχθεί η ετήσια τιμή κατανάλωσης για θέρμανση σε τιμή ωριαίας αιχμής, είναι ο υπολογισμός των ωρών πλήρους θέρμανσης το χρόνο.

Οι ώρες πλήρους θέρμανσης υπολογίζονται από τη σχέση:

$$h_{\Pi\theta} = F_K h_{\theta} \frac{T_1 - T_2}{T_3 - T_4} \quad (3.21)$$

όπου: h_θ = ώρες θέρμανσης που αντιστοιχούν στους μήνες για τους οποίους, η μέση θερμοκρασία είναι κατώτερη του ορίου θέρμανσης, το οποίο λαμβάνεται 15°C (κατώφλι θέρμανσης) { περίπου 4344 ώρες, που αντιστοιχούν στους μήνες Νοέμβριο ως Απρίλιο }

T₁ = μέση εσωτερική θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων (συνήθως 18,5 °C)

T₂ = μέση εξωτερική θερμοκρασία κατά τους μήνες θέρμανσης

T₃ = επιθυμητό ανώτατο όριο (ρύθμισης θερμοστάτη) εσωτερικής θερμοκρασίας (συνήθως 20 °C)

T₄ = μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία κατά τους μήνες θέρμανσης

F_K = συντελεστής ιδιαιτεροτήτων θέρμανσης (π.χ. η μερική ή όχι θέρμανση των κτιρίων) και εκτιμάται στην τιμή 0,95

Συνεπώς, οι ώρες πλήρους θέρμανσης ανά έτος είναι:

$$h_{\Pi\theta} = 0,95 * 4344 * \frac{18,5 - 16}{20 - 15} \rightarrow h_{\Pi\theta} = 2063,4 \text{ h/a} \quad (3.22)$$

Η ωριαία κατανάλωση για θέρμανση ανά νοικοκυριό προκύπτει από την σχέση:

$$\dot{V}_{\theta}^h = \dot{V}_{\theta} / h_{\Pi\theta} \quad \sigma\epsilon \text{ m}^3/\text{hN} \quad (3.23)$$

Συνεπώς για την περίπτωση μας, η ωριαία κατανάλωση για θέρμανση ανά νοικοκυριό είναι:

$$\dot{V}_{\theta}^h = 905.422/2063.4 \rightarrow \dot{V}_{\theta}^h = 0.439 \text{ m}^3/\text{hN} \quad (3.24)$$

Μεταξύ των δύο μεθόδων επιλέγουμε την δεύτερη $\dot{V}_{\theta}^h = 0.439 \text{ m}^3/\text{hN}$ που είναι και η μεγαλύτερη.

3.3.2 Εκτίμηση κατανάλωσης για Εμπορική – Βιομηχανική Χρήση

Για τις μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, που αποτελούν μεγάλους σημειακούς καταναλωτές, η διεθνής πρακτική ορίζει τη δημιουργία ιδιαίτερου δικτύου, το οποίο να καλύπτει τις ανάγκες, ώστε να μην δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή συμπεριφορά του κυρίως δικτύου (απότομες βυθίσεις πιέσεως - παροχής). Η συμπεριφορά της κατανάλωσής τους εξαρτάται από ιδιάζοντες παράγοντες, που σχετίζονται με την παραγωγική τους στρατηγική και με την επενδυτική πολιτική των βιομηχανικών μονάδων.

❖ **Μέθοδος 1:** Σε περιπτώσεις χωρών όπως είναι και η Ελλάδα, που δεν υπάρχουν στη διάθεσή μας «Καμπύλες Συγχρονισμού» (οι οποίες σχετίζουν την μέγιστη ωριαία κατανάλωση μιας ομάδας καταναλωτών με την ετήσια κατανάλωση μεμονωμένων καταναλωτών αυτής της ομάδας δείχνοντας πως κυμαίνεται η κατανάλωση μέσα στο 24ωρο), η κατανάλωση μπορεί να προβλεφθεί με προσεγγιστικές ή αναλυτικές μεθόδους όπως είναι το να παίρνουμε στοιχεία από την κατανάλωση πετρελαίου. Μία περίπτωση προσεγγιστικής μεθόδου είναι και αυτή που προτείνεται από τον Cerbe, η οποία στηρίζεται σε μακροχρόνια στατιστικά στοιχεία κατανάλωσης της Γερμανίας και εφαρμόζεται στην Ελλάδα μετά από απαραίτητες προσαρμογές. Ο υπολογισμός γίνεται με βάση τις ετήσιες τιμές κατανάλωσης, ανά τομέα και τις ημέρες χρήσης.

Ο πίνακας 3.10 δείχνει τη μέση ετήσια κατανάλωση στον επαγγελματικό τομέα ανά έτος και άτομο (m^3/aP) και τις τοπικές καταναλώσεις αερίου ανά νοικοκυριό σε κανονικά κυβικά μέτρα το χρόνο (Nm^3/a) για τρεις κατηγορίες.

Τομέας Χρήσης	V _a (m ³ /aN)
Μαγείρεμα	80 – 120
Μαγείρεμα & Ζεστό Νερό	300 – 500
Μαγείρεμα & Ζεστό Νερό & Θέρμανση	1500 – 3500
Μέση ετήσια κατανάλωση για επαγγελματική χρήση, που αντιστοιχεί στον πληθυσμό	150 m ³ /aP

Πίνακας 3.10: Ετήσια κατανάλωση Φ.Α. στον οικιακό τομέα και μέση ετήσια κατανάλωση στον επαγγελματικό τομέα.

Η μέση ετήσια κατανάλωση για επαγγελματική χρήση ανά άτομο, προκύπτει σε αναλογία με το συνολικό πληθυσμό και είναι:

$$\dot{V}_E^a = 150 \text{ m}^3/aP \quad (3.25)$$

Η μέση ημερήσια κατανάλωση για επαγγελματική χρήση, ανά άτομο είναι:

$$\dot{V}_E^d = \frac{150}{360} = 0.417 \text{ m}^3/dP \quad (3.26)$$

Η μέση ημερήσια κατανάλωση για επαγγελματική χρήση, ανά νοικοκυριό είναι:

$$\dot{V}_E^d = A * \dot{V}_E^d = 2.96 * 0.417 = 1.23 \text{ m}^3/dN \quad (3.27)$$

όπου: A είναι ο αριθμός ατόμων ανά νοικοκυριό.

Συνεπώς, η **ωριαία κατανάλωση για εμπορική-βιομηχανική χρήση ανά νοικοκυριό**, για μια βιομηχανία που λειτουργεί κατά μέσο όρο 8 ώρες την ημέρα, είναι:

$$\dot{V}_E^h = \frac{\dot{V}_E^d}{8} = \frac{1.23}{8} = 0.154 \text{ m}^3/hN \quad (3.28)$$

❖ **Μέθοδος 2:** Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς της εμπορικής χρήσης διαφόρων τομέων στην συνολική κατανάλωση Φυσικού Αερίου της περιοχής, χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικές τιμές καταναλώσεων διαφόρων κατηγοριών εμπορικών χρήσεων. Το ποσό αυτό μπορεί να συμπεριληφθεί ως μια προσαύξηση της οικιακής κατανάλωσης. Το ποσοστό προσαύξησης υπολογίζεται από την τιμή της διαφοράς του συνόλου της οικιακής κατανάλωσης και του συνόλου της εμπορικής κατανάλωσης και λαμβάνεται περίπου ίσο με D = 60 % .

Η **ωριαία εμπορική-βιομηχανική κατανάλωση ανά νοικοκυριό** προκύπτει από την σχέση:

$$\begin{aligned} \dot{V}_E^h &= [0,8 (V_M^h + V_{ZN}^h) + 0,8V_\theta^h] D \\ &= [0,8 * (0.0554 + 0.0605) + 0,8 * 0.439] 60\% \rightarrow \dot{V}_E^h \\ &= 0.266 \text{ m}^3/hN \end{aligned} \quad (3.29)$$

Από τις δυο παραπάνω τιμές επιλέγουμε την δεύτερη $V_E^h = 0.266 \text{ m}^3/hN$, που είναι και η μεγαλύτερη.

3.3.3 Συνολικές εκτιμήσεις κατανάλωσης του Δήμου Λιβαδειάς

Για να γίνει εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης του Δήμου Λιβαδειάς ανά ώρα και να διαπιστωθεί το φορτίο του κεντρικού δικτύου, δεν έχουμε παρά να αθροίσουμε τις επιμέρους ωριαίες καταναλώσεις, που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα.

Λαμβάνουμε υπόψη:

- ✓ ένα ποσοστό ετεροχρονισμού εφόσον είναι απίθανο οι τιμές αιχμής να συμπίπτουν
- ✓ και ένα ποσοστό διείσδυσης του Φυσικού Αερίου στον Δήμο Λιβαδειάς (πόσοι κάτοικοι δηλαδή θα συνδεθούν στο δίκτυο Φ.Α) , για το έτος 2011 που είναι το έτος στόχος μας.

Τα αθροιστικά αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα 3.11. Η τιμή της συνολικής ωριαίας κατανάλωσης που προκύπτει αποτελεί τη βάση για τον τεχνικό υπολογισμό του δικτύου διανομής του Δήμου και των σχετικών οικονομοτεχνικών μελετών.

Οικιακή Κατανάλωση	Ετεροχρονισμός	Ωριαία Κατανάλωση (m^3/hN)
Μαγείρεμα & Ζεστό Νερό	0,8	$0,8 (V_M^h + V_{ZN}^h) = 0,8 * (0.0554 + 0.0605) = 0,09272$
Θέρμανση	0,8	$0,8V_\theta^h = 0,8 * 0.439 = 0,3512$
Σύνολο Οικιακής:		$V_0^h = 0,44392$

	Ποσοστό προσαύξησης	
Εμπορική Κατανάλωση	60%	$V_E^h = [0,8 (V_M^h + V_{ZN}^h) + 0,8V_\theta^h] D = 0,266$
Σύνολο Οικιακής & Εμπορικής:		$V_{OE}^h = V_0^h + V_E^h = 0,71$

Ποσοστό Διείσδυσης	W=80%
Αριθμός Νοικοκυριών	N=6971
Συνολική Κατανάλωση:	$V_{tot}^h = NWV_{OE}^h = 6971 * 80% * 0.71 = 3959.5 \text{ m}^3/h$

Πίνακας 3.11: Άθροιση των επιμέρους καταναλώσεων και εύρεση της συνολικής κατανάλωσης αιχμής.

Από τον πιο πάνω πίνακα προκύπτει η συνολική απαιτούμενη κατανάλωση, σε σχέση με τον αριθμό των νοικοκυριών του Δήμου Λιβαδειάς. Έτσι αναμένεται ο

Δήμος να χρειάζεται το έτος 2011 παροχή Φ.Α ίση με

$3960 \text{ m}^3/h$

Κεφάλαιο 4^ο : Γραμμική, Μητρωϊκή Ανάλυση Δικτύων Διανομής Φ.Α.

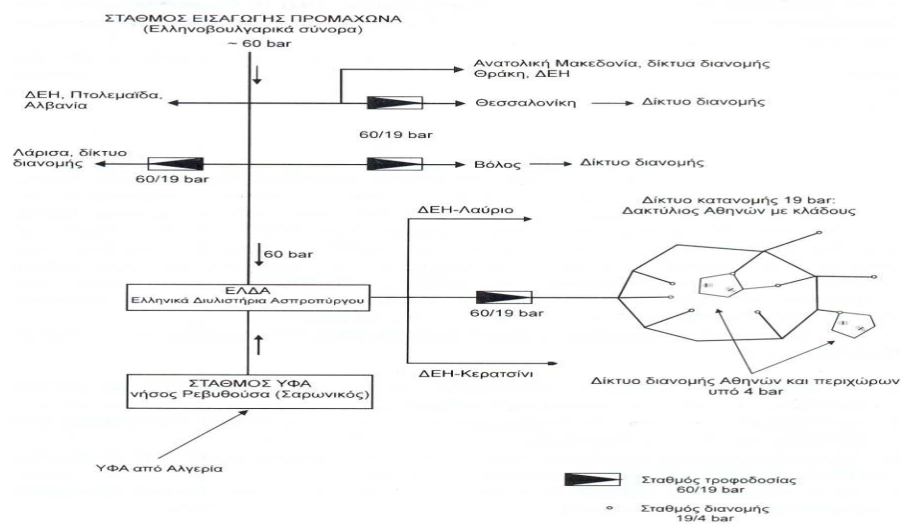
4.1 Μορφολογία Συστημάτων Διακίνησης Φυσικού Αερίου

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διακίνησης Φ.Α. αποτελείται κατά κανόνα από:

- ο το δίκτυο μεταφοράς (υψηλή πίεση 60 - 70 bar),
- ο το δίκτυο κατανομής (μέση πίεση 19 - 21 bar) και
- ο το δίκτυο διανομής (4 - 0,1 bar).

Το δίκτυο μεταφοράς μεταφέρει με υψηλή πίεση το Φ.Α., έως τους σταθμούς μείωσης. Στους σταθμούς μείωσης η πίεση του αερίου υποβιβάζεται σε μέση πίεση και από την έξοδο του σταθμού αρχίζει το δίκτυο κατανομής, όπου και το αέριο «κατανέμεται» στις τροφοδοτούμενες περιοχές. Η μορφή του δικτύου κατανομής ποικίλλει και εξαρτάται από την περιοχή, που θα τροφοδοτεί (αστική ή βιομηχανική) αλλά και από άλλους παράγοντες (κλάσεις πιέσεων λειτουργίας, μορφή δικτύου διανομής). Οποιαδήποτε και εάν είναι η μορφή του δικτύου κατανομής πάντοτε καταλήγει στους σταθμούς του τομέα, όπου μειώνεται η πίεση και οριοθετείται η αρχή του δικτύου διανομής.

Η μορφή ολοκληρωμένου δικτύου μεταφοράς-κατανομής-διανομής ποικίλλει και εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας του κάθε τμήματος. Μια τυπική μορφολογία με βάση τα ελληνικά δεδομένα της εισαγωγής του Φ.Α. στη χώρα μας φαίνεται στο σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1: Αρχή λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς, κατανομής και διανομής του Ελληνικού Συστήματος Φ.Α.

Το σύστημα διακίνησης Φ.Α. της Ελλάδας περιλαμβάνει τον κύριο αγωγό, κλάδους πίεσης λειτουργίας 60 bar (υψηλή πίεση), δίκτυα κατανομής πίεσης λειτουργίας 19 bar (μέση πίεση) και δίκτυα διανομής πίεσης λειτουργίας 100 mbar (χαμηλή πίεση) μέχρι και 4 bar.

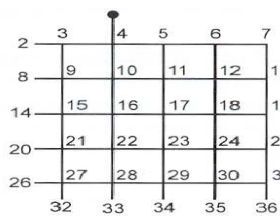
4.2 Είδη και Χαρακτηριστικά των Δικτύων Διανομής

4.2.1 Τυπικές Μορφές Δικτύων Διανομής

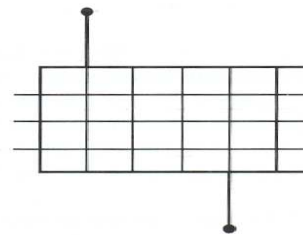
Τα δίκτυα διανομής δεν έχουν το γραμμικό χαρακτήρα των αγωγών μεταφοράς. Ακολουθούν κατά κανόνα τη ρυμοτομία της πόλης που εξυπηρετούν και προσομοιάζονται σχηματικά με τα υδραυλικά δίκτυα.

Ανάλογα με τα δομικά χαρακτηριστικά και την πυκνότητα δόμησης κάθε αστικής περιοχής, μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

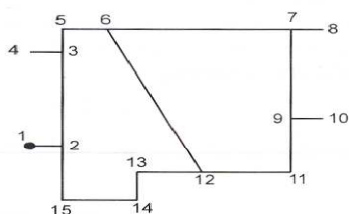
- ✓ Βροχοειδές ή κυψελωτό δίκτυο (Σχήμα 4.2.α),
- ✓ Δακτυλιοειδές δίκτυο, με πυκνή δικτύωση (Σχήμα 4.2.β),
- ✓ Δακτυλιοειδές δίκτυο, με αραιή εσωτερική δικτύωση (Σχήμα 4.2.γ),
- ✓ Δενδροειδές δίκτυο (Σχήμα 4.2.δ),
- ✓ Ακτινοειδές δίκτυο (Σχήμα 4.2.ε).



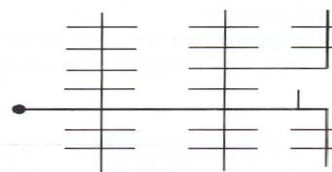
α. $k=36, s=51, m=16$



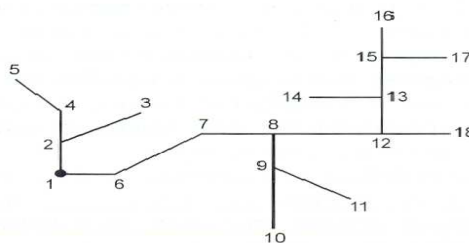
β. $k=43, s=66, m=24$



γ. $k=15, s=16, m=2$



δ. $k=60, s=59, m=0$



ε. $k=18, s=17, m=0$

Σχήμα 4.2: Είδη δικτύων Φ.Α. με βάση τη μορφολογία τους. k ο αριθμός των κόμβων, s ο αριθμός των στοιχείων και m ο αριθμός των βρόχων, που προκύπτουν από την σχέση $m=s-k+1$.

Η διαμόρφωση του δικτύου διανομής έχει επιπτώσεις στην εξασφάλιση και τη σταθερότητα της τροφοδοσίας, στο κόστος της αρχικής εγκατάστασης και στο ύψος της επένδυσης της κατασκευής. Η πλήρης εξασφάλιση της τροφοδοσίας έχει υψηλό κόστος, γι' αυτό κάποιες οικονομικές λύσεις είναι αποτέλεσμα συνδυασμών και συμβιβασμών των διαφόρων τύπων δικτύου

4.2.2 Μορφολογία – Γεωμετρικά & Λειτουργικά Χαρακτηριστικά του Δικτύου

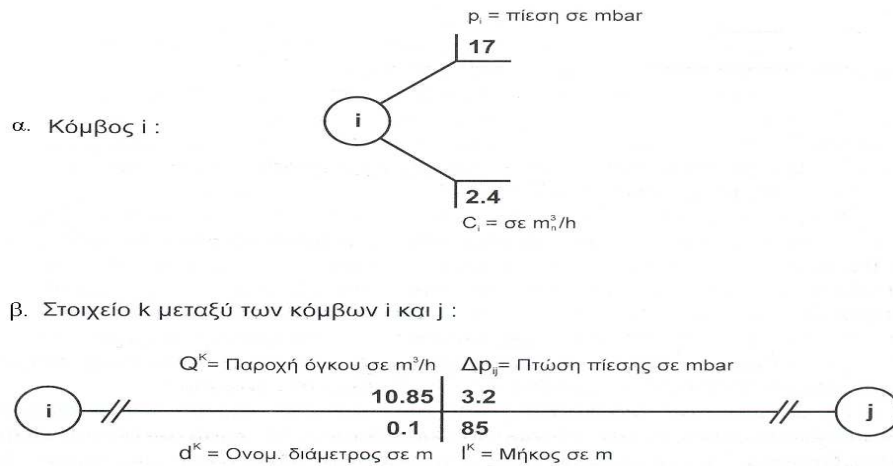
Η μορφολογία του δικτύου έχει γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά, που καθορίζουν τη ροή του αερίου και αποτελούν τα κύρια δεδομένα του σχεδιασμού του.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αφορούν τη συνολική γεωμετρία - τοπολογία του δικτύου, που περιλαμβάνει τις συντεταγμένες των κόμβων (σημεία διακλαδώσεων), τα μήκη των κλάδων - στοιχείων (αγωγοί μεταξύ διακλαδώσεων) και τις διευθύνσεις των στοιχείων. Ενώ, ολοκληρώνονται με τις διαμέτρους των στοιχείων και την τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας των αγωγών.

Τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά αφορούν τις θέσεις τροφοδότησης σε μερικά κατάλληλα τοποθετημένα σημεία στα όρια του δικτύου και τα σημεία κατανάλωσης, τα οποία είναι τόσα όσα και οι οικιακοί και οι άλλοι καταναλωτές και διανέμονται ανάλογα με τη θέση των κτιρίων κατά μήκος των οδών, στις οποίες έχουν τοποθετηθεί οι κλάδοι - στοιχεία του δικτύου. Οι καταναλώσεις και οι τροφοδοτήσεις καθορίζουν τις παροχές αερίου στα στοιχεία του δικτύου, στα οποία επικρατούν διάφορες πιέσεις ανάλογα με την πτώση πίεσης της ροής σε κάθε στοιχείο και με τις πιέσεις τροφοδότησης και κατανάλωσης. Κατά γενικό κανόνα, οι καταναλώσεις επιμερίζονται με κατάλληλο αναλογικό τρόπο στους κόμβους του δικτύου, στους οποίους υπολογίζονται επίσης οι πιέσεις. Ο τρόπος αυτός απλουστεύει τους υπολογισμούς της ανάλυσης της ροής στα δίκτυα και το σχεδιασμό τους, χωρίς να προκαλεί σημαντικές ανακρίβειες στα αποτελέσματα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3 ο κόμβος με αύξοντα αριθμό i χαρακτηρίζεται από δύο λειτουργικά μεγέθη την πίεση P_i και την κατανάλωση C_i , που δίνονται συνήθως σε $mbar$ υπερπίεσης και σε κανονικά m^3/h . Ως κατανάλωση στον κόμβο, θεωρείται συνήθως η απόδοση (εκροή) του Φυσικού Αερίου στους καταναλωτές των στοιχείων που συντρέχουν στον κόμβο, οι οποίοι θεωρούνται ως συγκεντρωμένοι αναλογικά στον θεωρούμενο κόμβο.

Έτσι οι «τροφοδοτήσεις» και οι «καταναλώσεις» κατά κανόνα τοποθετούνται στους κόμβους του δικτύου, ενώ στην πραγματικότητα οι καταναλώσεις (π.χ. οικιακοί και άλλοι μικροκαταναλωτές κατά μήκος ενός δρόμου) βρίσκονται κατά μήκος του στοιχείου-αγωγού.



Σχήμα 4.3: Γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του α) τυπικού κόμβου i και β) τυπικού στοιχείου k σε δίκτυο αγωγών με ενδεικτικές τιμές.

Ο αγωγός - στοιχείο του δικτύου οριοθετείται από τους δύο κόμβους i και j. Χαρακτηρίζεται από την ονομαστική διάμετρο d και το μήκος l σε m, καθώς και από την παροχή του αερίου Q σε m^3/h υπό κανονικές συνθήκες και τη διαφορά πίεσης ΔP μεταξύ των δύο κόμβων.

Για ένα δίκτυο αποτελούμενο από m βρόχους, k κόμβους και s στοιχεία ισχύει: $m = s - k + 1$, όπως επαληθεύεται και από το σχήμα 4.3.

4.2.3 Σκοπιμότητα Υπολογισμού και Ανάλυσης Δικτύων

Ο υπολογισμός ενός δικτύου έχει τριπλό χαρακτήρα: Όταν είναι δοσμένη η γεωμετρία του δικτύου και οι καταναλώσεις, τότε γίνεται «ανάλυση» του δικτύου για να προλεχθούν τα μεγέθη ροής στα στοιχεία και τους κόμβους. Ένας βασικός σκοπός της ανάλυσης είναι π.χ. να διερευνηθεί αν οι προκύπτουσες πιέσεις στα σημεία απόληξης αερίου από τους καταναλωτές επαρκούν για την εξασφάλιση παροχής υπό ακραίες συνθήκες λειτουργίας.

Όταν δίνονται όλα τα στοιχεία του δικτύου, τότε μπορεί να γίνει η «προσομοίωση» λειτουργίας του, δηλ. η πρόβλεψη της συμπεριφοράς υπό δυναμικές συνθήκες, π.χ. μεταβαλλόμενες καταναλώσεις, αυξομειώσεις πίεσης κλπ. οι οποίες έχουν επίσης μη μόνιμο χαρακτήρα

Όταν δίνονται οι καταναλώσεις, οι πιέσεις και η γεωμετρία του, εκτός από τις διαμέτρους του, οι οποίες συνήθως αποτελούν το ζητούμενο, ο υπολογισμός αποσκοπεί στην εύρεση των διαμέτρων και τελικά στο «σχεδιασμό» του δικτύου.

