



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μελέτη φυσικού αερίου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παρασκευή Α. Μπρέζα

Επιβλέπων : Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μελέτη φυσικού αερίου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παρασκευή Α. Μπρέζα

Επιβλέπων : Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή την 25^η Φεβρουαρίου 2010

.....
Π.Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....
Ν.Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κ.Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2010

.....

Παρασκευή Α. Μπρέζα

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Παρασκευή Α. Μπρέζα, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον λέκτορα κ. Παναγιώτη Τσαραμπάρη για την καθοδήγηση στην οργάνωση της διπλωματικής εργασίας και για το πάντα θετικό πνεύμα του, καθώς και τον ομότιμο καθηγητή κ. Περικλή Μπούρκα για την πολύτιμη βοήθειά του. Ακόμη, τους καθηγητές κ. Νικόλαο Θεοδώρου και κ. Κωνσταντίνο Καραγιαννόπουλο, τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για την προσεκτική ανάγνωση και αξιολόγηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Αφιερώνω αυτή την εργασία στην οικογένειά μου και στους φίλους μου, που χωρίς την υποστήριξη και την υπομονή τους η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήταν αδύνατη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αρχικά τα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου αλλά και τα σχετικά στοιχεία αυτού, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκπόνηση μια μελέτης εγκατάστασης αερίου ενώ γίνεται και μία αναλυτική παρουσίαση μιας μελέτης εγκατάστασης φυσικού αερίου σε μία κατοικία. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής γίνεται μία εισαγωγή και μία συνοπτική παρουσίαση της παγκόσμιας και της εγχώριας ενεργειακής κατάστασης. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η παραγωγή καυσίμων αερίων, ενώ παρουσιάζονται αναλυτικά οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά αυτών. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μία πιο διεξοδική παρουσίαση του φυσικού αερίου, ξεκινώντας από την προέλευση και τα φυσικά χαρακτηριστικά του, ενώ στη συνέχεια γίνεται αναφορά στον τρόπο εξόρυξης, κατεργασίας και διανομής του ανά τον κόσμο. Το τέταρτο κεφάλαιο ασχολείται με το φυσικό αέριο στην Ελλάδα. Παρατίθενται οι εταιρίες διανομής του αερίου στην Ελλάδα και οι αντίστοιχες ενέργειές τους ανά το χρόνο. Δίνονται ακόμη στοιχεία για τους προμηθευτές του φυσικού αερίου της Ελλάδας και αναλύεται το δίκτυο μεταφοράς του, ενώ δίνεται και μία σύνοψη των πλεονεκτημάτων του έναντι άλλων καυσίμων. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα οφέλη της χρήσης του φυσικού αερίου στον βιομηχανικό, εμπορικό και οικιακό τομέα αλλά και τους τομείς των μεταφορών και της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του τρόπου σύνδεσης και εγκατάστασης των συσκευών αερίου οικιακής χρήσης. Ακόμα παρουσιάζονται περιληπτικά οι διάφοροι τύποι συσκευών αερίου, με ιδιαίτερη έμφαση στις συσκευές που χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά οι τρόποι απαγωγής καυσαερίων από τις συσκευές αερίου. Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά μία μελέτη εγκατάστασης συσκευών φυσικού αερίου σε μία κατοικία. Παρουσιάζεται η γενική διαδικασία υπολογισμού των διαμέτρων των σωληνώσεων παροχής του αερίου και των καπναγωγών και καπνοδόχων των συσκευών. Δίνονται ακόμη οι κατόψεις των χώρων και ένα αξονομετρικό σχέδιο. Τέλος παρουσιάζονται οι έλεγχοι που πρέπει να γίνονται σε μία τέτοιου είδους εγκατάσταση.

Λέξεις Κλειδιά

Φυσικό αέριο, μελέτη εγκατάστασης, συσκευές αερίου, σωληνώσεις, καπναγωγοί, καπνοδόχοι, αξονομετρικό σχέδιο, Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ)

ABSTRACT

In this thesis the characteristics of natural gas are presented as long as the parameters that must be taken into consideration for a natural gas equipment installation study. Additionally, a detailed study for the installation of natural gas equipment in a household is provided. In the first chapter of this thesis an introduction is given. Furthermore, the energy status, both global and domestic, is also briefly discussed. In the second chapter, the production of gas fuels is described along with their properties and characteristics. The next chapter focuses on natural gas. In particular, the origin, physical characteristics, production, treatment and distribution of natural gas throughout the globe is adduced. The fourth chapter deals with natural gas in Greece. The domestic natural gas distribution companies are mentioned along with their corresponding annual energies. Greece's natural gas suppliers are listed and domestic natural gas distribution network is outlined. Finally, the advantages of natural gas compared to other fuels are outlined. In the fifth chapter, the benefits from the use of natural gas in the industrial, commercial, and domestic sectors, as well as for transportation and co-production of electricity and heat, are presented. A review of the installation and connection of natural gas domestic appliances is given in the sixth chapter. This chapter deals also with the types of natural gas devices, with particular emphasis in those used in households. The natural gas devices exhaust systems are described in the seventh chapter. In the last chapter a detailed study for the installation of natural gas equipment in a household is presented, along with the relevant calculations of key parameters (e.g. cross-sections of the supply and the exhaust piping, the chimney etc) and the corresponding ground plans and axonometric plan. Finally, all the appropriate necessary safety checks are mentioned.

Keywords

Natural gas, installation study, gas appliances, piping, chimney liner, chimney, axonometric plan, Public Gas Corporation S.A. (DEPA)

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	6
Λέξεις Κλειδιά	6
1. Εισαγωγή	11
1.1 Σκοπός της εργασίας	11
1.2 Ενέργεια.....	11
1.2.1 Η ενέργεια παγκόσμια	11
1.2.2 Η ενέργεια στην Ελλάδα	14
2. Παραγωγή καυσίμων αερίων	15
2.1 Παραγωγή καυσίμων αερίων από στερεά καύσιμα	16
2.2 Παραγωγή καυσίμων αερίων από προϊόντα πετρελαίου	16
2.3 Ιδιότητες καυσίμων αερίων.....	17
2.3.1 Χαρακτηριστικά καυσίμων αερίων με βάση την τεχνική της καύσης	17
3. Φυσικό αέριο	19
3.1 Προέλευση φυσικού αερίου	19
3.2 Φυσική σύσταση και ιδιότητες	20
3.3 Εξόρυξη κοιτασμάτων.....	21
3.3.1 Κατεργασίες στην επιφάνεια.....	21
3.4 Μεταφορά και διανομή.....	22
3.4.1 Επίγεια δίκτυα	23
3.4.2 Υποθαλάσσια δίκτυα	23
3.4.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο	24
4. Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα.....	26
4.1 Προμηθευτές.....	29
4.2 Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής	30
4.2.1 Δίκτυο μεταφοράς	32
4.2.2 Τερματικός σταθμός αποθήκευσης Ρεβυθούσας	32
4.2.3 Σύστημα διανομής.....	33
4.3 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου	33
5. Χρήσεις και οφέλη φυσικού αερίου	35
5.1 Στον βιομηχανικό τομέα.....	35

5.1.1 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στις βιομηχανικές χρήσεις	37
5.2 Στον εμπορικό τομέα	37
5.2.1 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στις βιομηχανικές χρήσεις	38
5.3 Στον τομέα των μεταφορών	39
5.3.1 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών....	40
5.4 Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας	40
5.4.1 Πλεονεκτήματα συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας	41
5.5 Στον οικιακό τομέα	41
5.5.1 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στην οικιακή χρήση.....	42
6. Συσκευές αερίου οικιακής χρήσης	43
6.1 Γενικά	43
6.1.1 Ταξινόμηση των συσκευών αερίου	43
6.1.2 Συνδεση συσκευών και εστιών	44
6.1.3 Εγκατάσταση συσκευών και εστιών	44
6.2 Συσκευές μαγειέματος με αέριο	45
6.3 Θερμαντήρες νερού με αέριο	46
6.3.1 Θερμαντήρες νερού συνεχούς ροής	47
6.3.2 Θερμαντήρες αποταμιευμένου νερού.....	48
6.3.3 Θερμαντήρες ανακυκλοφορίας νερού	50
6.3.4 Θερμαντήρες συνδιασμένης λειτουργίας	51
6.4 Λέβητες.....	53
6.5 Θερμάστρες αερίου	54
6.5.1 Αυτόματες θερμάστρες αερίου	54
6.5.2 Θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας	54
6.6 Καυστήρες.....	55
6.6.1 Ατμοσφαιρικοί καυστήρες.....	55
6.6.2 Καυστήρες αερίου με ανεμιστήρα.....	56
6.6.3 Βιομηχανικοί καυστήρες.....	57
7. Απαγωγή καυσαερίων των συσκευών αερίου.....	58
7.1 Απαγωγή καυσαερίων μέσω καπνοδόχων.....	58
7.1.1 Σύνδεση σε ιδιαίτερη καπνοδόχο	58

7.1.2	Σύνδεση σε κοινή καπνοδόχο	58
7.1.3	Καπνοδόχος μικτής φόρτισης	59
7.2	Απαγωγή καυσαερίων μέσω ιδιαίτερου φρεατίου απαγωγής	59
7.3	Κατασκευή καπνοδόχων	59
7.4	Στοιχεία σύνδεσης καπναγωγών	60
8.	Μελέτη καυσίμου αερίου	61
8.1	Προσδιορισμός των χώρων τοποθέτησης συσκευών φυσικού αερίου, των χαρακτηριστικών αυτών, των καπναγωγών και των καπνοδόχων	61
8.2	Σχεδιασμός του δικτύου σωληνώσεων	66
8.3	Υπολογισμός του δικτύου σωληνώσεων	70
8.4	Προσδιορισμός των καπναγωγών και των καπνοδόχων	78
8.5	Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων	85
8.6	Έλεγχος εγκατάστασης	90
	Βιβλιογραφία	93

1.Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Η εκτεινόμενη ανησυχία για το περιβάλλον έχει οδηγήσει την παγκόσμια κοινότητα στην ανάληψη πρωτοβουλιών για την αξιοποίηση εναλλακτικών και καθαρότερων μορφών ενέργειας. Οι τελευταίες εξελίξεις οδήγησαν στη δημιουργία μιας μεγάλης και ενιαίας πανευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας και ενός θεσμικού πλαισίου, κυρίως, για τη χρήση του φυσικού αερίου. Είναι, λοιπόν, επιτακτική ανάγκη οι νέες εγκαταστάσεις να χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση όλων των απαραίτητων στοιχείων, που σχετίζονται με το φυσικό αέριο και θα πρέπει να γνωρίζει κάποιος μελετητής, αλλά και η αναλυτική παρουσίαση μιας μελέτης εγκατάστασης συσκευών φυσικού αερίου σε μία οικία.

1.2 Ενέργεια

Σε έναν κόσμο που αλλάζει συνεχώς, η ενέργεια μπορεί να αναδειχθεί παράγοντας ειρήνης, σταθερότητας και ανάπτυξης. Ωστόσο, η κατοχή ή ο έλεγχος των πηγών ενέργειας δίνει σε κράτη τη δύναμη να επιβάλλουν τις οικονομικές ή ακόμη και τις πολιτικές επιδιώξεις τους.

Οι εξελίξεις στις ενεργειακές αγορές, τα μέτρα που λαμβάνονται σε παγκόσμιο επίπεδο για την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και οι διεθνείς συνθήκες για χάραξη μια κοινής οικολογικής πολιτικής, επιβάλλουν ένα σαφή προσανατολισμό σε καθαρές μορφές ενέργειας και αναδεικνύουν το φυσικό αέριο ως ένα από τα πιο σημαντικά ενεργειακά καύσιμα του 21^{ου} αιώνα.

1.2.1 Η ενέργεια παγκόσμια

Μέχρι την πετρελαϊκή κρίση στις αρχές τις δεκαετίας του '70 η διαχείριση της ενέργειας, ειδικά στις βιομηχανικές χώρες, γινόταν με τρόπο αλόγιστο καθώς τα πλεονάσματα καυσίμων θεωρούνταν ατελείωτα. Τα παράγωγα του πετρελαίου χρησιμοποιούνταν ως καύσιμα στα νοικοκυριά, τις βιοτεχνίες, τις βιομηχανίες αλλά και στις μεταφορές με πολύ χαμηλό κόστος. Από το έτος 1950 έως το έτος 1970 μόνο στη δυτική Ευρώπη δεκαπλασιάστηκε η κατανάλωση πετρελαίου από $60 \cdot 10^6$ σε $600 \cdot 10^6$ toe αργού πετρελαίου (1 toe = 1 tone of oil equivalent = 1 τόνος ισοδύναμου πετρελαίου).

Μετά την πετρελαϊκή κρίση έγινε κατανοητό ότι τα αποθέματα σε ορυκτά καύσιμα και ειδικά του πετρελαίου δεν είναι απεριόριστα. Οι χώρες αφ' ενός προσπαθούν να μειώσουν την κατανάλωση πετρελαίου,

βελτιώνοντας ή αλλάζοντας τις τεχνολογίες χρήσης του, αφ' ετέρου στρέφονται στη χρήση άλλων μορφών πρωτογενούς ενέργειας. Έτσι παρατηρούμε στροφή προς την πυρηνική ενέργεια και τα αέρια καύσιμα, εκ των οποίων σημαντικότερο είναι το φυσικό αέριο. Πιο συγκεκριμένα ο τομέας του φυσικού αερίου που μέχρι τη δεκαετία του '70 είχε αναπτυχθεί μόνο στις χώρες που διέθεταν αποθέματα μετά την ενεργειακή κρίση άρχισε να αναπτύσσεται παντού. Με τους αγωγούς και τα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου δημιουργήθηκε ένα δίκτυο ικανό να μεταφέρει το φυσικό αέριο ακόμη και στα πιο μακρινά σημεία εξαγωγής. Η παγκόσμια κατανάλωση το έτος 1999 έφτασε τα 2.400 δις κυβικά μέτρα καλύπτοντας το 23% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης ενώ τα συνολικά αποθέματα ανέρχονται στα 155.000 δις κυβικά μέτρα.

Η Ευρώπη ευνοείται περισσότερο από κάθε άλλη ήπειρο από την ύπαρξη του φυσικού αερίου. Το γεγονός ότι οι περιοχές παραγωγής (Ρωσία, Αλγερία, Ολλανδία, Μέση Ανατολή και άλλες) βρίσκονται πολύ κοντά καθώς και η ύπαρξη πυκνού δικτύου διασυνδεδεμένων αγωγών μεταφοράς εξασφαλίζουν την εύκολη διαθεσιμότητά του.

Ειδικότερα στην Ελλάδα η συνολική κατανάλωση φυσικού αερίου ανήλθε σε 1,9 δις κυβικά μέτρα το έτος 2000, ενώ το έτος 2001 έφτασε τα 2,2 δις κυβικά μέτρα. Γενικότερα τα παγκόσμια αποθέματα ακολουθούν και αυτά αυξητική πορεία. Συγκεκριμένα σε μία εικοσαετία διπλασιάστηκαν καθώς το έτος 1979 ήταν 72,87 τρις κυβικά μέτρα και το έτος 1999 έφτασαν τα 146,4 τρις κυβικά μέτρα. Από τις διαπιστωμένες ποσότητες φυσικού αερίου η βόρεια Αμερική διαθέτει μόλις 7,31 τρις κυβικά μέτρα (οι ΗΠΑ 4,65) ενώ η Ρωσία διαθέτει 48,14 τρις κυβικά μέτρα με το σύνολο των χωρών της Πρώην ΕΣΣΔ να έχει στη διάθεσή του 56,7 τρις κυβικά μέτρα. Από τις χώρες του Κόλπου το Ιράν εμφανίζει αποθέματα ύψους 23 τρις κυβικά μέτρα και το Κατάρ ακολουθεί με 8,5 τρις κυβικά μέτρα, ενώ το σύνολο των χωρών της Μέσης Ανατολής πλησιάζει τα 50 τρις κυβικά μέτρα φυσικού αερίου.

Σύμφωνα με έκθεση της IEA (International Energy Agency) ταχύτερη ζήτηση για το φυσικό αέριο με ρυθμό 3,2% ετησίως από 85 τρις κυβικά πόδια στα 162 τρις κυβικά πόδια αναμένεται να παρουσιαστεί το έτος 2020. Παρ' όλο όμως που το φυσικό αέριο έχει πολλά πλεονεκτήματα και τέτοια ανοδική τάση στην κατανάλωσή του, παραμένει δεύτερο στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Η παρουσία του πετρελαίου στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, τουλάχιστον μέχρι το έτος 2020, προβλέπεται να είναι εξίσου σημαντική με σήμερα.[1,3]

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ανά τον κόσμο κατανάλωση φυσικού αερίου.

Πίνακας 1: Κατανάλωση φυσικού αερίου στον κόσμο σε δις κυβικά μέτρα[3]

ΚΑΤΑΤΑΞΗ	ΧΩΡΑ	ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΣΕ ΔΙΣ
1	ΗΠΑ	519.500
2	ΡΩΣΙΚΗ ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ	407.800
3	ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ	51.500
4	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	58.200
5	ΚΑΝΑΔΑΣ	58.700
6	ΙΑΠΩΝΙΑ	44.800
7	ΟΥΚΡΑΝΙΑ	102.600
8	ΙΤΑΛΙΑ	38.000
9	ΙΡΑΝ	20.000
10	ΟΥΖΜΠΕΚΙΣΤΑΝ	32.700
11	ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ	29.100
12	ΟΛΛΑΝΔΙΑ	34.000
13	ΓΑΛΛΙΑ	26.200
14	ΜΕΞΙΚΟ	26.300
15	ΙΝΔΟΝΗΣΙΑ	13.900
16	ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ	19.000
17	ΗΝΩΜΕΝΑ ΑΡΑΒΙΚΑ ΕΜΙΡΑΤΑ	14.200
18	ΑΡΓΕΝΤΙΝΗ	20.200
19	ΙΝΔΙΑ	7.300
20	ΑΛΓΕΡΙΑ	15.200
21	ΜΑΛΑΙΣΙΑ	6.200
22	ΑΥΣΤΡΑΝΙΑ	15.900
23	ΚΙΝΑ	14.100
24	ΡΟΥΜΑΝΙΑ	35.600
25	ΠΑΚΙΣΤΑΝ	9.800
26	ΤΑΪΛΑΝΔΗ	5.200
27	ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ	3.000
28	ΛΕΥΚΟΡΩΣΙΑ	12.300
29	ΒΕΛΓΙΟ ΚΑΙ ΛΟΥΞΕΜΒΟΥΡΓΟ	9.300
30	ΙΣΠΑΝΙΑ	3.900
31	ΑΙΓΥΠΤΟΣ	5.900
32	ΟΥΓΓΑΡΙΑ	9.800
33	ΠΟΛΩΝΙΑ	10.800

1.2.2 Η ενέργεια στην Ελλάδα

Καίριος παράγοντας για τη διαμόρφωση του διεθνούς ενεργειακού σκηνικού στάθηκε η απελευθέρωση των ευρωπαϊκών αγορών ενέργειας στους τομείς του ηλεκτρισμού και του φυσικού αερίου, σε εφαρμογή των αντίστοιχων κοινοτικών οδηγιών.

Η Ελλάδα ως μέλος της παγκόσμιας κοινότητας οφείλει σε ενεργειακό επίπεδο να αντιμετωπίσει την πρόκληση της εναρμόνισης με τα πλαίσια της ευρωπαϊκής και της παγκόσμιας αγοράς καθώς και με την τήρηση των υποχρεώσεων για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται κατανοητό ότι η ενεργειακή πολιτική της χώρας ασκείται με βάση τις αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και σύμφωνα με τη γεωπολιτική θέση της χώρας.

Πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα αξιοποιώντας τους πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα τελευταία χρόνια έχει βελτιώσει σημαντικά την ενεργειακή της υποδομή. Ιδιαίτερη πρόοδος έχει σημειωθεί στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και στη χρήση εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο πλαίσιο της νέας πραγματικότητας, η Ελλάδα διαθέτει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, το οποίο προκύπτει από τη γεωπολιτική της θέση ανάμεσα σε Ανατολή και Δύση. Αυτό το φυσικό προνόμιο της παρέχει τη δυνατότητα να αναδειχθεί σε πρωταγωνιστή των ενεργειακών εξελίξεων στην Ευρώπη, τη νοτιοανατολική Μεσόγειο και τη Μέση Ανατολή.[2,4]



Σχήμα 1.1: Αναμενόμενη κατανομή κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά τομέα χρήσης στην Ελλάδα το έτος 2020[5]

2. Παραγωγή καυσίμων αερίων

Η ιστορία των αερίων καυσίμων, στα οποία συγκαταλέγονται και τα φυσικά αέρια, αρχίζει με την παραγωγή καυσίμου αερίου με ξηρή απόσταξη από στερεά καύσιμα που χρησίμευε για φωτισμό, το οποίο για το λόγο αυτό ονομάστηκε «φωταέριο». Λέγεται πως ο πρώτος που χρησιμοποίησε το φωταέριο για συνεχή φωτισμό ήταν ο Minkelers περίπου στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Ιδιαίτερο ρόλο όμως έπαιξε και ο Merdoc ο οποίος το έτος 1792 φώτισε τόσο το σπίτι όσο και το εργαστήριό του χρησιμοποιώντας φωταέριο, γεγονότα τα οποία συνέβαλλαν στην ίδρυση του πρώτου εργοστασίου φωταερίου στον κόσμο στο Μπίρμινγκχαμ το έτος 1798 από τον ίδιο.