Σε κάθε περίπτωση η τελική μελέτη του δικτύου πρέπει να προσδιορίζει τις απαιτούμενες ποσότητες τροφοδοτήσεων του και να εξασφαλίζει τις καταναλώσεις κάθε καταναλωτή υπό μία προδιαγεγραμμένη πίεση τροφοδότησης του, η οποία συνήθως κατά διεθνείς κανονισμούς είναι 18 έως 25 mbar υπερπίεση μετά το ρυθμιστή πτώσεως πίεσης, που τοποθετείται κατά τη σύνδεση του κάθε καταναλωτή στην οικοδομή του. Η πίεση αυτή πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξασφαλίζει την ονομαζόμενη «προπίεση» στη συσκευή κατανάλωσης αερίου, η οποία δεν πρέπει κανονικά να είναι μικρότερη των 20 mbar ή στη δυσμενέστερη περίπτωση μικρότερη των 18 mbar. Για να επιτευχθεί καλή ρύθμιση και σταθερότητα της πίεσης τροφοδότησης και της προπίεσης, η υπερπίεση στον αντίστοιχο αγωγό του δικτύου πρέπει να είναι τουλάχιστον 40 mbar. Αυτό είναι

ανάγκη να εξασφαλίζεται κατά το μελετητικό σχεδιασμό του δικτύου.

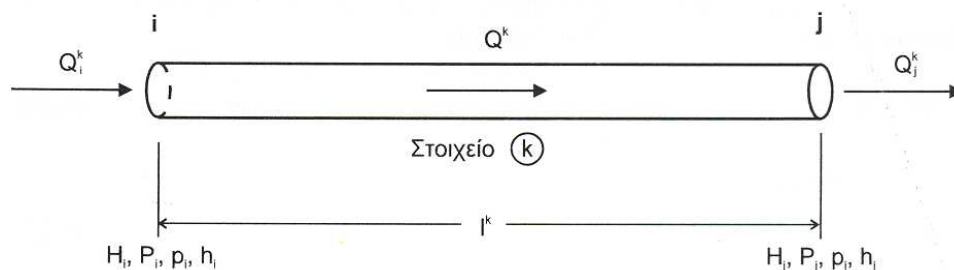
Ξεχωριστός σχεδιασμός και διαφορετικός τρόπος υπολογισμού ακολουθείται κατά τη μελέτη των αγωγών διανομής φυσικού αερίου για εσωτερικές εγκαταστάσεις που αποτελούν συστήματα χαμηλής πίεσης και διέπονται από ειδικούς κανονισμούς.

4.3 Γραμμική Ανάλυση Δικτύου Αγωγών

Ο όρος «γραμμική» ανάλυση σημαίνει ότι η ανάλυση γίνεται για στρωτή και ασυμπίεστη ροή, κατά την οποία η ζητούμενη πτώση πίεσης εξαρτάται γραμμικά από την ταχύτητα με αποτέλεσμα ο υπολογισμός να γίνεται μια φορά σε μια κατεύθυνση, δηλαδή χωρίς επαναληπτική διαδικασία.

4.3.1 Γραμμική Ανάλυση Αγωγού –Στοιχείου K

Στο στοιχείο «αγωγός k», που συνδέει τους κόμβους i και j, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4, ορίζονται η παροχή όγκου (Q^k), η παροχή μάζας (m^k), το μήκος (l^k) και η διάμετρος (d^k) του. **Η ροή θεωρείται μόνιμη, μονοδιάστατη, ασυμπίεστη και στρωτή.**



Σχήμα 4.4: Στοιχείο – αγωγός k μεταξύ των κόμβων i και j, με υψομετρική διαφορά Δh_{ij} , παροχή Q , διάμετρο d , μήκος l και τραχύτητα k .

Έστω p_i και p_j η στατική πίεση στους κόμβους i και j του στοιχείου k. Για μονοδιάστατη και ασυμπίεστη ($\rho=ct$) ροή μεταξύ των κόμβων i και j, ισχύει η εξίσωση ενέργειας, η οποία σε διαστάσεις πίεσης και μήκους έχει αντίστοιχα τη μορφή:

$$p_i + \rho g h_i + \rho \frac{u_i^2}{2} = p_j + \rho g h_j + \rho \frac{u_j^2}{2} + \Delta p_{vij} \quad (4.1)$$

και

$$\frac{p_i}{\rho g} + h_i + \frac{u_i^2}{2g} = \frac{p_j}{\rho g} + h_j + \frac{u_j^2}{2g} + \Delta h_{vij} \quad (4.2)$$

Τα υδροστατικά φορτία P_i και P_j , στους κόμβους i και j του στοιχείου k, είναι το άθροισμα της στατικής πίεσης ροής και της πίεσης εξαιτίας του ύψους της στάθμης των κόμβων, σε σχέση με ένα οριζόντιο επίπεδο αναφοράς και δίνονται από τις σχέσεις:

$$P_i = p_i + \rho g h_i \quad , \quad P_j = p_j + \rho g h_j \quad (4.3)$$

Αντίστοιχα, τα πιεζομετρικά ύψη H_i και H_j , στους κόμβους i και j του στοιχείου k , δίνονται από τις σχέσεις:

$$H_i = \frac{p_i}{\rho g} + h_i \quad , \quad H_j = \frac{p_j}{\rho g} + h_j \quad (4.4)$$

Η συνολική διαφορά υδροστατικού φορτίου ΔP^k και η αντίστοιχη διαφορά ύψους ΔH^k , δίνονται από τις σχέσεις:

$$\Delta P^k = P_i - P_j \quad \text{και} \quad \Delta H^k = H_i - H_j \quad (4.5)$$

Η διατομή του αγωγού παραμένει σταθερή. Με την υπόθεση ότι **οι ταχύτητες** ροής u_i και u_j δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους και **μπορούν να θεωρηθούν ίσες** (λόγω του ότι έχουμε ασυμπίεστη ροή), η εξίσωση ενέργειας παίρνει τη μορφή.

$$P_i - P_j = \Delta p_{vij} \quad \text{και} \quad H_i - H_j = \Delta h_{vij} \quad (4.6)$$

Στα δίκτυα χαμηλής πίεσης, οι αγωγοί διανομής έχουν μικρό μήκος (το πολύ λίγες εκατοντάδες μέτρα) και οι ταχύτητες είναι μικρές (κατά κανόνα μικρότερες των 10 m/sec) και η μεταβολή τους μικρή. Για μεγάλα μήκη αγωγών η ταχύτητα μεταβάλλεται αρκετά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, πρέπει για τον υπολογισμό ο αγωγός να υποδιαιρείται σε επιμέρους τμήματα (στοιχεία) μικρού μήκους.

Ο όρος Δp_{vij} , εκφράζει την απώλεια, πτώση πίεσης ένεκα τριβής κατά την ροή του ρευστού από τον κόμβο i στον κόμβο j του ευθύγραμμου αγωγού-στοιχείου k , για ασυμπίεστη, στρωτή και τυρβώδη ροή και δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta p_v = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{u^2}{2} \quad (4.7)$$

Στην πτώση πίεσης λόγω τριβής Δp_{vij} , αντιστοιχεί η διαφορά πίεσης λόγω υψομετρικής διαφοράς Δh_{vij} , όπου δίνεται από την σχέση:

$$\Delta h_v = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2g} \quad (4.8)$$

Για στρωτή ροή, σε αγωγό κυκλικής διατομής (με $Re_{cr} = 2.320$), ο αδιάστατος συντελεστής τριβής λ εκφράζεται σύμφωνα με τη γραμμική σχέση:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \mu\epsilon \quad Re = \frac{\rho u d}{\mu} = \frac{u d}{\nu} \quad (4.9)$$

Συνεπώς, οι απώλειες σε μονάδες πίεσης και ύψους μετατρέπονται αντίστοιχα:

$$\Delta p_v = \frac{64 l}{Re d} \rho \frac{u^2}{2} \quad \text{και} \quad \Delta h_v = \frac{64 l}{Re d} \frac{u^2}{2g} \quad (4.10)$$

Λύνοντας τις παραπάνω σχέσεις ως προς την ταχύτητα u προκύπτει:

$$u = \frac{\rho g d^2}{32\mu l} \Delta h_v = \frac{d^2}{32\mu l} \Delta p_v \quad (4.11)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση συνέχειας σε μόνιμη μονοδιάστατη ροή, η μάζα του ρευστού διατηρείται σταθερή, επειδή κάθετα προς τα τοιχώματα του ροϊκού σωλήνα δεν υπάρχει ροή. Έτσι, για ασυμπίεστη ροή, σταθερής ταχύτητας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε αγωγό σταθερής διατομής $A_i = A_j = A$ που ορίζεται από τους κόμβους i και j η εξίσωση συνέχειας είναι:

$$\dot{m}^k = \rho A^k u^k = ct \quad \text{και} \quad Q^k = \frac{\dot{m}^k}{\rho} = A^k u^k = ct \quad \text{με} \quad A^k = \pi \frac{(d^k)^2}{4}. \quad (4.12)$$

όπου \dot{m}^k είναι η παροχή μάζας σε Kg/sec, Q^k η παροχή όγκου σε m³/sec, A^k η διατομή του στοιχείου-αγωγού k σε m², ρ η πυκνότητα σε kg/m³ και u η ταχύτητα ροής σε m/sec.

Τελικά, η παροχή όγκου προκύπτει ως εξής:

$$Q = Au = \frac{\pi \rho g d^4}{128\mu l} \Delta h_v = \frac{\pi d^4}{128\mu l} \Delta p_v \quad (4.13)$$

όπου το κλάσμα αποτελείται από μεγέθη ανεξάρτητα από τη ροή στο στοιχείο, αποτελώντας μια σταθερά (έστω k) ονομαζόμενη «*συντελεστής αγωγιμότητας*».

Έτσι, για το τυχαίο στοιχείο k , η παροχή γράφεται:

$$Q^k = k^k \Delta h^k \quad \text{και} \quad Q^k = k^k \Delta p^k \quad (4.14)$$

Ο συντελεστής αγωγιμότητας k^k , είναι χαρακτηριστικός για κάθε στοιχείο και στην εξεταζόμενη περίπτωση της στρωτής ροής αποτελεί μια σταθερά, που εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του ρευστού και τη γεωμετρία του στοιχείου k . Γι' αυτό η σχέση μεταξύ της παροχής και των απωλειών ύψους πίεσης του στοιχείου είναι γραμμική, σε αντίθεση με την τυρβώδη ροή.

Τέλος, ο συντελεστής αγωγιμότητας δίνεται από τις ακόλουθες σχέσεις για τις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται πιεζομετρικά και υδροστατικά φορτία.

$$k^k = \frac{\pi \rho g (d^k)^4}{128 l^k \mu} \quad \text{και} \quad k^k = \frac{\pi (d^k)^4}{128 l^k \mu} \quad (4.15)$$

4.3.2 Μητρωϊκή Ανάλυση Αγωγού – Στοιχείου K

Η σχέση $Q^k = k^k \Delta p^k$ επιτρέπει τον υπολογισμό της παροχής του στοιχείου, συναρτήσει των απωλειών πίεσης μεταξύ των δυο κόμβων i και j .

Η παροχή ορίζεται λοιπόν ως θετική όταν έχει κατεύθυνση από τον κόμβο i στον κόμβο j , ώστε να αντιστοιχεί μεγαλύτερη πίεση στον κόμβο i από τον κόμβο j :

$$P_i > P_j \rightarrow P_i - P_j = \Delta P^k > 0 \quad (4.16)$$

Ανεξάρτητα από το αν υπάρχουν εξωτερικές καταναλώσεις ή τροφοδοτήσεις, οι παροχές Q_i^k και Q_j^k στους αντίστοιχους κόμβους, ορίζονται ως «συνεισφορές» του στοιχείου στους κόμβους ή αντίστροφα ως «συνεισφορές» των κόμβων στο στοιχείο. Έτσι, οι παροχές στους κόμβους, είτε οι καταναλώσεις είτε οι τροφοδοτήσεις, ορίζονται θετικές, όταν κατευθύνονται προς το στοιχείο και αρνητικές, όταν κατευθύνονται από το στοιχείο προς τα έξω. Δηλαδή, για το στοιχείο k του σχήματος 4.3, ισχύει:

- Συνεισφορά (κατανάλωση) στον κόμβο i :

$$Q_i^k = k^k \Delta p^k = k^k (P_i - P_j) > 0 \quad (4.17)$$

- Συνεισφορά (κατανάλωση) στον κόμβο j :

$$Q_j^k = k^k \Delta p^k = -k^k (P_i - P_j) < 0 \quad (4.18)$$

Με τον τρόπο αυτό το πρόσημο της διαφοράς της πίεσης μεταξύ των δυο κόμβων του στοιχείου, δίνει αυτόματα τη διεύθυνση της παροχής, οπότε και της ταχύτητας της ροής στο στοιχείο.

Οι παραπάνω εξισώσεις παροχής - πίεσης γράφονται με τη βοήθεια της άλγεβρας των μητρώων, ως εξής:

$$\begin{pmatrix} Q_i^k \\ Q_j^k \end{pmatrix} = k^k \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_i \\ P_j \end{pmatrix} \rightarrow (Q_{ij})^k = [K]^k (P_{ij})^k \quad \text{ή} \quad (Q)^k = [K]^k (P)^k \quad (4.19)$$

όπου: $(Q)^k$, $(P)^k$ είναι τα διανύσματα στήλες των παροχών και των κομβικών πιέσεων του. Το χαρακτηριστικό μητρώο κόμβων ή μητρώο αγωγιμότητας του στοιχείου $[K]^k$ ισούται με:

$$[K]^k = k^k \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

4.3.3 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δικτύου Αγωγών

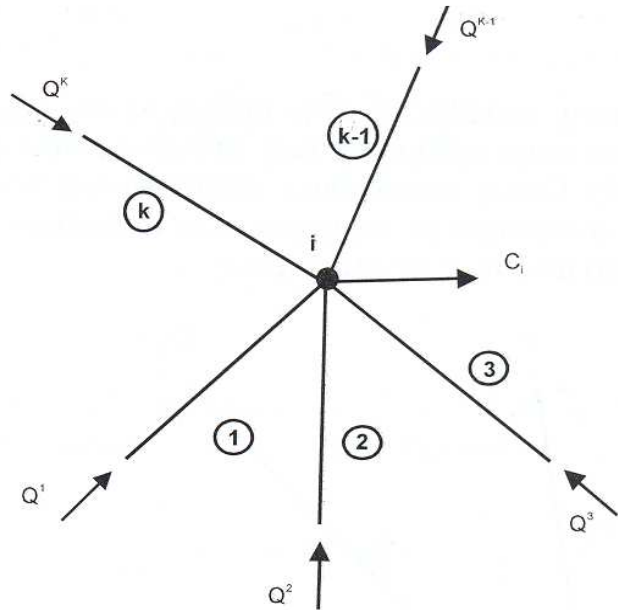
Για την ανάλυση ενός δικτύου αγωγών, πρέπει να εξεταστεί η αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων που αποτελούν το δίκτυο. Πρέπει δηλαδή να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των παροχών των στοιχείων και των ενδεχόμενων τροφοδοτήσεων ή καταναλώσεων που συντρέχουν σε έναν κόμβο, να εκπληρώνεται δηλαδή η εξίσωση συνέχειας.

Έστω ότι k στοιχεία συντρέχουν στον ίδιο κόμβο i , ο οποίος έχει μια κατανάλωση C_i , όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4. Τότε, σύμφωνα με την εξίσωση συνέχειας, για τον κόμβο i , ισχύει:

$$\sum_{k=1}^k Q_i^k = C_i \quad (4.21)$$

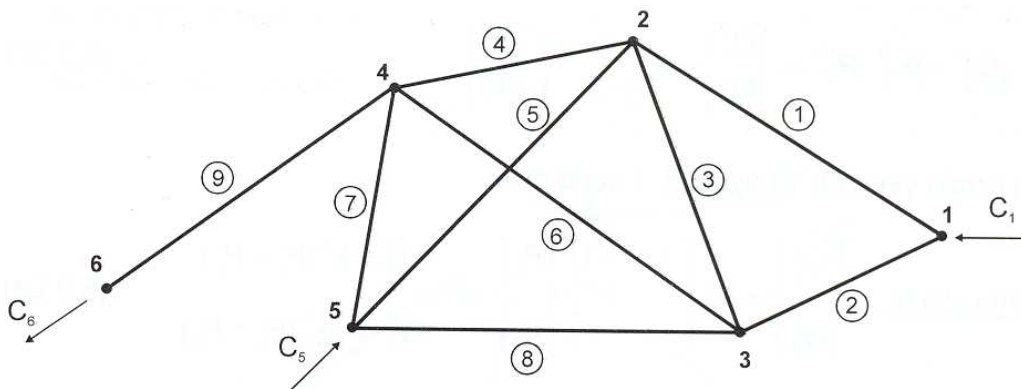
Ο κάτω δείκτης αναφέρεται στην αρίθμηση του κόμβου και ο πάνω δείκτης στην αρίθμηση των στοιχείων που συντρέχουν σε εκείνο τον κόμβο.

Με βάση τις εξισώσεις παροχής – πίεσης καταστρώνεται το σύστημα των εξισώσεων, που χαρακτηρίζει το δίκτυο.



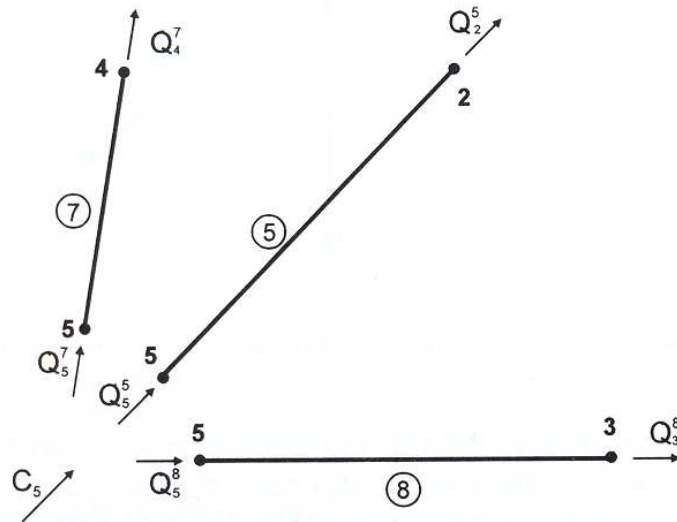
Σχήμα 4.5: Κόμβος i ενός δικτύου με κατανάλωση C_i , στον οποίο συντρέχουν στοιχεία k με παροχές Q^k .

Το απλουστευμένο δίκτυο του σχήματος 4.5 αποτελείται από 9 στοιχεία που συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας 6 κόμβους. Η αρίθμηση των κόμβων μπορεί να θεωρηθεί τυχαία, ακολουθώντας μια κάποια λογική σειρά, για λόγους «ταυτότητας των κόμβων και των στοιχείων». Για τη φορά των παροχών των στοιχείων, εφαρμόζεται ο «κανόνας ροής» από το μεγαλύτερο (αριθμητικά) κόμβο στο μικρότερο, με εξαίρεση βέβαια των εξωτερικών παροχών C , των οποίων η φορά δίνεται. Οι εξωτερικές παροχές είναι θετικές $C_i > 0$ σαν «τροφοδοτήσεις» (εισροή) και αρνητικές $C_i < 0$ σαν «καταναλώσεις» (εκροή).



Σχήμα 4.6: Απλό δίκτυο Φ.Α. αποτελούμενο από 6 κόμβους και 9 στοιχεία, με δυο τροφοδοτήσεις (C_1 , C_5) και μια κατανάλωση (C_6).

Η μεθοδολογία επίλυσης του δικτύου αγωγών του σχήματος 4.5 έγκειται στην ανάλυση των συνθηκών ροής σε κάθε κόμβο και των στοιχείων, που συντρέχουν σε αυτόν. Ενδεικτικά θα αναφερθούμε στους κόμβους 5 και 4.



Σχήμα 4.7: Ανάλυση αγωγών που συντρέχουν στον κόμβο 5.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση συνέχειας στον κόμβο 5 και παρατηρώντας ότι σε αυτόν συντρέχουν τα στοιχεία 5, 7 και 8 έχουμε:

$$Q_5^5 + Q_5^7 + Q_5^8 = C_5 \tag{4.22}$$

παρατηρούμε πως ο κάτω δείκτης παραμένει σταθερός, αφού αναφερόμαστε στον κόμβο 5 ενώ ο πάνω δείκτης φανερώνει τα στοιχεία που συντρέχουν στον κόμβο 5.

Οι παροχές των στοιχείων που συντρέχουν σε αυτόν τον κόμβο συσχετίζονται με τα φορτία στους κόμβους, μέσω της «εξίσωσης μητρώου του στοιχείου»

$$(Q)^k = [K]^k(P)^k \rightarrow \begin{pmatrix} Q_i^k \\ Q_j^k \end{pmatrix} = k^k \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_i \\ P_j \end{pmatrix} \tag{4.23}$$

Η οποία για κάθε ένα από τα στοιχεία 5, 7 και 8 δίνει:

Στοιχείο 5:

$$\begin{pmatrix} Q_5^5 \\ Q_2^5 \end{pmatrix} = k^5 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_5 \\ P_2 \end{pmatrix} \rightarrow Q_5^5 = k^5(P_5 - P_2) \text{ και } Q_2^5 = -k^5(P_5 - P_2) \tag{4.24}$$

Στοιχείο 7:

$$\begin{pmatrix} Q_5^7 \\ Q_4^7 \end{pmatrix} = k^7 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_5 \\ P_4 \end{pmatrix} \rightarrow Q_5^7 = k^7(P_5 - P_4) \text{ και } Q_4^7 = -k^7(P_5 - P_4) \tag{4.25}$$

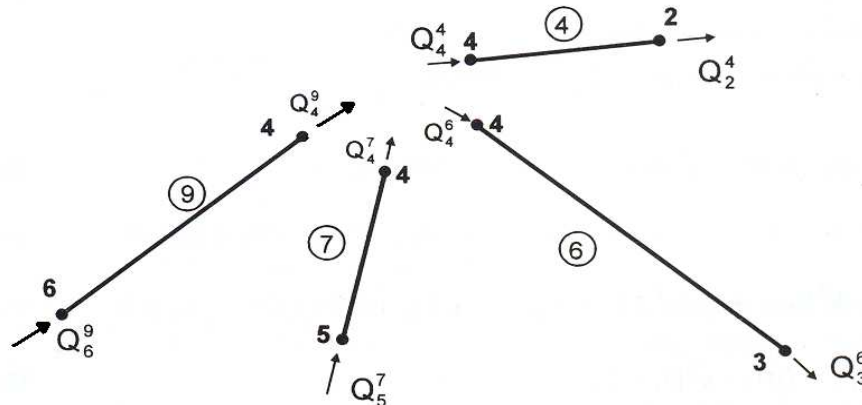
Στοιχείο 8:

$$\begin{pmatrix} Q_5^8 \\ Q_3^8 \end{pmatrix} = k^8 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_5 \\ P_3 \end{pmatrix} \rightarrow Q_5^8 = k^8(P_5 - P_3) \text{ και } Q_3^8 = -k^8(P_5 - P_3) \tag{4.26}$$

Αντικαθιστώντας η εξίσωση συνέχειας παίρνει τη μορφή:

$$\begin{aligned}
 Q_5^5 + Q_5^7 + Q_5^8 &= C_5 \\
 \rightarrow k^5(P_5 - P_2) + k^7(P_5 - P_4) + k^8(P_5 - P_3) &= C_5 \\
 \rightarrow -k^5 P_2 - k^8 P_3 - k^7 P_4 + (k^5 + k^7 + k^8)P_5 &= C_5 \\
 \rightarrow \mathbf{0}P_1 - k^5 P_2 - k^8 P_3 - k^7 P_4 + (k^5 + k^7 + k^8)P_5 + \mathbf{0}P_6 &= C_5 \quad (4.27)
 \end{aligned}$$

Στην τελευταία εξίσωση συμπληρώνουμε σχηματικά και τους κόμβους 1 και 6, με τους οποίους ο κόμβος 5, δε συνδέεται άμεσα, γι' αυτό τα φορτία τους πολλαπλασιάζονται με το μηδέν.



Σχήμα 4.8: Ανάλυση αγωγών που συντρέχουν στον κόμβο 4.

Όμοια στον κόμβο 4 όπου συντρέχουν τα στοιχεία 4, 6, 7 και 9, οι παροχές είναι:

Στοιχείο 4:

$$\begin{pmatrix} Q_4^4 \\ Q_2^4 \end{pmatrix} = k^4 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_4 \\ P_2 \end{pmatrix} \rightarrow Q_4^4 = k^4(P_4 - P_2) \quad \text{και} \quad Q_2^4 = -k^4(P_4 - P_2) \quad (4.28)$$

Στοιχείο 6:

$$\begin{pmatrix} Q_4^6 \\ Q_3^6 \end{pmatrix} = k^6 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_4 \\ P_3 \end{pmatrix} \rightarrow Q_4^6 = k^6(P_4 - P_3) \quad \text{και} \quad Q_3^6 = -k^6(P_4 - P_3) \quad (4.29)$$

Στοιχείο 7:

$$\begin{pmatrix} Q_5^7 \\ Q_4^7 \end{pmatrix} = k^7 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_5 \\ P_4 \end{pmatrix} \rightarrow Q_5^7 = k^7(P_5 - P_4) \quad \text{και} \quad Q_4^7 = -k^7(P_5 - P_4) \quad (4.30)$$

Στοιχείο 9:

$$\begin{pmatrix} Q_6^9 \\ Q_4^9 \end{pmatrix} = k^9 \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_6 \\ P_4 \end{pmatrix} \rightarrow Q_6^9 = k^9(P_6 - P_4) \quad \text{και} \quad Q_4^9 = -k^9(P_6 - P_4) \quad (4.31)$$

Αντικαθιστώντας η εξίσωση συνέχειας παίρνει τη μορφή:

$$\begin{aligned}
 Q_4^4 + Q_4^6 + Q_4^7 + Q_4^9 &= C_4 \\
 \rightarrow k^4(P_4 - P_2) + k^6(P_4 - P_3) - k^7(P_5 - P_4) - k^9(P_4 - P_6) &= C_4 \\
 \rightarrow -k^4P_2 - k^6P_3 - k^7P_5 - k^9P_6 + (k^4 + k^6 + k^7 + k^9)P_4 &= C_4 \rightarrow \\
 \mathbf{0P_1 - k^4P_2 - k^6P_3 + (k^4 + k^6 + k^7 + k^9)P_4 - k^7P_5 - k^9P_6 = C_4 = 0} &\quad (4.32)
 \end{aligned}$$

Ανάλογα προκύπτουν και για τους υπόλοιπους κόμβους 1, 2, 3, και 6:

Κόμβος 1:

$$(\mathbf{k^1 + k^2})P_1 - \mathbf{k^1P_2 - k^2P_3 + 0P_4 + 0P_5 + 0P_6 = C_1} \quad (4.33)$$

Κόμβος 2:

$$\mathbf{-k^1P_1 + (k^1 + k^3 + k^4 + k^5)P_2 - k^3P_3 + k^4P_4 + k^5P_5 + 0P_6 = C_2 = 0} \quad (4.34)$$

Κόμβος 3:

$$\mathbf{-k^2P_1 - k^3P_2 + (k^2 + k^3 + k^6 + k^8)P_3 - k^6P_4 - k^8P_5 + 0P_6 = C_3 = 0} \quad (4.35)$$

Κόμβος 6:

$$\mathbf{0P_1 + 0P_2 + 0P_3 - k^9P_4 + 0P_5 + k^9P_6 = C_6} \quad (4.36)$$

Για το δίκτυο των 6 κόμβων προκύπτει ένα σύστημα εξισώσεων 6x6. Οπότε συνθέτοντας το συνολικό δίκτυο προκύπτει η μητρική πράξη πολλαπλασιασμού του μητρώου αγωγιμότητας επί το διάνυσμα των πιέσεων, που δίνει το διάνυσμα των καταναλώσεων, στο επίπεδο του ενός στοιχείου:

$$[K]\{P\} = \{C\} \text{ ή } \begin{bmatrix} K_1^1 & K_2^1 & K_3^1 & K_4^1 & K_5^1 & K_6^1 \\ K_1^2 & K_2^2 & K_3^2 & K_4^2 & K_5^2 & K_6^2 \\ K_1^3 & K_2^3 & K_3^3 & K_4^3 & K_5^3 & K_6^3 \\ K_1^4 & K_2^4 & K_3^4 & K_4^4 & K_5^4 & K_6^4 \\ K_1^5 & K_2^5 & K_3^5 & K_4^5 & K_5^5 & K_6^5 \\ K_1^6 & K_2^6 & K_3^6 & K_4^6 & K_5^6 & K_6^6 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \end{Bmatrix} \quad (4.37)$$

όπου [K] είναι το χαρακτηριστικό μητρώο του δικτύου (ή μητρώο αγωγιμότητας του δικτύου), {P} είναι το διάνυσμα των υδροστατικών φορτίων και {C} είναι το διάνυσμα των καταναλώσεων (ή τροφοδοτήσεων) του δικτύου στους κόμβους.

Στο μητρώο αγωγιμότητας [K], οι όροι του συμβολίζονται με K_m^k όπου k, ο δείκτης της εξίσωσης και m ο δείκτης του όρου της εξίσωσης (k,m παίρνουν τιμές από 1 έως 6 όσοι οι κόμβοι του δικτύου).

Επίσης, το μητρώο αγωγιμότητας $[K]$, παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Υπάρχει συμμετρία ως προς την διαγώνιο.
- Το κάθε στοιχείο της διαγώνιου είναι αρνητικό άθροισμα των στοιχείων της στήλης και αρνητικό άθροισμα των στοιχείων της σειράς, στην οποία ανήκει.
- Το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης ή κάθε γραμμής είναι μηδέν

Όλα τα στοιχεία του μητρώου αγωγιμότητας είναι γνωστά. Για το εξεταζόμενο δίκτυο οι άγνωστοι είναι 6, από τα συνολικά 12 φορτία και καταναλώσεις. Οι δυο στήλες των διανυσμάτων $\{P\}$ και $\{C\}$ περιλαμβάνουν είτε αγνώστους είτε προδιαγεγραμμένες οριακές συνθήκες, με την προϋπόθεση ότι σε ένα κόμβο μόνο ένα από τα δυο μεγέθη (πίεση ή κατανάλωση-τροφοδότηση) μπορούν να προδιαγραφούν.

Κεφάλαιο 5^ο : Γενική Περιγραφή & Σχεδιασμός του Δικτύου Διανομής Φυσικού Αερίου

5.1. Γενική Περιγραφή του Συστήματος Διανομής Φ.Α.

5.1.1. Στοιχεία & Χαρακτηριστικά

Ένα τυπικό σύστημα διανομής Φ.Α. χωρίζεται σε γεωγραφικά τμήματα τα οποία ονομάζονται **«τομείς λειτουργίας - δακτύλιοι»**. Τα κοινά χαρακτηριστικά του κάθε τομέα, είναι ότι αποτελείται από ένα σύνολο διασυνδεδεμένων αγωγών, είναι απομονώσιμος, όλα τα δομικά στοιχεία του διαρρέονται από την ίδια πίεση και είναι ανεξάρτητος από τους γειτονικούς τομείς της ίδιας κλάσης πίεσης.

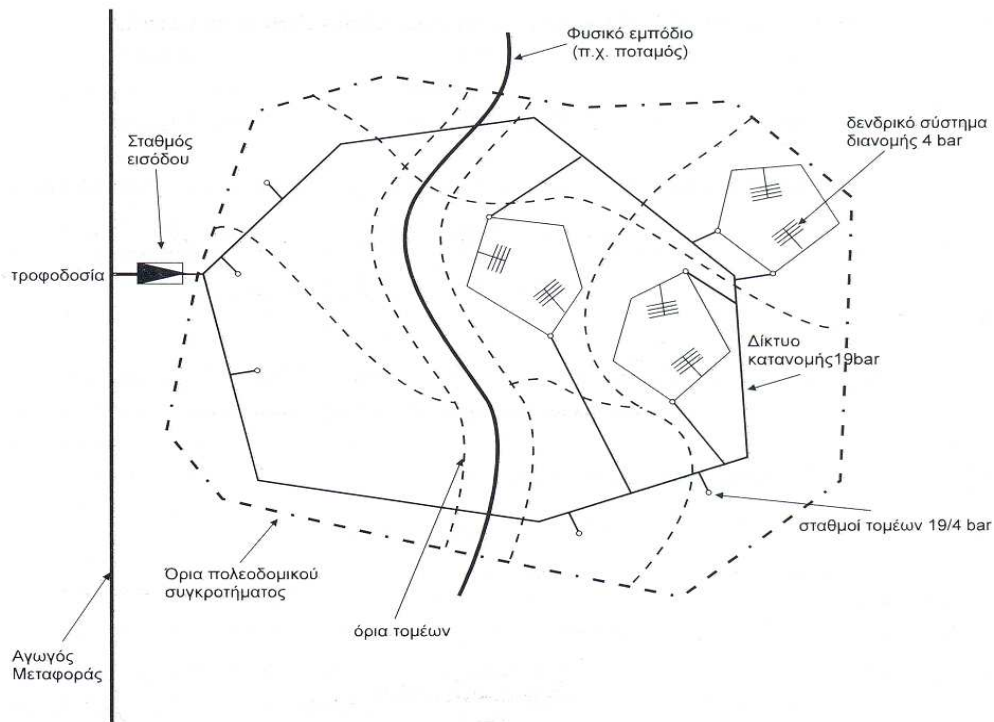
Ανεξαρτησία του κάθε τομέα από τους υπόλοιπους τομείς, που σχηματίζουν το συνολικό δίκτυο, σημαίνει ότι μια βλάβη στο εσωτερικό του, δεν επηρεάζει τη διανομή του Φ.Α. στους άλλους τομείς. Έτσι, η δυνατότητα απομόνωσης επιτρέπει άμεσες και ταχείες επεμβάσεις, ασφαλή διακοπή, επισκευή και επανασύνδεση.

Η έκταση και η δομή του κάθε τομέα λειτουργίας, πρέπει να επιλεγεί κατά τρόπο, που να ακολουθείται γενική πορεία από ευρείς δρόμους. Εξαρτάται κυρίως από την ύπαρξη γεωμορφολογικών ή τεχνικών εμποδίων (λόφοι, ποτάμια, αυτοκινητόδρομοι κλπ.), από την πολεοδομική πυκνότητα της περιοχής και από το πλήθος των καταναλωτών.

Τα δομικά στοιχεία, από τα οποία χαρακτηρίζονται οι τομείς λειτουργίας είναι:

- Ο κλάδος του δικτύου διανομής, ο οποίος τροφοδοτεί το δίκτυο διανομής, καταλήγοντας στους σταθμούς του τομέα.
- Οι σταθμοί 19/4 bar του κάθε τομέα, για τη μείωση της πίεσης διανομής (19 bar) στο επίπεδο της πίεσης διανομής (4 bar).
- Το κυρίως δίκτυο διανομής των 4 bar, που συνδέει τους δυο σταθμούς διανομής και έχει μορφή δακτυλίου.
- Τα δευτερεύοντα δίκτυα, που ξεκινούν από το κυρίως δίκτυο διανομής και έχουν συνήθως δενδρική μορφή.

Μια σχηματική απόδοση ενός τομέα με τα παραπάνω στοιχεία και χαρακτηριστικά, δίνεται στο ακόλουθο Σχήμα.



Σχήμα 5.1: Τομείς λειτουργίας και άλλα δομικά στοιχεία της διανομής Φ.Α. σε μια οικιστική περιοχή.

5.1.2. Επιλογή της Κλάσης Πίεσης του Δικτύου Διανομής

Το πρώτο στάδιο του σχεδιασμού του δικτύου διανομής είναι η επιλογή της πίεσης λειτουργίας. Οι κλάσεις πίεσης, που επικρατούν παγκόσμια, είναι των 4 bar και 100 mbar. Για την επιλογή ανάμεσα στις δυο, λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράγοντες: ασφάλεια, «ελαστικότητα» παροχέτευσης (δυνατότητα παροχής αερίου σε μεγάλους σημειακούς καταναλωτές) χαμηλή ευαισθησία (οι παροχές των πελατών να επηρεάζουν στο ελάχιστο την πίεση του δικτύου) διπλή ή πολλαπλή τροφοδοσία, άμεση αποκοπή του δικτύου και χαμηλό κόστος επένδυσης.

Τα πλεονεκτήματα του δικτύου των 4 bar, σε σχέση με αυτό των 100 mbar, είναι τα εξής:

- ✓ Ασφάλεια παροχή των καταναλωτών.
- ✓ Δυνατότητα άμεσης αποκοπής
- ✓ Δυνατότητα παροχής αερίου σε μεγάλους σημειακούς καταναλωτές.
- ✓ Δυνατότητα παροχής υπό μεγαλύτερη πίεση, από την σχεδιασμένη.
- ✓ Η κατανάλωση των πελατών δεν επηρεάζει την πίεση του δικτύου, εξαιτίας της μεγάλης δυναμικότητάς του.
- ✓ Μεγαλύτερη αποθηκευτική ικανότητα του δικτύου.
- ✓ Μικρότερες διαστάσεις (διάμετροι) αγωγών και κατά συνέπεια μικρότερη διάρκεια κατασκευής και κόστους επένδυσης.
- ✓ Στεγανό δίκτυο, με μηδενικές διαφυγές.

Αντίστοιχα, τα μειονεκτήματα του δικτύου των 4 bar, σε σχέση με αυτό των 100 mbar, είναι:

- Απαιτούμενος υψηλός βαθμός ετοιμότητας και αποδοτικότητας της οργάνωσης, για επεμβάσεις σε περιπτώσεις ανάγκης.
- Υψηλότερο κόστος εξοπλισμού συντήρησης και διατήρησης ετοιμότητας.
- Υψηλότερο κόστος οικιακού ρυθμιστή, εξαιτίας της υψηλότερης πίεσης.

5.1.3. Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά του Δικτύου Διανομής 4 bar

Ο κανονισμός, βάση του οποίου γίνεται ο σχεδιασμός των Δικτύων Διανομής Μέσης Πίεσης (4 bar), περιγράφεται αναλυτικά στο Φ.Ε.Κ. 1530/Β'/19.10.2006 , σύμφωνα με την υπ' αριθμόν Δ3/Α/14715 υπουργική απόφαση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται Αγωγοί Πολυαιθυλενίου (PE 80), Υψηλής Πυκνότητας 2ης Γενιάς (HDPE), Σειράς 5 (S=5) και Σταθερής Διαστασιολογικής Αναλογίας 11 (SDR=11) σε κίτρινο χρώμα, σύμφωνα με τις προδιαγραφές:

- **DIN 8074/75,**
- **EN 12201-2** και
- **ISO 4437.**

Πρέπει να αναφερθεί πως στα πλαίσια των εργασιών των οποίων τη διοίκηση έργου ανέλαβε η ΑΤΤΙΚΟ ΑΕΡΙΟ εγκαταστάθηκαν τέτοιοι σωλήνες Φ.Α., διαμέτρων 60, 125 και 160mm. Η εγκατάστασή τους, έγινε σε βάθος 0,90m και σε απόσταση περίπου 0,50m από το ρείθρο του πεζοδρομίου, εκτός εάν ειδικές συνθήκες (π.χ. προϋπαρξη άλλων δικτύων) επέβαλλαν τη διαφορετική τοποθέτησή τους. Σε συγκεκριμένα σημεία των δικτύων τοποθετήθηκαν βάννες, οι οποίες, σε περίπτωση ατυχήματος, χρησιμοποιούνται για την απομόνωση του τμήματος που υπέστη ζημιά και την ασφαλή παροχή του αερίου μέσω του υπόλοιπου δικτύου. Οι αγωγοί μέσης πίεσης λειτουργούν σε πίεση 4 bar. Η πίεση μετριέται και καταγράφεται σε κάθε τομέα λειτουργίας μέσα από τους σταθμούς μέτρησης της πίεσης.



Σχήμα 5.2: Πλαστικοί σωλήνες για Φ.Α.

5.1.3.1 Τύποι & Ιδιότητες των Αγωγών Πολυαιθυλενίου

Τα πολυαιθυλένια διαχωρίζονται με βάση την «ελάχιστη απαιτούμενη μακροχρόνια αντοχή τους (MRS: Minimum Required Strength)» στις κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 5.1. Οι συνδυασμοί της πυκνότητας με το MRS δίνουν την δυνατότητα διαφορετικών τύπων σωλήνων που προορίζονται για διαφορετικές χρήσεις, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Η τάση σχεδιασμού (σ_s : Design Stress), προκύπτει σύμφωνα με τον συντελεστή ασφαλείας (C: Design Coefficient) από την σχέση:

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C} \text{ σε MPa} \tag{5.1}$$

όπου C=1,25 ή 1,6 για νερό υπό πίεση και C=2 για Φ.Α.

Η Σταθερή Διαστασιολογική Αναλογία (SDR), είναι ένα χαρακτηριστικό που συνδέεται με την σειρά του σωλήνα (S: Pipe Series) και με την εξωτερική διάμετρό του (d: outside pipe diameter) συναρτήσει του πάχους του τοιχώματός του (s: wall thickness of pipe), ως εξής:

$$SDR = 2 * S + 1 \tag{5.2}$$

$$\text{και } SDR = \frac{d}{s} \tag{5.3}$$

PE	ΤΥΠΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	MRS (MPa)	ΤΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ σ_s
PE 32	LDPE	Χαμηλής Πυκνότητας / Low Density	3,2	1,6
PE 63	MDPE	Μέσης Πυκνότητας / Medium Density	6,3	3,15
PE 80	HDPE	2ης Γενιάς / 2nd Generation	8	4
PE 100	HDPE	3ης Γενιάς / 3rd Generation	10	5

Πίνακας 5.1: Τύποι αγωγών πολυαιθυλενίου.

Σταθερή Διαστασιολογική Αναλογία - SDR - Standard Dimension Ratio												
SDR	6	7,4	9	11	13,6	17	17,6	21	22	26	33	41
S	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8,3	10	10,5	12,5	16	20

Πίνακας 5.2: Σταθερή Διαστασιολογική Αναλογία - SDR.

Οι ιδιότητες των αγωγών πολυαιθυλενίου και η μείωση της ονομαστικής του λειτουργίας, σε σχέση με την θερμοκρασία και την διάρκεια ζωής του, δίνονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Μονάδες	PE 80	PE 100
Πυκνότητα στους 23 °C	gr/cm ³	0,950 - 0,965	0,950 - 0,965
Δείκτης Ροής (φορτίο 5Kg)	g/10min	0,7	0,45
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			
Μέτρο Ελαστικότητας (50mm/min, 230 °C)	MPa	1.200	1.300
Αντοχή σε Εφελκυσμό (50mm/min, 23 °C)	MPa	28	38
Τάση Διαρροής (50mm/min, 23 °C)	MPa	20	25
Επιμήκυνση κατά την Θραύση (50mm/min, 23 °C)	%	>600	>600
Αντοχή σε Ανάπτυξη Ρήγματος από Περιβαντολογική Καταπόνηση	h	>1.000	>1.000
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			
Σημείο VICAT (φορτίο 1Kg)	°C	121	127
Θερμική Αγωγιμότητα (23 °C)	W/m K	0,45	0,43
Συντελεστής Γραμμικής Διαστολής	m/m °C	1,3 * 10 ⁻⁴	1,3 * 10 ⁻⁴
Ειδική Θερμότητα (23 °C)	Kj/Kg K	3,4	1,9
Θερμοκρασία Θραύσεως	°C	< -100	< -100
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			
Επιφανειακή Αντίσταση	Ω	> 10 ¹⁴	> 10 ¹⁴
Ειδική Αντίσταση (23 °C)	Ω * cm	> 10 ¹⁷	> 10 ¹⁷
Διηλεκτρική Σταθερά (23 °C)	-	2,6	2,6
Διηλεκτρική Αντοχή	KV/cm	-	2,2 * 10 ²

Πίνακας 5.3: Ιδιότητες αγωγών πολυαιθυλενίου.

Θερμοκρασία	Έτη Λειτουργίας	PN 4	PN 6	PN 10	PN 12,5	PN 16
10	1	5,4	8,0	13,4	16,7	21,4
	5	5,1	7,7	12,8	16,0	20,5
	10	5,0	7,6	12,6	15,8	20,2
	25	4,9	7,3	12,2	15,2	19,5
	50	4,8	7,2	12,0	15,0	19,2
20	1	4,6	6,8	11,4	14,2	18,2
	5	4,3	6,5	10,8	13,5	17,3
	10	4,2	6,4	10,6	13,3	17,0
	25	4,2	6,2	10,4	13,0	16,6
	50	4,0	6,0	10,0	12,5	16,0
30	1	3,9	5,9	9,8	12,2	15,7
	5	3,8	5,6	9,4	11,7	15,0
	10	3,7	5,5	9,2	11,5	14,7
	25	3,1	4,7	7,8	9,8	12,5
	50	2,7	4,1	6,8	8,5	10,9
40	1	3,4	5,0	8,0	10,0	12,8
	5	2,9	4,3	7,2	9,0	11,5
	10	2,5	3,7	6,2	7,8	9,9
	25	2,1	3,1	5,2	6,5	8,3
	50	1,8	2,8	4,6	5,8	7,4
50	2	2,7	4,1	6,8	8,5	10,9
	5	1,9	2,9	4,8	6,0	7,7
	10	1,7	2,5	4,2	5,3	6,7
	30	1,6	2,4	4,0	5,0	6,4
60	1	1,9	2,9	4,8	6,0	7,7
	5	1,4	2,0	3,4	4,2	5,4
70	1	1,3	1,9	3,2	4,0	5,1

Πίνακας 5.4: Αντοχή στη θερμοκρασία.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στο σχεδιασμό δικτύων, όταν υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία, καθώς το πολυαιθυλένιο είναι θερμοπλαστικό υλικό, το οποίο παρουσιάζει γραμμική θερμική μεταβολή, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\Delta L = \alpha L(T_2 - T_1) \quad (5.4)$$

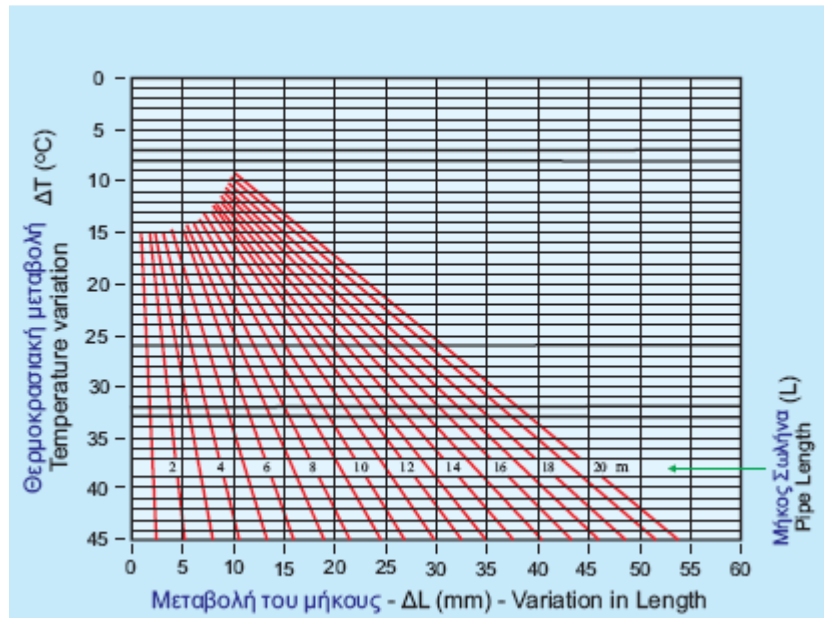
όπου:

ΔL : Γραμμική μεταβολή του σωλήνα (mm)

L: Μήκος του σωλήνα (mm)

α : Συντελεστής γραμμικής θερμικής μεταβολής = 0,09 mm/(m °C)

T_2 και T_1 : Τελική και αρχική θερμοκρασία, αντίστοιχα (°C)



Σχήμα 5.3: Μεταβολή μήκους σωλήνων πολυαιθυλενίου, συναρτήσει της μεταβολής της θερμοκρασίας.