Ιδιαίτερη ήταν η συμβολή για την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας του φωταερίου του Samuel Clegg, ο οποίος εφεύρε τα μηχανήματα για τον καθαρισμό, την αποθήκευση, τη συλλογή αλλά και τη μέτρηση του αερίου. Αυτά είχαν ως αποτέλεσμα το έτος 1813 οι δρόμοι του Λονδίνου να φωτιστούν με τη χρήση φωταερίου και στη μετέπειτα οικιακή και εμπορική χρήση του κυρίως για θερμικούς σκοπούς.

Η κατανάλωση καυσίμων αερίων στην Ελλάδα ξεκίνησε το έτος 1887 που κατασκευάστηκαν οι πρώτες εγκαταστάσεις παραγωγής φωταερίου στην Αθήνα, την Πάτρα, το Βόλο και την Κέρκυρα. Η γαλλική εταιρεία που εκμεταλλευόταν το φωταέριο στις ελληνικές πόλεις είχε αναλάβει την παραγωγή και την εκμετάλλευση του αερίου στην τότε τουρκοκρατούμενη Θεσσαλονίκη. Το φωταέριο παραγόταν από ξηρά απόσταξη λιθάνθρακα και κάλυπτε τις ανάγκες για θέρμανση, φωτισμό αλλά και άλλες οικιακές ανάγκες.

Πρέπει να επισημανθεί ότι από τα διάφορα στερεά καύσιμα που χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή του φωταερίου επικράτησαν οι λιθάνθρακες. Ειδικότερα η καύση των λιθανθράκων φωταερίου έδινε σαν αποτέλεσμα κοκ του οποίου η ποιότητα διευκόλυνε την ευρύτερη χρήση του.

Η μεγάλη επιτυχία της χρήσης του φωταερίου οδήγησε στο ξεκίνημα μιας νέας εποχής, αυτής της χρήσης των βιομηχανικών αερίων. Είχε ως αποτέλεσμα, δηλαδή, την αξιοποίηση κάθε αερίου που παράγεται ή μπορεί να παραχθεί με κάποιο τρόπο.

Ειδικότερα το αέριο που αξιοποιήθηκε κατά κόρον ήταν το φυσικό αέριο το οποίο συναντάται κυρίως σε χώρες πετρελαιοπαραγωγούς καθώς μαζί με το πετρέλαιο αναθρώνει και το φυσικό αέριο. Οι Αμερικανοί ήταν οι πρώτοι που σκέφτηκαν την αξιοποίηση του συγκεκριμένου αερίου και το έτος 1981 πραγματοποιήθηκε η πρώτη διεθνής μεταφορά φυσικού αερίου με αγωγό στην ήπειρο της Αμερικής (από το Οντάριο του Καναδά στο Μπάφαλο των ΗΠΑ).[6,7]

2.1 Παραγωγή καυσίμων αερίων από στερεά καύσιμα

Το αέριο μπορεί να παραχθεί από στερεά καύσιμα μέσω δύο διεργασιών την απαερίωση και την εξαερίωση. Σύμφωνα με τη διαδικασία της απαερίωσης ο γαιάνθρακας που χρησιμοποιείται θερμαίνεται σε κλειστούς χώρους χωρίς παρουσία αέρα και έτσι αποδίδει τις πτητικές του ενώσεις. Αποτελέσματα αυτής της διεργασίας είναι η δημιουργία κοκ ενώ παράγονται και υποπροϊόντα όπως τα πισσέλαια, το βενζόλιο και η αμμωνία. Σύμφωνα με τη διαδικασία της εξαερίωσης προσδίδεται στο θερμό γαιάνθρακα ή στο κοκ του εξαεριωτικό μέσο υπό θερμοκρασία και μέσω χημικών διεργασιών που πραγματοποιούνται ο γαιάνθρακας μετατρέπεται σε αέρια παράγωγα.[6]

2.2 Παραγωγή καυσίμων αερίων από προϊόντα πετρελαίου

Μετά την ενεργειακή κρίση του '70 άρχισε να αυξάνεται θεαματικά η ζήτηση ενέργειας γεγονός που επανέφερε στο προσκήνιο το πετρέλαιο και τα παράγωγά του. Ειδικότερα το ελαφρό πετρέλαιο θέρμανσης αντικαθιστά στις θερμάνσεις το κοκ γεγονός που δυσχεραίνει την παραγωγή αερίου από στερεά καύσιμα. Ωστόσο η έλλειψη διαθεσιμότητας φυσικού αερίου οδήγησε στην προσπάθεια αντικατάστασης του αερίου που παραγόταν από γαιάνθρακες από άλλο που θα παραγόταν από προϊόντα πετρελαίου.

Έτσι αναπτύχθηκαν πολλές μέθοδοι παραγωγής τέτοιου αερίου χρησιμοποιώντας τόσο τα ελαφρύτερα κλάσματα πετρελαίου (νάφθα) όσο και τα βαρύτερα (μαζούτ).

Οι διάφορες τεχνολογίες παραγωγής αερίων από προϊόντα πετρελαίου διακρίνονται ως προς

- την πρώτη ύλη, που μπορεί να είναι τόσο κάποιο ελαφρύ όσο και κάποιο βαρύ κλάσμα πετρελαίου
- το μέσο της εξαερίωσης, που μπορεί να είναι αέρας, οξυγόνο, υδρατμός ή κάποιο μίγμα
- την πίεση, που μπορεί να είναι ατμοσφαιρική ή πολύ πιο υψηλή
- την πρόσδοση της θερμότητας, που μπορεί να προέρχεται από μερική καύση της πρώτης ύλης ή να δίνεται με αλλόθερμες μεθόδους
- τη χρήση καταλυτών ή όχι
- τον τρόπο λειτουργίας, που μπορεί να είναι συνεχής ή περιοδική.[6]

2.3 Ιδιότητες καυσίμων αερίων

Οι ιδιότητες των καυσίμων αερίων εξαρτώνται κυρίως από τη σύστασή τους. Τα καύσιμα αέρια είναι μίγματα αερίων ενώ συνήθως περιέχουν σε μικρές ποσότητες προσμίξεις, αέριες, υγρές ή και στερεές.

Τα καύσιμα αέρια σε μικρές πιέσεις (100mbar) και όχι χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν με καλή ακρίβεια να αντιμετωπιστούν σαν ιδανικά αέρια, ενώ σε υψηλές πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν απόκλιση από την ιδανική συμπεριφορά.[1]

2.3.1 Χαρακτηριστικά καυσίμων αερίων με βάση την τεχνική της καύσης

- οι ποσότητες μετριοούνται σε m^3
- σε κανονικές συνθήκες ένα αέριο είναι ξηρό στους $0^{\circ}C(273^{\circ}K)$ και στα 1013mbar
- Μονάδα όγκου: κανονικό κυβικό μέτρο(Nm^3)
- Πυκνότητα(ρ) : είναι η μάζα του αερίου ανά μονάδα όγκου και εκφράζεται σε kg/m^3
- Σχετική πυκνότητα (d): είναι η πυκνότητα ίσου όγκου αερίου και ξηρού αέρα στην ίδια θερμοκρασία και πίεση
- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη (h_u) : είναι η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση $1Nm^3$ αερίου υπό σταθερή πίεση, όταν το αέριο και ο αέρας καύσης έχουν θερμοκρασία $25^{\circ}C$ εφόσον τα προϊόντα καύσης βρίσκονται σε θερμοκρασία $25^{\circ}C$ και το νερό που προήλθε από την καύση είναι σε αέρια φάση. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη εκφράζεται σε KW/Nm^3 ή MJ /Nm^3
- Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (H_o): είναι η θερμότητα που εκλύεται κατά την καύση ενός Nm^3 αερίου υπό σταθερή πίεση, όταν το αέριο και ο αέρας καύσης έχουν θερμοκρασία $25^{\circ}C$ εφόσον τα προϊόντα της καύσης βρίσκονται σε θερμοκρασία $25^{\circ}C$ και το νερό που προήλθε από την καύση είναι σε υγρή φάση
- Κατώτερος δείκτης wobbe (W_u): είναι ο λόγος της κατώτερης θερμογόνου δύναμης προς την τετράγωνη ρίζα της σχετικής πυκνότητας του αερίου και εκφράζεται σε MJ /Nm^3
- Ανώτερος δείκτης wobbe (W_u): είναι ο λόγος της ανώτερης θερμογόνου δύναμης προς την τετράγωνη ρίζα της σχετικής πυκνότητας του αερίου και εκφράζεται σε MJ /Nm^3 .Ο ανώτερος δείκτης wobbe αναφέρεται απλά και ως «δείκτης wobbe»

- Οικογένειες αερίων: τα αέρια καύσιμα ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 437:
 1. Στην 1^η οικογένεια ανήκουν τα βιομηχανικά αέρια (ιδιαίτερα τοξικά), που παρασκευάζονται με πυρόλυση ή απόσταση προϊόντων άνθρακα και με αποικοδόμηση και σχάση προϊόντων πετρελαίου ή φυσικών αερίων.
 2. Στην 2^η οικογένεια ανήκουν τα αέρια που προέρχονται από φυσικές πηγές και αποτελούνται κυρίως από μεθάνιο.
 3. Στην 3^η οικογένεια ανήκουν το υγραέριο (LPG), που παράγεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου, ενώ βρίσκεται και σε ορισμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου, από το οποίο διαχωρίζεται.
 4. Μια 4^η οικογένεια τείνουν να αποτελέσουν τα μείγματα υγραερίων με αέρα.[4,6,8]

3.Φυσικό αέριο

Η ανακάλυψη και χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου για πρώτη φορά τοποθετείται τον 7ο π.Χ. αιώνα στην Ιαπωνία. Στα νεότερα χρόνια η πρώτη χρήση του φυσικού αερίου έγινε στις Η.Π.Α το έτος 1821. Ωστόσο η εκτεταμένη χρήση του καθυστέρησε σημαντικά αν και το έτος 1868 αναφέρθηκε η πρώτη βιομηχανική εφαρμογή από μια εταιρεία παραγωγής πετρελαίου των Η.Π.Α. Σημαντική εφαρμογή βρήκε το φυσικό αέριο στις αρχές του 20ου όταν αναπτύχθηκε η τεχνολογία σε τέτοιο βαθμό ώστε να είναι δυνατή η σχετικά ακίνδυνη μεταφορά του και η αποδοτικότερη χρησιμοποίησή του. Ο πρώτος αγωγός τοποθετήθηκε το έτος 1909 στη δυτική Βιρτζίνια των ΗΠΑ ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 1930 στην ίδια χώρα δημιουργήθηκε το πρώτο μεγάλο δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου σε υψηλή πίεση. Χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα ως καύσιμο, εναλλακτικό του πετρελαίου, μετά τον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο.[6]

3.1 Προέλευση φυσικού αερίου

Τα φυσικό αέριο θεωρείται ότι είναι οργανικής προέλευσης. Για την οργανική προέλευση του φυσικού αερίου υπάρχουν δύο διαδικασίες δημιουργίας του, που βρίσκονται σε συμφωνία μεταξύ τους.

Ένα μέρος δημιουργήθηκε μαζί με το πετρέλαιο όταν εκατομμύρια χρόνια πριν στους πυθμένες των αρχέγονων θαλασσών νεκρά υπολείμματα πλαγκτόν και αλγών υπέστησαν ζύμωση απουσία αέρα και υπό την επίδραση μικροοργανισμών. Στη συνέχεια καλύφθηκαν από ανόργανα ιζήματα και μετατράπηκαν μέσω καταλυτικών διεργασιών σε άσφαλτο. Με την αυξανόμενη βύθιση του πυθμένα της θάλασσας, η οποία συνοδευόταν από αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας, σχηματίστηκαν υγροί και αέριοι υδρογονάνθρακες. Το φυσικό αέριο αυτής της προέλευσης συναντάται κυρίως κάτω από τη Βόρεια Θάλασσα και τον Περσικό Κόλπο.

Ένα άλλο μέρος του φυσικού αερίου δημιουργήθηκε μαζί με τους άνθρακες. Ανώτεροι φυτικοί οργανισμοί, από παλαιότερες γεωλογικές περιόδους, μέσα από την απότομη βύθιση του εδάφους βρέθηκαν σε βαθύτερα στρώματα της γης. Αυτή η φυτική ύλη απουσία αέρα και παρουσία βακτηριδίων μετατράπηκε σταδιακά σε τύρφη, λιγνίτη, λιθάνθρακα και ανθρακίτη. Κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας δημιουργήθηκαν αεριοπροϊόντα διάσπασης κυρίως μεθάνιο. Μεγάλο τμήμα του φυσικού αερίου αυτής της προέλευσης συναντάται στην Ολλανδία και στο νότιο τμήμα της Βόρειας Θάλασσας.[1,6]

3.2 Φυσική σύσταση και ιδιότητες του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και ανήκει στη 2^η οικογένεια των καυσίμων αερίων. Το φυσικό αέριο αποτελεί το κατεξοχήν φυσικό προϊόν από τα καύσιμα αέρια. Όταν το φυσικό αέριο δεν περιέχει συμπυκνώσιμους υδρογονάνθρακες (βουτάνια, πεντάνια ή και βαρύτερους υδρογονάνθρακες) ονομάζεται ξηρό ενώ αντίθετα αν περιέχει σημαντικές ποσότητες συμπυκνώσιμων υδρογονανθράκων ονομάζεται υγρό. Όταν περιέχει σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και υδρόθειου ονομάζεται όξινο.

Τα αέρια που το αποτελούν (μεθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο κλπ.) αποδίδουν αξιόλογη θερμότητα με την παρουσία φλόγας και οξυγόνου. Η μεγάλη περιεκτικότητα του αερίου σε μεθάνιο είναι αυτή που προσδίδει και τις ιδιότητες σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα η καύση του μεθανίου είναι αυτή που προσδιορίζει τη θερμογόνο δύναμη του αερίου ενώ το μικρό μοριακό του βάρος μαζί με τη μεγάλη αναλογία του κάνουν το φυσικό αέριο ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Πιο συγκεκριμένα για τα φυσικά αέρια έχει οριστεί μια κατάσταση αναφοράς που καλείται "κανονική" κατάσταση και σε αυτή ανάγονται οι ποσότητές τους. Αυτή είναι οι 273,15K (0°C) για τη θερμοκρασία και 1,01325bar για την πίεση. Ο όγκος ενός κυβικού μέτρου αερίου σε κανονική κατάσταση αποτελεί ένα "κανονικό κυβικό μέτρο" αερίου (1Nm^3).

Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα 0,55. Σε περίπτωση διαρροής, διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα σε αντίθεση προς το υγραέριο (LPG) που είναι βαρύτερο από τον αέρα με σχετική πυκνότητα 1,8.

Η Ανώτερη Θερμογόνο Δύναμη (ΑΘΔ) του φυσικού αερίου κυμαίνεται από 9.000 – 11.000 Kcal/ Nm^3 . Η ΑΘΔ του υγραερίου είναι σημαντικά υψηλότερη, από 23.000 – 30.000 Kcal/ Nm^3 . Αυτό, σε συνδυασμό με τη διαφορετική σχετική πυκνότητα των δύο καυσίμων, σημαίνει ότι το φυσικό αέριο και το υγραέριο δεν είναι άμεσα εναλλάξιμα μεταξύ τους, δηλαδή, η υποκατάσταση του ενός από το άλλο απαιτεί τροποποίηση ή αντικατάσταση καυστήρων.

Τα όρια ανάφλεξης του φυσικού αερίου είναι 4,5% - 15%. Δηλαδή, η καύση δεν μπορεί να συντηρηθεί εάν η περιεκτικότητα του αέρα σε φυσικό αέριο είναι εκτός αυτών των ορίων. Για το υγραέριο τα αντίστοιχα όρια ανάφλεξης είναι 2% - 9,3%.

Το φυσικό αέριο κατά την καύση του δίνει στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) και εξαιτίας της περιεκτικότητας του μεθανίου σε 4 μέρη υδρογόνου και 1 μέρος νερού η κανονική καύση του φυσικού αερίου δίνει 2 μέρη υδρατμών και ένα μέρος διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι η ποσότητα της παραγόμενης αιθάλης είναι μηδαμινή

γεγονός, που συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την καύση του φυσικού αερίου.[4,6,7,9]

3.3 Εξόρυξη κοιτασμάτων

Για την ανεύρεση του φυσικού αερίου είναι απαραίτητη η διάνοιξη γεωτρήσεων. Το βάθος τους κυμαίνεται από 2500 έως 3000m ενώ έχουν καταγραφεί και γεωτρήσεις με βάθος 6000m. Η επιτυχία εύρεσης υδρογονανθράκων μέσω αυτής της διαδικασίας κυμαίνεται από 10 μέχρι 20%.

Η πρώτη καταγεγραμμένη διάνοιξη έγινε από τους Κινέζους περίπου το 221π.Χ. με τη μέθοδο του σφυροκοπήματος η οποία συνεχίστηκε για αρκετά χρόνια . Σήμερα όμως προτιμάται η περιστροφική μέθοδος μέσω της οποίας τα βάθη των γεωτρήσεων είναι πολύ μεγάλα.

Πιο αναλυτικά τα διατρητικά εργαλεία δένονται σε σωλήνες μήκους, συνήθως, 9m και πάχους, συνήθως, 20-25mm από χάλυβα που μεταφέρουν και την περιστροφική κίνηση από την επιφάνεια στο εργαλείο. Οι οπές κυμαίνονται από Φ700-Φ100 ανάλογα το βάθος. Το έδαφος σπάει σε κομμάτια λόγω της πίεσης του διατρητικού εργαλείου τα οποία μαζί με τη θερμότητα που αναπτύσσεται πρέπει να διοχετευτούν μέσω σωλήνων, μέσω ενός πηλώδους υγρού, στην επιφάνεια από το κενό του σωλήνα και του τοιχώματος της οπής. Το υγρό των σωλήνων χρησιμεύει ακόμη για τη συγκράτηση των χαλαρών τοιχωμάτων της οπής αλλά και σαν λιπαντικό. Όταν η γεώτρηση φτάσει σε ικανοποιητικό βάθος η οπή επενδύεται με χαλυβοσωλήνες και μεταξύ αυτών και των τοιχωμάτων της οπής ο χώρος καλύπτεται με τσιμεντολάσπη. Τα προϊόντα της διάτρησης απομακρύνονται μέσω ειδικών φίλτρων γεγονός που συμβάλλει στον έλεγχο των στρωμάτων στα οποία έγινε η διάτρηση. Σε περίπτωση που η γεώτρηση φτάσει σε στρώμα πετρελαίου ή αερίου οι εργασίες συνεχίζονται και σε μεγαλύτερα βάθη μέχρις ότου αποδειχθεί ότι εκεί δεν υπάρχουν άλλα στρώματα. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται γεωλογικές μετρήσεις και ειδικά μηχανήματα τρυπούν το τελευταίο τμήμα για να επιτύχουν ανεμπόδιστη ροή προς τη γεώτρηση.[6]

3.3.1 Κατεργασίες στην επιφάνεια

Το φυσικό αέριο που βγαίνει από τη γη δεν είναι καθαρό. Αναλόγως της σύστασής του το φυσικό αέριο υφίσταται διάφορες κατεργασίες αμέσως μετά την εξόρυξή του. Έτσι επειδή το φυσικό αέριο το οποίο είναι πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο, είναι δηλαδή όξινο, μπορεί να διαβρώσει το δίκτυο μεταφοράς και τους θαλάμους καύσης, είναι απαραίτητη η απομάκρυνση των δύο αυτών αερίων πριν τη μεταφορά και τη χρησιμοποίησή του. Μια ακόμη διεργασία που

υφίσταται το φυσικό αέριο είναι ο καθορισμός της υγρασίας του διότι σε αέριο με υψηλή υγρασία είναι δυνατόν να δημιουργηθούν ανεπιθύμητες ένυδρες ενώσεις. Οι ενώσεις αυτές είναι προϊόντα της αντίδρασης του νερού με τους υδρογονάνθρακες στις συνθήκες υψηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται κατά τη μεταφορά του. Τέλος απομακρύνονται οι συμπυκνώσιμοι υδρογονάνθρακες διότι υγροποιούνται στις υψηλές πιέσεις και έτσι δημιουργούν προβλήματα στη μεταφορά.[6]

3.4 Μεταφορά και διανομή

Είναι κατανοητό ότι οι καταναλωτές φυσικού αερίου είναι αδύνατον να βρίσκονται κοντά στις πηγές του ως αποτέλεσμα αυτού έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα μεταφοράς και διανομής του αερίου σε μεγάλες αποστάσεις. Η αύξηση της δυνατότητας παροχής επιδιώκεται με αύξηση των πιέσεων. Στον παρακάτω πίνακα παρέχονται στοιχεία για την εξέλιξη των δικτύων μεταφοράς.[4,6]

Πίνακας 2: Στοιχεία εξέλιξης των δικτύων μεταφοράς[4]

	1910	1929	1965	1980	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ
Πίεση λειτουργίας, bar	2	20	67,5	80	120
Μεγίστη διάμετρος, mm	400	500	900	1420	1620
Δυνατότητες μεταφοράς, Ετησίως $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$	80	650	8300	26000	52000
Μέγιστο μεταφοράς, MW	110	890	11400	35750	71500
Ποσοστό καταναλισκομένου Αερίου για την συμπίεση ανά 1000 km. %	8,1	5,2	2,4	1,8	1,4

3.4.1 Επίγεια δίκτυα

Το φυσικό αέριο μεταφέρεται κυρίως, υπό υψηλή πίεση (έως και 70atm), μέσω μεγάλων δικτύων αγωγών. Τα δίκτυα αυτά είναι δυνατόν να καλύπτουν αρκετές χιλιάδες χιλιόμετρα και αποτελούνται από αγωγούς μεγάλης διατομής και ενδιάμεσους σταθμούς συμπίεσης. Τα δίκτυα τοποθετούνται σε βάθος, περίπου, 2-2,5 m για να μην εμποδίζουν την αγροτική παραγωγή(κυρίως χαμηλά φυτά και όχι δέντρα ή θάμνοι). Πρέπει να είναι προστατευμένα από την υγρασία και το συνεχές ρεύμα ενώ στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου λαμβάνονται μέτρα για τη συγκράτηση των βαρύτερων υδρογονανθράκων. Ο συγκεκριμένος τρόπος κατασκευής των δικτύων διασφαλίζει την αντοχή του σε βάθος χρόνου (περί τα 50 έτη).

Τα προβλήματα στο σχεδιασμό των δικτύων εντοπίζονται στα εξής:

1. Αριθμός παράλληλων αγωγών
2. Επιλογή διαμέτρου
3. Μέγιστη πίεση λειτουργίας
4. Σχέση συμπίεσης των σταθμών
5. Αποθήκευση αερίου ή εγκατάσταση παραγωγής συμπληρωματικού αερίου για την αντιμετώπιση αιχμών

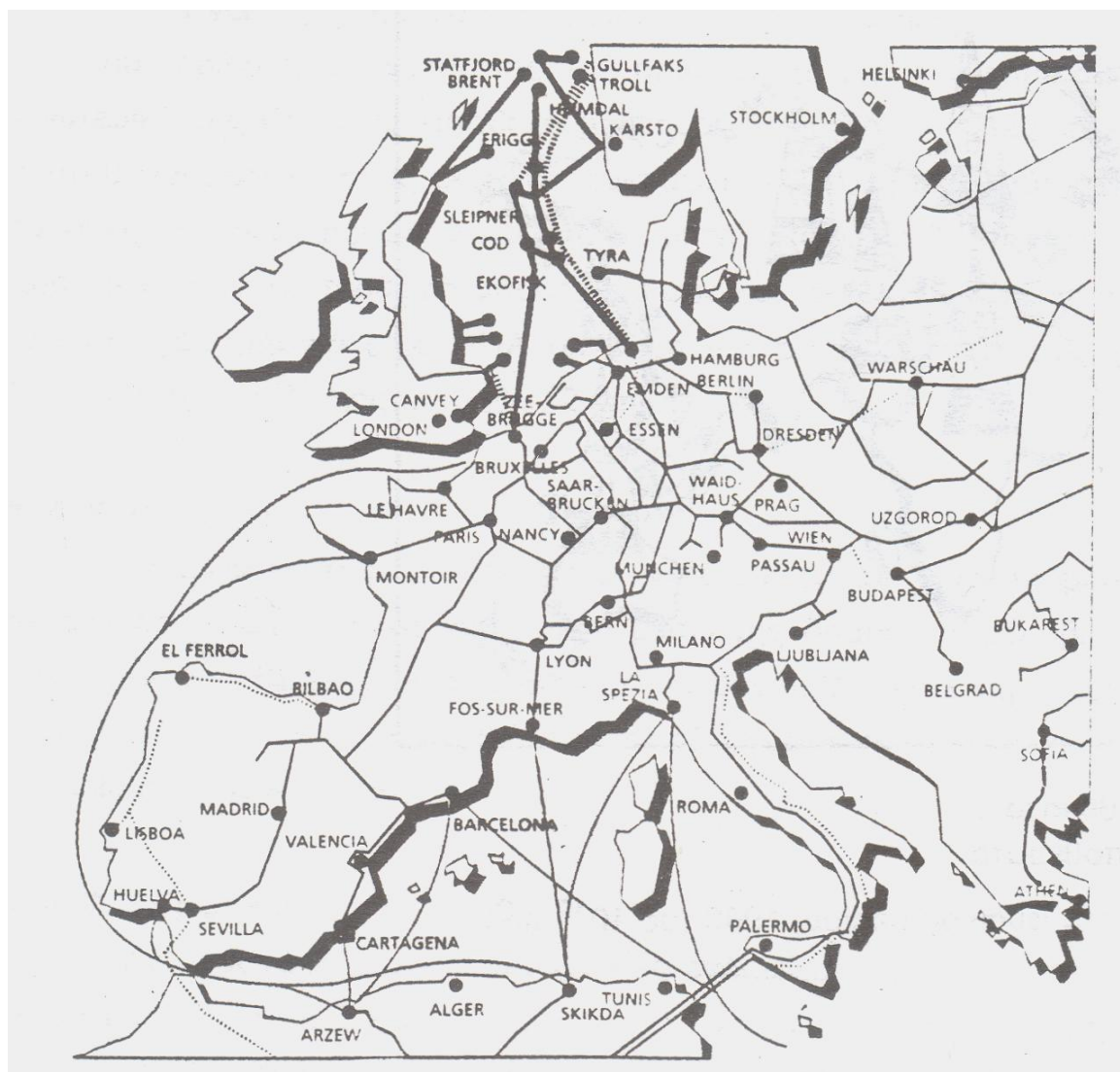
Το μήκος των υπαρχόντων δικτύων ξεπερνά τα 10^6 km αγωγών ενώ αξιοσημείωτος είναι ο αγωγός μεταφοράς του ρωσικού αερίου στη Σιβηρία μήκους 14.000km.[6]

3.4.2 Υποθαλάσσια δίκτυα

Μεγάλο μέρος των αναγκών της Ευρώπης καλύπτεται από τις πηγές της Βόρειας Θάλασσας. Η μεγάλη σημασία της Βόρειας Θάλασσας στην τροφοδοσία ιδιαίτερα της Δυτικής Ευρώπης φαίνεται στον ακόλουθο χάρτη με σημειωμένα τα σύνορα και τις πηγές κατά το γερμανικό ινστιτούτο αερίου. Όπως είναι εμφανές η μεγάλη ζήτηση εξυπηρετείται με υποθαλασσίους αγωγούς μεταφοράς υπό πίεση.

Η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει την ανάπτυξη τέτοιων δικτύων σε μεγάλα βάθη (2000m) για τα οποία, όμως, η εμπειρία που υπάρχει είναι περιορισμένη.

Για την καλύτερη κατανόηση των πηγών των υδρογονανθράκων που παρέχει στην Ευρώπη η Βόρεια Θάλασσα δίνεται ο ακόλουθος χάρτης με σημειωμένα τα σύνορα και τις πηγές κατά το γερμανικό ινστιτούτο αερίου.[6]



Σχήμα 3.1: Το διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου[1]

3.4.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)

Η μεταφορά αερίων καυσίμων με πλοία είναι σημαντικά πιο δύσκολη από αυτήν του πετρελαίου. Για να είναι όμως αυτή η μεταφορά οικονομικά συμφέρουσα θα πρέπει το φυσικό αέριο να υγροποιηθεί ώστε να αυξηθεί η πυκνότητά του, με αποτέλεσμα την μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του πεπερασμένου όγκου των κυτών του πλοίου για την μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων φορτίου. Η υγροποίηση αυτή επιτυγχάνεται με ψύξη ή με αύξηση της πίεσης ή συνδυασμό και των δύο.

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου χρονολογείται από τον 19ο αιώνα, όταν ο Βρετανός φυσικοχημικός Michael Faraday πειραματίστηκε με την υγροποίηση διάφορων αερίων συμπεριλαμβανομένου και του φυσικού. Από το 1959 ξεκίνησε μία προσπάθεια για την υγροποίηση του φυσικού αερίου και τη μεταφορά του με πλοία που ως αποτέλεσμα είχε σήμερα

να έχουν οργανωθεί μόνιμες γραμμές μεταφοράς, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η κυκλικότητα της λειτουργίας.

Η μέθοδος της υγροποίησης του επιλέγεται με βάση τις φυσικοχημικές του ιδιότητες. Το φυσικό αέριο έχει θερμοκρασία υγροποίησης, με ψύξη, τους -162°C . Η κρίσιμη θερμοκρασία του μεθανίου, πάνω από την οποία δεν μπορεί να υγροποιηθεί με αύξηση της πίεσης είναι οι -82°C , ενώ για την υγροποίησή του στους -82°C απαιτείται πίεση 47bar. Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου ή LNGC (Liquefied Natural Gas Carriers) σχεδιάζονται για να μεταφέρουν το φορτίο τους σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία περίπου -162°C , ενώ κάποια για την κίνησή τους χρησιμοποιούν το ίδιο υγροποιημένο αέριο που μεταφέρουν. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι ένα άχρωμο, άοσμο και μη τοξικό υγρό το οποίο στην υγρή του κατάσταση καταλαμβάνει 600 φορές μικρότερο όγκο από ότι στην αέρια κατάσταση. Ο ατμός του θεωρείται εύφλεκτος και είναι επίσης άχρωμος και άοσμος, παρόλα αυτά όμως το σύννεφο ατμών του LNG έχει άσπρο χρώμα λόγω των υδρατμών που συγκρατούνται εξαιτίας της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας του. Οι περιεκτικότητες του μεθανίου στο σύννεφο ατμού για να θεωρείται εύφλεκτο είναι από 5 με 15 % κατά όγκο.

Ένας σταθμός εκφόρτωσης από το πλοίο αποτελείται από την εξέδρα παραλαβής και τις δεξαμενές αποθήκευσης του LNG απ' όπου το παραλαμβάνει ο σταθμός αεριοποίησης, που αποτελείται από τις αντλίες που το συμπιέζουν σε πίεση λίγο μεγαλύτερη από αυτή του δικτύου υπό πίεση. Το συμπιεσμένο αέριο θερμαίνεται με θαλασσινό νερό σε ένα εναλλάκτη και μετά από κάποια μετεπεξεργασία πηγαίνει στο μετρητή για να καταλήξει από κει στο δίκτυο μεταφοράς υπό πίεση.[6]



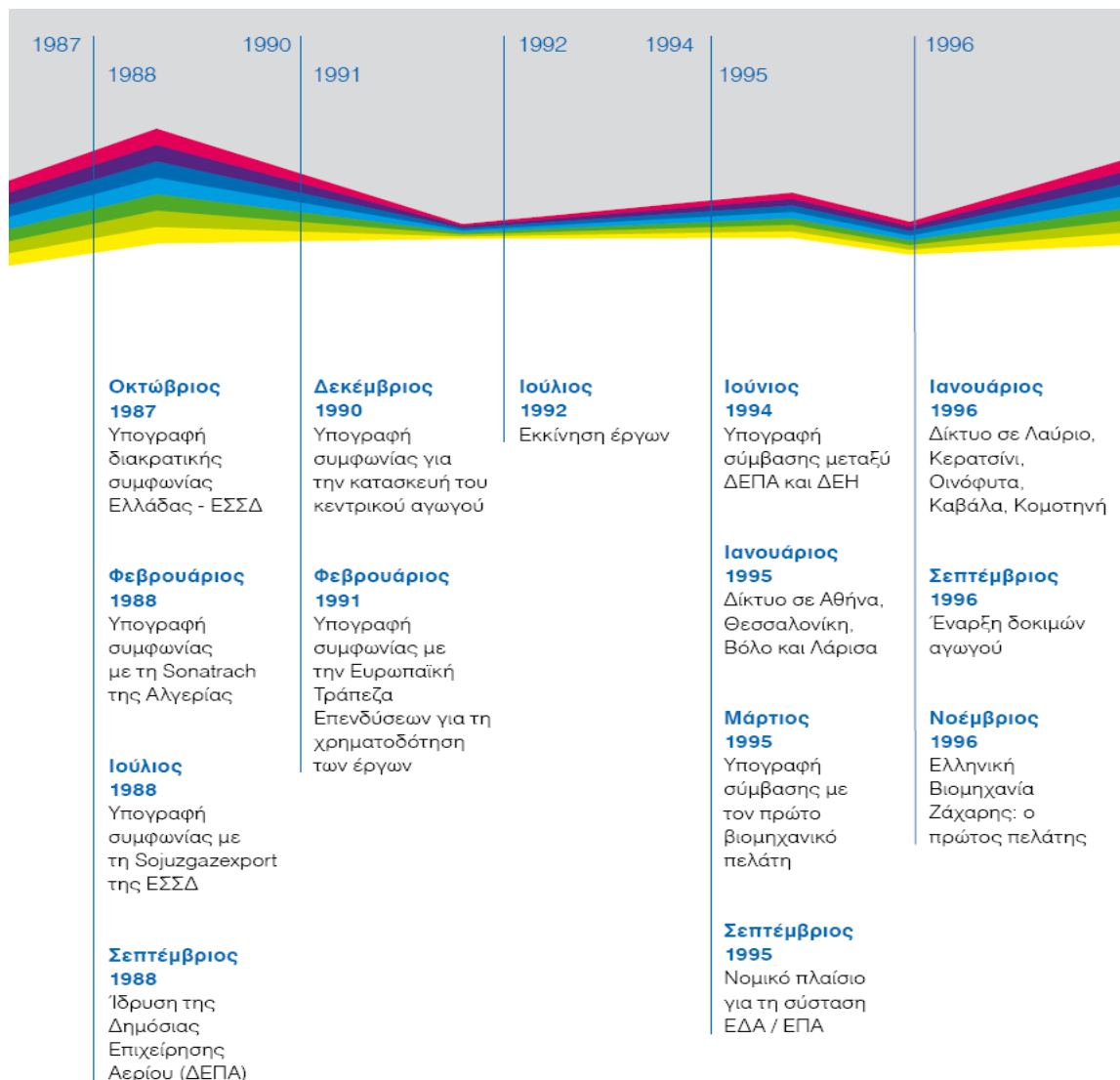
Σχήμα 3.2: Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG)

ΠΗΓΗ:INTERNET

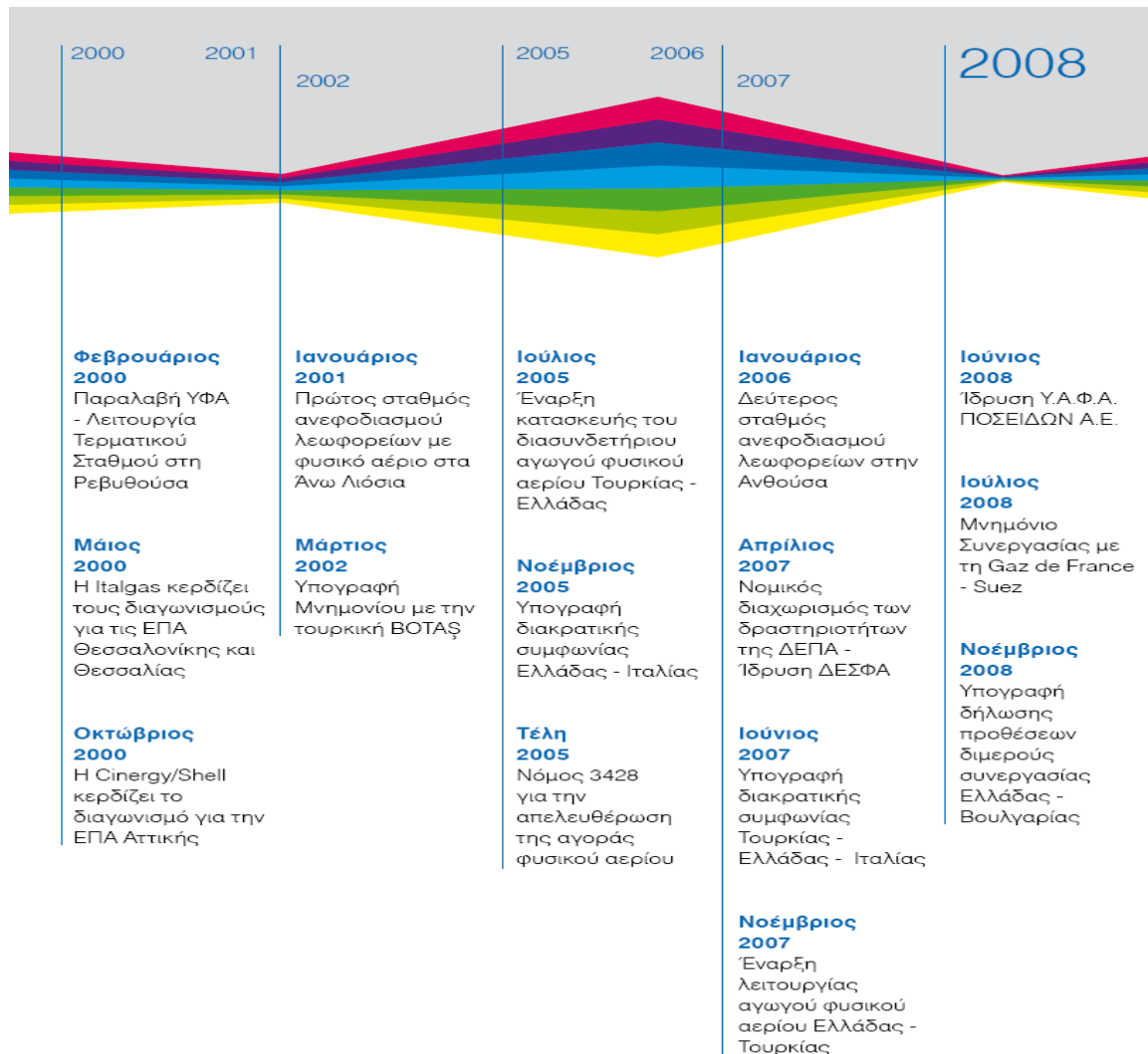
4.Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα

Η διανομή του φυσικού αερίου ξεκίνησε στην Ελλάδα το έτος 1995 σε πολύ μικρή κλίμακα. Σταδιακά το φυσικό αέριο θα καλύψει μεγάλο μέρος της χώρας ενώ η πρώτη κάλυψη στα σημαντικότερα βιομηχανικά κέντρα της χώρας ολοκληρώθηκε το έτος 2000.

Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζονται όλες οι σημαντικές ενέργειες που έχουν σημειωθεί τα τελευταία 20 χρόνια στην Ελλάδα(ως το έτος 2006), στον τομέα του φυσικού αερίου.[4]



Σχήμα 4.1: Εξέλιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα μέχρι το 1996[4]

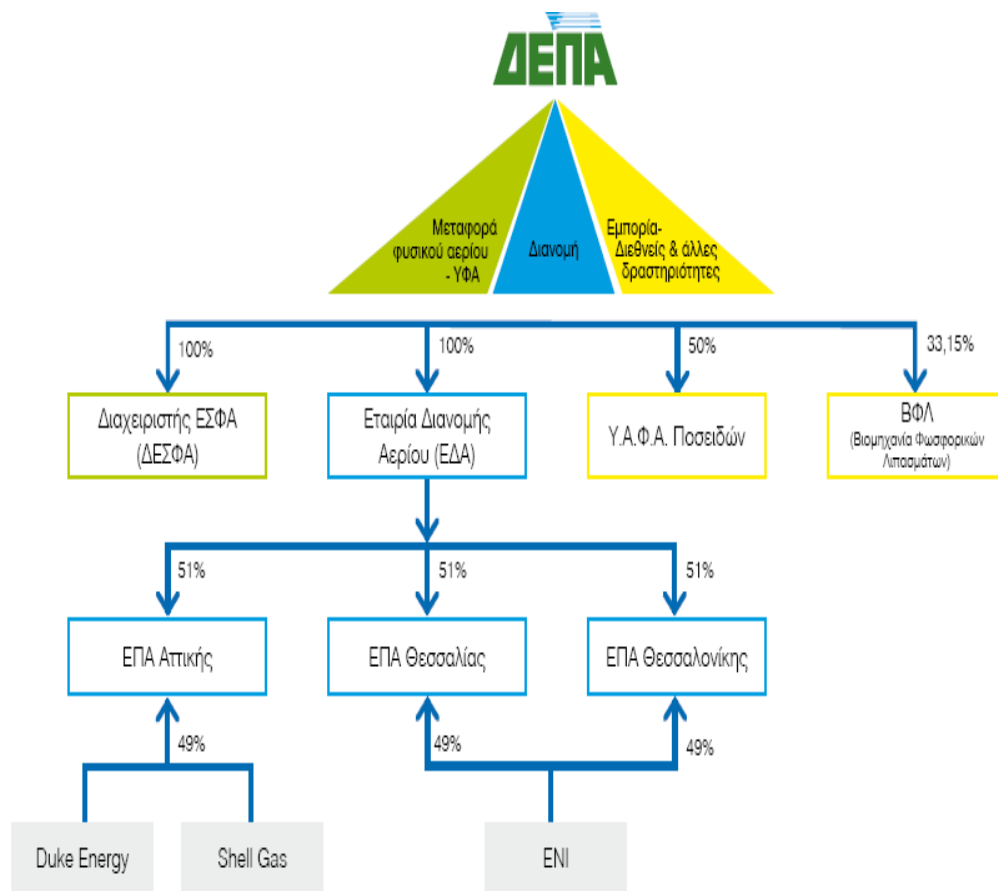


Σχήμα 4.2: Εξέλιξη του φυσικού αερίου στην Ελλάδα μέχρι το 2008[4]

Η πρώτη και κύρια εταιρία που συστάθηκε στην Ελλάδα για τη διασφάλιση της προμήθειας και της διανομής του φυσικού αερίου είναι η ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου). Όλες οι δραστηριότητες του Φυσικού Αερίου οι οποίες αφορούν στα δίκτυα πόλης (Μικρός Βιομηχανικός, Εμπορικός και Οικιακός Τομέας) έχουν εκχωρηθεί πλέον στις Εταιρίες Παροχής Αερίου (ΕΠΑ).

Συγκεκριμένα, ύστερα από διεθνείς διαγωνισμούς το δίκτυο πόλης Φυσικού Αερίου στο λεκανοπέδιο της Αττικής βρίσκεται πλέον στην δικαιοδοσία της ΕΠΑ Αττικής. Το 51% της ΕΠΑ Αττικής κατέχει η ΔΕΠΑ, μέσω της θυγατρικής της εταιρίας ΕΔΑ ΑΕ, ενώ το 49% και το management κατέχει η κοινοπραξία DukeEnergy - Shell.