Η τραχύτητα των τοιχωμάτων των αγωγών εξαρτάται από το υλικό κατασκευής τους. Ενδεικτικές τιμές φαίνονται στον πίνακα 5.5, οι οποίες ισχύουν για καινούριους, ευθύγραμμους αγωγούς, χωρίς σύνδεση με οποιαδήποτε εξαρτήματα, τα οποία παρουσιάζουν τοπικές απώλειες, από τις τοπικές ασυνέχειες της ροής (μεταβολή διατομής, αλλαγή διεύθυνσης αγωγών, κλπ.). Επίσης, μετά από μακροχρόνια λειτουργία δεν μπορούν να αποφευχθούν εναποθέσεις, οι οποίες οδηγούν στην «ρευστομηχανική γήρανση», δηλαδή στην αύξηση της τραχύτητας της εσωτερικής επιφάνειας των τοιχωμάτων, από ρευστομηχανικής πλευράς. Τέλος, οι Colebrook και White διατύπωσαν ότι η απόλυτη τραχύτητα αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο, σύμφωνα με τη σχέση:

$$k = k_0 + at \quad (5.5)$$

όπου k_0 η απόλυτη τραχύτητα για καινούριους αγωγούς και a συντελεστής που υπολογίζεται από πειραματικές μετρήσεις.

Οι τοπικές απώλειες των συνδέσμων, των αγωγών, εκφράζονται από τον συντελεστή τοπικών απωλειών ζ , ο οποίος υπολογίζεται από διάφορες εμπειρικές σχέσεις συναρτήσει της γεωμετρίας και των μεταβατικών τμημάτων διαχωρισμού ή της αλλαγής της κατεύθυνσης της ροής. Στα δίκτυα αγωγών διανομής Φ.Α. το πλήθος των διακλαδώσεων δεν επιτρέπει πρακτικά την εισαγωγή κάποιας τιμής ζ για κάθε στοιχείο, γι' αυτό ακολουθείται η μέθοδος της εισαγωγής μιας «ολοκληρωτικής τραχύτητας k_i », δηλαδή μιας τιμής της τραχύτητας μεγαλύτερης της πραγματικής του αγωγού, ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι επιπρόσθετες τοπικές απώλειες. Ενδεικτικές τιμές της ολοκληρωτικής τραχύτητας, συναρτήσει της πίεσης λειτουργίας των δικτύων, δίνονται στον πίνακα 5.6.

Είδος Αγωγού	Τραχύτητα k σε mm
Χάλυβας, χωρίς ειδικές προδιαγραφές	0,5
Χάλυβας, χωρίς ραφή	0,03 – 0,06
Χάλυβας, με ραφή συγκόλλησης	0,04 – 0,1
Χάλυβας, επινικελωμένος	0,1 – 0,15
Χάλυβας, με ελαφρά επίστρωση σκουριάς	0,2 – 0,5
Χάλυβας, με στρώμα σκουριάς	0,5 – 2
Χυτοσίδηρος, χωρίς ειδικές προδιαγραφές	1,5
Χυτοσίδηρος, καινούριος	0,1 – 0,15
Χυτοσίδηρος, με ελαφρά επίστρωση σκουριάς	0,5 – 1,5
Χυτοσίδηρος, με στρώμα σκουριάς	1,5 – 4
Χαλκός	0,002
Σύνθετο υλικό (PVC, PE, κλπ.)	0,01

Πίνακας 5.5: Τιμές της τραχύτητας, για διάφορα υλικά αγωγών.

Πίεση (bar)	Ολοκληρωτική Τραχύτητα k_i (mm)
$\leq 0,03$	0,5 – 3,0
0,03 – 0,1	0,5 – 3,0
0,1 - 1	0,1 – 0,5
1 – 16	0,1 – 0,5
40 – 70	0,1

Πίνακας 5.6: Τιμές της ολοκληρωτικής τραχύτητας, σε διάφορες πιέσεις.

5.1.3.2 Τεχνικές Προδιαγραφές Αγωγών PE 80 κατά DIN 8074/75

Στον πίνακα 5.7 φαίνονται κατά DIN 8074/75, οι αναλογίες της ονομαστικής διαμέτρου (d), σε σχέση με το πάχος του τοιχώματος (s), της απόκλισης του πάχους (Ds) και του βάρους (W), για αγωγούς πολυαιθυλενίου PE 80, σειράς 5 και 8,3 για μέγιστες πιέσεις λειτουργίας 4 και 1 bar αντίστοιχα με βάση στοιχεία που πάρθηκαν από εταιρείες εμπορίας τέτοιων σωλήνων.

Dimension d(mm)	SDR 17,6 (S-8,3)			SDR 11(S-5)		
	PN 1			PN 4		
	s (mm)	Ds	W (kg/m)	s (mm)	Ds	W (kg/m)
20	2,3	0,4	0,133	3	0,4	0,163
		0			0	
25	2,	0,4	0,171	3	0,4	0,211
		0			0	
32	2,3	0,4	0,224	3	0,4	0,279
		0			0	
40	2,3	0,4	0,285	3,7	0,5	0,43
		0			0	
50	2,9	0,4	0,44	4,6	0,6	0,666
		0			0	
63	3,6	0,5	0,688	5,8	0,7	1,05
		0			0	
75	4,3	0,6	0,976	6,8	0,8	1,47
		0			0	
90	5,2	0,7	1,41	8,2	1	2,12
		0			0	
110	6,3	0,8	2,08	10	1,1	3,14
		0			0	
125	7,1	0,9	2,66	11,4	1,3	4,08
		0			0	
140	8	0,9	3,34	12,7	1,4	5,08
		0			0	
160	9,1	1,1	4,35	14,6	1,6	6,67
		0			0	
180	10,3	1,2	5,53	16,4	1,8	8,42
		0			0	
200	11,4	1,3	6,79	18,2	2	10,4
		0			0	
225	12,8	1,4	8,55	20,5	2,2	13,1
		0			0	
250	14,2	1,6	10,6	22,7	2,4	16,2
		0			0	
280	15,9	1,7	13,2	25,4	2,7	20,3
		0			0	
315	17,9	1,9	16,7	28,6	3	25,6
		0			0	
355	20,2	2,2	21,3	32,3	3,4	32,6
		0			0	
400	22,8	2,4	27	36,4	3,8	41,4
		0			0	
450	25,6	2,7	34,23	41	4,2	52,83
		0			0	
500	28,5	3	42,34	45,5	4,7	65,15
		0			0	
560	31,9	3,3	53,08	51	5	81,78
		0			0	
630	35,8	3,7	67,02	57,3	5	103,38
		0			0	

Πίνακας 5.7: Τεχνικές Προδιαγραφές Αγωγών PE 80, κατά DIN 8074/75

5.2. Σχεδιασμός του Δικτύου Διανομής Φ.Α στο Δήμο Λεβαδέων

5.2.1. Υπολογισμός της Κατανάλωσης ανά m^2 της Οικοδομικής Έκτασης

Ο τοπογραφικός χάρτης του Δήμου Λεβαδέων μετατρέπεται σε ηλεκτρονική μορφή, με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος «AutoCAD». Ύστερα από τις κατάλληλες ρυθμίσεις ο τοπογραφικός χάρτης είναι κλίμακας 1:1 και οι μονάδες μέτρησης του μήκους προκύπτουν απευθείας σε m^2 . Έτσι, υπολογίζεται το εμβαδό κάθε περιοχής m^2 .

Στον πίνακα 5.8, παρουσιάζεται το συνολικό εμβαδό ανά περιοχή -όπως αυτές έχουν σχεδιαστεί και παρουσιάζονται στο ηλεκτρονικής μορφής σχέδιο της Λιβαδειάς- και στον πίνακα 5.9 το εμβαδό των μη οικοδομήσιμων εκτάσεων ανά περιοχή.

Για την κατανόηση των πινάκων παραπέμπουμε στο σχέδιο 1 (Τοπογραφικό Χάρτη του Δήμου, με τις περιοχές και τις μη οικοδομήσιμες εκτάσεις που αναλογούν σε κάθε μια από αυτές) που βρίσκεται στο Παράρτημα Α

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ AutoCAD	ΕΜΒΑΔΟ AutoCAD (m^2)	ΕΜΒΑΔΟ (m^2)
Περιοχή 1 - Κέντρο	Area = 374407,5863, Perimeter = 4475,6789	374.407,5863	374.407,5863
Περιοχή 2 - Συνοικισμός, Αγ.Βλάσσης	Area = 972643,6952, Perimeter = 7325,6616	972.643,6952	972.643,6952
Περιοχή 3 - Ζαγαράς, Ευαγγελίστρια, Κορδέλι	Area = 925075,9398, Perimeter = 5420,5916	925.075,9398	925.075,9398
		ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ	2.272.127,2213

Πίνακας 5.8: Συνολικό Εμβαδό ανά περιοχή του Δήμου Λιβαδειάς

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ AutoCAD	ΕΜΒΑΔΟ AutoCAD	ΕΜΒΑΔΟ (m ²)	ΣΥΝΟΛΟ
Περιοχή 1 - Κέντρο	Πλατεία Εθνικής Αντίστασης	Area = 2564,0279, Perimeter = 224,0606	2.564,0279	2.564,0279	19.584,8587
	Πλατεία Λάμπρου Κατσώνη	Area = 4874,0796, Perimeter = 284,4513	4.874,0796	4.874,0796	
	Διοικητήριο	Area = 8804,5939, Perimeter = 385,6610	8.804,5939	8.804,5939	
	Λοιποί Πράσινοι Χώροι	Area = 3342,1573, Perimeter = 645,8086	3.342,1573	3.342,1573	
Περιοχή 2 - Συνοικισμός, Αγ.Βλάσσης	Σχολεία	Area = 36056,232, Perimeter = 2272,1074	36.056,2320	36.056,2320	67.311,2862
	Νεκροταφείο	Area = 586,4612, Perimeter = 111,7984	586,4612	586,4612	
	Πλατεία Αγ. Μελετίου	Area = 602,9649, Perimeter =103,3429	602,9649	602,9649	
	Πλατεία Στρατηγού Παπάγου	Area = 1610,6750, Perimeter = 155,0464	1.610,6750	1.610,6750	
	Πυροσβεστική Υπηρεσία	Area = 4137,8128, Perimeter = 287,6545	4.137,8128	4.137,8128	
	Εμπορικό Κέντρο	Area = 6703,8327, Perimeter = 334,3502	6.703,8327	6.703,8327	
	Λοιποί Πράσινοι Χώροι	Area = 17613,3076, Perimeter =2608,487	17.613,3076	17.613,3076	
Περιοχή 3 - Ζαγαράς, Ευαγγελίστρια, Κορδέλι	Σχολεία	Area = 10139,4765, Perimeter = 634,4618	10.139,4765	10.139,4765	56.550,5666
	Εθνικό Στάδιο Λιβαδειάς	Area = 20985,4429, Perimeter = 661,1744	20.985,4429	20.985,4429	
	Νεκροταφείο	Area = 5702,7348, Perimeter = 310,2989	5.702,7348	5.702,7348	
	Δημοτικό Parking	Area = 1200,9545, Perimeter = 216,1882	1.200,9545	1.200,9545	
	Πάρκο Έρκυνας	Area = 2043,3060, Perimeter = 220,2329	2.043,3060	2.043,3060	
	Συνεδριακό Κέντρο - Μουσείο	Area = 2387,1151, Perimeter = 331,4242	2.387,1151	2.387,1151	
	Πλατεία Διάκου - Μητρόπολη	Area = 829,0940, Perimeter = 125,9972	829,0940	829,0940	
	Πνευματικό κέντρο	Area = 405,7526, Perimeter = 78,3283	405,7526	405,7526	
	Αγ. Άννα	Area = 366,4394, Perimeter = 74,9170	366,4394	366,4394	
	Αγ. Νικόλαος	Area = 953,6559, Perimeter =126,7218	953,6559	953,6559	
	Πλατεία Μαγιάκου	Area = 348,7933, Perimeter = 81,8900	348,7933	348,7933	
	Πλατεία Καζαζή	Area = 158,0845, Perimeter = 52,4423	158,0845	158,0845	
	Πλατεία Καρόλου	Area =143,3928, Perimeter = 49,3422	143,3928	143,3928	
	Αγ.Παρασκευή	Area = 4540,1696, Perimeter = 270,2330	4.540,1696	4.540,1696	
	Λοιποί Πράσινοι Χώροι	Area = 6346,1547 , Perimeter = 1456,2751	6.346,1547	6.346,1547	
	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ			143.446,7115	

Πίνακας 5.9: Εμβαδόν μη Οικοδομήσιμων εκτάσεων ανά περιοχή

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης του Δήμου ανά m², είναι απαραίτητη η **οικοδόμηση έκταση** (και όχι η συνολική), η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$Εκταση_{οικοδ.} = Εκταση_{tot} - Εκταση_{μη\ οικοδ.}$$

	ΕΜΒΑΔΟ (m ²)
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΑΣΗ	2.272.127,2213
ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	143.446,7115
ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	2.128.680,5098

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός Οικοδομήσιμης Έκτασης

Ακόμα πρέπει να σημειώσουμε πως στην οικοδομήσιμη έκταση που βρέθηκε, αναλογεί ένας «συντελεστής δόμησης», ο οποίος εκφράζει την πολεοδομική πυκνότητα της εκάστοτε περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται από το Άρθρο 2 του Ν.1577/1982: *ως ο αριθμός, ο οποίος, πολλαπλασιαζόμενος με την επιφάνεια του οικοπέδου, δίνει τη συνολική επιφάνεια όλων των ορόφων των κτιρίων που μπορούν να κατασκευαστούν στο οικόπεδο.* Για το Δήμο Λεβαδέων μπορεί να θεωρηθεί ένας μέσος συντελεστής δόμησης (Μ.Σ.Δ.), ίσος με 1,4, για όλες τις περιοχές, προς διευκόλυνση της περαιτέρω διαδικασίας. Η **οικοδομήσιμη έκταση , λαμβάνοντας υπόψη το Μ.Σ.Δ.** είναι:

$$Εκταση_{οικοδ}^{ΜΣΔ} = ΜΣΔ * Εκταση_{οικοδ.}$$

ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	2.128.680,5098
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ	1,40
ΤΕΛΙΚΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	2.980.152,7137

Πίνακας 5.11: Υπολογισμός Οικοδομήσιμης Έκτασης βάσει του Συντελεστή Δόμησης

Η κατανάλωση ανά m² οικοδομήσιμης έκτασης, προκύπτει διαιρώντας την συνολική ωριαία κατανάλωση που έχει υπολογιστεί προηγουμένως στο κεφάλαιο 3 (σελ. 66) με την οικοδομήσιμη έκταση. Συνεπώς η **κατανάλωση (m³/h) ανά m² οικοδομήσιμης έκτασης**, είναι:

$$\dot{V}_{tot/m^2}^h = \frac{\dot{V}_{tot}^h}{Εκταση_{οικοδ}^{ΜΣΔ}}$$

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ ΔΗΜΟΥ ΛΕΒΑΔΕΩΝ	2.272.127,2213
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h)	3960
ΕΜΒΑΔΟ ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	143.446,7115
ΕΜΒΑΔΟ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ	2.128.680,5098
ΤΕΛΙΚΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	2.980.152,7137
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m³/h) ΑΝΑ m² ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	0,001329

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός Κατανάλωσης ανά m² οικοδομήσιμης έκτασης

5.2.2. Σχεδιασμός & Υπολογισμός της Κατανάλωσης ανά Τομέα Λειτουργίας

Η γεωγραφική δομή του Δήμου Λεβαδέων διευκόλυνε το σχεδιασμό του δικτύου διανομής Φ.Α. στο Δήμο και ιδιαίτερα τον χωρισμό του σε τομείς λειτουργίας. Έτσι, αποφασίστηκε να χωριστεί το συνολικό δίκτυο διανομής σε τρία επιμέρους δίκτυα, δακτυλιοειδούς μορφής, τα οποία και θα μελετηθούν ξεχωριστά.

Το πρώτο καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του Δήμου και έχει οικοδομήσιμη έκταση λαμβανομένου του Μ.Σ.Δ. (Έκταση τροφοδότησης 1^{ου} Δακτυλίου) και μέση κατανάλωση όπως φαίνεται στον πίνακα 5.13. Το δεύτερο καταλαμβάνει την μεγαλύτερη γεωγραφικά περιοχή του Δήμου, έχει αντίστοιχα οικοδομήσιμη έκταση και μέση κατανάλωση όπως φαίνονται στον πίνακα 5.14. Τέλος το τρίτο καταλαμβάνει την παλιά πόλη και έχει οικοδομήσιμη έκταση και μέση κατανάλωση όπως φαίνονται στον πίνακα 5.15.

Είναι προφανές, πως αν προσθέσουμε τις ακριβείς καταναλώσεις και των τριών δικτύων, που φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες, προκύπτει η συνολική κατανάλωση που προέκυψε στο κεφάλαιο 3 (σελ 66).

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h) ΑΝΑ m ² ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	0,001329	
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ (m²)	
	ΣΥΝΟΛΙΚΗ	ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ
Περιοχή 1 - Κέντρο	374.407,5863	19.584,8587
ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	354.822,7276	
ΕΚΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 1 ^{ου} ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	496.751,8186	
ΠΑΡΟΧΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 1ου ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ (m³/h)	660	

Πίνακας 5.13: Παροχή Τροφοδότησης 1^{ου} Δακτυλίου

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h) ΑΝΑ m ² ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	0,001329	
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ (m²)	
	ΣΥΝΟΛΙΚΗ	ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ
Περιοχή 2 - Συνοικισμός , Αγ. Βλάσης	972.643,6952	67.311,2862
ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	905.332,4090	
ΕΚΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 2 ^{ου} ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	1.267.465,3726	
ΠΑΡΟΧΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 2ου ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ (m³/h)	1.684	

Πίνακας 5.14: Παροχή Τροφοδότησης 2^{ου} Δακτυλίου

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h) ΑΝΑ m ² ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ	0,001329	
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΚΤΑΣΗ (m²)	
	ΣΥΝΟΛΙΚΗ	ΜΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ
Περιοχή 2 - Ζαγαράς , Ευαγγελίστρια , Κορδέλι	925.075,9398	56.550,5666
ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ	868.525,3732	
ΕΚΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 3 ^{ου} ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ	1215935,522	
ΠΑΡΟΧΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ 3^{ου} ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ (m³/h)	1.616	

Πίνακας 5.15: Παροχή Τροφοδότησης 3^{ου} Δακτυλίου

5.2.3. Σχεδιασμός & Υπολογισμός της Κατανάλωσης ανά ANTENNA

Η δομή των δικτύων, πρέπει να επιλεγεί κατά τρόπο ώστε να ακολουθείται γενική πορεία από ευρείς δρόμους. Έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η άνετη πρόσβαση ανθρώπων, οχημάτων και μηχανημάτων, καθώς και η διέλευση όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς τους μεγάλους καταναλωτές και τους σταθμούς και να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα πρόκλησης βλαβών. Για το λόγο αυτό κάθε δίκτυο χωρίστηκε σε ANTENNES. Καθεμιά από τις οποίες θα τροφοδοτεί μια γεωγραφική περιοχή, στην οποία θα αντιστοιχεί κατανάλωση περίπου 500 m³/h και παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 5.16, 5.17 και 5.18 που ακολουθούν. (Οι ANTENNES παρουσιάζονται και στο σχέδιο 2 -Τοπογραφικό Χάρτη του Δήμου- που βρίσκεται στο Παράρτημα Α). Βέβαια υπάρχουν ANTENNES με μικρότερη ή μεγαλύτερη κατανάλωση, καθώς κάποια οικοδομικά τετράγωνα περιόριζαν την προαναφερθείσα μεθοδολογία.

ANTENNES	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ AUTOCAD	ΕΜΒΑΔΟ AUTOCAD (m ²)	ΕΜΒΑΔΟ- ΜΣΔ (m ²)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h)
1	Area = 92583,2578, Perimeter = 2079,8425	92.583,2578	129617	172
2	Area = 42284,3186, Perimeter = 905,6883	42.284,3186	59198	79
3	Area = 114305,6524, Perimeter = 1623,9199	114.305,6524	160028	213
4	Area = 105532,3772, Perimeter = 1746,9298	105.532,3772	147745	196
	ΣΥΝΟΛΟ	354.705,6060	496588	660

Πίνακας 5.16: Κατανάλωση ανά ANTENNA 1^{ου} Δακτυλίου

ΑΝΤΕΝΝΕΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ AUTOCAD	ΕΜΒΑΔΟ AUTOCAD (m ²)	ΕΜΒΑΔΟ- ΜΣΔ (m ²)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h)
1	Area = 253530,2372, Perimeter = 2220,1008	253.530,2372	354942	472
2	Area = 37944,1323, Perimeter = 785,5215	37.944,1323	53122	71
3	Area = 182864,2648, Perimeter = 1967,9817	182.864,2648	256010	340
4	Area = 142492,5110, Perimeter = 1909,5928	142.492,5110	199490	265
5	Area = 151074,3824, Perimeter = 1919,1599	151.074,3824	211504	281
6	Area = 136995,1050, Perimeter = 1514,3086	136.955,1050	191737	255
	ΣΥΝΟΛΟ	904.860,6327	1266805	1.684

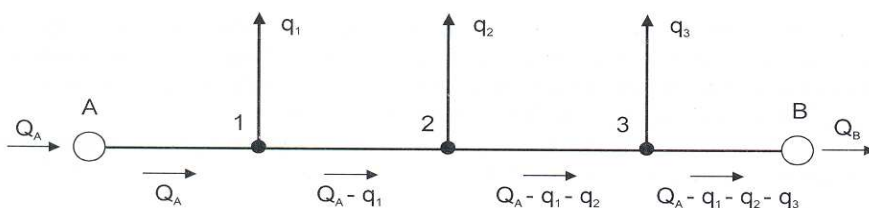
Πίνακας 5.17: Κατανάλωση ανά ΑΝΤΕΝΝΑ 2^{ου} Δακτυλίου

ΑΝΤΕΝΝΕΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ AUTOCAD	ΕΜΒΑΔΟ AUTOCAD (m ²)	ΕΜΒΑΔΟ- ΜΣΔ (m ²)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (m ³ /h)
1	Area = 280845,2527, Perimeter = 2213,7673	280.845,2527	393183	523
2	Area = 173820,3266, Perimeter = 2013,3030	173.820,3266	243348	323
3	Area = 78474,7917, Perimeter = 1256,8508	78.474,7917	109865	146
4	Area = 123923,7391, Perimeter = 1892,1970	123.923,7391	173493	231
5	Area = 186509,3561, Perimeter = 1869,2394	186.509,3561	261113	347
6	Area = 25172,5521, Perimeter = 650,3334	25.172,5521	35242	47
	ΣΥΝΟΛΟ	868.746,0183	1216244	1.616

Πίνακας 5.18: Κατανάλωση ανά ΑΝΤΕΝΝΑ 3^{ου} Δακτυλίου

5.2.4. Υπολογισμός της Κατανάλωσης ανά Έξοδο ΑΝΤΕΝΝΑΣ

Η κατανομή των καταναλώσεων και της ζήτησης αερίου είναι ένα πρόβλημα, το οποίο είναι σχετικά δύσκολο και χρονοβόρο για να επιλυθεί σε μια πλήρως ρεαλιστική βάση, δηλ. λαμβάνοντας υπόψη τις καταναλώσεις των καταναμημένων σύμφωνα με την οικιστική δομή καταναλωτών (κατοικιών), κατά μήκος των αγωγών-στοιχείων του δικτύου. Η πολυπλοκότητα αυτού του προβλήματος σ' ένα δίκτυο φαίνεται στο παρακάτω αντιπροσωπευτικό παράδειγμα :



Σχήμα 5.4: Αγωγός δικτύου μεταξύ κόμβων Α και Β με καταναλώσεις q_1 , q_2 , q_3 .

Έστω ένας αγωγός του δικτύου διανομής μεταξύ των κόμβων A και B και με 3 πιθανούς καταναλωτές, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4. Ο αγωγός αυτός τροφοδοτείται με μία παροχή Q_A και κάθε καταναλωτής τροφοδοτείται αντίστοιχα με παροχές q_1, q_2 και q_3 . Τότε ο αγωγός θα αποδίδει στον επόμενο αγωγό παροχή:

$$Q_B = Q_A - (q_1 + q_2 + q_3)$$

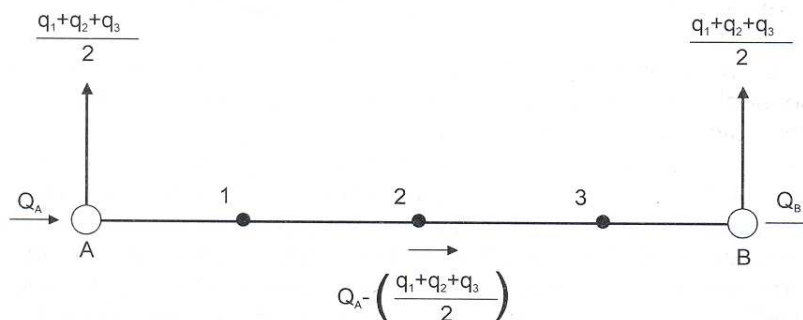
Κάθε τμήμα αγωγού θα μεταφέρει διαφορετική παροχή αερίου και έτσι το τμήμα A-1 θα έχει παροχή Q_A , το 1-2: $Q_A - q_1$, το 2-3: $Q_A - q_1 - q_2$ και το 3-B: $Q_A - q_1 - q_2 - q_3$. Επομένως κάθε τμήμα του αγωγού θα έχει διαφορετική ταχύτητα αερίου και διαφορετικό συντελεστή τριβής.

Εάν στη μελέτη γινόταν προσπάθεια να ληφθούν υπόψη όλες αυτές οι παράμετροι, όπως οι θέσεις των παροχών, οι διαφορετικές ταχύτητες και οι συντελεστές τριβής, θα έπρεπε να αντιμετωπιστεί ένας μεγάλος όγκος δεδομένων εισαγωγής και πράξεων, ο οποίος θα οδηγούσε σε μεγάλο υπολογιστικό κόστος και χρόνο χωρίς - όπως αποδεικνύουν υπολογιστικές δοκιμές - να προκύπτει σημαντικό κέρδος σε ότι αφορά τη βεβαιότητα των αποτελεσμάτων.

Η προσεγγιστική μοντελοποίηση του πραγματικού αγωγού γίνεται επιτακτική, αφού βέβαια το **σφάλμα είναι μικρό** και δεν πρόκειται να οδηγήσει σε ακραίες καταστάσεις το δίκτυο. Έτσι, το δίκτυο εξιδανικεύεται (μοντελοποιείται) λαμβάνοντας σταθερές τη διάμετρο κάθε αγωγού μεταξύ δύο κόμβων, ανεξάρτητη δηλαδή των καταναλώσεων κατά μήκος του, την ταχύτητα και το συντελεστή τριβής του αγωγού. Μ' αυτό τον τρόπο η γεωμετρία του δικτύου απλοποιείται κατά πολύ σε σχέση με τις πραγματικές επικρατούσες συνθήκες σύμφωνα με το σχήμα 5.4. Το κύριο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι ο επιμερισμός των καταναλώσεων κατά μήκος του αγωγού στους δύο κόμβους που ορίζουν το στοιχείο-αγωγός με κατάλληλο τρόπο για την εξασφάλιση της πιστότητας της εξιδανίκευσης.

Αυτός ο επιμερισμός μπορεί να προσεγγιστεί με τη θεώρηση, ότι το φορτίο κάθε κόμβου είναι το μισό του αθροίσματος των καταναλώσεων κατά μήκος του αγωγού. Αναλυτικότερα ο αγωγός του σχήματος 5.4 ανάγεται στον αγωγό του σχήματος 5.5, όπου τα φορτία (οι καταναλώσεις) των καταναλωτών στους κόμβους 1, 2 και 3 ισοκατανέμονται στους κόμβους A και B με

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 / 2$$



Σχήμα 5.5:Αναγωγή των καταναλώσεων στους κόμβους A και B του στοιχείου.

Το σφάλμα επομένως αυτής της προσέγγισης αφορά μόνο την κατανομή του φορτίου του αγωγού κατά μήκος του, ενώ κανένα σφάλμα δεν μεταφέρεται στον προηγούμενο ή επόμενο από τον υπό εξέταση αγωγό.

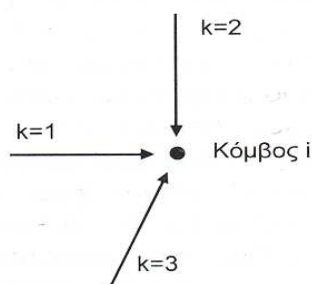
Έχοντας ανάγει το πρόβλημα της κατανομής του φορτίου κατά μήκος των αγωγών στους κόμβους του δικτύου, το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός αυτών των «κομβικών» φορτίων. Μια ρεαλιστική δυνατότητα είναι η ακόλουθη.

Αφού έχει υπολογιστεί η συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση αερίου της κάθε περιοχής για την περίπτωση της ζήτησης αιχμής, αυτή ανάγεται στο συνολικό μήκος αγωγών της κάθε περιοχής (το οποίο έχει προϋπολογιστεί), έτσι ώστε να βρεθεί μια μέση φόρτιση αγωγού ανά μέτρο μήκους. Τούτο **γίνεται με την προϋπόθεση ότι η περιοχή παρουσιάζει ομοιομορφία σε ότι αφορά τις ενεργειακές ανάγκες των καταναλωτών**. Εφαρμόζοντας αυτή τη μέση φόρτιση αγωγού ανά μέτρο μήκους σ' όλο το μήκος του κάθε αγωγού υπολογίζεται ένα μέσο φορτίο αγωγού από το οποίο, σύμφωνα με την προσέγγιση φορτίου αγωγών σε κόμβους, υπολογίζονται τα φορτία των κόμβων του κάθε αγωγού. Για κόμβους στους οποίους καταλήγουν περισσότεροι από ένας αγωγοί, το συνολικό φορτίο των καταναλώσεων q_n που ανάγονται στον κόμβο από τον κάθε αγωγό, υπολογίζεται σαν το άθροισμα των επιμέρους φορτίων από κάθε αγωγό ξεχωριστά. Αναλυτικότερα, έστω ένας κόμβος i , όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6, στον οποίο καταλήγουν τρεις αγωγοί-στοιχεία $k=1,2$ και 3 και έστω το φορτίο των καταναλώσεων του κάθε αγωγού, δηλ. το σύνολο των καταναλώσεων q_n είναι αντίστοιχα Q_1, Q_2, Q_3 , τότε το φορτίο που ανάγεται στον κόμβο i θα ισούται με:

$$C_i = Q_1 + Q_2 + Q_3/2$$

Ή σε γενικευμένη μορφή για τις αναγόμενες καταναλώσεις των m στοιχείων που συμβάλλουν στον κόμβο i :

$$C_i = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m Q_k = \frac{1}{2} \left(\sum q_n^1 + \sum q_n^2 + \dots + \sum q_n^m \right)$$



Σχήμα 5.6: Κόμβος i στον οποίο καταλήγει κάθε αγωγός j , από τους συνολικά $m=3$ αγωγούς.

Με αυτό τον τρόπο ο υπολογισμός του φορτίου του κάθε κόμβου είναι εφικτός, οπότε το επόμενο στάδιο είναι ο υπολογισμός των μεγεθών του δικτύου, όπως οι παροχές των αγωγών, οι πιέσεις στους κόμβους, η πτώση πίεσης κατά μήκος των αγωγών, η ταχύτητα του αερίου σε κάθε αγωγό, δηλ. μεγέθη που προκύπτουν από την ανάλυση του δικτύου και την περαιτέρω επεξεργασία αυτών.

Σε περίπτωση που μέσα στον εξεταζόμενο για το σχεδιασμό του δικτύου χώρο υπάρχουν διακεκριμένοι καταναλωτές υψηλών καταναλώσεων (σημειακοί καταναλωτές), τότε ο καθορισμός των φορτίων πρέπει να εξειδικευτεί γι' αυτούς σε συνδυασμό με τους υπόλοιπους.

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω μεθοδολογία βρίσκουμε την κατανάλωση στην έξοδο κάθε ΑΝΤΕΝΝΑΣ. Επειδή είναι δύσκολη η απεικόνιση των αποτελεσμάτων υπό μορφή πινάκων σε αυτό το κείμενο παραπέμπουμε στα αρχεία υπό τον τίτλο «Υπολογισμοί» που βρίσκεται στο CD που συνοδεύει τη συγκεκριμένη εργασία.

Τέλος, πρέπει να αναφερθούμε στον τρόπο με τον οποίο έγινε η αρίθμηση των κόμβων (κάθε αλλαγή στη γωνία των σωληνώσεων ή ένωση δυο ή περισσότερων σωληνών) των δικτύων και φαίνεται στο σχέδιο 3 του Παραρτήματος Α. Αρχίζουμε με τους κόμβους 1 και 2, που αποτελούν τις δυο εισόδους σε κάθε δίκτυο. Συνεχίζουμε με τον κόμβο 3, που ενώνει τον πρώτο κόμβο και αριθμώντας ανθρωπολογικά ολόκληρο το δακτύλιο, φτάνουμε στο σημείο που καταλήξαμε. Συνεχίζουμε, με την πρώτη αντέννα που βρίσκεται στα δεξιά μας και ανθρωπολογικά ολοκληρώνουμε την αρίθμηση σε όλες. Η αρίθμηση κάθε μιας από τις οποίες γίνεται ως εξής: αρχίζουμε με τον πρώτο κόμβο μετά την είσοδο της και ακολουθούμε τον κεντρικό αγωγό. Συνεχίζουμε αριθμώντας πάντα τον πρώτο και αριστερά του κεντρικού αγωγού, αγωγό, έως ότου με αντίθετη φορά οδηγηθούμε στο αρχικό σημείο.

Κεφάλαιο 6^ο : Προσομοίωση

Λειτουργίας του Δικτύου

Διανομής Μέσης Πίεσης

6.1. Γενικά Χαρακτηριστικά & Παραδοχές

Για την προσομοίωση της λειτουργίας και των τριών δικτύων διανομής του Δήμου Λεβαδέων ακολουθούμε τις ακόλουθες παραδοχές που γίνονται:

- ✓ Χρησιμοποιήθηκε το γερμανικό Φ.Α. Erdgas H2 του οποίου οι θερμοφυσικές ιδιότητες αναφέρθηκαν στον πίνακα 2.4 (“Ιδιότητες, συναρτήσσει Θερμοκρασίας, του Erdgas H2 σε πίεση 1 atm”).
- ✓ Χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες πολυαιθυλενίου (PE 80), μέγιστης πίεσης λειτουργίας 4 bar, σειράς 5 και SDR 11, κατά DIN 8074/75, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάστηκαν στον πίνακα 5.7 (“Τεχνικές Προδιαγραφές Αγωγών PE 80 κατά DIN 8074/75”) και ολοκληρωτικής τραχύτητας 0,2 .
- ✓ Το κάθε δίκτυο τροφοδοτήθηκε με συγκεκριμένη παροχή η οποία υπολογίστηκε στην παράγραφο 5.2.2 και παρουσιάζεται στους πίνακες 5.13, 5.14, 5.15. Σημειώνουμε δε ότι το μέγεθος αυτής της παροχής ισομοιράστηκε στα σημεία εισόδου του αερίου σε κάθε επιμέρους δίκτυο.
- ✓ Θεωρούμε ακόμη κατανάλωση εξόδου σε κάθε ANTENNA ίση με αυτή που υπολογίστηκε στην παράγραφο 5.2.4 και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α.
- ✓ Η ροή είναι μόνιμη, μονοδιάστατη και ισόθερμη, αφού ο αγωγός επικοινωνεί θερμικά με το περιβάλλον. Δεχόμαστε τη σταθερή θερμοκρασία των 12 °C.
- ✓ Θεωρούμε μεγέθη αναφοράς τις Κανονικές Φυσικές Συνθήκες με: $P_n=1 \text{ atm}$, $T_n=0^\circ\text{C}$ και $g_n=9.810665 \text{ m/sec}^2$.
- ✓ Δεν λαμβάνουμε υπόψη τις υψομετρικές διαφορές.
- ✓ Χρησιμοποιούμε το υπολογιστικό πρόγραμμα «**AFT Arrow**», της Εταιρίας: «**Applied Flow Technology**».

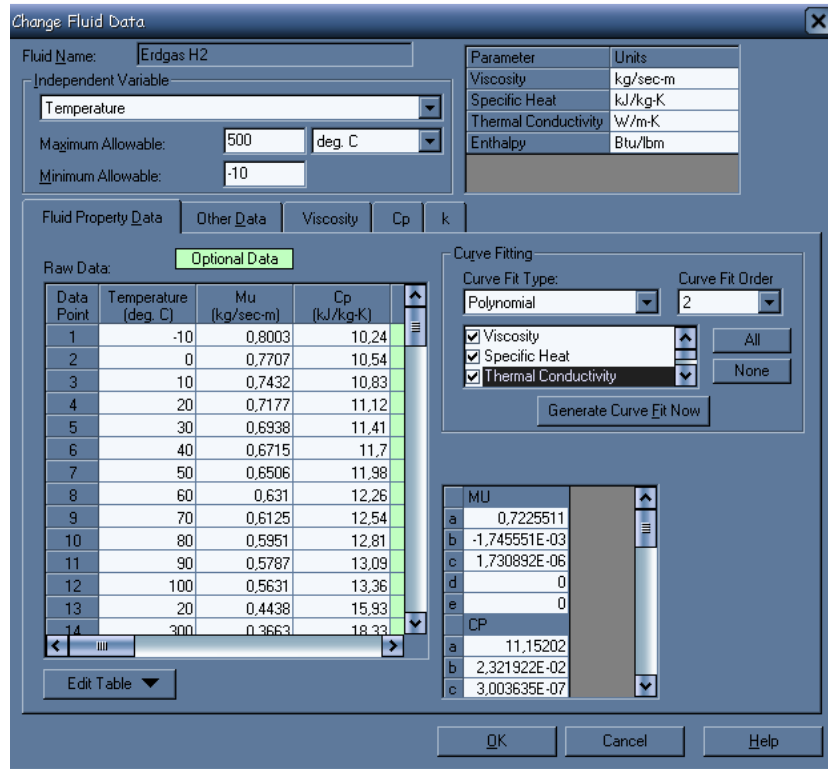
6.2. Ανάλυση Λειτουργίας Προγράμματος “AFT Arrow”

Στον σχεδιασμό του δικτύου Φυσικού Αερίου χρησιμοποιείται το πρόγραμμα **AFT Arrow** το οποίο υπολογίζει παροχή μάζας, ταχύτητα ροής και πιέσεις.

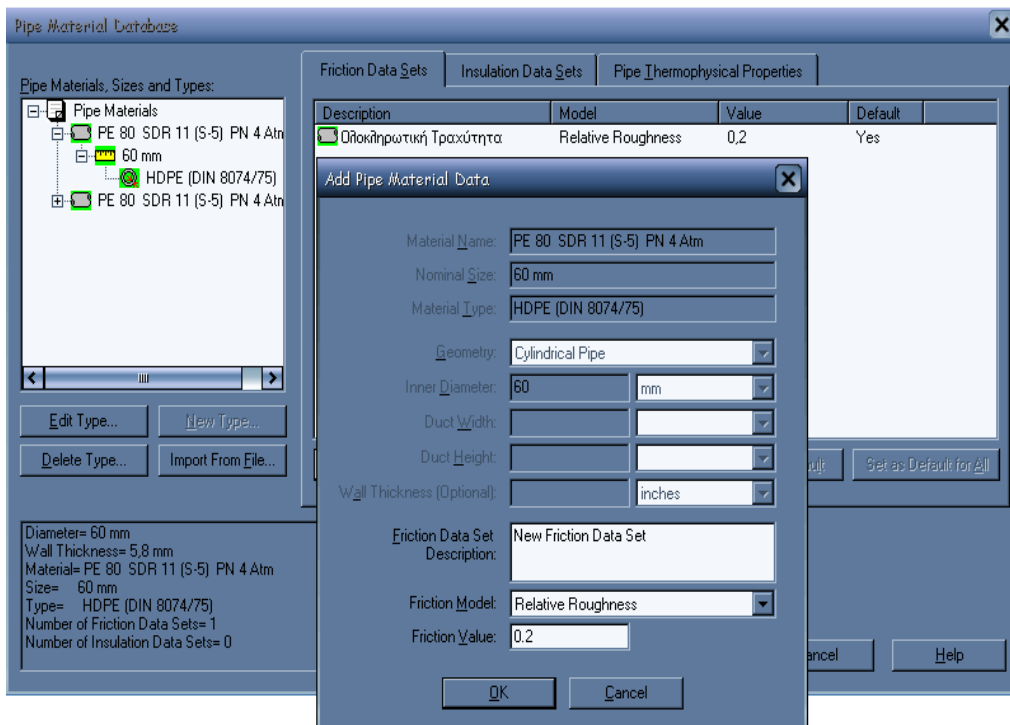
Στη συνέχεια παρουσιάζονται με την σειρά τα βήματα που ακολουθούνται τόσο για τον εικονικό σχεδιασμό του δικτύου διανομής Φυσικού Αερίου όσο και για την εξαγωγή των απαραίτητων αποτελεσμάτων.

- I. Από την επιφάνεια εργασίας του προγράμματος στην γραμμή εργαλείων επιλέγουμε το πεδίο **Database** και δημιουργούμε δύο βάσεις δεδομένων για το είδος του υγρού Φυσικού Αερίου (**Fluid Database**) και το υλικό των αγωγών που θα

αποτελούν το δίκτυο (**Pipe Material Database**), όπως φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.

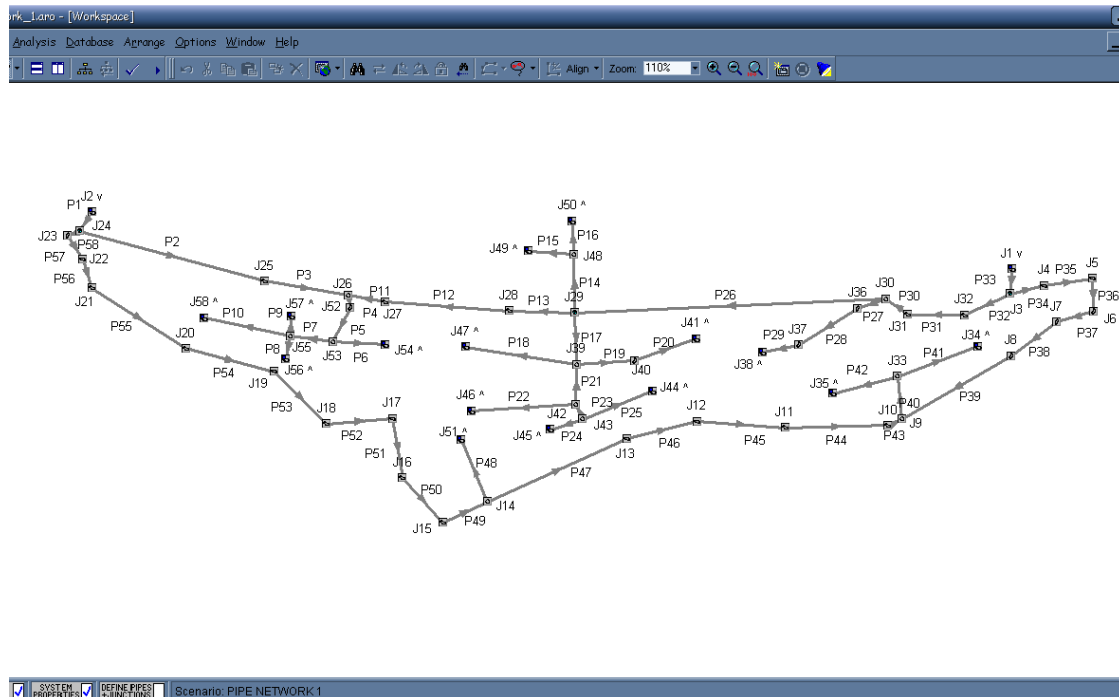


Σχήμα 6.1: Καρτέλα δεδομένων για το είδος Φ.Α



Σχήμα 6.2: Καρτέλα δεδομένων για το είδος των αγωγών

- II. Στη συνέχεια από το πεδίο **File** επιλέγουμε **Load background picture** για να εισάγουμε στο πρόγραμμα φωτογραφία με την μορφή του δικτύου, όπως την έχουμε σχεδιάσει αρχικά στο AutoCAD. Με την βοήθεια αυτής δημιουργούμε ένα δίκτυο αγωγών ίδιας μορφολογίας. Πιο συγκεκριμένα ακολουθώντας την διαγράμμιση του δικτύου, όπως αυτή έχει επιλεγεί από τον αρχικό σχεδιασμό, τοποθετούμε τις σωλήνες σχεδιάζοντας με το Pipe Drawing Tool. Ταυτόχρονα στα σημεία που έχουμε επιλέξει την ύπαρξη κόμβων (Junctions) τοποθετούμε είτε γωνίες (Bend), είτε διακλαδώσεις (Branch), είτε σημεία εισροής – εκροής (Assigned Flow) είτε τέλος σημεία μέτρησης πίεσης (Assigned Pressure).



Σχήμα 6.3: Απεικόνιση Δικτύου στο AFT Arrow

- III. Ακολουθώντας σε κάθε έναν αγωγό ξεχωριστά κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις επιλέγοντας το υλικό, όπως αυτό δημιουργήθηκε στη βάση δεδομένων. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για κάθε έναν κόμβο στους οποίους ρυθμίζουμε τον τύπο του, εισάγουμε τις ποσότητες εισροής – εκροής καθώς και τις γωνίες (κλίση) μεταξύ των αγωγών.
- IV. Το τελευταίο βήμα στον σχεδιασμό του δικτύου είναι ο έλεγχος της ορθότητας αυτού. Επιλέγουμε από το πεδίο **View** το **Show Object Status** και το πρόγραμμα ελέγχει εάν όλα είναι σωστά τοποθετημένα και ρυθμισμένα.
- V. Τέλος από το μενού **Analysis** επιλέγουμε το **Run Model** και το πρόγραμμα προσομοιάζοντας την ροή στους αγωγούς εκδίδει αποτελέσματα για την παροχή μάζας, ταχύτητα ροής και πιέσεις συναρτήσει των αγωγών του δικτύου είτε σε μορφή πινάκων είτε σε διαγράμματα.

Αναλυτικότερα η διαδικασία λειτουργίας του προγράμματος περιγράφεται σε Video που συνοδεύει την συγκεκριμένη εργασία.

6.3. Μελέτη του 1^{ου} Δικτύου

Εισάγοντας την εικόνα του 1^{ου} Δικτύου (σχήμα 6.1) από το AutoCAD στο υπολογιστικό περιβάλλον του «AFT Arrow», σχεδιάζουμε από την αρχή το δίκτυο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία που προσφέρει το πρόγραμμα και εισάγουμε τις βάσεις δεδομένων του αερίου και των σωληνώσεων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε. Επίσης, εισάγουμε τα μήκη των αγωγών, όπως αρχικά σχεδιάστηκαν στο AutoCAD και τις μοίρες των γωνιών, όπου υπάρχει αλλαγή της διεύθυνσης αυτών. Τα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα τόσο για τους σωλήνες όσο και για τα junctions φαίνονται στους πίνακες 6.1, 6.2 και 6.3.