Ομοίως, τα δίκτυα πόλης στη Θεσσαλονίκη και σε Λάρισα - Βόλο βρίσκονται πλέον στην δικαιοδοσία των ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και ΕΠΑ Θεσσαλίας αντίστοιχα, όπου το 51% κατέχει με τον ίδιο τρόπο η ΔΕΠΑ, ενώ το 49% η Ιταλική Eni.[4]



Σχήμα 4.3: Εταιρίες διανομής αερίου στην Ελλάδα[4]

Μετά την κατασκευή όλου του δικτύου αναμένεται ραγδαία άνοδος της κατανάλωσης φυσικού αερίου το οποίο προβλέπεται να καλύψει το 15-20% των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδος. Σύμφωνα με τη ΔΕΠΑ μετά την ολοκλήρωση του έργου η κατανάλωση του φυσικού αερίου θα κατανέμεται ως εξής :

- βιομηχανία (ως ενεργειακή πηγή) : 45%
- ηλεκτροπαραγωγή: 32%
- οικιακή χρήση: 15%
- βιομηχανία (ως πρώτη ύλη) : 8%

[2,4,9]

4.1 Προμηθευτές

Προμηθευτές της ΔΕΠΑ σε φυσικό αέριο είναι η ρωσική εταιρία Gazprom-Export (θυγατρική της Gazprom) και η αλγερινή Sonatrach, με συμβόλαια διάρκειας μέχρι το έτος 2016 και 2020 αντίστοιχα που υπεγράφησαν το έτος 1988. Η σύμβαση με την Gazprom-Export εξασφαλίζει την προμήθεια 2,24 δις κυβικά μέτρα φυσικού αερίου ετησίως, με δυνατότητα επέκτασης στα 2,8 δις κυβικά μέτρα μέχρι το έτος 2016. Η εισαγωγή του ρωσικού φυσικού αερίου στην Ελλάδα άρχισε το Σεπτέμβριο του 1996.

Το αλγερινό αέριο μεταφέρεται υγροποιημένο με ειδικό δεξαμενόπλοιο στις εγκαταστάσεις της νήσου Ρεβουθούσας, στον κόλπο των Μεγάρων. Η σύμβαση με τη Sonatrach προβλέπει προμήθεια ποσότητας από 0,6 έως 0,8 δις. κυβικά μέτρα αερίου ετησίως. Η εισαγωγή του αλγερινού φυσικού αερίου άρχισε τον Φεβρουάριο του 2000.

Στο πλαίσιο της αυξημένης ζήτησης φυσικού αερίου και της στρατηγικής που στοχεύει να καταστήσει τη χώρα ενεργειακό δίαυλο στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, η ΔΕΠΑ υπέγραψε το έτος 2003 σύμβαση προμήθειας αερίου με την τουρκική εταιρία Botaş. Η σύμβαση αυτή προβλέπει αγορά 0,75 δις κυβικών μέτρων φυσικού αερίου το χρόνο, για 15 χρόνια. Η παράδοση του αερίου στην Ελλάδα ξεκίνησε το έτος 2007, μετά το τέλος των έργων διασύνδεσης των δικτύων των δύο χωρών.[4]

Η εκατοστιαία σύσταση αυτών των αερίων παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3:Εκατοστιαία σύσταση ρωσικού, αλγερινού και τουρκικού φυσικού αερίου[4]

A/A	Συστατικό ή ιδιότητα	Ρωσικό Φ.Α.		Αλγερινό Φ.Α.		Τουρκικό Φ.Α	
		min%	max%	min%	max%	min%	max
1	Μεθάνιο (CH ₄)	85,00	-	85,65	96,60	82,0	-
2	Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	-	7,00	3,2	8,50		12,0
3	Προπάνιο (C ₃ H ₈)	-	3,00	0	3,00		4,0
4	Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	-	2,00	0	0,70		2,5
5	Ισοβουτάνιο (i C ₄ H ₁₀)	-	-	0	0,52		-
6	Πεντάνιο (C ₅ H ₁₂)	-	1,00	0	0,23		1,0
7	CO ₂	-	3,00	-	-		3,0
8	N ₂	-	5,00	0,2	1,40		5,5
9	O ₂	-	0,02	-	-		0,15
10	H ₂ S	-	5mg/m ³	-	0,83mg/m ³		5,1 mg/Scm
11	S μερκαπτανών	-	15mg/m ³	-	2,3mg/m ³		15,3mg/Scm
12	Ολικό Θείο	-	60mg/m ³	-	30mg/m ³		70mg/Scm
13	A.Θ.Δ.	8.600 kcal/m ³	9.200 kcal/m ³	9.640 kcal/m ³	10.650 kcal/m ³	8.100 kcal/Scm	10.427 kcal/Scm
14	Δείκτης Wobbe	10.850	12.000	-	-	10.465 kcal/Scm	13.000 kcal/Scm
15	Σημείο δρόσου για υδρογονάνθρακες	-	0°C	-	-	-	0°C
16	Σημείο δρόσου για νερό	-	-8°C	-	-	-	0°C

4.2 Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου

Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) είναι ένα από τα βασικά αναπτυξιακά έργα που έχουν υλοποιηθεί στην Ελλάδα. Μέσα από τη διαρκή επέκτασή του, φέρνει το φυσικό αέριο σε όλες τις περιοχές της χώρας, όπου αναπτύσσονται δίκτυα μεταφοράς του. Διαχειριστής του ΕΣΦΑ είναι η εταιρία ΔΕΣΦΑ (Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου). Το ΕΣΦΑ περιλαμβάνει τις εγκαταστάσεις στις πύλες εισόδου στην Ελλάδα, τον κεντρικό αγωγό και πλήθος πρόσθετων εγκαταστάσεων και υποδομών.

Υπάρχουν τρεις πύλες εισόδου του φυσικού αερίου στη χώρα μας:

1. Στο Σιδηρόκαστρο Σερρών, στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα, από όπου διοχετεύεται φυσικό αέριο με προέλευση από τη Ρωσία.
2. Στους Κήπους Έβρου, στα ελληνοτουρκικά σύνορα, από όπου εισάγεται φυσικό αέριο μέσω της Τουρκίας.
3. Στη νήσο Ρεβυθούσα, στον κόλπο της Πάχης Μεγάρων στην Αττική, όπου παραλαμβάνεται δια θαλάσσης υγροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ), με προέλευση από την Αλγερία ή άλλες πηγές και στη συνέχεια διοχετεύεται στον κεντρικό αγωγό.[2,4,9]

Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται αναλυτικά το δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου υψηλής πίεσης που υπάρχει στην Ελλάδα σήμερα.

Η ΔΕΠΑ ΣΗΜΕΡΑ



Σχήμα 4.4: Δίκτυο μεταφοράς υψηλής πίεσης φυσικού αερίου στην Ελλάδα[4]

4.2.1 Δίκτυο μεταφοράς

Στο δίκτυο μεταφοράς του φυσικού αερίου, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνονται:

- Κεντρικός αγωγός μεταφοράς αερίου υψηλής πίεσης (70bar) συνολικού μήκους 512χλμ. Η διάμετρος του αγωγού είναι 36'' για τα πρώτα 100χλμ και 30'' για τα υπόλοιπα. Εκτείνεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως το Λαύριο Αττικής και από την Θεσσαλονίκη έως τα ελληνοτουρκικά σύνορα (Κήποι).
- Κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης συνολικού μήκους 609χλμ. Οι κλάδοι ξεκινούν από τον κεντρικό αγωγό και τροφοδοτούν με φυσικό αέριο τις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, της Θεσσαλονίκης, του Πλατέος Ημαθίας, του Βόλου, της Βοιωτίας, των Οινοφύτων, της Αττικής και της Κορίνθου. Το 2007 ξεκίνησαν τα έργα για την κατασκευή κλάδων προς Δυτική Θεσσαλία και Εύβοια πρόσθετου μήκους 119χλμ.
- Μετρητικοί και ρυθμιστικοί σταθμοί για τη μέτρηση της παροχής αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης
- Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών
- Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης, στο Πάτημα Ελευσίνας, τη Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης, την Αμπελιά Φαρσάλων και τη Βιστωνίδα Ξάνθης.
- Συνοριακός Σταθμός Εισόδου (Border Station)
- Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου
[2,4,9]

4.2.2 Τερματικός σταθμός αποθήκευσης Ρεβυθούσας

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην Ρεβυθούσα, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν:

- Δύο δεξαμενές αποθήκευσης συνολικής χωρητικότητας 130.000κ.μ. (65.000κ.μ. έκαστη)
- Εγκαταστάσεις ελλιμενισμού δεξαμενόπλοιων
- Κρυογενικές εγκαταστάσεις
- Αεριοποιητές, για την επαναεριοποίηση του LNG και την τροφοδοσία του συστήματος μεταφοράς
- Δύο αγωγούς διασύνδεσης της Ρεβυθούσας με το σύστημα μεταφοράς.
- Ναυλωμένο δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 29,500κ.μ. Υ.Φ.Α.
[2,4,9]

4.2.3 Σύστημα διανομής

Το σύστημα διανομής αποτελείται, μεταξύ άλλων, από:

- δίκτυα μέσης πίεσης (19bar) στην Αττική, Θεσσαλονίκη, Θεσσαλία και στις βιομηχανικές περιοχές Οινοφύτων, Πλατέως Ημαθίας, Ξάνθης, Καβάλας και ΒΙΠΕ Κομοτηνής
- δίκτυα χαμηλής πίεσης (4bar) σε Αττική, Θεσσαλονίκη και Θεσσαλία, προβλεπόμενου μήκους 6.500χλμ.
- υπάρχον δίκτυο διανομής στην Αθήνα. Η ΔΕΠΑ, στο πλαίσιο του κατασκευαστικού της έργου, ολοκλήρωσε στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας 860 χιλιόμετρα δικτύου διανομής τα οποία προσετέθησαν στα υφιστάμενα 550 χιλιόμετρα δικτύου που ανήκαν στην Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου Αθηνών και ήδη τροφοδοτεί περίπου 8.000 εμπορικούς, οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές με φυσικό αέριο.[2,4,9]

4.3 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο είναι εξαιρετικό καύσιμο καθώς κατά την καύση του αποδίδει μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από ότι το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Έτσι ένα χιλιόγραμμο φυσικού αερίου αποδίδει 55000KJ θερμότητας ενώ ένα χιλιόγραμμο πετρελαίου και άνθρακα αποδίδει 46000KJ και 35000KJ θερμότητας αντίστοιχα. Σήμερα θεωρείται ότι καλύπτει περίπου το 25% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών και χρησιμοποιείται στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στη βιομηχανία για θερμικές χρήσεις καθώς και στον οικιακό τομέα.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου είναι η εξασφάλιση συνεχούς ροής μέσω του δικτύου παροχής του αλλά και το γεγονός ότι δεν απαιτείται αποθηκευτικός χώρος, καθώς τα δίκτυα διανομής απαλλάσσουν από τα προβλήματα παραγγελίας, μεταφοράς, παραλαβής και αποθήκευσης αυτού.

Το φυσικό αέριο είναι ένα καθαρό καύσιμο. Κάνει καθαρή καύση χωρίς οσμές και είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον. Το φυσικό αέριο έχει τους χαμηλότερους ρύπους σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα συμβατικά καύσιμα. Παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα επομένως όταν υποκαθιστά άλλα καύσιμα συμβάλλει στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Δεν περιέχει καθόλου θείο άρα δεν προκαλεί το φαινόμενο της όξινης βροχής. Η καύση είναι καθαρή και πρακτικά δεν εκπέμπει αιθάλη και αιωρούμενα σωματίδια. Συμπερασματικά λοιπόν το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης, μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.[4,9]

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης ποσότητας καυσίμου.

Πίνακας 4: Ρύποι φυσικού αερίου συγκριτικά με άλλα καύσιμα[10]

Τύπος καυσίμου	Σωματίδια	Οξείδια του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Κάρβουνο	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φ.Α.	4	100	0,3	17	1

5.Χρήσεις και οφέλη φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του συγκριτικά με τα άλλα καύσιμα βρίσκει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

- Στον βιομηχανικό τομέα για θερμικές χρήσεις αλλά και σαν πρώτη ύλη για παραγωγή χημικών προϊόντων, κυρίως αμμωνίας και μεθανόλης.
- Στον εμπορικό τομέα για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και σε άλλες εξειδικευμένες χρήσεις.
- Στον μεταφορικό τομέα.
- Στην συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Στον οικιακό τομέα επίσης για θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και μαγείρεμα.

Όπως παρατηρούμε το φυσικό αέριο βρίσκει εφαρμογή σε όλους του τομείς κατανάλωσης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ο βιομηχανικός τομέας θα φτάσει να απορροφά το 23% των συνολικών ποσοτήτων, για τον εμπορικό και οικιακό τομέα το ποσοστό αυτό θα ανέλθει στο 28%, ενώ περίπου το 38% των ποσοτήτων του φυσικού αερίου θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με χρήση νέων τεχνολογιών. Τέλος περίπου το 11% των συνολικών ποσοτήτων θα απορροφηθεί για την αγορά της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.

Με τη χρήση του φυσικού αερίου θα μειωθεί η εξάρτηση της Ελλάδας από πετρελαϊκά καύσιμα και θα εκσυγχρονισθεί ο θερμικός εξοπλισμός των βιομηχανιών, ενώ στον οικιακό τομέα τα πλεονεκτήματα συνοψίζονται στη χρήση ενός οικονομικού, καθαρού και εύχρηστου καυσίμου. Σημαντική τέλος, θα είναι και η βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών αφού θα περιοριστούν οι εκπομπές επικίνδυνων για την υγεία ρυπαντών.

Ακολουθεί ο πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης φυσικού αερίου το έτος 1994 ανά τομέα χρήσης τις κυριότερες καταναλώτριες χώρες της Δυτικής Ευρώπης.[4,5]

Πίνακας 5: Κατανομή (%) της κατανάλωσης φυσικού αερίου (1994) ανά τομέα χρήσης[5]

	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΓΑΛΛΙΑ	ΑΓΓΛΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
Οικιακή χρήση	31,3	20,4	15,0	38,4	46,3	33,0	26,4
Εμπορική χρήση	4,1	10,7	5,0	15,7	13,0	8,7	21,4
Βιομηχανική χρήση	44,0	30,2	79,0	45,0	24,0	42,9	33,5
Ηλεκτροπαραγωγή	7,8	8,3	-	0,2	16,1	13,5	18,5
Διάφορες χρήσεις	12,8	30,4	1,0	0,7	0,6	1,9	0,2
Σύνολο	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

5.1 Στον βιομηχανικό τομέα

Η διείσδυση του φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα διευρύνεται σταθερά. Σημαντικά κίνητρα προς αυτή την κατεύθυνση αποτελούν η αναγκαιότητα για μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, δεδομένης της διεθνούς κρίσης αλλά και τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου ως βιομηχανικό καύσιμο. Σημαντικές είναι οι χρήσεις του φυσικού αερίου ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία όπου χρησιμοποιείται για την παραλαβή μεθανίου το οποίο αποτελεί και το κυριότερο συστατικό του. Από το μεθάνιο παρασκευάζεται αέριο σύνθεσης ($\text{CO} + \text{H}_2$) το οποίο είναι μία σημαντικότερη πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Από τα υπόλοιπα συστατικά του φυσικού αερίου σημαντική είναι η χρήση του αιθανίου, το οποίο χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων για την παραγωγή του αιθυλενίου, των βαρύτερων υδρογονανθράκων και κυρίως των προπανίων και βουτανίων που χρησιμοποιούνται ως υγραέρια. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή του φυσικού αερίου στην παραγωγή των προαναφερθέντων προϊόντων.[4,5]

Πίνακας 6: Παραγωγή βασικών πετροχημικών με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο, 1989[4]

ΠΡΟΪΟΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (ΕΚΑΤ. ΤΟΝΟΙ)	ΠΟΣΟΣΤΟ (%) ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
ΑΜΜΩΝΙΑ	123	90+
ΜΕΘΑΝΟΛΗ	18	90-
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	56	40-
ΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟ	29	10-

Χρησιμοποιείται ακόμη για την κάλυψη θερμικών αναγκών σε όλες τις παραγωγικές διαδικασίες. Οι θερμικές χρήσεις του στη βιομηχανία διακρίνονται σε έμμεσες και άμεσες. Στις έμμεσες χρήσεις η θερμική ενέργεια που παράγεται από τη καύση μεταφέρεται με θερμιδοφόρα ρευστά σε διάφορα σημεία του εργοστασίου, όπου και καταναλώνεται.

Κατά τις άμεσες θερμικές χρήσεις η καύση πραγματοποιείται αποκεντρωμένα στην τελική θέση κατανάλωσης της ενέργειας. Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζεται μία τυπική κατανομή της κατανάλωσης καυσίμων σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους.[4,5]



Σχήμα 5.1:Τυπική κατανομή της κατανάλωσης καυσίμων σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους[5]

5.1.1 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στις βιομηχανικές χρήσεις

Βασικό πλεονέκτημα, το οποίο έχει ήδη αναφερθεί, είναι η συνεχής παροχή καυσίμου. Η σύνδεση των βιομηχανιών με το δίκτυο εξασφαλίζει τον απρόσκοπτο εφοδιασμό τους ενώ μειώνεται σημαντικά και το κόστος, αφού τα κεφάλαια με προορισμό τα λειτουργικά έξοδα για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων, κατά τη χρήση συμβατικών καυσίμων, αποδεσμεύονται. Ακόμη το φυσικό αέριο θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον καθώς μειώνει σημαντικά την εκπομπή αερίων ρύπων. Η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου έχει αποδειχθεί ότι συνεισφέρει και στην εξοικονόμηση ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα εξαιτίας της μεγάλης ενεργειακής απόδοσης του αερίου. Παράλληλα, παρέχει το κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του ενεργειακού εξοπλισμού των μονάδων και ενισχύει την παραγωγή ποιοτικά ανώτερων προϊόντων σε συγκεκριμένους τομείς, μέσα από τη δυνατότητα εισαγωγής νέων τεχνολογιών, υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι το φυσικό αέριο προσφέρει δυνατότητες καλύτερου χειρισμού και ελέγχου των συνθηκών θέρμανσης. Η φύση του αερίου βοηθά στην πλήρη ανάμειξη με τον αέρα καύσης, ομοιομορφία θέρμανσης και σταθερότητα των

απαιτούμενων ρυθμίσεων. Τέλος υπάρχει μεγάλη δυνατότητα αυτοματοποίησης και προσαρμογής στις απαιτούμενες συνθήκες.[4,5]

5.2 Στον εμπορικό τομέα

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι κύριες κατηγορίες καταναλωτών στον εμπορικό τομέα καθώς και οι κυριότερες χρήσεις του αερίου σε αυτές.

Πίνακας 7:Κατηγορίες καταναλωτών και χρήσεις φυσικού αερίου στον εμπορικό τομέα[5]

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ	ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	ΚΥΡΙΟ ΥΠΟΚΑΘΙΣΤΟΜΕΝΟ ΚΑΥΣΙΜΟ
Ξενοδοχεία	Θέρμανση χώρων- Παραγωγή ζεστού νερού- Μαγείρεμα- Πλύσιμο - στεγνώμα Σιδέρωμα ρούχων	Πετρέλαιο Πετρέλαιο Υγραέριο & Ηλεκτρισμός Πετρέλαιο
Νοσοκομεία	Θέρμανση χώρων- Παραγωγή ζεστού νερού- Μαγείρεμα- Πλύσιμο - στεγνώμα 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	Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα
Αρτοποιεία	Ψήσιμο ψωμιού	Μαζούτ - Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα
Πλυντήρια - στεγνωτήρια	Πλύσιμο - στεγνώμα Σιδέρωμα ρούχων	Ηλεκτρικό ρεύμα
Αθλητικά κέντρα	Θέρμανση χώρων Παραγωγή ζεστού νερού Θέρμανση νερού κολυμβητηρίων	Πετρέλαιο
Συnergεία αυτοκινήτων	Φούρνοι βαφής	Πετρέλαιο Ηλεκτρικό ρεύμα

Όπως φαίνεται και στον πίνακα οι χρήσεις του αερίου στον εμπορικό τομέα περιορίζονται κυρίως στην παροχή θέρμανσης, το μαγείρεμα, την παραγωγή ζεστού νερού, στη χρήση πλυντηρίων, την παραγωγή ατμού, τον κλιματισμό και τα τελευταία χρόνια συναντάται και στη συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.[4],[5]

5.2.2 Πλεονεκτήματα φυσικού αερίου στις εμπορικές χρήσεις

Τα βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον εμπορικό τομέα δεν διαφέρουν πολύ με αυτά των άλλων τομέων χρήσης. Αφορούν, κυρίως, τη συνεχή παροχή, την καθαριότητα των χώρων και συσκευών χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου, την αυξημένη λειτουργικότητα των συσκευών και τη συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος.[4,5]

5.3 Στον τομέα των μεταφορών

Τα τελευταία χρόνια το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται σε συμπιεσμένη μορφή για την κίνηση οχημάτων. Είναι γνωστό ότι η ραγδαία αύξηση των οχημάτων κατά τον 20^ο αιώνα επέφερε περιβαλλοντικά προβλήματα λόγω των καυσαερίων, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη σταδιακής αντικατάστασης μεγάλου αριθμού οχημάτων με αντίστοιχα που χρησιμοποιούν καύσιμα εναλλακτικής μορφής. Πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να ακολουθήσει τις οδηγίες, που προβλέπουν ότι το 10% των οχημάτων που θα κυκλοφορούν το έτος 2020 θα πρέπει να είναι οχήματα εναλλακτικών καυσίμων. Φυσικά δεν πρέπει να αγνοηθεί το γεγονός ότι η εξάρτηση των οχημάτων από τα πετρελαιοειδή, των οποίων τα αποθέματα δεν είναι ανεξάντλητα, δημιουργεί ανησυχίες για τη βιωσιμότητα της αυτοκίνησης με τη σημερινή μορφή στο απώτερο μέλλον. Κατά συνέπεια σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης υλοποιούνται πολιτικές και προγράμματα εισαγωγής και ενθάρρυνσης της κίνησης με πεπιεσμένο φυσικό αέριο. Στο πλαίσιο αυτό, εντάσσεται και η κατασκευή στη χώρα μας των πρώτων σταθμών ανεφοδιασμού λεωφορείων με φυσικό αέριο, στα Νέα Λιόσια και την Ανθούσα. Η λειτουργία των σταθμών είναι υπό την ευθύνη της ΔΕΣΦΑ. Σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας οι σταθμοί είναι οικολογικοί, με μηδενικές εκπομπές υδρογονανθράκων στο περιβάλλον.[4,5]



Σχήμα 5.2: Αστικά λεωφορεία που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο
ΠΗΓΗ: INTERNET

5.3.1 Πλεονεκτήματα χρήσης φυσικού αερίου στον τομέα των μεταφορών

Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου στον μεταφορικό τομέα εντοπίζεται στο γεγονός ότι, συγκριτικά με τα ήδη χρησιμοποιούμενα καύσιμα, είναι λιγότερο επιβλαβές για το περιβάλλον. Σε αντίθεση με το ντίζελ και τη βενζίνη δεν περιέχει ενώσεις του θείου και μόλυβδο, ενώ κατά την καύση του δεν παράγει άκαυστα σωματίδια. Το μεθάνιο που παράγεται δεν συμβάλλει στη δημιουργία του όζοντος, που είναι ο κύριος παράγοντας για την ύπαρξη το φαινόμενου του θερμοκηπίου. Συνολικά οι εκπομπές από τη χρήση οχημάτων φυσικού αερίου μειώνουν κατά 80% τη δυνατότητα σχηματισμού νέφους, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για τις μεγάλες πόλεις, όπως η Αθήνα, που αντιμετωπίζουν έντονα το πρόβλημα αυτό. Πρέπει να τονίσουμε ότι η έλλειψη καπνού και θείου στα καυσαέρια συμβάλλει στην προστασία των αρχαίων μνημείων και των προσόψεων των κτιρίων.