Σωλήνας	Υλικό	Μέγεθος	Τύπος	Θερμικό Όριο	Θερμοκρασία (deg.C)
1	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
2	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
3	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
4	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
5	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
6	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
7	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
8	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
9	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
10	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
11	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
12	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
13	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
14	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
15	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
16	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
17	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
18	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
19	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
20	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
21	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
22	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
23	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
24	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
25	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
26	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
27	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
28	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
29	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12

Πίνακας 6.1α: Δεδομένα Υλικού Σωλήνων

Σωλήνας	Υλικό	Μέγεθος	Τύπος	Θερμικό Όριο	Θερμοκρασία (deg.C)
30	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
31	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
32	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
33	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
34	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
35	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
36	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
37	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
38	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
39	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
40	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
41	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
42	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
43	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
44	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
45	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
46	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
47	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
48	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
49	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
50	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
51	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
52	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
53	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
54	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
55	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
56	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
57	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12
58	PE 80 SDR 11 (S-5) PN 4 Atm	60 mm	HDPE (DIN 8074/75)	Isothermal	12

Πίνακας 6.1b: Δεδομένα Υλικού Σωλήνων

Σωλήνας	Κόμβοι	Μήκος (metres)	Διάμετρος (mm)	Friction Data Set	Τραχύτητα (Eps/D)
1	2, 24	18,92	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
2	24, 25	303,26	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
3	25, 26	138,48	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
4	26, 52	16,44	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
5	52, 53	62,07	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
6	53, 54	85,67	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
7	53, 55	69,05	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
8	55, 56	32,61	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
9	55, 57	31,88	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
10	55, 58	139,08	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
11	27, 26	58,08001	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
12	28, 27	204,12	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
13	29, 28	98,18	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
14	29, 48	94,09	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
15	48, 49	72,65	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
16	48, 50	49,1	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
17	29, 39	82,9	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
18	39, 47	177,5	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
19	39, 40	91,3	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
20	40, 41	107,18	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
21	42, 39	60,18	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
22	42, 46	167,79	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
23	43, 42	22,83	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
24	43, 45	49,39	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
25	43, 44	120,61	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
26	30, 29	489,12	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
27	30, 36	44,13	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
28	36, 37	109,16	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
29	37, 38	56,7	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2

Πίνακας 6.2α: Δεδομένα Σωλήνων

Σωλήνας	Κόμβοι	Μήκος (metres)	Διάμετρος (mm)	Friction Data Set	Τραχύτητα (Eps/D)
30	31, 30	45,14	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
31	32, 31	89	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
32	3, 32	82,19001	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
33	1, 3	14,4	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
34	3, 4	57,9	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
35	4, 5	81,57	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
36	5, 6	54,71	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
37	6, 7	73,66	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
38	7, 8	84,44	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
39	8, 9	208,08	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
40	9, 33	70	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
41	33, 34	138,04	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
42	33, 35	106,47	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
43	10, 9	17,38	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
44	11, 10	166,76	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
45	12, 11	137,72	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
46	13, 12	114,2	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
47	14, 13	248,37	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
48	14, 51	106,3	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
49	15, 14	80,41	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
50	16, 15	92,26001	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
51	17, 16	96,72	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
52	18, 17	106,51	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
53	19, 18	113,97	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
54	20, 19	145,1	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
55	21, 20	176,58	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
56	22, 21	51,99001	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
57	23, 22	45,07	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2
58	24, 23	22,04	60	Ολοκληρωτική Τραχύτητα	0,2

Πίνακας 6.2b: Δεδομένα Σωλήνων

Κόμβος	Name	Type	Flow (Nm ³ /h)	Loss Factor
1	Assigned Flow	Inflow	330	0
2	Assigned Flow	Inflow	330	0
34	Assigned Flow	Outflow	90	0
35	Assigned Flow	Outflow	69	0
38	Assigned Flow	Outflow	37	0
41	Assigned Flow	Outflow	31	0
44	Assigned Flow	Outflow	35	0
45	Assigned Flow	Outflow	14	0
46	Assigned Flow	Outflow	49	0
47	Assigned Flow	Outflow	52	0
49	Assigned Flow	Outflow	47	0
50	Assigned Flow	Outflow	32	0
51	Assigned Flow	Outflow	31	0
54	Assigned Flow	Outflow	51	0
56	Assigned Flow	Outflow	19	0
57	Assigned Flow	Outflow	19	0
58	Assigned Flow	Outflow	83	0

Πίνακας 6.3α: Δεδομένα Κόμβων (Σημεία εισροής – εκροής)

Κόμβος	Name	Initial Pressure (bar)	Pressure (bar)	Pressure Type	Temperature (deg.C)	K Factor
3	Assigned Pressure	4	4	Stagnation	12	0
24	Assigned Pressure	4	4	Stagnation	12	0
29	Assigned Pressure	4	4	Stagnation	12	0

Πίνακας 6.3β: Δεδομένα Κόμβων (Σημεία Μέτρησης Πίεσης)

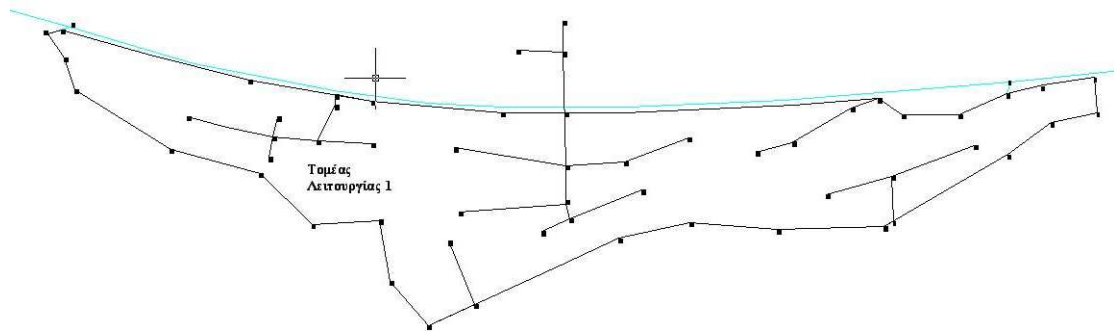
Κόμβος	Name	Type	Γωνία (Degrees)	Loss Factor
4	Bend	Mitre Bend	7	4,98E-02
5	Bend	Mitre Bend	87	0,9506772
6	Bend	Mitre Bend	97	1,177029
7	Bend	Mitre Bend	25	0,1131759
8	Bend	Mitre Bend	7	4,98E-02
10	Bend	Mitre Bend	28	0,126757
11	Bend	Mitre Bend	6	4,75E-02
12	Bend	Mitre Bend	17	7,70E-02
13	Bend	Mitre Bend	12	6,58E-02
15	Bend	Mitre Bend	106	1,380746
16	Bend	Mitre Bend	31	0,1437333
17	Bend	Mitre Bend	96	1,154394
18	Bend	Mitre Bend	48	0,2885984
19	Bend	Mitre Bend	29	1,189698
20	Bend	Mitre Bend	17	0,697409
21	Bend	Mitre Bend	40	1,948643
22	Bend	Mitre Bend	17	0,697409
23	Bend	Mitre Bend	71	5,538248
25	Bend	Mitre Bend	5	0,4102406
27	Bend	Mitre Bend	5	0,4102406
28	Bend	Mitre Bend	5	0,4102406
31	Bend	Mitre Bend	33	1,446098
32	Bend	Mitre Bend	23	0,9435534
36	Bend	Mitre Bend	11	0,3207366
37	Bend	Mitre Bend	16	0,3947527
40	Bend	Mitre Bend	16	0,3947527
52	Bend	Mitre Bend	27	0,6661452

Πίνακας 6.3c: Δεδομένα Κόμβων (Γωνίες Δικτύου)

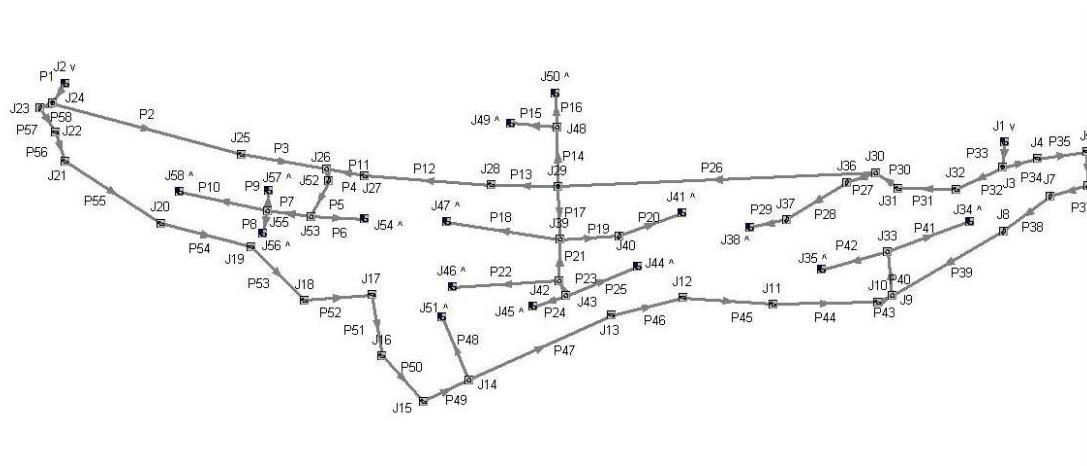
Κόμβος	Name	(Pipe #1) K In, K Out	(Pipe #2) K In, K Out	(Pipe #3) K In, K Out	(Pipe #4) K In, K Out
9	Branch	(P39) 0, 0	(P40) 0, 0	(P43) 0, 0	
14	Branch	(P47) 0, 0	(P48) 0, 0	(P49) 0, 0	
26	Branch	(P3) 0, 0	(P4) 0, 0	(P11) 0, 0	
30	Branch	(P26) 0, 0	(P27) 0, 0	(P30) 0, 0	
33	Branch	(P40) 0, 0	(P41) 0, 0	(P42) 0, 0	
39	Branch	(P17) 0, 0	(P18) 0, 0	(P19) 0, 0	(P21) 0, 0
42	Branch	(P21) 0, 0	(P22) 0, 0	(P23) 0, 0	
43	Branch	(P23) 0, 0	(P24) 0, 0	(P25) 0, 0	
48	Branch	(P14) 0, 0	(P15) 0, 0	(P16) 0, 0	
53	Branch	(P5) 0, 0	(P6) 0, 0	(P7) 0, 0	
55	Branch	(P7) 0, 0	(P8) 0, 0	(P9) 0, 0	(P10) 0, 0

Πίνακας 6.3d: Δεδομένα Κόμβων (Διακλαδώσεις Δικτύου)

Προκύπτει τελικά, ένα δίκτυο 58 αγωγών και 58 συνδέσμων όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.4: Απεικόνιση 1^{ου} Δικτύου



Σχήμα 6.5: Απεικόνιση 1^{ου} Δικτύου στο AFT Arrow

Σκοπός μας είναι να προσομοιώσουμε την λειτουργία του δικτύου, ούτως ώστε να αποφανθούμε αν όντως ο αρχικός σχεδιασμός ήταν επιτυχής ή χρειάζεται επανασχεδιασμός, καθώς και να βρούμε τη βέλτιστη δυνατή λύση, τόσο λειτουργική όσο και οικονομική.

6.2.1. Επιλογή Σεναρίου

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένα, στα πλαίσια των εργασιών που ανέλαβε η ΑΤΤΙΚΟ ΑΕΡΙΟ εγκαταστάθηκαν σωλήνες Φ.Α. [Αγωγοί Πολυαιθυλενίου (**PE 80**), Υψηλής Πυκνότητας 2ης Γενιάς (HDPE), Σειράς 5 ($S=5$) και Σταθερής Διαστασιολογικής Αναλογίας 11 ($SDR=11$)] διαμέτρων 60, 125 και 160mm. Σκοπός μας είναι να βρούμε την βέλτιστη λύση για κάθε επιμέρους δίκτυο Φυσικού αερίου που σχεδιάζουμε. Εξετάζοντας ποιο από τα τρία σενάρια διαμέτρου αγωγών αποτελεί την ορθότερη λύση καταλήγουμε στην επιλογή του 1^{ου} σεναρίου των 60 mm διαμέτρου, καθώς είναι το οικονομικότερο (οι αγωγοί έχουν την μικρότερη δυνατή διάμετρο). Επίσης, έχει την καλύτερη διακύμανση της ταχύτητας της ροής του Φ.Α. που επιτρέπει την τροφοδότηση μελλοντικής αλλαγής του δικτύου και

πτώση πίεσης εντός των επιτρεπτών ορίων όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παράγραφο 6.2.2.

6.2.2. Αποτελέσματα για το 1^ο Δίκτυο

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πρόγραμμα AFT Arrow αφορούν την παροχή μάζας, την ταχύτητα ροής, την κατανομή πίεσης, την διαφορά πίεσης και την πτώση πίεσης και παρουσιάζονται με την μορφή πινάκων (πίνακας 6.4 έως 6.6) αλλά και διαγραμμάτων (σχήμα 6.3 έως 6.7) στη συνέχεια.

Σωλήνας	Παροχή Μάζας (kg/sec)	Ταχύτητα Εισόδου (meters/sec)	Ταχύτητα Εξόδου (meters/sec)	Αριθμός Mach Εισόδου	Αριθμός Mach Εξόδου
1	0,070646	8,4637	8,5756	0,0227392	0,0230398
2	0,016546	2,008	2,0151	0,0053948	0,005414
3	0,016546	2,0151	2,0184	0,005414	0,0054228
4	0,036821	4,4921	4,499	0,0120688	0,0120874
5	0,036821	4,4991	4,5255	0,0120875	0,0121586
6	0,010918	1,3418	1,3427	0,0036049	0,0036074
7	0,025903	3,1835	3,1877	0,0085531	0,0085642
8	0,004067	0,5005	0,5006	0,0013447	0,0013449
9	0,004067	0,5005	0,5006	0,0013447	0,0013449
10	0,017769	2,1865	2,1905	0,0058745	0,0058851
11	0,020276	2,4713	2,4734	0,0066397	0,0066453
12	0,020276	2,4641	2,4713	0,0066202	0,0066397
13	0,020276	2,4606	2,4641	0,0066109	0,0066202
14	0,016912	2,0524	2,0547	0,0055142	0,0055204
15	0,010062	1,2224	1,2231	0,0032843	0,003286
16	0,006851	0,8323	0,8325	0,0022361	0,0022366
17	0,038748	4,7027	4,7497	0,0126346	0,0127608
18	0,011132	1,3644	1,3664	0,0036658	0,003671
19	0,006637	0,8134	0,8138	0,0021854	0,0021863
20	0,006637	0,8138	0,8142	0,0021863	0,0021875
21	-0,02098	-2,5739	-2,5715	0,0069151	0,0069088
22	0,01049	1,2869	1,2885	0,0034575	0,0034619
23	-0,01049	-1,2871	-1,2869	0,0034581	0,0034575
24	0,002997	0,3677	0,3678	0,000988	0,0009881
25	0,007493	0,9194	0,92	0,00247	0,0024717
26	-0,00243	-0,2951	-0,2949	0,0007929	0,0007923
27	0,007921	0,9621	0,9623	0,0025847	0,0025854
28	0,007921	0,9623	0,9629	0,0025854	0,002587
29	0,007921	0,9629	0,9632	0,002587	0,0025878

Πίνακας 6.4α: Αποτελέσματα σωλήνων: Παροχή Μάζας, Ταχύτητα Ροής.

Σωλήνας	Παροχή Μάζας (kg/sec)	Ταχύτητα Εισόδου (meters/sec)	Ταχύτητα Εξόδου (meters/sec)	Αριθμός Mach Εισόδου	Αριθμός Mach Εξόδου
30	0,005491	0,6668	0,6669	0,0017915	0,0017918
31	0,005491	0,6666	0,6668	0,0017909	0,0017915
32	0,005491	0,6664	0,6666	0,0017903	0,0017909
33	0,070646	8,49	8,5756	0,0228099	0,0230398
34	0,028062	3,4057	3,4096	0,0091499	0,0091604
35	0,028062	3,4096	3,4151	0,0091605	0,0091753
36	0,028062	3,4153	3,419	0,0091758	0,0091858
37	0,028062	3,4192	3,4242	0,0091863	0,0091998
38	0,028062	3,4243	3,4301	0,0091999	0,0092155
39	0,028062	3,4301	3,4445	0,0092155	0,0092544
40	0,034038	4,1782	4,1968	0,0112254	0,0112753
41	0,019267	2,3754	2,38	0,006382	0,0063944
42	0,014771	1,8211	1,8232	0,0048928	0,0048984
43	0,005976	0,7335	0,7335	0,0019706	0,0019707
44	0,005976	0,733	0,7335	0,0019692	0,0019706
45	0,005976	0,7325	0,733	0,001968	0,0019692
46	0,005976	0,7322	0,7325	0,001967	0,001968
47	0,005976	0,7314	0,7322	0,0019649	0,001967
48	0,006637	0,8122	0,8126	0,002182	0,0021831
49	0,012613	1,5424	1,5435	0,004144	0,004147
50	0,012613	1,5411	1,5424	0,0041405	0,0041439
51	0,012613	1,5398	1,5411	0,0041368	0,0041405
52	0,012613	1,5383	1,5398	0,0041328	0,0041368
53	0,012613	1,5367	1,5383	0,0041286	0,0041328
54	0,012613	1,5347	1,5367	0,0041232	0,0041286
55	0,012613	1,5323	1,5347	0,0041167	0,0041232
56	0,012613	1,5316	1,5323	0,0041148	0,0041167
57	0,012613	1,5309	1,5316	0,0041131	0,0041148
58	0,012613	1,5306	1,5309	0,0041123	0,0041131

Πίνακας 6.4b: Αποτελέσματα σωλήνων: Παροχή Μάζας, Ταχύτητα Ροής

Σωλήνας	Διαφορά Πίεσης (bar)	P Stag. In (bar)	P Stag. Out (bar)	P Static In (bar)	P Static Out (bar)
1	0,052852	4,053	4	4	3,999
2	0,014211	4	3,986	4	3,986
3	0,006506	3,986	3,979	3,986	3,979
4	0,006125	3,979	3,973	3,979	3,973
5	0,02321	3,973	3,95	3,973	3,949
6	0,002678	3,95	3,947	3,95	3,947
7	0,005124	3,95	3,944	3,95	3,944
8	0,00038	3,944	3,944	3,944	3,944
9	0,000372	3,944	3,944	3,944	3,944
10	0,007091	3,944	3,938	3,944	3,938
11	0,003345	3,982	3,979	3,982	3,979
12	0,011734	3,994	3,982	3,994	3,982
13	0,005632	4	3,994	4	3,994
14	0,004501	4	3,996	4	3,996
15	0,002069	3,996	3,993	3,996	3,993
16	0,000952	3,996	3,995	3,996	3,995
17	0,039547	4	3,96	4	3,96
18	0,005646	3,96	3,955	3,96	3,955
19	0,00173	3,96	3,959	3,96	3,959
20	0,002032	3,959	3,957	3,959	3,957
21	-0,00361	3,957	3,96	3,957	3,96
22	0,005033	3,957	3,952	3,957	3,952
23	-0,00068	3,956	3,957	3,956	3,957
24	0,000423	3,956	3,956	3,956	3,956
25	0,002583	3,956	3,953	3,956	3,953
26	-0,00336	3,997	4	3,997	4
27	0,000989	3,997	3,996	3,997	3,996
28	0,002447	3,996	3,993	3,996	3,993
29	0,001272	3,993	3,992	3,993	3,992

Πίνακας 6.5a: Αποτελέσματα Σωλήνων: Πιέσεις

Σωλήνας	Διαφορά Πίεσης (bar)	P Stag. In (bar)	P Stag. Out (bar)	P Static In (bar)	P Static Out (bar)
30	0,000701	3,998	3,997	3,998	3,997
31	0,001382	3,999	3,998	3,999	3,998
32	0,001276	4	3,999	4	3,999
33	0,040289	4,04	4	4	3,999
34	0,004597	4	3,996	4	3,996
35	0,006484	3,996	3,989	3,996	3,989
36	0,004355	3,989	3,984	3,989	3,984
37	0,005872	3,984	3,978	3,984	3,978
38	0,006742	3,978	3,971	3,978	3,971
39	0,016662	3,971	3,955	3,971	3,955
40	0,017496	3,955	3,938	3,955	3,937
41	0,007646	3,938	3,93	3,938	3,929
42	0,004519	3,938	3,933	3,938	3,933
43	0,000297	3,955	3,955	3,955	3,955
44	0,002847	3,958	3,955	3,958	3,955
45	0,00235	3,96	3,958	3,96	3,958
46	0,001948	3,962	3,96	3,962	3,96
47	0,004234	3,967	3,962	3,967	3,962
48	0,002011	3,967	3,964	3,967	3,964
49	0,002889	3,969	3,967	3,969	3,967
50	0,003313	3,973	3,969	3,973	3,969
51	0,003471	3,976	3,973	3,976	3,973
52	0,003819	3,98	3,976	3,98	3,976
53	0,004082	3,984	3,98	3,984	3,98
54	0,005191	3,989	3,984	3,989	3,984
55	0,006308	3,996	3,989	3,996	3,989
56	0,001855	3,998	3,996	3,998	3,996
57	0,001608	3,999	3,998	3,999	3,998
58	0,000786	4	3,999	4	3,999

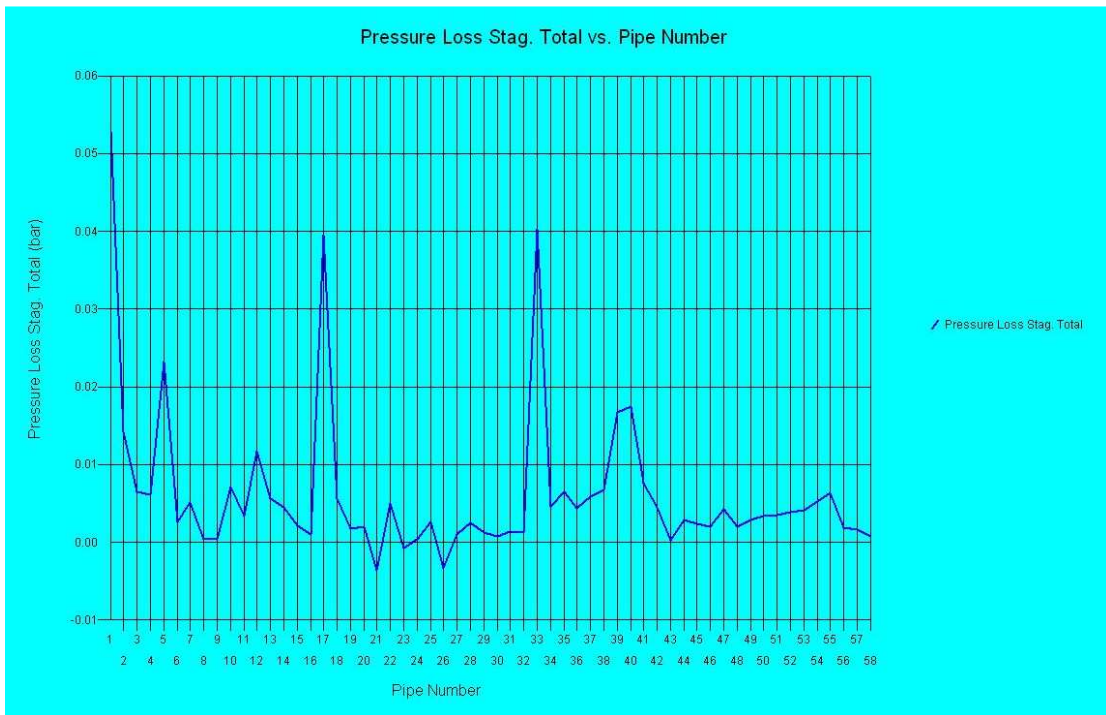
Πίνακας 6.5b: Αποτελέσματα Σωλήνων: Πιέσεις

Κόμβος	Ονομασία	Παροχή Μάζας (kg/sec)	Πίεση (bar)				
			Διαφορά Πίεσης	P Stag. In	P Stag. Out	P Static In	P Static Out
1	Assigned Flow	0,070646	0,00E+00	4,04	4,04	4	4
2	Assigned Flow	0,070646	0,00E+00	4,053	4,053	4	4
3	Assigned Pressure	N/A	0,00E+00	4	4	3,999	4
4	Bend	0,028062	9,07E-06	3,996	3,996	3,996	3,996
5	Bend	0,028062	1,74E-04	3,989	3,989	3,989	3,989
6	Bend	0,028062	2,15E-04	3,984	3,984	3,984	3,984
7	Bend	0,028062	2,07E-05	3,978	3,978	3,978	3,978
8	Bend	0,028062	9,12E-06	3,971	3,971	3,971	3,971
9	Branch	N/A	0,00E+00	3,955	3,955	3,955	3,955
10	Bend	0,005976	1,06E-06	3,955	3,955	3,955	3,955
11	Bend	0,005976	3,96E-07	3,958	3,958	3,958	3,958
12	Bend	0,005976	6,41E-07	3,96	3,96	3,96	3,96
13	Bend	0,005976	5,09E-07	3,962	3,962	3,962	3,962
14	Branch	N/A	0,00E+00	3,967	3,967	3,967	3,967
15	Bend	0,012613	5,11E-05	3,969	3,969	3,969	3,969
16	Bend	0,012613	5,32E-06	3,973	3,973	3,973	3,973
17	Bend	0,012613	4,27E-05	3,976	3,976	3,976	3,976
18	Bend	0,012613	1,07E-05	3,98	3,98	3,98	3,98
19	Bend	0,012613	4,84E-06	3,984	3,984	3,984	3,984
20	Bend	0,012613	2,84E-06	3,989	3,989	3,989	3,989
21	Bend	0,012613	7,91E-06	3,996	3,996	3,996	3,996
22	Bend	0,012613	2,83E-06	3,998	3,998	3,998	3,998
23	Bend	0,012613	2,25E-05	3,999	3,999	3,999	3,999
24	Assigned Pressure	N/A	0,00E+00	4	4	3,999	4
25	Bend	0,016546	2,87E-06	3,986	3,986	3,986	3,986
26	Branch	N/A	0,00E+00	3,979	3,979	3,979	3,979
27	Bend	0,020276	4,32E-06	3,982	3,982	3,982	3,982
28	Bend	0,020276	4,31E-06	3,994	3,994	3,994	3,994
29	Assigned Pressure	N/A	0,00E+00	4	4	4	4