Η ασφάλεια της χρήσης του έχει διαπιστωθεί, ιδιαίτερα στο εξωτερικό, ύστερα από πολλές δοκιμές στον μεταφορικό τομέα. Πιο συγκριμένα οι προδιαγραφές αποθήκευσης του στο όχημα το καθιστούν ιδιαίτερα ασφαλές στη χρήση του. Όπως άλλωστε έχει προαναφερθεί το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο του αέρα και σε περίπτωση διαρροής ανέρχεται ψηλά ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο ανάφλεξης.

Τέλος η διαθεσιμότητα του το καθιστά σε ιδιαίτερα πλεονεκτική θέση έναντι του πετρελαίου, μιας και τα γνωστά αποθέματα είναι 25% μεγαλύτερα του πετρελαίου.[4,5]

5.4 Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

Οι φυσικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το φθινό κόστος παραγωγής και την υψηλή θερμική του απόδοση το καθιστούν ιδανικό καύσιμο για την ηλεκτροπαραγωγή. Μετά την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας και στη χώρα μας, οι σταθμοί συνδυασμένου κύκλου και η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού είναι ιδιαίτερα επίκαιρες. Η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών.

Η ιδέα της συμπαραγωγής αναπτύχθηκε κυρίως εξαιτίας του χαμηλού βαθμού απόδοσης των συμβατικών συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής. Στα ήδη υπάρχοντα συστήματα συμπαραγωγής κύρια παράμετρο αποτελεί η απόδοση σε θερμικό φορτίο, ενώ η απόδοση σε ηλεκτρισμό έρχεται σε δεύτερη μοίρα. Τα συστήματα έχουν μεγάλο εύρος στο λόγο

απόδοσης θερμότητας και ηλεκτρισμού, έτσι ώστε να καλύπτονται οι περισσότεροι συνδυασμοί που συναντώνται.[4,5]

5.4.1 Πλεονεκτήματα συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

Η συμπαραγωγή αποτελεί μία από τις πιο αποδοτικές χρήσεις του φυσικού αερίου και μία οικονομική εναλλακτική λύση για ταυτόχρονη παραγωγή θερμικών φορτίων και ηλεκτρισμού.

Η μείωση της τιμής μονάδας του ηλεκτρισμού λόγω ιδιοπαραγωγής είναι ιδιαίτερα σημαντική ενώ η πλεονάζουσα παραγωγή σε ηλεκτρισμό μπορεί να αποφέρει οικονομικά οφέλη από την πώλησή της σε εταιρία διανομής.

Η καθαρότητα του φυσικού αερίου και η ποιότητά του συντελούν σε μία πιο αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία, σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μονάδας και σε μείωση της συντήρησης αυτής.

Είναι κατανοητό ότι η εύκολη μεταφορά του με σωληνώσεις σε κάθε σημείο της παραγωγής και ο οικολογικός του χαρακτήρας αποτελούν και σε αυτό τον τομέα ουσιαστικά πλεονεκτήματα. Συνεκτιμώντας το γεγονός ότι η συνολική απόδοση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να ξεπεράσει το 85% μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί φιλική προς το περιβάλλον επιλογή αλλά και ιδιαίτερος οικονομική καθώς τα κόστη μπορούν να μειωθούν δραστικά, καθώς παράγεται θερμότητα και ηλεκτρισμός με χαμηλότερο κόστος, αφήνοντας πολλά περιθώρια οικονομίας.

Τα υπάρχοντα συστήματα ανά τον κόσμο λειτουργού με απόδοση ισχύος που κυμαίνεται από 10 kW μέχρι κάποια MW. Φυσικά το κόστος επένδυσης είναι αρκετά υψηλό, ωστόσο οι οικονομίες από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μειώνουν σημαντικά το χρόνο απόσβεσης αλλά και το κόστος λειτουργίας για μεγάλο διάστημα.[4,5]

5.5 Στον οικιακό τομέα

Η αξιοποίηση αερίων καυσίμων σε οικιακές χρήσεις χρονολογείται από τις αρχές του περασμένου αιώνα. Άλλωστε ένα σημαντικό μέρος από την παραγωγή φυσικού αερίου κατευθύνεται στην αστική κατανάλωση για την εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών των νοικοκυριών. Το έτος 1994 στις δυτικοευρωπαϊκές χώρες ο οικιακός τομέας απορροφούσε περίπου το 34% κατά μέσο όρο της συνολικής κατανάλωσης αερίου. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα η προβλεπόμενη κατανάλωση φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα το έτος 2020 υπολογίζεται στα 700 εκ. κυβικά μέτρα ή ποσοστό 18,2% των συνολικών προς διάθεση ποσοτήτων.[4,5]

5.5.1 Πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στην οικιακή χρήση

Οι ενεργειακές ανάγκες ενός νοικοκυριού για την κάλυψη των αναγκών της θέρμανσης, του μαγειρέματος και της χρήσης ζεστού νερού καλύπτουν περίπου το 80% των συνολικών καθημερινών ενεργειακών απαιτήσεων αυτού. Οι προαναφερθείσες ανάγκες μπορούν να καλυφθούν με τη χρήση φυσικού αερίου ωστόσο η κατανάλωση αυτού είναι μικρή. Πιο συγκεκριμένα δεν ξεπερνά τα 3000Nm³ Φ.Α/έτος και υποκαθιστά κυρίως τον ηλεκτρισμό και το πετρέλαιο. Από τα κύρια πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα είναι η αυτονομία, καθώς η παροχή είναι συνεχής μέσω του δικτύου φυσικού αερίου. Επιπλέον δεν απαιτείται αποθηκευτικός χώρος για το καύσιμο και η τοποθέτηση του εξοπλισμού είναι εύκολη και απλή. Ακόμη το φυσικό αέριο είναι καθαρό από τη άποψη ότι η καύση του είναι καθαρή χωρίς οσμές και υπολείμματα ενώ είναι και φιλικό προς το περιβάλλον, γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λπ.). Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα είναι η οικονομία σε πολλά επίπεδα λαμβανομένου υπ' όψιν ότι η κατανάλωση αερίου δεν προπληρώνεται όπως στην περίπτωση προμήθειας και καύσεως πετρελαίου για λειτουργία συστήματος κεντρικής θέρμανσης. Είναι η πιο οικονομική ενέργεια καθώς το φυσικό αέριο έχει ανταγωνιστικά τιμολόγια ως προς όλα τα συμβατικά καύσιμα. Είναι 20% πιο οικονομικό σε σχέση με το πετρέλαιο σε μηνιαία βάση και 60% σε σχέση με το ηλεκτρικό ρεύμα ενώ οδηγεί σε γρήγορη απόσβεση της επένδυσης. Τέλος το γεγονός ότι είναι πιο ελαφρύ από τον αέρα καθιστά εύκολη τη διαφυγή του στο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής, περιορίζοντας τον κίνδυνο ασφυξίας αλλά και τον κίνδυνο δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος.[4,5]

6.Συσκευές αερίου οικιακής χρήσης

6.1 Γενικά

6.1.1 Ταξινόμηση των συσκευών αερίου

Η ταξινόμηση των συσκευών, με βάση την οδηγία 90/396/ΕΟΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι η ακόλουθη.

α)Διάκριση με βάση το καύσιμο

Οι συσκευές αερίου διακρίνονται ανάλογα με τη δυνατότητα χρήσης αερίου στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κατηγορία I
Οι συσκευές αυτής της κατηγορίας είναι σχεδιασμένες για τη χρήση αερίων αποκλειστικά μιας οικογένειας ή ομάδας. Στη χώρα μας προβλέπονται, κατά ΕΛΟΤ EN 437, οι συσκευές για υγραέριο.
- Κατηγορία II
Οι συσκευές αυτής της κατηγορίας είναι σχεδιασμένες για τη χρήση αερίων από δύο κατηγορίες. Στην Ελλάδα προβλέπονται συσκευές για φυσικό αέριο και υγραέριο.
- Κατηγορία III
Οι συσκευές της κατηγορίας III είναι σχεδιασμένες για τη χρήση αερίων από τρεις οικογένειες αερίων. Ωστόσο τέτοιες συσκευές δεν προβλέπονται.

β)Διάκριση με βάση τη διαμόρφωση

Οι συσκευές διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους:

- 1.Τύπος Α Συσκευή αερίου χωρίς εγκατάσταση απαγωγής καυσαερίων
- 2.Τύπος Β Συσκευή αερίου με θάλαμο καύσης, η οποία λαμβάνει τον αέρα καύσης από το χώρο εγκατάστασης
- 3.Τύπος C Συσκευή αερίου με θάλαμο καύσης, η οποία λαμβάνει τον αέρα καύσης από το ύπαιθρο μέσω ενός κλειστού συστήματος

Επιπλέον διάκριση των συσκευών γίνεται ανάλογα με την ύπαρξη ή μη ασφάλειας ροής και ανεμιστήρα αλλά και τη θέση του ανεμιστήρα πριν τον καυστήρα ή μετά τον εναλλάκτη θερμότητας.[1]

6.1.2 Σύνδεση συσκευών και εστιών

Οι συσκευές και οι εστίες αερίου επιτρέπεται να συνδέονται προς το δίκτυο μόνο σταθερά, γεγονός που επιτρέπει η σύνδεση να λύνεται μόνο με την επέμβαση ειδικού τεχνίτη και χρήση των εργαλείων αυτού. Εάν η συσκευή ή η εστία συνδέονται σταθερά με την οικοδομική κατασκευή η σύνδεση με το δίκτυο γίνεται με χαλκοσωλήνες. Πιο συγκεκριμένα για τις μαγειρικές συσκευές κάθε είδους η σύνδεση επιτρέπεται με ειδικό, εύκαμπτο και ελαστικό σωλήνα με μεταλλικά άκρα κατά DIN 3383 και τυποποιημένο μήκος 300, 500, 750, 1000, 1250 και 1500 mm. Τα σπειρώματα των άκρων είναι και αυτά τυποποιημένα όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 8: Τιμές τυποποιημένων σπειρωμάτων σωληνώσεων[1]

DN	10	13	16	20
ΣΠΕΙΡΩΜΑ	M18*1,5	M22*1,5	M26*1,5	M30*1,5

Συνιστάται για όλες τις συνδέσεις να προηγείται όργανο διακοπής, που θα μπορεί να απομονώνει τη διάταξη από το εσωτερικό δίκτυο του αερίου.[1]

6.1.3 Εγκατάσταση συσκευών και εστιών

Είναι αναγκαίο οι επιλεχθείσες συσκευές κατανάλωσης αερίου να πληρούν τις διατάξεις της Ε.Ε. ή μιας χώρας με αναπτυγμένη βιομηχανία. Οδηγίες για τον έλεγχο της καταλληλότητας των χώρων και τη διάκρισή τους ως προς τον αερισμό δίνει και η TOTEE 2471/86.

Η τήρηση των αναφερομένων στη σύσταση πιστοποιείται με την επιβαλλόμενη από την EN 30 σταθερά προσαρμοσμένη στη συσκευή ή στην εστία πινακίδα, στην οποία πρέπει να αναγράφονται τα ακόλουθα:

- Τα στοιχεία του κατασκευαστή (όνομα ή επωνυμία της επιχείρησης και διεύθυνση).
- Την εμπορική ονομασία, όπως αυτή έχει εγκριθεί στη χώρα κατασκευής.
- Τη θερμική ισχύ και τη θερμική φόρτιση σε kW.
- Το αέριο για το οποίο είναι ρυθμισμένη η διάταξη δεδομένου ότι πολλές διατάξεις μπορούν να λειτουργήσουν με διάφορα αέρια. Για το φυσικό αέριο που κυκλοφορεί στη Ελλάδα χρειάζεται ρύθμιση για αέριο β' οικογένειας, ομάδας H για πίεση λειτουργίας 18mbar.

Η εγκατάσταση των συσκευών θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η εκλυόμενη θερμότητα να μη δημιουργεί κινδύνους για το

περιβάλλον τους και να διασφαλίζεται η καλή προσαγωγή αέρα για τους ανθρώπους που βρίσκονται στο χώρο. Για το λόγο αυτό, η εγκατάσταση πρέπει να γίνεται σε χώρο που είτε κατευθείαν είτε μέσω άλλου χώρου επικοινωνεί με το ύπαιθρο με πόρτα ή παράθυρο, που δεν είναι στεγανοποιημένο και ανά πάσα στιγμή μπορεί να ανοίξει. Μικρές συσκευές όπως θερμοθάλαμοι, ψηστιέρες, βραστήρες κλπ. ισχύος μέχρι 7,6kW μπορεί να εγκατασταθούν σε τέτοιους χώρους χωρίς σύστημα απαγωγής καπνανερίων. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για πλυντήρια και στεγνωτήρια αυτής της ισχύος και για τους μικρούς θερμοσίφωνες ροής, προοριζόμενους για την κουζίνα. Απαιτείται, ωστόσο, χώρος 3 m³/kW ισχύος και η εξασφάλιση ότι δεν θα εγκατασταθεί άλλη συσκευή στον ίδιο ή γειτονικό χώρο, που να υπάρχει πιθανότητα σύγχρονης λειτουργίας της.[1]

6.2 Συσκευές μαγειρέματος με αέριο

Για όλα τα είδη και τις μεθόδους μαγειρέματος υπάρχουν συσκευές αερίου αντίστοιχες των ηλεκτρικών. Οι οικιακές συσκευές φυσικού αερίου συνδυάζουν δυο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι πολύ πρακτικές διότι η απόδοση θερμότητας γίνεται αμέσως τη στιγμή που η συσκευή τίθεται σε λειτουργία και σταματά με το κλείσιμο του διακόπτη αλλά και επειδή είναι απλές στη κατασκευή τους και έχουν μικρότερο κόστος λειτουργίας, αφού καταναλώνουν πρωτογενή ενέργεια.

Οι κουζίνες αερίου ανήκουν στις πιο διαδεδομένες διατάξεις κατανάλωσης φυσικού αερίου. Κατασκευάζονται με 2 ή 4 εστίες μαγειρέματος και ένα φούρνο.

Οι κουζίνες διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

- Κουζίνες αερίου θερμικής ζώνης.
- Κουζίνες και θερμάστρες αερίου.
- Κουζινάκια αερίου.

Στην πρώτη κατηγορία οι εστίες ανοικτής καύσης έχουν αντικατασταθεί από μια θερμαινόμενη επιφάνεια μαγειρέματος από υαλοκεραμική πλάκα. Με ειδικούς καυστήρες εκτόξευσης μπορεί με την πλάκα προμαγειρέματος να θερμανθεί συγχρόνως και κάτι άλλο. Η περιοχή του προμαγειρέματος είναι ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας και το αέριο αναφλέγεται με σύστημα ταχείας ανάφλεξης.

Στις κουζίνες αερίου με ενσωματωμένη θερμάστρα χώρου τα καυσαέρια του τμήματος θέρμανσης χώρου πρέπει να απαχθούν μέσω μιας ειδικής εγκατάστασης.



Σχήμα 6.1: Κουζίνα αερίου. Αριστερά με επιφάνεια θερμικής ζώνης και δεξιά με ανοιχτή εστία καύσης.

ΠΗΓΗ:INTERNET

Κουζίνες, κουζινάκια και φούρνοι πρέπει να εγκαθίστανται με τέτοιο τρόπο ώστε ο χώρος γύρω από αυτές να μην κινδυνεύει από τη θερμότητα που εκπέμπουν, ο αέρας καύσης να έχει απρόσκοπτη πρόσβαση και τα καυσαέρια να μπορούν να διαφύγουν ελεύθερα.[1,11]

6.3 Θερμαντήρες νερού με αέριο

Οι θερμαντήρες νερού με αέριο είναι συσκευές κατανάλωσης αερίου για τη θέρμανση νερού. Συσκευές τέτοιου τύπου μπορεί να είναι μονοβάθμιες, διαβάθμιδες ή και αναλογικής ρύθμισης και αποδίδουν συνήθως 5-16 lt/min νερό θερμοκρασίας 40-65°C ανάλογα με την παροχή του νερού και της ισχύ της συσκευής. Ο βαθμός απόδοσής του κυμαίνεται περίπου στο 83-84%.

Διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

Θερμαντήρες νερού με αέριο για τη θέρμανση νερού χρήσης:

- Θερμαντήρες νερού συνεχούς ροής στους οποίους το νερό θερμαίνεται κατά τη διέλευσή του.
- Θερμαντήρες νερού αποταμίευσης στους οποίους το νερό θερμαίνεται για αποταμίευση.

Θερμαντήρες νερού για την παραγωγή νερού θέρμανσης:

- Θερμαντήρες νερού με ανακυκλοφορία στους οποίους θερμαίνεται ανακυκλοφορούν νερό εγκαταστάσεων θέρμανσης. Μέσω φορέων θερμότητας αποδίδεται άμεσα θερμότητα ενώ είναι κατασκευασμένοι σύμφωνα με την αρχή του θερμαντή νερού συνεχούς ροής.
- Λέβητες θέρμανσης με αέριο στους οποίους θερμαίνεται το ανακυκλοφορούν νερό εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης καθώς και νερό χρήσης.

- Συνδυασμένοι θερμαντήρες νερού στους οποίους θερμαίνεται τόσο νερό θέρμανσης όσο και νερό χρήσης.

Οι θερμαντήρες νερού, ανεξάρτητα από την ονομαστική θερμική ισχύ τους, πρέπει να συνδέονται με μια διάταξη απαγωγής καυσαερίων. Εάν ο θερμαντήρας νερού έχει περίβλημα πρέπει, με κατάλληλα ανοίγματα αερισμού, να υπάρχει σύνδεση με το χώρο εγκατάστασης του. Το περίβλημα, σε σχέση με το μανδύα της συσκευής, πρέπει να έχει στο πλάι και προς τα μπρος κατάλληλη απόσταση. Κατά την αντικατάσταση θερμαντήρων νερού συνεχούς ροής ονομαστικής θερμικής ισχύος μέχρι 10,5kW, επιτρέπεται με μη συνδεθεί διάταξη απαγωγής καυσαερίων εφόσον:

- Ο χώρος λήψης του αέρα καύσης είναι τουλάχιστον 12m³.
- Ο θερμαντήρας χρησιμοποιείται μόνο σε νιπτήρες.
- Δεν είναι δυνατή η σύνδεση σε συσκευή απαγωγής καυσαερίων.
- Ο θερμαντήρας είναι εξοπλισμένος με διάταξη ασφάλειας.

[1,11]

6.3.1 Θερμαντήρας νερού συνεχούς ροής

Θερμαντήρες νερού συνεχούς ροής ονομάζονται εκείνοι στους οποίους το νερό θερμαίνεται κατά τη ροή του μέσα από το θερμαντήρα. Οι θερμαντήρες αυτοί, γνωστοί και ως ταχυθερμοσίφωνες, μπορούν να έχουν σταθερή ή ρυθμιζόμενη ροή. Οι θερμαντήρες σταθερής ισχύος δίνουν υψηλή θερμοκρασία για μικρές παροχές και χαμηλή θερμοκρασία για μεγάλες, ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού χρήσης μπορεί να επιτευχθεί με ανάμιξη με ψυχρό νερό.