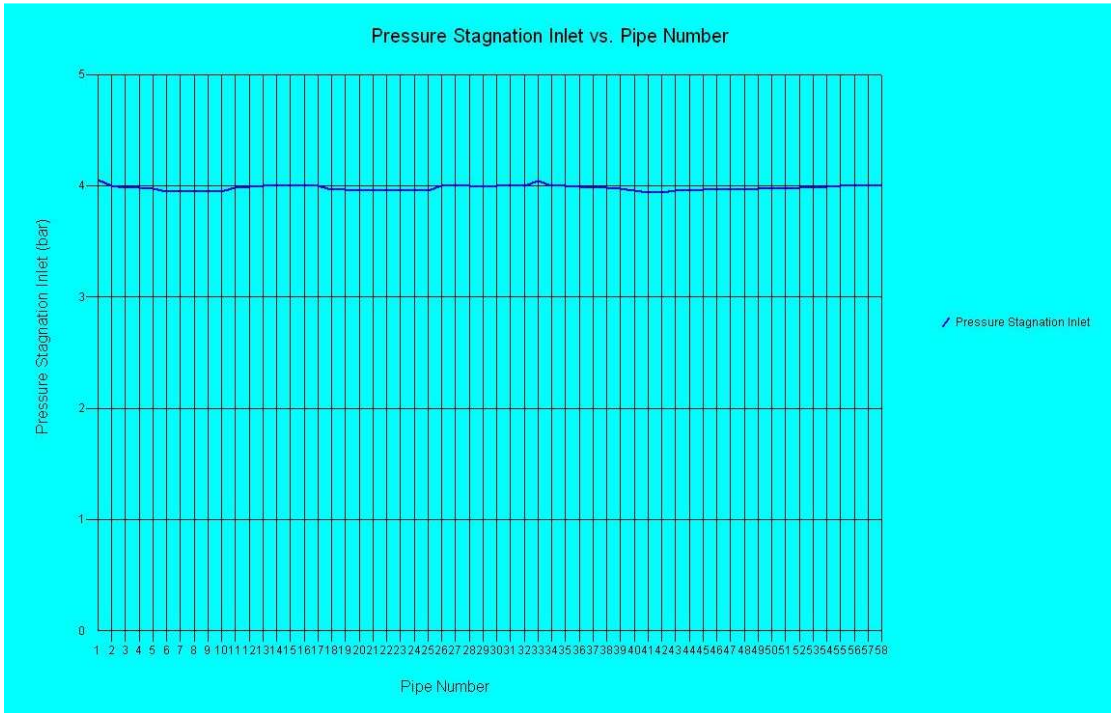
Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα Κόμβων: Παροχή Μάζας, Πίεσεις



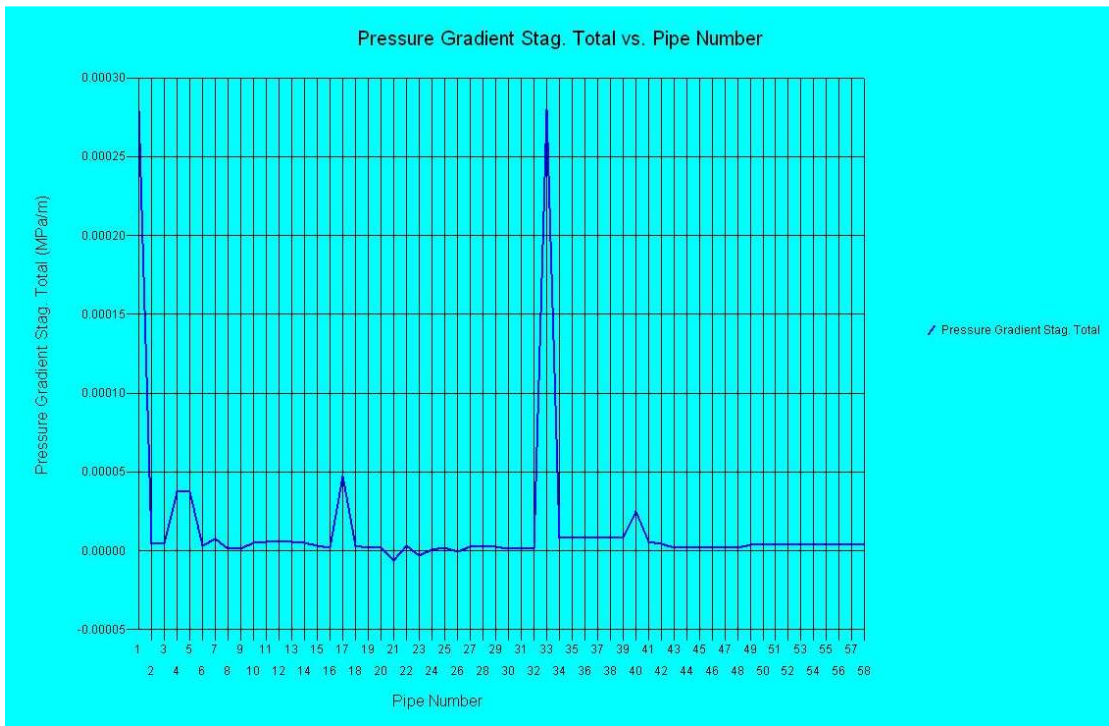
Σχήμα 6,6: Διάγραμμα Παροχής Μάζας – Αριθμός Σωλήνων



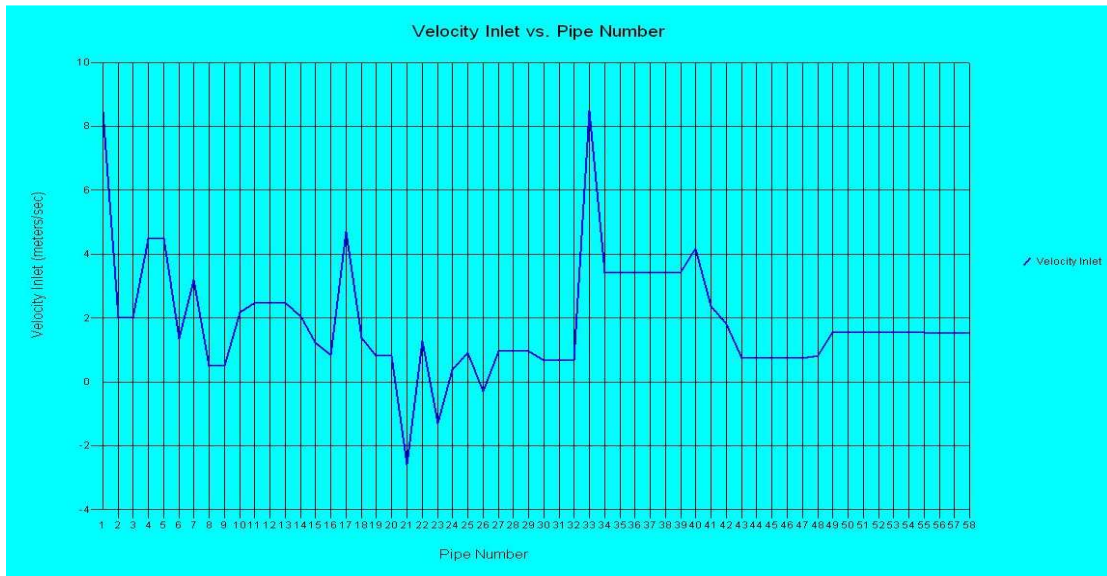
Σχήμα 6,7: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6,8: Διάγραμμα Κατανομής Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



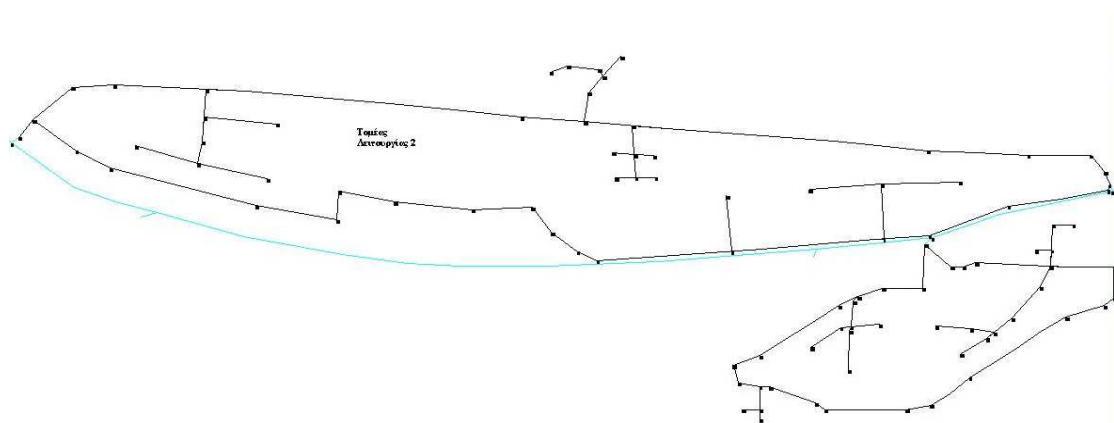
Σχήμα 6,9: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης ανά μονάδα μήκους – Αριθμός Σωλήνων



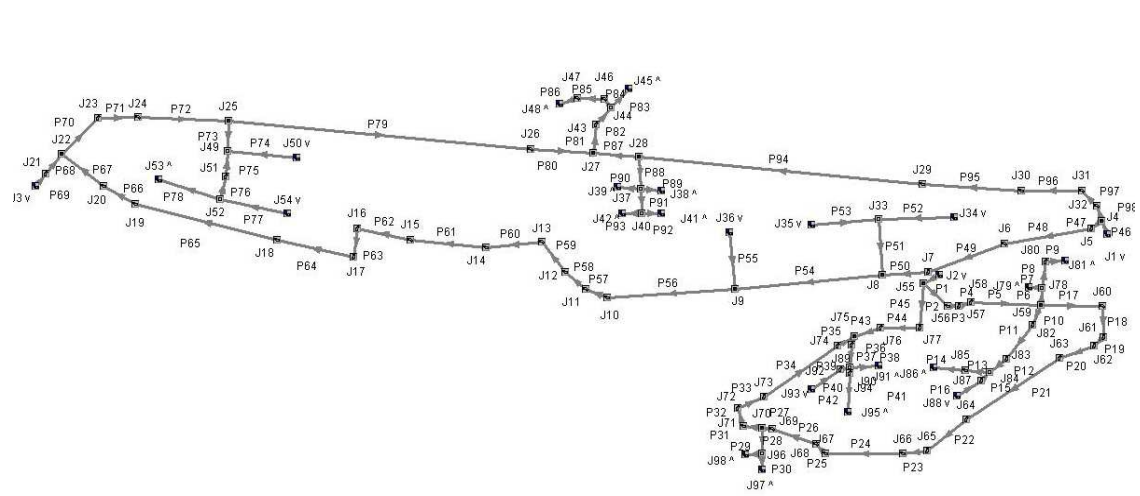
Σχήμα 6.10: Διάγραμμα Ταχύτητας Ροής – Αριθμός Σωλήνων

6.3. Μελέτη 2^{ου} Δικτύου

Εργαζόμενοι κατά τον ίδιο τρόπο με προηγουμένως μελετάμε και το δεύτερο επιμέρους δίκτυο. Προκύπτει ένα δίκτυο 98 αγωγών και 98 Junctions όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα (Σχήμα 6.11και 6.12)

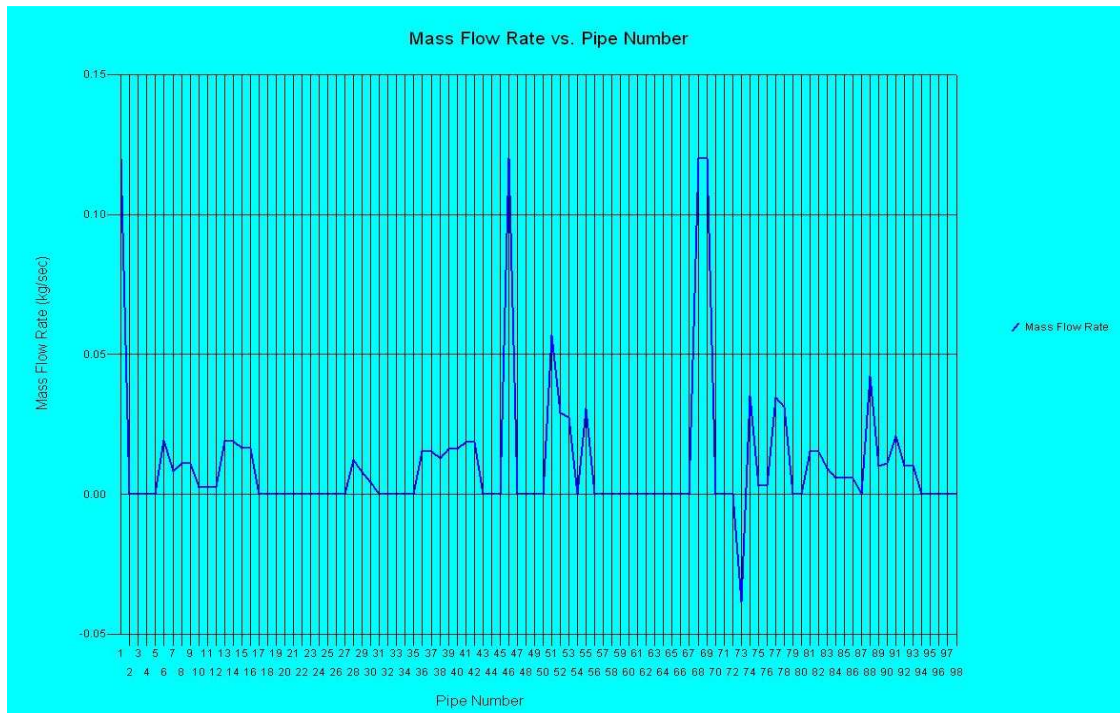


Σχήμα 6.11:Απεικόνιση 2^{ου} Δικτύου

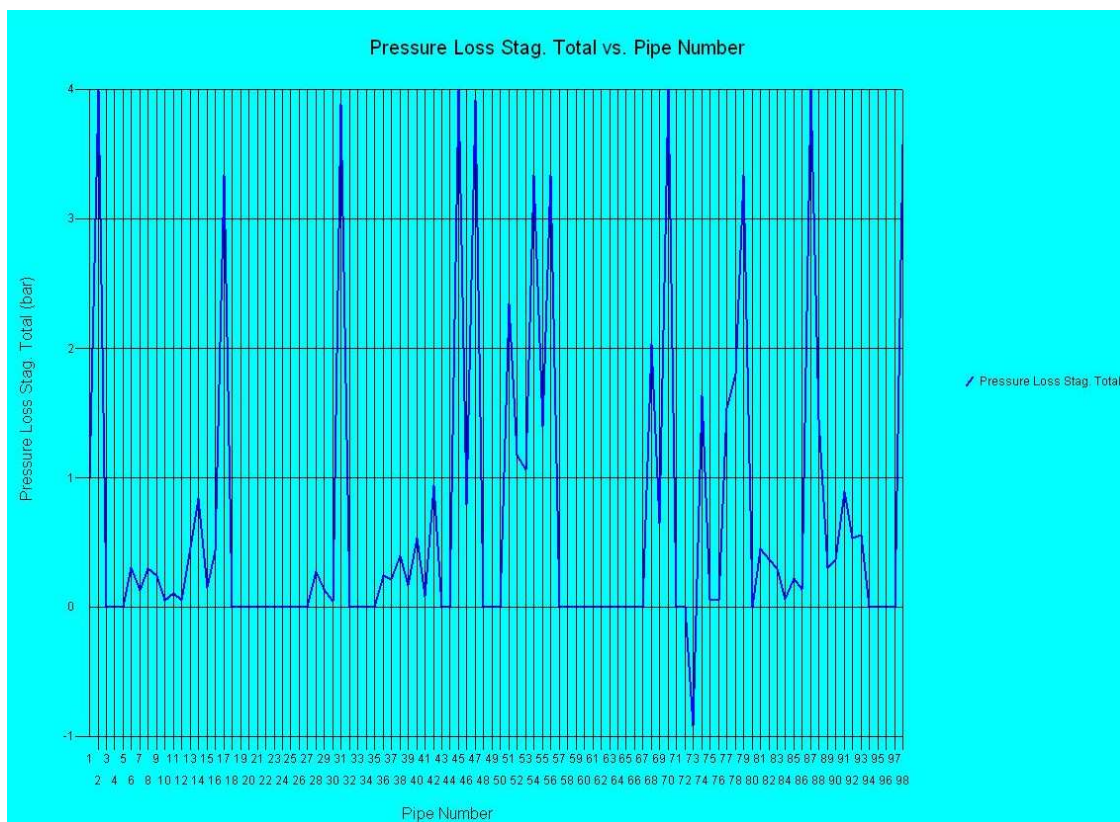


Σχήμα 6.12:Απεικόνιση 2^{ου} Δικτύου στο AFT Arrow

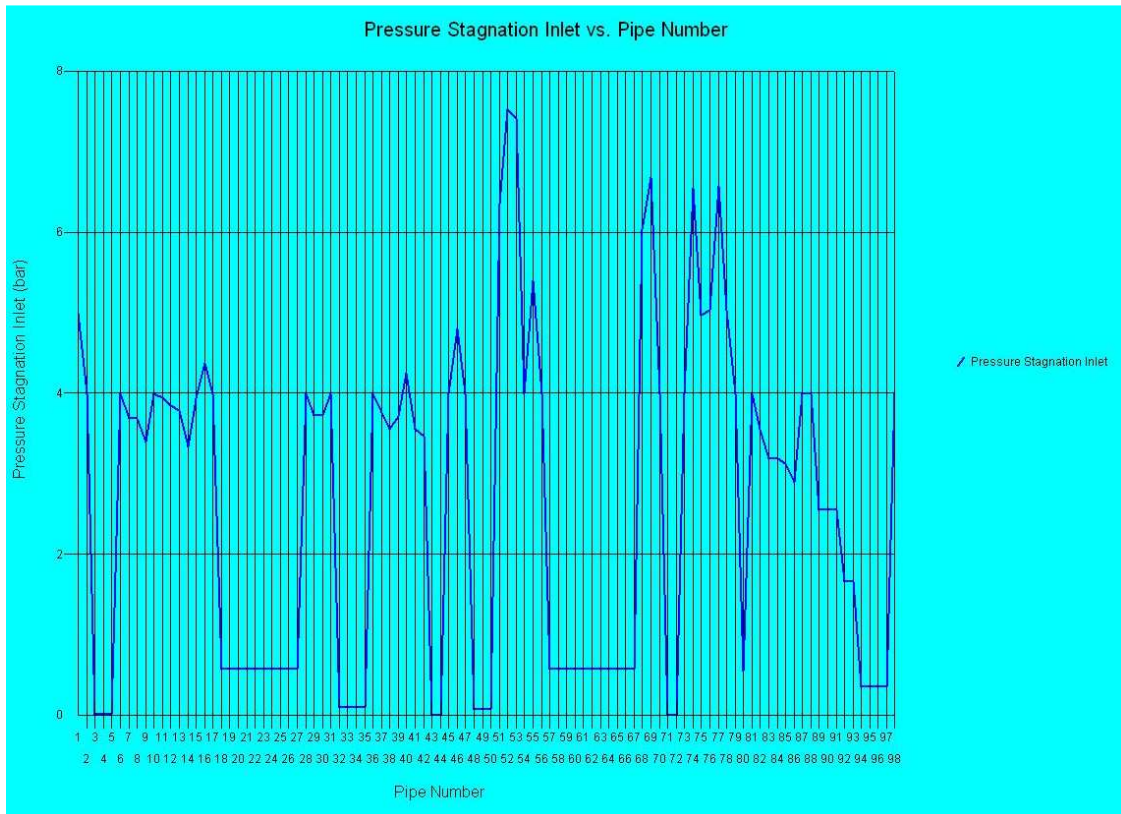
Για την μοντελοποίηση του 2^{ου} δικτύου χρησιμοποιήθηκαν Αγωγοί Πολυαιθυλενίου (PE 80), Υψηλής Πυκνότητας 2ης Γενιάς (HDPE), Σειράς 5 (S=5) και Σταθερής Διαστασιολογικής Αναλογίας 11 (SDR=11)] διαμέτρου 125 mm. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το συγκεκριμένο δίκτυο φαίνονται στα διαγράμματα (σχήμα 6.10 – 6.12) που παρατίθενται στη συνέχεια.