Οι θερμαντήρες ρυθμιζόμενης ισχύος είναι αυτοματοποιημένοι. Η παροχή του αερίου υπόκειται σε θερμοστατική ρύθμιση σε εξάρτηση από την παροχή του νερού. Η επιθυμητή θερμοκρασία επιτυγχάνεται ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του ψυχρού νερού, η οποία υπόκειται σε διακυμάνσεις χειμώνα-καλοκαίρι.

Οι θερμαντήρες αυτού του είδους μπορεί να είναι είτε συσκευές ανοιχτού θαλάμου καύσης, εξαρτώμενες δηλαδή από τον αέρα του χώρου εγκατάστασης, είτε κλειστού θαλάμου καύσης, ανεξάρτητες από τον αέρα του χώρου εγκατάστασης.

Το γεγονός της ετοιμότητάς τους οφείλεται στο ότι καίει συνεχώς μία φλόγα έναυσης ισχύος 100W, μπορεί ωστόσο απλώς να υπάρχει ένα πιεζοηλεκτρικό σύστημα έναυσης για να μπορεί η συσκευή να ανάβει πριν από κάθε χρήση. Έχουν μικρές απώλειες θερμότητας περίπου 3%

ενώ τοποθετούνται κυρίως στο μπάνιο, με το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται ηλεκτρικές συνδέσεις.

Οι τυποποιημένες ισχύες των ταχυθερμοσιφώνων είναι οι ακόλουθες με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 26 :

- 8,7 kW για συσκευή 5 lt ανά min κατά 25⁰C
- 17,4 kW για συσκευή 10 lt
- 22,7 kW για συσκευή 13 lt
- 27,9 kW για συσκευή 16 lt

Τα δομικά τους στοιχεία είναι κατά βάση ίδια με αυτά των θερμαντήρων νερού αποταμίευσης, όπως ο κεντρικός διακόπτης, ο πιεζοηλεκτρικός αναφλεκτήρας, το περίβλημα και η ασφάλεια ροής, έχουν όμως διαφορετικά στοιχεία τα ακόλουθα:

1. Επιλογέας θερμοκρασίας
2. Βαλβίδα έλλειψης νερού
3. Καυστήρας έναυσης με θερμοηλεκτρική ασφάλεια έναυσης
4. Εναλλάκτης θερμότητας
5. Καυστήρας
6. Διακόπτης νερού
7. Ασφάλεια ροής
8. Εξοπλισμός λειτουργίας

Ο τρόπος λειτουργίας των θερμαντήρων συνεχούς ροής εξαρτάται από το αν η συσκευή είναι ή όχι εφοδιασμένη με ανεμιστήρα. Φυσικά ανάλογα τον κατασκευαστή η κάθε συσκευή έχει διαφορετικό εξοπλισμό ρύθμισης, ελέγχου και ασφάλειας.[1,11]

6.3.2 Θερμαντήρες αποταμιευμένου νερού (θερμοσίφωνες αερίου)

Οι θερμαντήρες αποταμιευμένου νερού είναι θερμαινόμενοι άμεσα με καύση αερίου και διατηρούν ως απόθεμα μεγάλη ποσότητα θερμού νερού σε θερμοκρασία μέχρι και 70⁰C. Η δυναμικότητά κυμαίνεται από 80 έως 1000 lt. Και έτσι προσαρμόζονται σε κάθε ανάγκη.

Τα βασικά τους χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- Είναι σταθερές συσκευές.
- Θερμαίνονται μόνο με την καύση του αερίου χωρίς άλλη ενέργεια.
- Είναι εξοπλισμένοι με ατμοσφαιρικό καυστήρα.
- Καταλαμβάνουν μικρό χώρο και μπορούν να εγκατασταθούν τόσο σε μπάνια όσο και σε κουζίνες ή υπόγεια κοντά σε καπνοδόχο απαγωγής καυσαερίων.

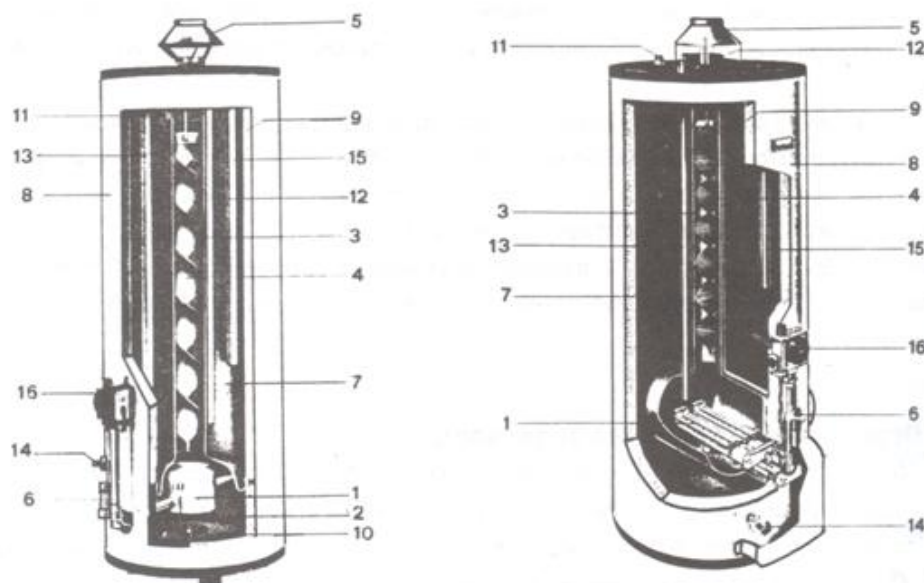
- Απαιτούν μικρής διαμέτρου σωλήνα σύνδεσης.
- Τα δοχεία αποθήκευσης είναι στην πλευρά του νερού επισμαλτωμένα και αντέχουν μέχρι και πίεση 6bar.
- Έχουν καλή θερμομόνωση.
- Η λήψη μπορεί να γίνει από πολλά σημεία.
- Το κόστος εγκατάστασης είναι μικρό.
- Η ανάγκη συντήρησης είναι περιορισμένη.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και λογική τιμή.
- Οι ενσωματωμένες διατάξεις ρύθμισης και ασφάλειας παρέχουν υψηλή ασφάλεια.
- Έχουν εύκολο χειρισμό.
- Η ανάφλεξη γίνεται με πιεζοηλεκτρικό αναφλεκτήρα.

Τα βασικά δομικά στοιχεία των θερμαντήρων αποταμιευμένου νερού είναι τα ακόλουθα:

- Ο καυστήρας με τον καυστήρα έναυσης.
- Ο θάλαμος καύσης.
- Ο σωλήνας καυσαερίων.
- Ο στροβιλιστήρας καυσαρίων.
- Η ασφάλεια ροής.
- Ο πιεζοηλεκτρικός αναφλεκτήρας.
- Το δοχείο.
- Το εξωτερικό περίβλημα.
- Η θερμομόνωση.
- Το έλασμα πυθμένα.
- Η σύνδεση θερμού νερού.
- Η σύνδεση ψυχρού νερού.
- Ο βυθισμένος σωλήνας κυκλοφορίας.
- Η σύνδεση εκκένωσης με βαλβίδα εκκένωσης.
- Η ανοδική προστασία.
- Το μπλοκ ρύθμισης αερίου.

[1,11]

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά η τομή ενός θερμαντήρα αποταμιευμένου νερού.



1.καυστήρας και καυστήρας έναυσης, 2.θάλαμος καύσης, 3.σωλήνας καυσαερίων, 4.στροβιλιστήρας καυσαερίων, 5.ασφάλεια ροής, 6.πιεζοηλεκτρικός αναδευτήρας, 7.δοχείο, 8.εξωτερικό περίβλημα, 9.θερμομόνωση, 10.έλασμα πυθμένα, 11.σύνδεση θερμού νερού, 12.σύνδεση ψυχρού νερού, 13.βυθισμένος σωλήνας ανακυκλοφορίας, 14.σύνδεση εκκένωσης με βαλβίδα, 15.ανοδική προστασία, 16.μπλοκ ρύθμισης αερίου

Σχήμα 6.2: Τομή θερμαντήρα αποταμιευμένου νερού[1]

6.3.3 Θερμαντήρες ανακυκλοφορίας νερού

Οι θερμαντήρες ανακυκλοφορίας χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση μονοκατοικιών και διαμερισμάτων ως ατομικά συστήματα θέρμανσης και είναι ιδιαίτερα οικονομικοί. Οι θερμαντήρες αυτού του τύπου είναι συνήθως επίτοιχοι και έτοιμοι για λειτουργία αμέσως μετά τη σύνδεση των απαραίτητων σωληνώσεων, με το ηλεκτρικό ρεύμα καθώς και την εγκατάσταση απαγωγής καυσαερίων. Συνήθως έχουν καυστήρα χωρίς ανεμιστήρα, ο οποίος είναι κατάλληλος για όλες τις οικογένειες αερίων και η ισχύς του κυμαίνεται από 5 έως 300 kW. Κατασκευάζονται συνήθως είτε με ανοικτό θάλαμο καύσης και απαγωγή των καυσαερίων μέσω καπνοδόχου, είτε με κλειστό θάλαμο καύσης και ανεμιστήρα, με δυνατότητα απαγωγής των καυσαερίων μέσω του εξωτερικού τοίχου ή σύνδεση με σύστημα αέρα-καυσαερίων. Η εγκατάστασή τους μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε σημείο ενώ απαιτούν μικρό εμβαδό εγκατάστασης, 0,5 έως 1 m². Επίσης, είναι δυνατό να ρυθμίζονται τόσο από εσωτερικό όσο και από εξωτερικό θερμοστάτη.

Οι απαιτούμενες για τη λειτουργία τους διατάξεις είναι οι ακόλουθες:

- κυκλοφορητής
- δοχείο διαστολής
- διατάξεις ελέγχου και ασφάλειας
- βαλβίδα υπερχειλίσης
- κιβώτιο ηλεκτρικών συνδέσεων.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας στους θερμαντήρες ανακυκλοφορίας γίνεται με τη βοήθεια θερμοστατών. Χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. θερμαντήρες ανακυκλοφορίας με ασφάλεια ροής
 2. θερμαντήρες ανακυκλοφορίας εξωτερικού τοίχου
 3. θερμαντήρας ανακυκλοφορίας ανώτερης θερμογόνου δύναμης
- [1,11]

6.3.4 Θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας

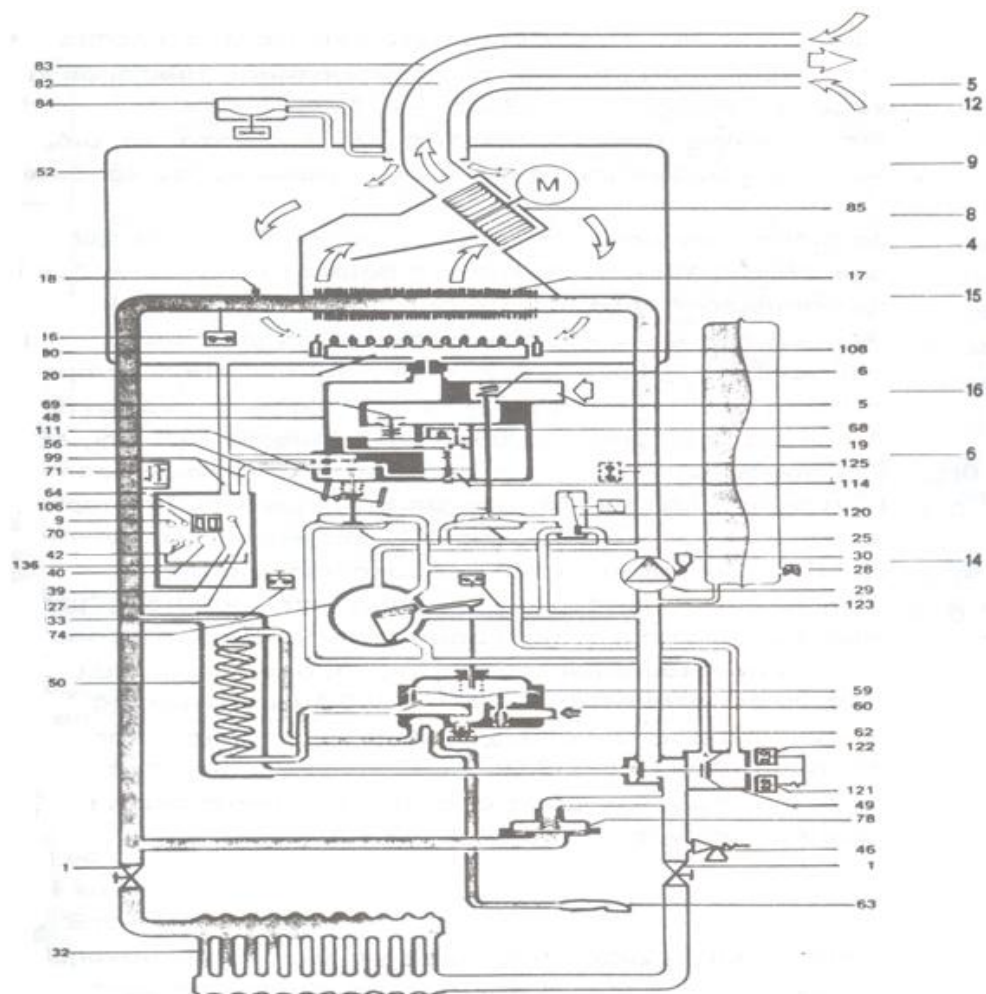
Οι θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας, γνωστοί και ως «κόμπι», χρησιμοποιούνται τόσο για θέρμανση ως θερμαντήρες ανακυκλοφορίας, αλλά και για την παρασκευή θερμού νερού χρήσης ως θερμαντήρες συνεχούς ροής. Αυτού του είδους οι θερμαντήρες έχουν επιπλέον έναν εναλλάκτη για την προετοιμασία θερμού νερού χρήσης ενώ είναι συνήθως επίτοιχοι. Ο καυστήρας τους είναι χωρίς ανεμιστήρα, είναι κατάλληλος, συνήθως, για όλες τις οικογένειες αερίου και η ισχύς του κυμαίνεται από 9 έως 30 kW. Οι θερμαντήρες αυτού του τύπου κατασκευάζονται συνήθως είτε με ανοικτό θάλαμο καύσης και απαγωγή των καυσαερίων μέσω καπνοδόχου, είτε με κλειστό θάλαμο καύσης και ανεμιστήρα, με δυνατότητα απαγωγής των καυσαερίων μέσω εξωτερικού τοίχου ή σύνδεση με σύστημα αέρα-καυσαερίων. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται, συνήθως, για συστήματα 90/70°C για συστήματα χαμηλών θερμοκρασιών ενώ ρυθμίζονται με θερμοστάτη χώρου ή εξωτερικό.

Οι θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας έχουν πολλά κοινά στοιχεία με τους θερμαντήρες ανακυκλοφορίας, ως προς την κατασκευή. Τα βασικά διαφορετικά στοιχεία είναι:

- η βαλβίδα μετατροπής λειτουργίας προτεραιότητας
- ο δευτερεύων εναλλάκτης
- ο επιλογέας θερμοκρασίας θερμού νερού
- ο διακόπτης θέρμανσης
- η σερβοβαλβίδα.

[1,11]

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας θερμαντήρας συνδυασμένης λειτουργίας εξωτερικού τοίχου.



1.βάνα συντήρησης, 5.προσαγωγή αερίου, 6.βαλβίδα έλλειψης νερού, 9.κουμπί άρσης βλάβης, 16.περιοριστής θερμοκρασίας, 17.πρωτεύον εναλλάκτης θερμότητας, 18.κοχλίας εξαέρωσης, 19.δοχείο διαστολής, 20.καυστήρας, 25.διακόπτης ροής, 28.βαλβίδα πλήρωσης με άζωτο, 29.κυκλοφορητής, 30.αυτόματο εξαεριστικό, 32.σύστημα θέρμανσης, 39.κύριος διακόπτης, 40.κουμπί ρύθμισης για τη θερμοκρασία προσαγωγής, 42.ασφάλεια συσκευής 2 AT, 46.βαλβίδα ασφαλείας, 48.μονάδα ρύθμισης αερίου, 49.βαλβίδα μετατροπής λειτουργίας προτεραιότητας, 50.δευτερεύων εναλλάκτης, 52.θάλαμος καύσης, 56.ρυθμιστής μερικού φορτίου, 59.διακόπτης νερού, 60.προσαγωγή ψυχρού νερού, 62.επιλογέας θερμοκρασίας θερμού νερού, 63.εκροή θερμού νερού, 64.διακόπτης θέρμανσης, 68.ρυθμιστής λειτουργίας, 69.ρυθμιστής πίεσης αερίου, 70.ηλεκτρονικό στοιχείο, 71.αισθητήρας NTC, 74.σερβοβαλβίδα, 78.βαλβίδα παράκαμψης, 80.ηλεκτρόδια έναυσης, 82.σωλήνας καυσαερίων, 83.σωλήνας φρέσκου αέρα, 84.επιτηρητής πίεσης αέρα, 85.ανεμιστήρας, 99.αντλία μεμβράνης αγωγών αέρα, 106.λυχνία ένδειξης βλάβης, 108.ηλεκτρόδιο επιτήρησης, 111.σερβορυθμιστής πίεσης, 114.σερβορυθμιστής πίεσης έναυσης, 121.μικροαυτόματος M1, 122.μικροαυτόματος M2, 123.μικροαυτόματος M3, 125.επιτηρητής θερμοκρασίας, 127.ασφάλεια 0,16 AT, 133.διακόπτης για μέτρηση απωλειών καυσαερίων, 136.ρυθμιζόμενος χρονοδιακόπτης

Σχήμα 6.3: Τομή θερμαντήρα αποταμιευμένου νερού[1]

6.4 Λέβητες

Οι λέβητες αποτελούν τις κυριότερες συσκευές για έμμεση θέρμανση. Η κατασκευή τους εξαρτάται από το είδος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου, το είδος του συστήματος καύσης και τα υλικά κατασκευής.

Οι λέβητες ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο διακρίνονται στα ακόλουθα είδη:

1. Ειδικοί λέβητες που καίνε μόνο ένα είδος καυσίμου και δεν μπορούν να υποστούν μετατροπές για την καύση άλλου καυσίμου.
2. Οι λέβητες μετατρεπόμενης καύσης, οι οποίοι μπορούν να καύσουν διάφορα καύσιμα.
3. Οι λέβητες εναλλακτικής καύσης, οι οποίοι μπορούν να καύσουν διάφορα καύσιμα χωρίς να υποστούν ειδική μετατροπή.

Η κατασκευή του κάθε λέβητα επηρεάζεται από το είδος του συστήματος καύσης. Πιο αναλυτικά, στα στερεά καύσιμα η καύση προχωρά κατακόρυφα, στα υγρά η φλόγα είναι οριζόντια, ενώ στα αέρια καύσιμα είναι κατακόρυφη στους ατμοσφαιρικούς λέβητες και οριζόντια στους καυστήρες με ανεμιστήρα. Οι λέβητες μπορούν να λειτουργούν με φυσικό εφελκυσμό, δηλαδή με υποπίεση στο εσωτερικό του, ή με υπερπίεση.

Η υποπίεση δημιουργείται από τον φυσικό ελκυσμό της καπνοδόχου, ενώ τέτοιοι λέβητες έχουν ατμοσφαιρικό καυστήρα χωρίς ανεμιστήρα. Η υποπίεση πρέπει να είναι σταθερή όχι όμως και ο ελκυσμός, ο οποίος εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες.

Αντίθετα μέσα στο λέβητα εξαιτίας του ανεμιστήρα προκαλείται υπερπίεση. Η καύση είναι ανεξάρτητη από την καπνοδόχο και η εστία ρυθμίζεται κατάλληλα για να έχουμε μέγιστο βαθμό απόδοσης.

Οι λέβητες μπορούν να κατασκευαστούν τόσο από χάλυβα όσο και από χυτοσίδηρο. Η κατασκευή του λέβητα από χυτοσίδηρο γίνεται, συνήθως, κατά στοιχεία (φέτες) και έτσι μπορεί να γίνει διαβάθμιση της ισχύος με προσθήκη στοιχείων. Ακόμη η χύτευση επιτρέπει τη διαμόρφωση του λέβητα. Τα κατασκευαστικά υλικά είναι, συνήθως, από χυτοσίδηρο τουλάχιστον 200 κατά ISO και EN (GG-20) και τα στοιχεία από χυτοσίδηρο ανώτερης ποιότητας. Τα πλεονεκτήματα αυτού του λέβητα είναι η μακροζωία του, η πρόκληση μικρού θορύβου και η δυνατότητα αποσυναρμολόγησης και συναρμολόγησης μέσα στο λεβητοστάσιο.

Οι χαλύβδινοι λέβητες κατασκευάζονται, συνήθως, από φύλλα ποιότητας τουλάχιστον Fe 360 B κατά EN 10025 ή ειδικά χαλυβδόφυλλα λεβητοποιίας και σωλήνες ανάλογης ποιότητας με ή χωρίς ραφή. Κατασκευάζονται, συνήθως, κατά μπλοκ και παραδίδονται

συναρμολογημένοι και έχουν μικρό μέγεθος, είναι ελαφροί και έχουν καλή διάρκεια ζωής.