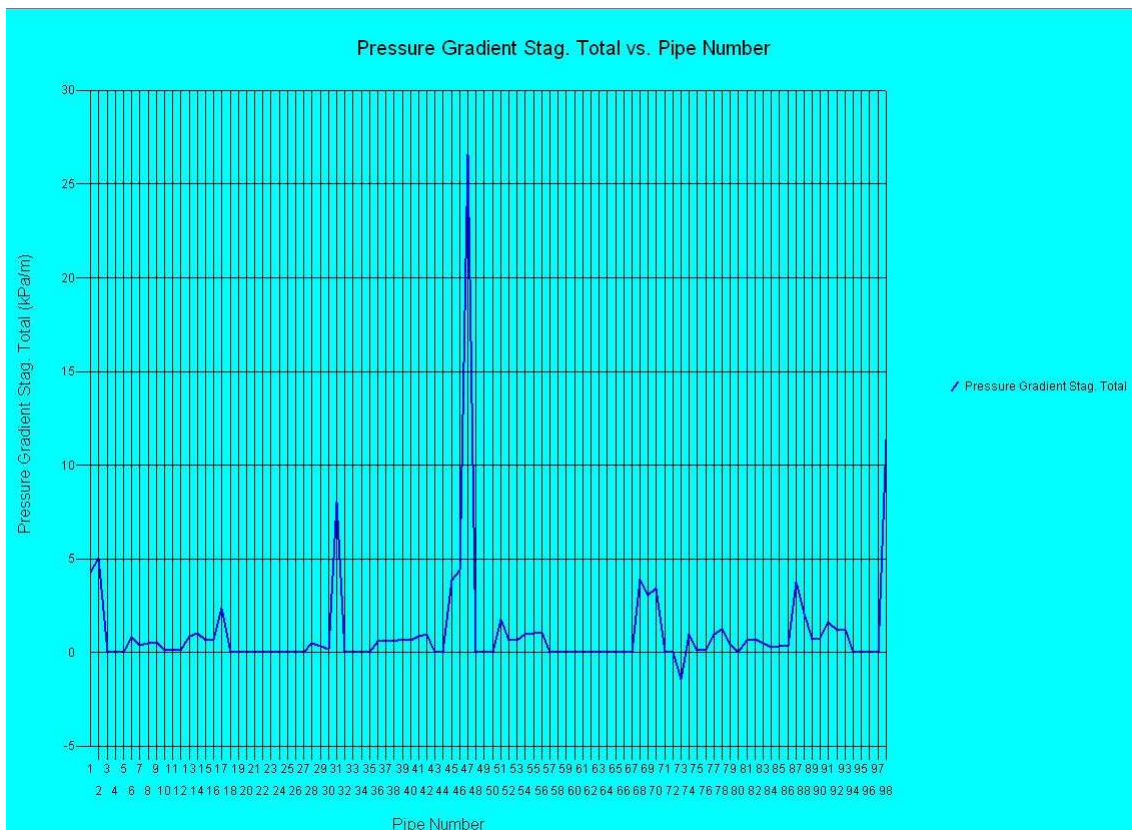
Σχήμα 6.13: Διάγραμμα Παροχής Μάζας – Αριθμός Σωλήνων



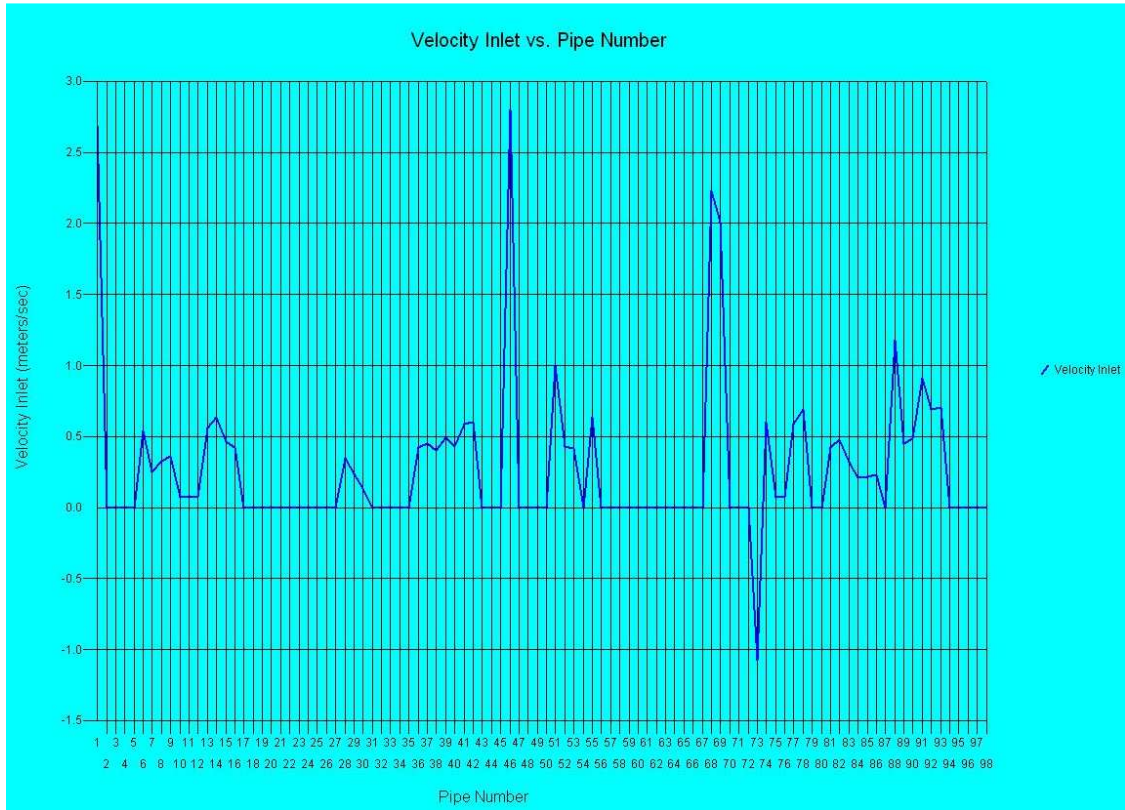
Σχήμα 6.14: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6.15: Διάγραμμα Κατανομής Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6.16: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης ανά μονάδα μήκους – Αριθμός Σωλήνων



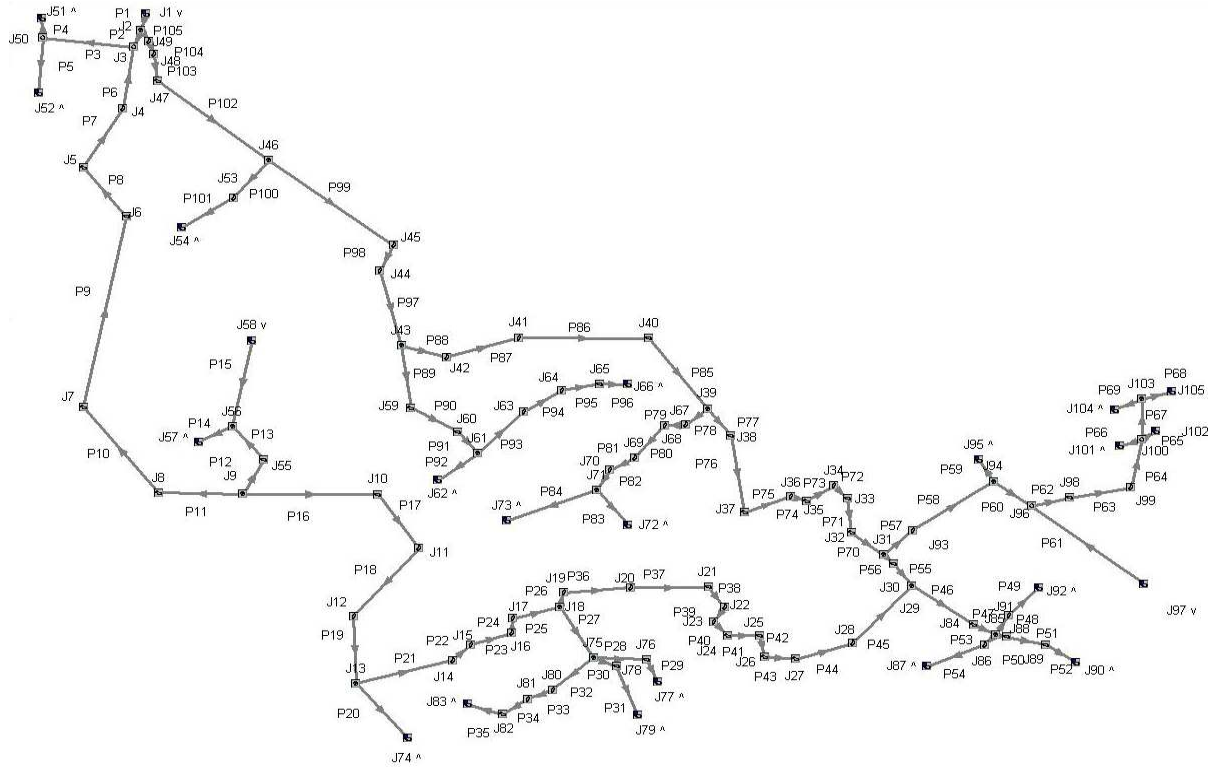
Σχήμα 6.17: Διάγραμμα Ταχύτητας Ροής – Αριθμός Σωλήνων

6.4. Μελέτη 3^{ου} Δικτύου

Εργαζόμενοι κατά τον ίδιο τρόπο με τα προηγούμενα μελετάμε και το τρίτο επιμέρους δίκτυο. Προκύπτει ένα δίκτυο 105 αγωγών και 105 Junctions όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα (Σχήμα 6.18 και 6.19)

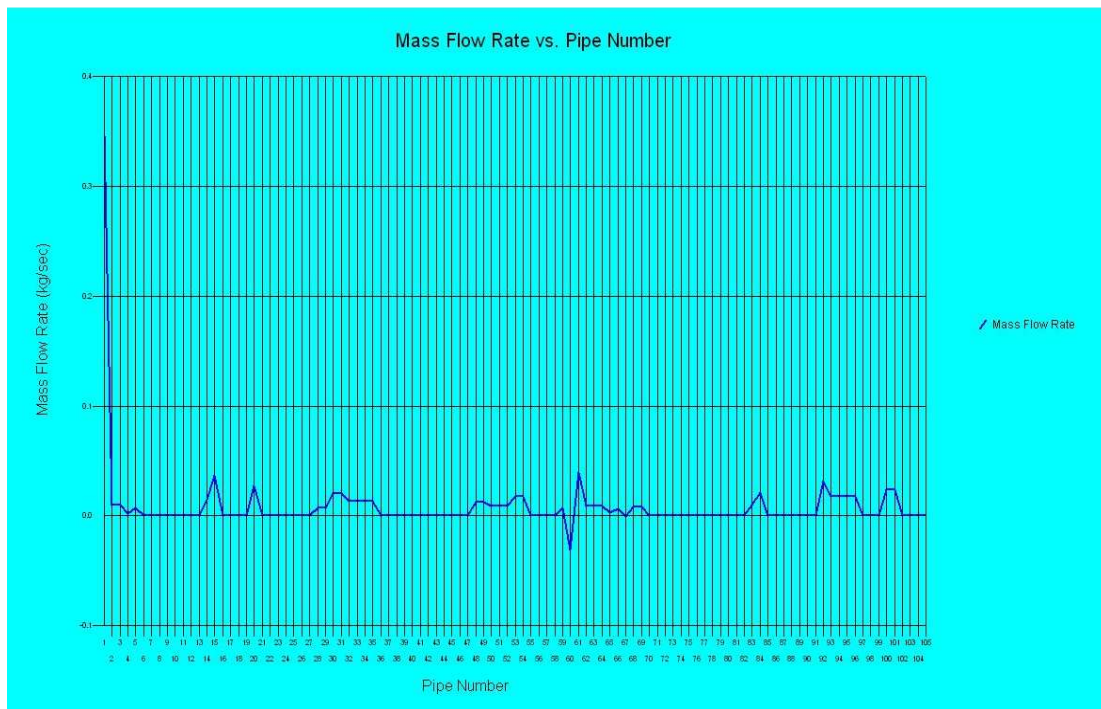


Σχήμα 6.18: Απεικόνιση 3^{ου} Δικτύου

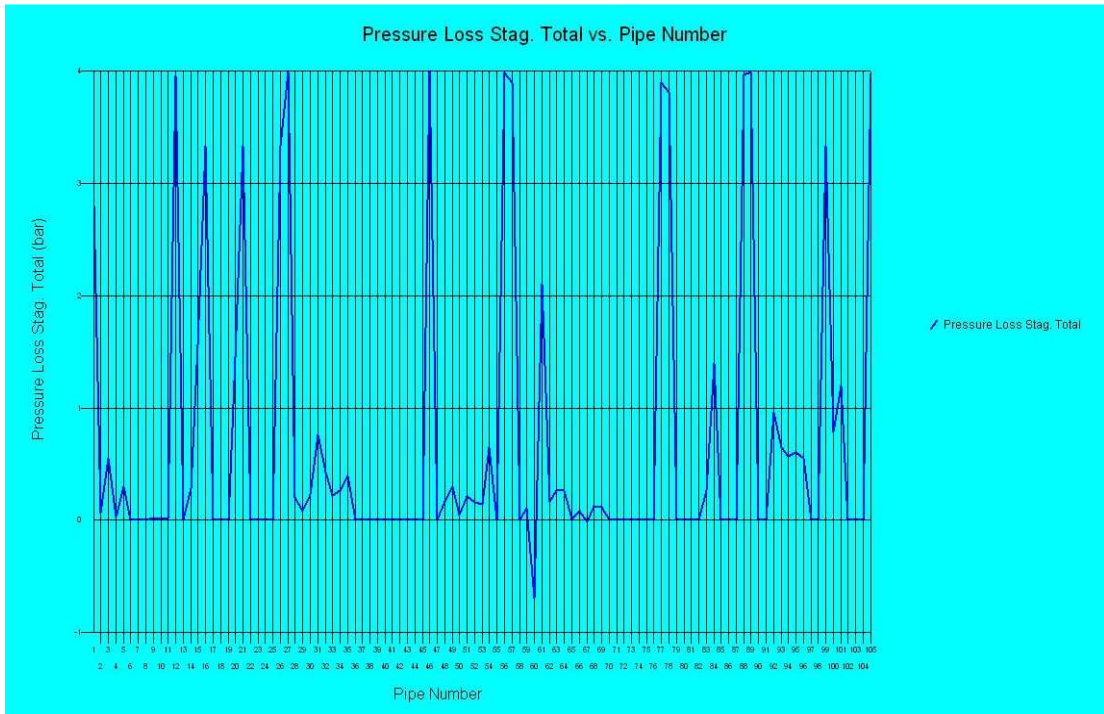


Σχήμα 6.19: Απεικόνιση 3^{ου} Δικτύου στο AFT Arrow

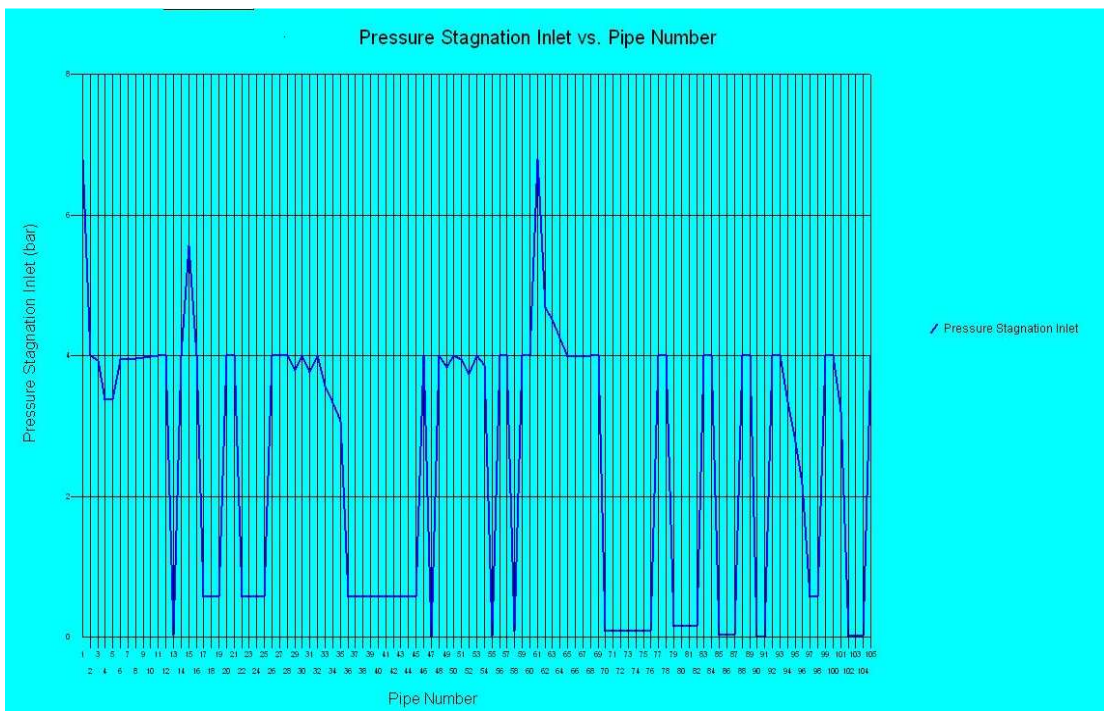
Για την μοντελοποίηση του 3^{ου} δικτύου χρησιμοποιήθηκαν Αγωγοί Πολυαιθυλενίου (PE 80), Υψηλής Πυκνότητας 2ης Γενιάς (HDPE), Σειράς 5 (S=5) και Σταθερής Διαστασιολογικής Αναλογίας 11 (SDR=11] διαμέτρου 125 mm. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για το συγκεκριμένο δίκτυο φαίνονται στα διαγράμματα (σχήμα 6.17 – 6.21) που παρατίθενται στη συνέχεια.



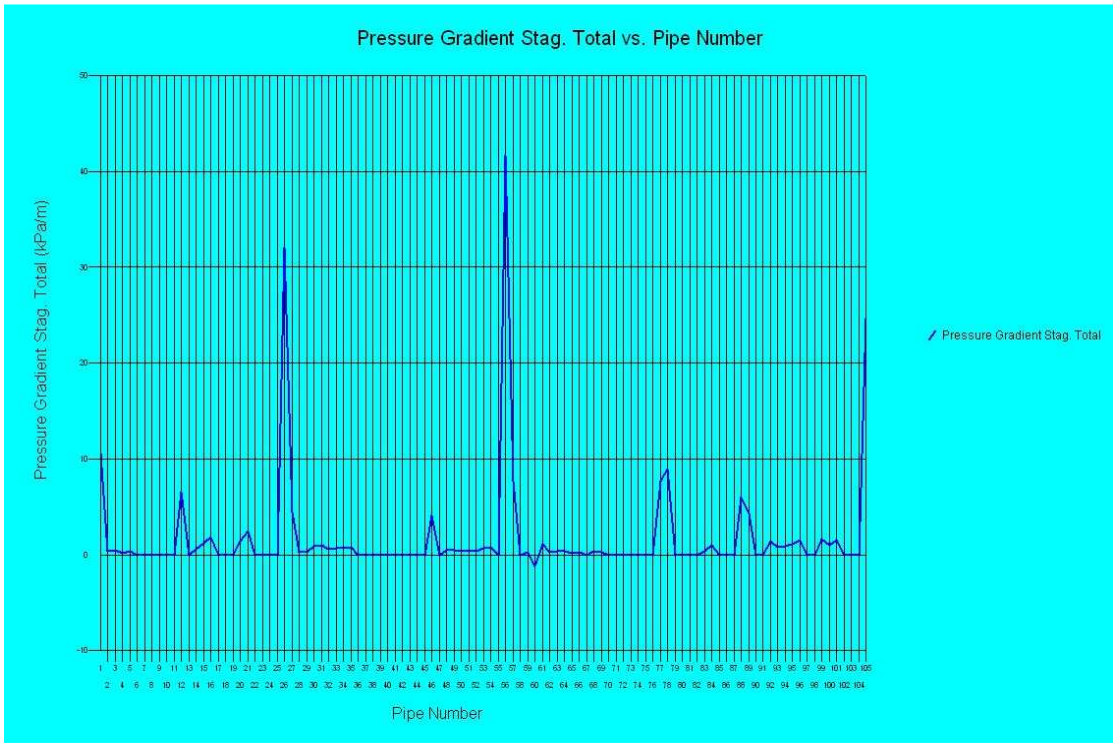
Σχήμα 6.20: Διάγραμμα Παροχής Μάζας – Αριθμός Σωλήνων



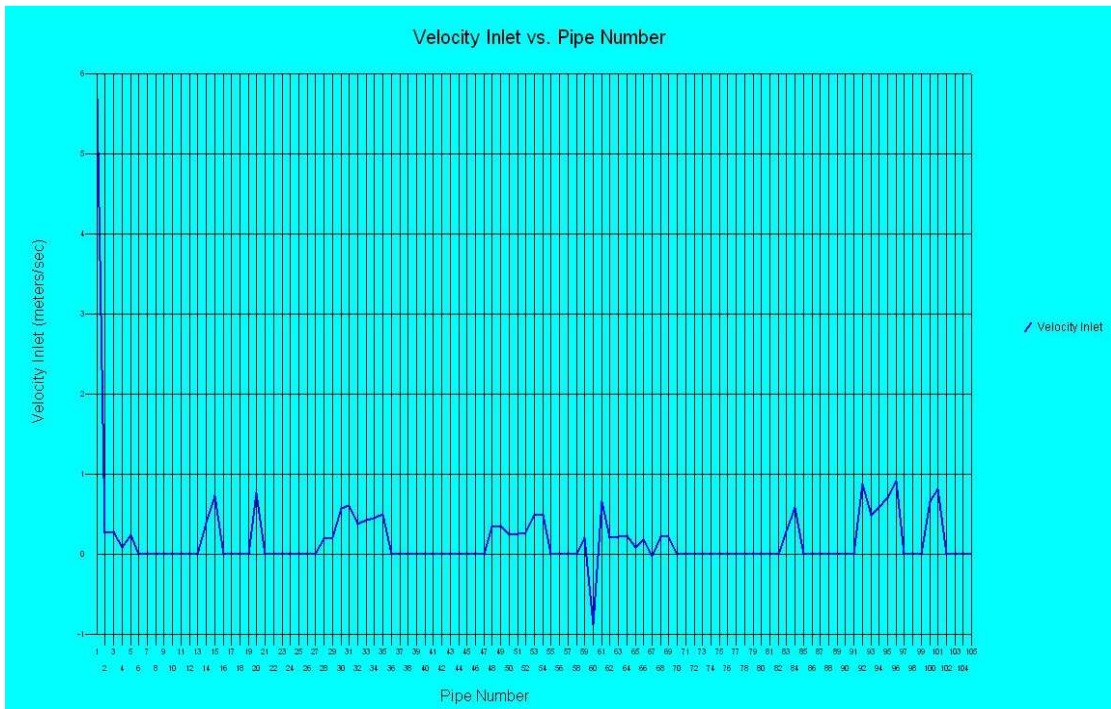
Σχήμα 6.21: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6.22: Διάγραμμα Κατανομής Πίεσης – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6.23: Διάγραμμα Πτώσης Πίεσης ανά μονάδα μήκους – Αριθμός Σωλήνων



Σχήμα 6.24: Διάγραμμα Ταχύτητας Ροής – Αριθμός Σωλήνων

6.5. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Στο 2^ο δίκτυο καθώς και στο 3^ο παρατηρούνται ορισμένες ανωμαλίες. Οι ανωμαλίες αυτές αφορούν τις έντονες διακυμάνσεις (έντονες ακμές), τις αρνητικές τιμές και τις μηδενικές ή πολύ κοντά στο μηδέν τιμές σε παροχή μάζας, ταχύτητα ροής και πίεση. Τα αίτια αυτών των ανωμαλιών βρίσκονται στις ακόλουθες παρατηρήσεις:

- ❖ Στην αρίθμηση των στοιχείων του δικτύου έχει ακολουθηθεί συγκεκριμένη τακτική συνεχούς αρίθμησης. Επομένως, για παράδειγμα, ο αγωγός 11 (P11) του 3^{ου} δικτύου ακολουθείται από τον αγωγό με τον αριθμό 16 (P16), λόγω της παρεμβολής ANTENNAS. Έτσι στα διαγράμματα παρουσιάζονται ακμές στα σημεία αυτά όπως για παράδειγμα στο διάγραμμα της ταχύτητας ροής του 3^{ου} δικτύου όπου οι αγωγοί P11 και P16 αντιπροσωπεύουν τον εξωτερικό δακτύλιο του δικτύου.
- ❖ Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, που αφορά τον σχεδιασμό και τη μελέτη ενός δικτύου διανομής Φ.Α., έγινε ένας αρχικός σχεδιασμός της μορφής που θα έχει το δίκτυο. Ύστερα από την μελέτη αυτού και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ορισμένες μηδενικές τιμές σε παροχή μάζας, ταχύτητα ροής και πίεση ή και αρνητικές τιμές. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι σε συγκεκριμένους αγωγούς δεν κυκλοφορεί αέριο ενώ οι αρνητικές τιμές που παρουσιάζονται στα διαγράμματα της Παροχής Μάζας και της Ταχύτητας Ροής δείχνουν ότι η ροή του Αερίου είναι διαφορετική από αυτή που υποθέσαμε κατά τον σχεδιασμό του δικτύου. Η επίλυση αυτών των ανωμαλιών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: **α) Επανασχεδιασμός Δικτύου.** Με επανασχεδιασμό του δικτύου μπορούμε να αφαιρέσουμε τους αγωγούς στους οποίους παρουσιάζεται πρόβλημα ή να αλλάξουμε την φορά της ροής τους και στη συνέχεια το δίκτυο μας να λειτουργεί σωστά. **β) Διόρθωση Παροχών.** Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να προσθέσουμε ορισμένες επιπλέον παροχές σε αγωγούς με μηδενικά μεγέθη μοιράζοντας την συνολική παροχή του δικτύου και σε νέες ANTENNES.

Βιβλιογραφία

1. ΔΕΠΑ – Το Φυσικό Αέριο και οι Χρήσεις του, Αθήνα 1994.
2. Καθορισμός των όρων διενέργειας και των προϋποθέσεων συμμετοχής σε διαγωνισμό ιδιωτών επενδυτών σε Εταιρίες Παροχής Αερίου, Προεδρικό Διάταγμα 10/98, Φ.Ε.Κ. 19/Α'/30.01.1998.
3. Κανονισμός «Εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης δικτύων διανομής μέσης πίεσης φυσικού αερίου (πίεση σχεδιασμού 19 bar) και δικτύων κατανομής χαμηλής πίεσης φυσικού αερίου (μέγιστη πίεση λειτουργίας 4 bar)», Υπ. Απόφαση Δ3/Α/20701, Φ.Ε.Κ 1712/Β'/03.11.2006.
4. Κανονισμός Δικτύων Πολυαιθυλενίου Διανομής Φυσικού Αερίου με Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας 4 Bar, Υπ. Απόφαση Δ3/14715/3/2006, Φ.Ε.Κ. 1530/Β'/19.10.2006.
5. Κανονισμός Χαλύβδινων Δικτύων Διανομής Φυσικού Αερίου με Πίεση Σχεδιασμού 19 Bar, Υπ. Απόφαση Δ3/Α/17013/2006, Φ.Ε.Κ. 1552/Β'/24.10.2006.
6. Νόμος 2364/95 – Σύσταση του Σώματος Ενεργειακού Ελέγχου και Σχεδιασμού. Εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις., Φ.Ε.Κ Α' 252/ 06.12.1995.
7. Παπανίκας, Δ. Γ., Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.
8. Παπανίκας Δ. Γ. , Εφαρμοσμένη Ρευστομηχανική, Τόμος Ι και ΙΙ, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2003.

www.statistics.gr

www.depa.gr

www.rae.gr

www.epathessalia.gr

www.epathessaloniki.gr

www.aft.com

www.paloplast.gr