Μια τέτοιου είδους κατασκευή πρέπει να συμφωνεί με κάποια πρότυπα και κάποιες οδηγίες. Για το λόγο αυτό τα πρότυπα που ισχύουν για τους λέβητες αφορούν, μεταξύ άλλων, το βαθμό απόδοσης, το λόγο αέρα ή την περίσσεια αέρα και τον απαιτούμενο ελκυσμό στην έξοδο του λέβητα.[1]

6.5 Θερμάστρες αερίου

Θερμάστρες αερίου είναι διατάξεις κατανάλωσης αερίου, οι οποίες χρησιμεύουν αποκλειστικά για τη θέρμανση χώρων. Διακρίνουμε τις αυτόνομες θερμάστρες αερίου και τα αερόθερμα με αέριο.[11]

6.5.1 Αυτόνομες θερμάστρες αερίου

Οι αυτόνομες θερμάστρες αερίου διακρίνονται στα κονβεκτέρ και τις συσκευές ακτινοβολίας θερμότητας. Όταν εγκαθίστανται σε κλειστούς χώρους υπάρχει η ανάγκη σύνδεσης με καπνοδόχο για τη απαγωγή των καυσαερίων.

Με το κονβεκτέρ η θερμότητα αποδίδεται άμεσα χωρίς ενδιάμεσους φορείς στον αέρα του χώρου. Η θερμότητα του κονβεκτέρ μεταδίδεται στον αέρα του χώρου, ο οποίος διέρχόμενος διαμέσου της θερμάστρας, θερμαίνεται από τις επιφάνειες που έχουν θερμανθεί από τα αέρια καύσης. Σε κονβεκτέρ χωρίς μανδύα, όλες οι εξωτερικές επιφάνειες είναι επιφάνειες θέρμανσης. Σε κονβεκτέρ με μανδύα, οι εξωτερικές επιφάνειες δεν αποτελούν επιφάνειες θέρμανσης. Κονβεκτέρ με προστασία έναντι ακτινοβολίας πρέπει να εγκαθίστανται με τήρηση ελαχίστων αποστάσεων από μη πυρίμαχα δομικά υλικά. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν σχετικές οδηγίες η απαιτούμενη απόσταση είναι συνήθως 20cm. Αντίθετα, τα κονβεκτέρ χωρίς προστασία έναντι ακτινοβολίας πρέπει να τηρούν αποστάσεις από πυρίμαχα δομικά στοιχεία προς το πλάι 20cm και προς τα πάνω 40cm. Ενώ, από δομικά στοιχεία με πυρίμαχη επένδυση προς το πλάι 10cm και προς τα πάνω 40cm.[1,11]

6.5.2 Θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας

Οι θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται κυρίως σαν θερμάστρες οροφής σε μεγάλους χώρους. Η πλάκα ακτινοβολίας αποτελείται από πορώδες υλικό και το αέριο καίγεται στις οπές αυτής. Η μέγιστη θερμοκρασία της πλάκας είναι περίπου 850⁰C, ενώ εκτός από την ορατή ακτινοβολία εκπέμπεται και υπέρυθρη. Η ελάχιστη απόσταση από πυρίμαχα δομικά υλικά θα πρέπει να είναι 1m. Σε θερμάστρες

ακτινοβολίας εγκατεστημένες κάτω από το ταβάνι πρέπει να τηρείται μία απόσταση από αυτό περίπου 50cm. Σε οροφές από εύφλεκτα δομικά υλικά πρέπει να προβλεφθεί προστασία έναντι της ακτινοβολίας, τέλος η κάτω πλευρά της θερμάστρας πρέπει να βρίσκεται τουλάχιστον 2m πάνω από το δάπεδο.[1,11]

6.6 Καυστήρες

Οι καυστήρες διακρίνονται ανάλογα με το καιόμενο αέριο στις παρακάτω κατηγορίες:

1. καυστήρες μιας οικογένειας αερίων
2. καυστήρες δύο οικογενειών αερίων
3. καυστήρες όλων των οικογενειών αερίων.

Διακρίνονται ακόμη ανάλογα με τον τρόπο προσαγωγής του αέρα καύσης σε:

1. ατμοσφαιρικούς καυστήρες αερίου χωρίς ανεμιστήρα
2. καυστήρες αερίου με ανεμιστήρα.

Οι ατμοσφαιρικοί καυστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε συσκευές μαγειρέματος, σε οικιακές συσκευές θέρμανσης χώρων και νερού χρήσης, σε μικρούς λέβητες αλλά και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Σε μεγαλύτερους λέβητες και σε βιομηχανικές εφαρμογές κυρίως χρησιμοποιούνται καυστήρες με ανεμιστήρα. Ακόμη ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους υπάρχουν οι χειροκίνητοι καυστήρες, οι ημιαυτόματοι και οι αυτόματοι.[1]

6.6.1 Ατμοσφαιρικοί καυστήρες

Οι ατμοσφαιρικοί μη βιομηχανικοί καυστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως στην περιοχή των χαμηλών πιέσεων, είναι μικροί στην κατασκευή τους και σχετικά αθόρυβοι. Η δημιουργία του μίγματος καύσης γίνεται μέσω διάχυσης χωρίς κινητά μέρη, ενώ η ρύθμιση της ισχύος γίνεται με στραγγαλισμό της ροής αερίου. Υπάρχουν δύο είδη ατμοσφαιρικών καυστήρων, οι διάχυσης και οι έγχυσης.

Στους καυστήρες διάχυσης δεν υπάρχει προανάμιξη αερίου και αέρα και ο απαραίτητος για την καύση αέρας αναρροφάται από το περιβάλλον με διάχυση, ενώ δεν έχει καμία εφαρμογή στην περιοχή της θέρμανσης.

Ο καυστήρας έγχυσης χαρακτηρίζεται από την προανάμιξη αερίου και αέρα καύσης. Ο πρωτεύων αέρας αναρροφάται από το εξερχόμενο από το ακροφύσιο αέριο και ο δευτερεύων αέρας αναρροφάται με διάχυση υποβοηθούμενη από την άνωση.

Οι ατμοσφαιρικοί καυστήρες για οικιακές συσκευές διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. καυστήρες εσχαρίου
2. καυστήρες θερμαντήρων νερού
3. καυστήρες εστιών μαγειρέματος.

Κάθε ατμοσφαιρικός καυστήρας αποτελείται από το ακροφύσιο, το σωλήνα ανάμιξης, τον εσωτερικό χώρο του καυστήρα και την πλάκα του καυστήρα.

Οι καυστήρες εσχαρίου χρησιμοποιούνται σε ατμοσφαιρικούς λέβητες και σε θερμαντήρες χώρων. Ο σωλήνας ανάμιξης μπορεί να είναι τόσο εμπρός όσο και μέσα στον καυστήρα και οι οπές είναι διατεταγμένες κατά ομάδες για να προκύπτουν πολλαπλές φλόγες με ενδιάμεσα διαστήματα για την καλύτερη αναρρόφηση του δευτερεύοντος αέρα. Δεν χρησιμοποιούνται φλόγες συντήρησης και η σταθεροποίηση της φλόγας γίνεται με κατάλληλη διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων και ρύθμιση των ταχυτήτων εξόδου.

Οι καυστήρες θερμαντήρων νερού χρησιμοποιούνται σε θερμαντήρες συνεχούς ροής, ανακυκλοφορίας αλλά και συνδυασμένης λειτουργίας. Έχουν θερμική φόρτιση, συνήθως, 2kW ανά καυστήρα, άρα για μεγαλύτερη ισχύ χρειάζονται περισσότεροι. Για το λόγο αυτό θα πρέπει η διαμόρφωσή τους να διευκολύνει την ενσωμάτωσή τους μέσα στο πλαίσιο. Η πλάκα του καυστήρα κατασκευάζεται από υλικά ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες και στη διάβρωση. Ο σωλήνας ανάμιξης βρίσκεται κάτω από τον καυστήρα και η σταθεροποίηση της φλόγας γίνεται με συντηρητή φλόγας.

Οι καυστήρες εστιών μαγειρέματος χρησιμοποιούνται σε οικιακές συσκευές και σε θερμοσίφωνες αποθήκευσης. Έχουν κυκλική διαμόρφωση και αποσπώμενο καπάκι, συνήθως διαιρετό. Οι φλόγες σχηματίζουν στεφάνη και η σταθεροποίηση της φλόγας γίνεται με φλόγες συντήρησης.[1]

6.6.2 Καυστήρες αερίου με ανεμιστήρα

Χρησιμοποιούνται, συνήθως, για ισχείς μεγαλύτερες των 50kW και η ύπαρξη του ανεμιστήρα καθιστά δυνατή τη μεγάλη ανάμιξη του αέρα με το καύσιμο αέριο. Για το λόγο αυτό έχουν μεγάλη πυκνότητα ενέργειας καθώς και τη δυνατότητα για καθορισμό της μορφής της φλόγας. Τέτοιου είδους καυστήρες είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν με υπερπίεση, ενώ είναι απαραίτητη η καπνοδόχος για την απαγωγή των καυσαερίων. Οι καυστήρες με ανεμιστήρα αποτελούνται από τον

ανεμιστήρα με τον κινητήρα και τη διάταξη στραγγαλισμού, από την κεφαλή ανάμιξης και τις διατάξεις ρύθμισης, έναυσης και ασφάλειας.[1]

6.6.3 Βιομηχανικοί καυστήρες

Υπάρχουν πολλά είδη βιομηχανικών καυστήρων, οι οποίοι μπορούν να θερμαίνουν στερεά, υγρά και αέρια. Οι βιομηχανικές εφαρμογές απαιτούν περιοχές ρύθμισης 10:1 με σταθερή φλόγα και καλή ποιότητα καύσης. Υπάρχουν τρεις τύποι καυστήρων, οι ελεύθερης δέσμης, οι προανάμιξης και οι ανάμιξης. Ωστόσο, μπορεί κανείς να συναντήσει και πολλούς ειδικούς τύπους. Κατά την αξιολόγηση ενός συστήματος καύσης εκτός από το είδος του καυστήρα πρέπει να υπολογιστεί και η διαμόρφωση των χώρων καύσης αλλά και η ρύθμιση και η διεύθυνση του συστήματος.[1]

7.Απαγωγή καυσαερίων των συσκευών αερίου

Τα καυσαέρια των συσκευών πρέπει να απάγονται μέσω εγκατάστασης απαγωγής καυσαερίων στο ύπαιθρο. Η εγκατάσταση πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένη και κατασκευασμένη, ώστε να λειτουργεί με ασφάλεια.

7.1 Απαγωγή καυσαερίων μέσω καπνοδόχων

Οι συσκευές αερίου μπορούν να απάγουν τα καυσαέρια τους είτε συνδεδεμένες σε ιδιαίτερη καπνοδόχο είτε σε κοινή καπνοδόχο, μαζί με άλλες συσκευές. Οι κοινές καπνοδόχοι μπορούν να εξυπηρετούν αποκλειστικά συσκευές αερίου ή να είναι καπνοδόχοι μικτής φόρτισης, δηλαδή να εξυπηρετούν και συσκευές καύσης υγρών και στερεών καυσίμων. Κατά την επιλογή της καπνοδόχου πρέπει να συνυπολογίζονται οι ιδιαιτερότητες των συσκευών και των καπνοδόχων. [1]

7.1.1 Σύνδεση σε ιδιαίτερη καπνοδόχο

Οι συσκευές που πρέπει να συνδέονται σε ιδιαίτερη καπνοδόχο είναι οι ακόλουθες :

- συσκευές αερίου τύπου Β σε χώρους εγκατάστασης, όπου υπάρχει μονίμως ανοικτό άνοιγμα τροφοδοσίας αέρα καύσης, το οποίο οδηγεί στο ύπαιθρο,
- συσκευές αερίου τύπου Β σε κτίρια με περισσότερους από 5 ορόφους, οι οποίες δεν εγκαθίστανται στον ίδιο χώρο.[1]

7.1.2 Σύνδεση σε κοινή καπνοδόχο

Σε κοινή καπνοδόχο μπορούν να συνδέονται περισσότερες από μια συσκευές μόνο εάν πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Με κατάλληλη διαστασιολόγηση να εξασφαλίζεται η άψογη απαγωγή των καυσαερίων για κάθε κατάσταση λειτουργίας.
2. Σε περίπτωση υπερπίεσης κατά την απαγωγή των καυσαερίων να αποκλείεται η μετάδοση καυσαερίων μεταξύ του χώρου εγκατάστασης ή η έξοδος των καυσαερίων από τις συσκευές που δεν λειτουργούν.
3. Ο αγωγός καυσαερίων να αποτελείται από άκαυστα υλικά και να παρεμποδίζεται η μετάδοση πυρκαγιάς μέσω αποφρακτικών διατάξεων.[1]

7.1.3 Καπνοδόχος μικτής φόρτισης

Στην ίδια καπνοδόχο μπορούν να συνδέονται συσκευές αερίου με ασφάλεια ροής και λοιπές συσκευές με εστία καύσης χωρίς ανεμιστήρα για στερεά ή υγρά καύσιμα.

Ο αριθμός των συνδεόμενων συσκευών καύσης είναι καλό να μην ξεπερνάει τις τρεις. Οι καπναγωγοί για συσκευές καύσης για στερεά ή υγρά καύσιμα πρέπει να έχουν ανοδικό τμήμα μήκους τουλάχιστον 1 m αμέσως πίσω από το περιστόμιο των καυσαερίων.

Ως καπνοδόχοι μικτής φόρτισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν καπνοδόχοι σε υφιστάμενα κτίρια, για να αποφευχθούν υπερβολικές δαπάνες. Ωστόσο, πιθανώς να έχουν προβλήματα ρύπανσης, καθώς αιθάλη από τις λοιπές συσκευές πιθανώς να ρυπαίνει τους χώρους εγκατάστασης συσκευών αερίου, διερχόμενη μέσω της ασφάλειας ροής.[1]

7.2 Απαγωγή καυσαερίων μέσω ιδιαίτερου φρεατίου απαγωγής

Σε ένα ιδιαίτερο φρεάτιο απαγωγής μπορούν να συνδεθούν ένας ταχυθερμοσίφωνα, ένας θερμαντήρας νερού αποθήκευσης, ένας θερμαντήρας νερού ανακυκλοφορίας, ένας θερμαντήρας νερού συνδυασμένης λειτουργίας και ένας θερμαντήρας χώρου.

Οι συσκευές πρέπει να συνδέονται στον ίδιο χώρο. Σε περίπτωση που οι συσκευές καύσης συνδέονται κάθε μία στον δικό της καπναγωγό, τότε η σύνδεση του θερμαντήρα χώρου πρέπει να διαταχθεί κάτω από τη σύνδεση των άλλων συσκευών αερίου. Είναι σημαντικό, οι εισαγωγές των καπναγωγών στο φρεάτιο απαγωγής να βρίσκονται πάνω από τα ανοίγματα απαγωγής αέρα. Ακόμη, τα ανοίγματα εξόδου των ασφαλειών ροής των συσκευών αερίου πρέπει να βρίσκονται κάτω από τις κάτω ακμές των ανοιγμάτων απαγωγής αέρα.

Σε περίπτωση που πρόκειται στο ίδιο φρεάτιο να συνδεθούν περισσότερες από μία συσκευές, τότε αυτές θα πρέπει να διαταχθούν με τρόπο τέτοιο, ώστε να είναι δυνατή η απαγωγή των καυσαερίων μέσω κοινού καπναγωγού. Σε μία τέτοια περίπτωση οι συσκευές μπορούν να θεωρηθούν ως μία συσκευή.[1]

7.3 Κατασκευή-Τοποθέτηση καπνοδόχων

Η σύγχρονη τάση είναι να κατασκευάζονται οι καπνοδόχοι πολυστρωματικές με χρήση φράγματος υδρατμών ή απαγωγής της διεισδύουσας υγρασίας με αερισμό, για προστασία έναντι της υγρασίας.

Πρέπει ακόμη να έχουν σταθερή διατομή, να διατάσσονται μέσα ή κοντά σε κτίρια και τα στόμια εκβολής να μην είναι κοντά σε παράθυρα ή μπαλκόνια και να προεξέχουν πάνω από την οροφή ή τη στέγη. Τα δομικά στοιχεία μιας καπνοδόχου είναι η βάση, η κεφαλή, τα ανοίγματα σύνδεσης καπναγωγών και τα ανοίγματα καθαρισμού με κλείστρα.

Στις καπνοδόχους μπορούν να εγκαθίστανται για λειτουργικούς λόγους οι παρακάτω διατάξεις:

- αποφρακτικές διατάξεις,
- διατάξεις δευτερεύοντος αέρα,
- διατάξεις στραγγαλισμού και
- αποφρακτικά αιθάλης.

[1]

7.4 Στοιχεία σύνδεσης καπναγωγών

Οι καπναγωγοί πρέπει να οδηγούν τα καυσαέρια με όσο το δυνατόν μικρότερη πτώση πίεσης και μικρότερες θερμικές απώλειες από τις συσκευές στις καπνοδόχους. Ακόμη πρέπει να έχουν κλίση και να είναι στεγανοί.

Πρέπει να οδηγούν στην καπνοδόχο κατά το συντομότερο δρόμο, διότι όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος των καπναγωγών τόσο μεγαλύτερες είναι και οι αντιστάσεις στη ροή.

Τα οριζόντια τμήματα θα πρέπει να έχουν κλίση 2-3% ενώ γενικά συνίσταται οι καπναγωγοί να έχουν μεγαλύτερες κλίσεις. Οι καπναγωγοί σύνδεσης συσκευών καύσης με κοινές καπνοδόχους, χωρίς ανοδικό τμήμα, πρέπει να έχουν συνολικό μήκος μέχρι 0,5m. Αν έχουν ανοδικό τμήμα το συνολικό μήκος τους μπορεί να είναι 2,5m. Το τμήμα του κοινού καπναγωγού που διαρρέεται από τα καυσαέρια και των δύο συσκευών πρέπει να έχει εσωτερική διατομή περίπου ίση με το 80% του αθροίσματος των εσωτερικών διατομών των ξεχωριστών καπναγωγών. Στην περίπτωση της μικτής φόρτισης οι καπναγωγοί πρέπει να έχουν ανοδικό τμήμα, πίσω από το περιστόμιο των καυσαερίων, τουλάχιστον 1m.

Είναι αναγκαίο οι καπναγωγοί να μπορούν να καθαρισθούν εύκολα, ενώ τα ανοίγματα, που πιθανώς να υπάρχουν, να μπορούν να κλειστούν στεγανά. Πρέπει ακόμη να υπάρχουν ανοίγματα μετρήσεων για τη μέτρηση απωλειών από τα καυσαέρια.

Τα υλικά κατασκευής των καπναγωγών είναι, συνήθως, το μέταλλο και το ινοτσιμέντο.[1]

8.Μελέτη καυσίμου αερίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά μια διαδικασία σχεδιασμού και διαστασιολόγησης μιας εγκατάστασης φυσικού αερίου μιας μονοκατοικίας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα απαραίτητα στάδια για την επιλογή των συνήθων συσκευών φυσικού αερίου που τοποθετούνται, τον σχεδιασμό του δικτύου των σωληνώσεων φυσικού αερίου και την τοποθέτηση των απαραίτητων εξαρτημάτων του δικτύου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στάδια υπολογισμού των διαμέτρων των σωλήνων, των καπναγωγών και των καπνοδόχων.

Η εκπόνηση μιας μελέτης ξεκινά από τον προσδιορισμό των χώρων (από τα αρχιτεκτονικά σχέδια) του κτιρίου, στους οποίους θα τοποθετηθούν οι συσκευές αερίου και από τον προσδιορισμό της θέσης των καπναγωγών και των καπνοδόχων. Στη συνέχεια, γίνεται προσδιορισμός της θέσης τοποθέτησης του μετρητή καθώς και του σημείου εισόδου της σωλήνωσης στο κτίριο. Ακολούθως, γίνεται ο σχεδιασμός της σωλήνωσης και η τοποθέτηση των απαραίτητων εξαρτημάτων, έτσι ώστε κάθε συσκευή αερίου μέσω του δικτύου να τροφοδοτείται με αέριο. Τέλος, γίνεται διαστασιολόγηση του δικτύου των σωληνώσεων, των καπναγωγών και των καπνοδόχων.

Τα ανωτέρω αναλύονται περισσότερο στις επόμενες παραγράφους με τη βοήθεια ενός παραδείγματος.

8.1 Προσδιορισμός των χώρων τοποθέτησης συσκευών φυσικού αερίου, των χαρακτηριστικών αυτών, των καπναγωγών και των καπνοδόχων

Με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου προσδιορίζονται οι χώροι στους οποίους σύμφωνα με τον κανονισμό ή τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του κτιρίου θα τοποθετηθούν οι συσκευές (για παράδειγμα στην κουζίνα ενός κτιρίου τοποθετούνται συνήθως μία κουζίνα αερίου και ένα ψυγείο αερίου κ.λ.π.). Στη συνέχεια, τοποθετούνται οι συσκευές στις συγκεκριμένες θέσεις. Με βάση τις απαιτήσεις της κάθε συσκευής και τον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1bar – ΦΕΚ 963/Β/15.07.03 επιλέγονται το είδος, ο τύπος και η τιμή σύνδεσης της κάθε συσκευής.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα απαραίτητα στοιχεία για τις συσκευές που επιλέχθηκαν για την περίπτωση του παραδείγματος το οποίο εξετάζεται.

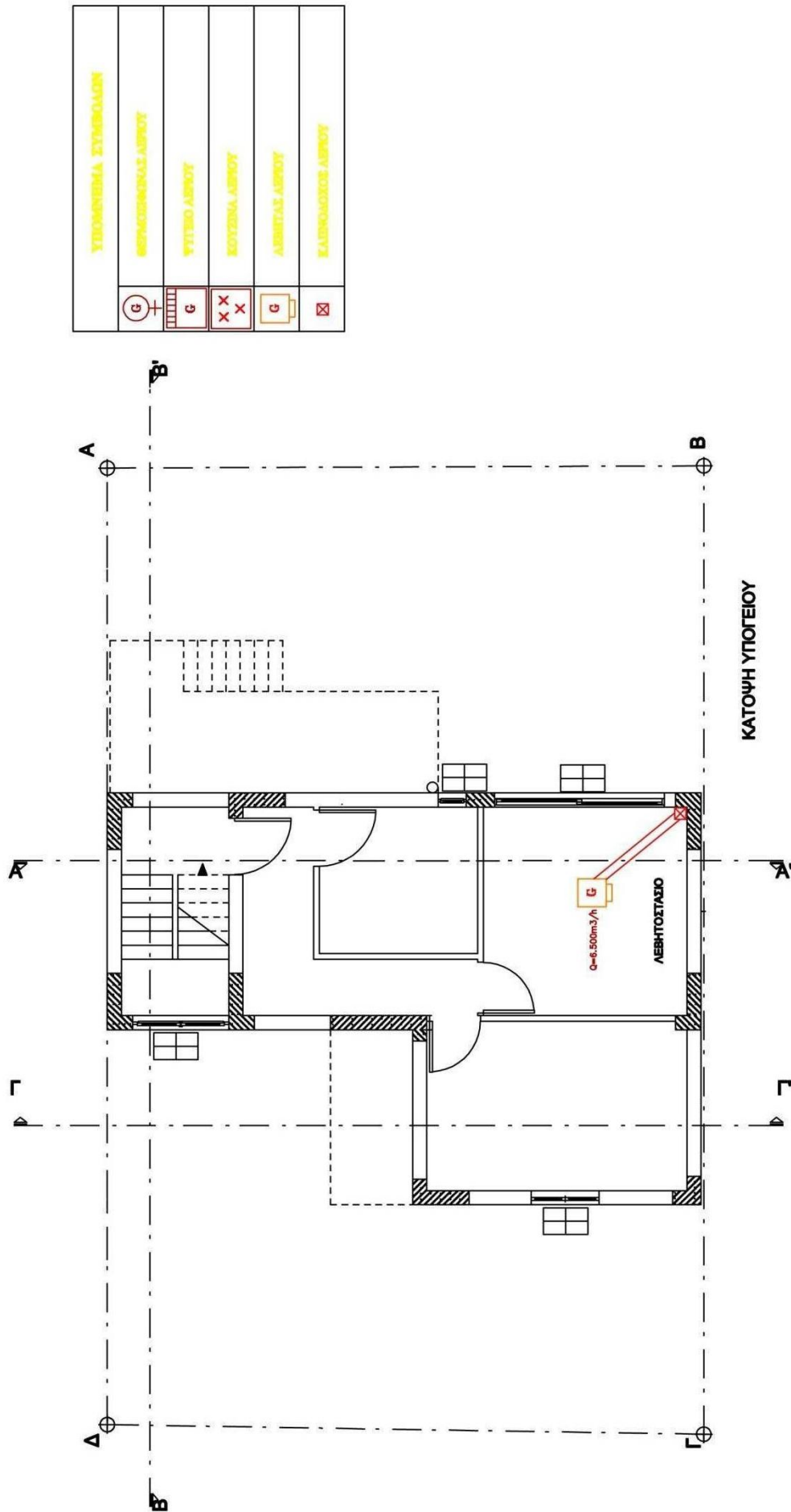
Πίνακας 9: Στοιχεία συσκευών

Συσκευή	Είδος	Τύπος	Τιμή σύνδεσης (m ³ /h)
Θερμαντήρας αποθήκευσης 200 L	ΘΧ	B11	1.2
Ψυγείο	ΜΕ	A1	0.1
Κουζίνα αερίου	ΜΕ	A1	1.3
Λέβητας αερίου	ΒΧ	A1	6.5

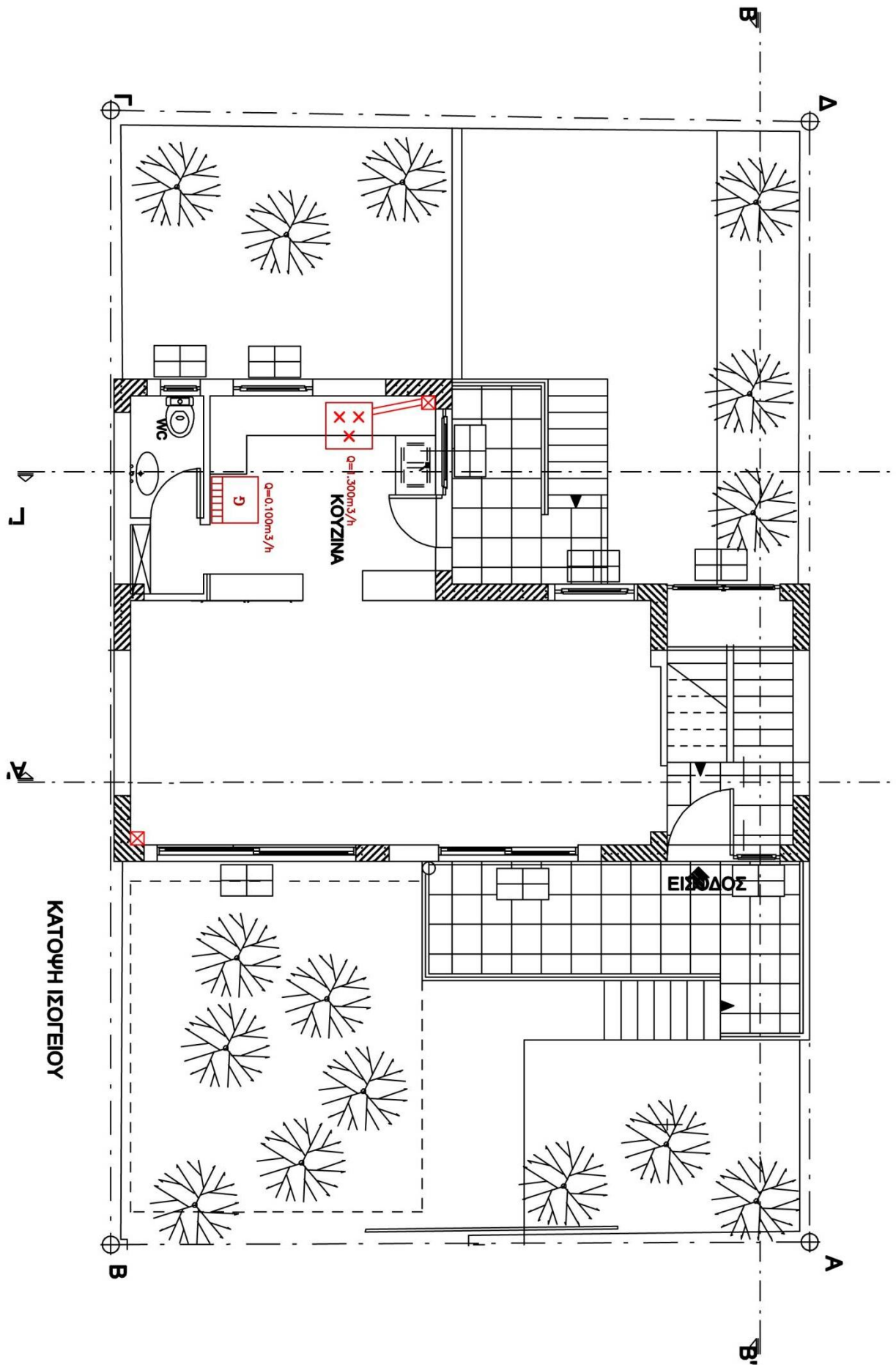
Γνωρίζοντας την θέση των συσκευών, μπορεί να γίνει επιλογή της θέσης των καπναγωγών και των καπνοδόχων, όπου αυτοί απαιτούνται. Η τοποθέτηση των καπναγωγών και των καπνοδόχων πρέπει να γίνεται με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς [12,13] καθώς επίσης την ελαχιστοποίηση των λειτουργικών και αισθητικών προβλημάτων που μπορεί να δημιουργηθούν. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις θέσεις διέλευσης των καπνοδόχων στους διάφορους ορόφους των κτιρίων, λόγω των πιθανών διαφορετικών διαμορφώσεων των χώρων σε κάθε επίπεδο.

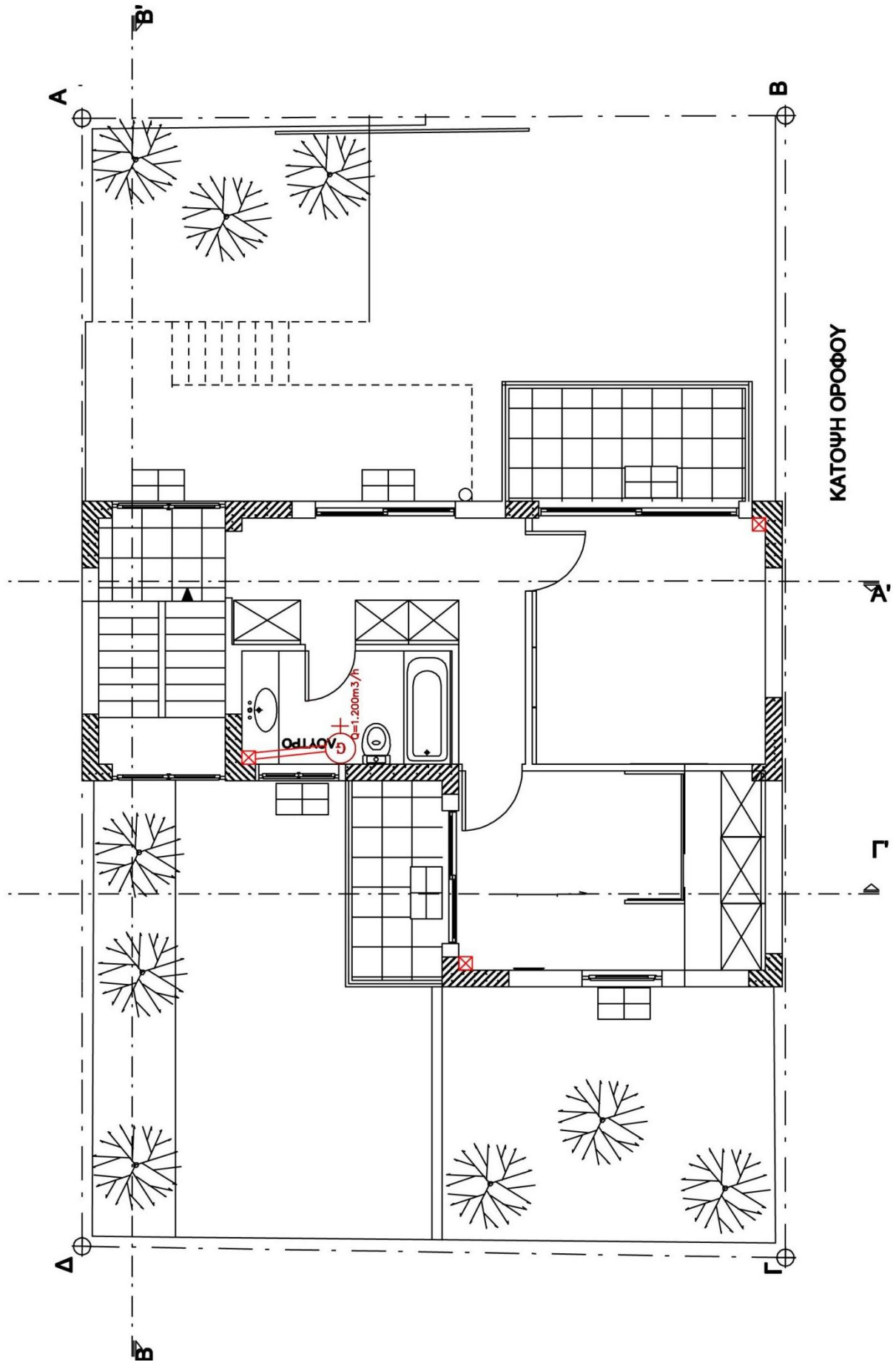
Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται μια εφαρμογή των ανωτέρω στην περίπτωση μια διώροφης οικίας με υπόγειο. Στα σχέδια 8.1, 8.2 και 8.3 φαίνονται οι συσκευές, οι θέσεις τοποθέτησης τους και η τιμή σύνδεσης της εκάστοτε συσκευής καθώς επίσης και η θέση των απαραίτητων καπναγωγών και καπνοδόχων.

Στα σχέδια που ακολουθούν σε όλη τη μελέτη έχουν εξαιρεθεί οι διαστάσεις των χώρων, για λόγους καλύτερης παρουσίασης.



ΥΠΟΓΕΙΩΝΑ ΣΥΜΒΑΛΩΝ	
ΒΕΡΑΝΔΑΚΟΣ ΑΕΡΙΟΥ	
ΥΠΕΡΟ ΑΕΡΙΟΥ	
ΕΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΡΙΟΥ	
ΑΒΙΒΙΤΑΣ ΑΕΡΙΟΥ	
ΕΛΕΓΧΟΛΟΓΟΣ ΑΕΡΙΟΥ	





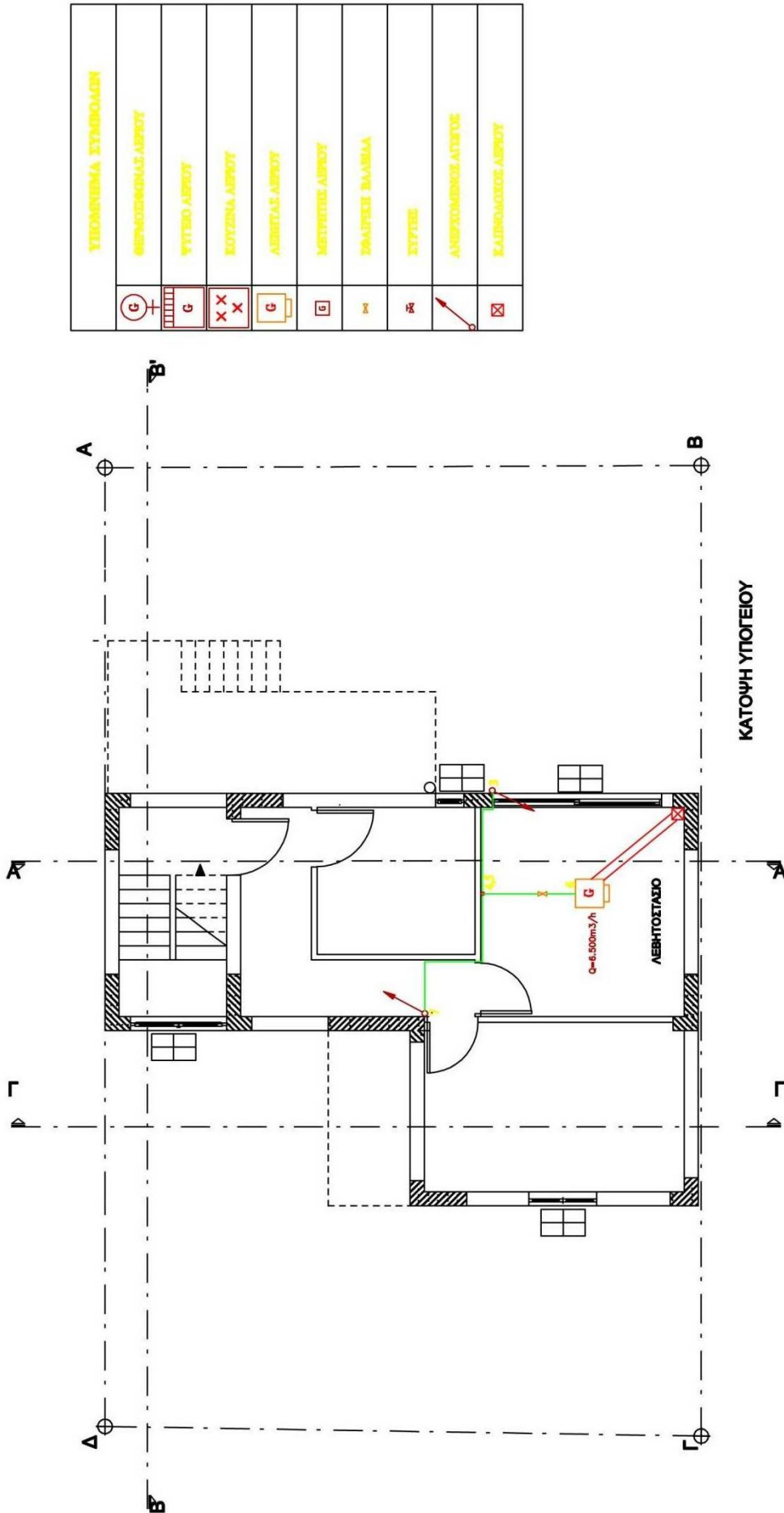
8.2 Σχεδιασμός του δικτύου σωληνώσεων

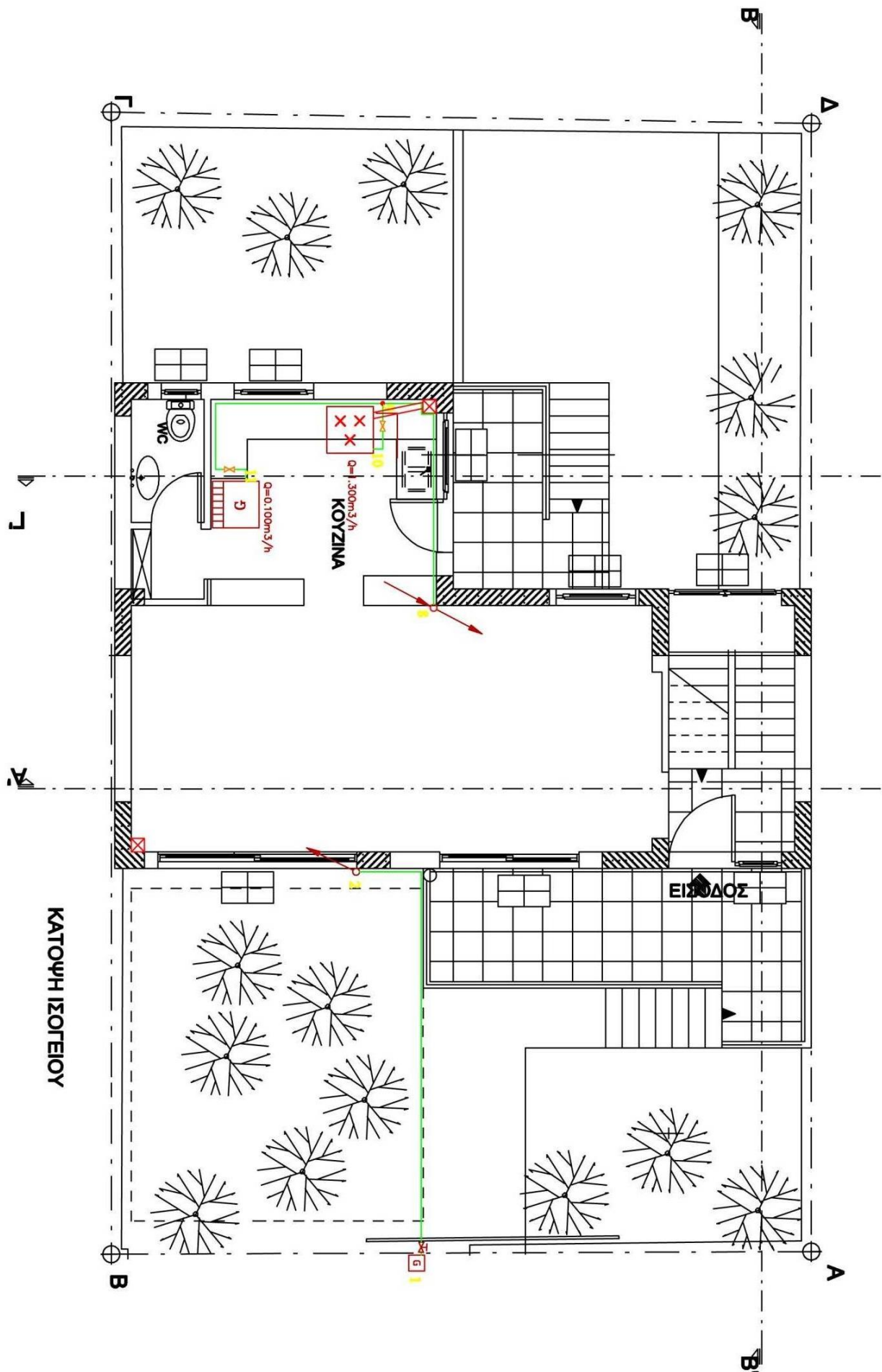
Αρχικά προσδιορίζονται η θέση του μετρητή αερίου και το σημείο εισόδου της σωλήνωσης στο κτίριο. Αφού γίνει ο σχεδιασμός του ανωτέρου τμήματος του δικτύου και τοποθετηθούν τα απαραίτητα εξαρτήματα, σχεδιάζονται οι διαδρομές των σωλήνων στο εσωτερικό του κτιρίου. Ο σχεδιασμός γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις των σχετικών κανονισμών [12,13], καθώς επίσης και την ελαχιστοποίηση του μήκους των σωληνώσεων, την αποφυγή επιπρόσθετων αλλαγών πορείας και τις πιθανές διαμορφώσεις των χώρων από τους οποίους θα διέρχονται οι σωληνώσεις. Σημαντικό είναι κατά τον σχεδιασμό των σωληνώσεων να τοποθετηθούν τα απαραίτητα εξαρτήματα και οι διάφορες διατάξεις για την σωστή και ασφαλή λειτουργία του δικτύου και τη συντήρηση αυτού. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα απαραίτητα στοιχεία του δικτύου.

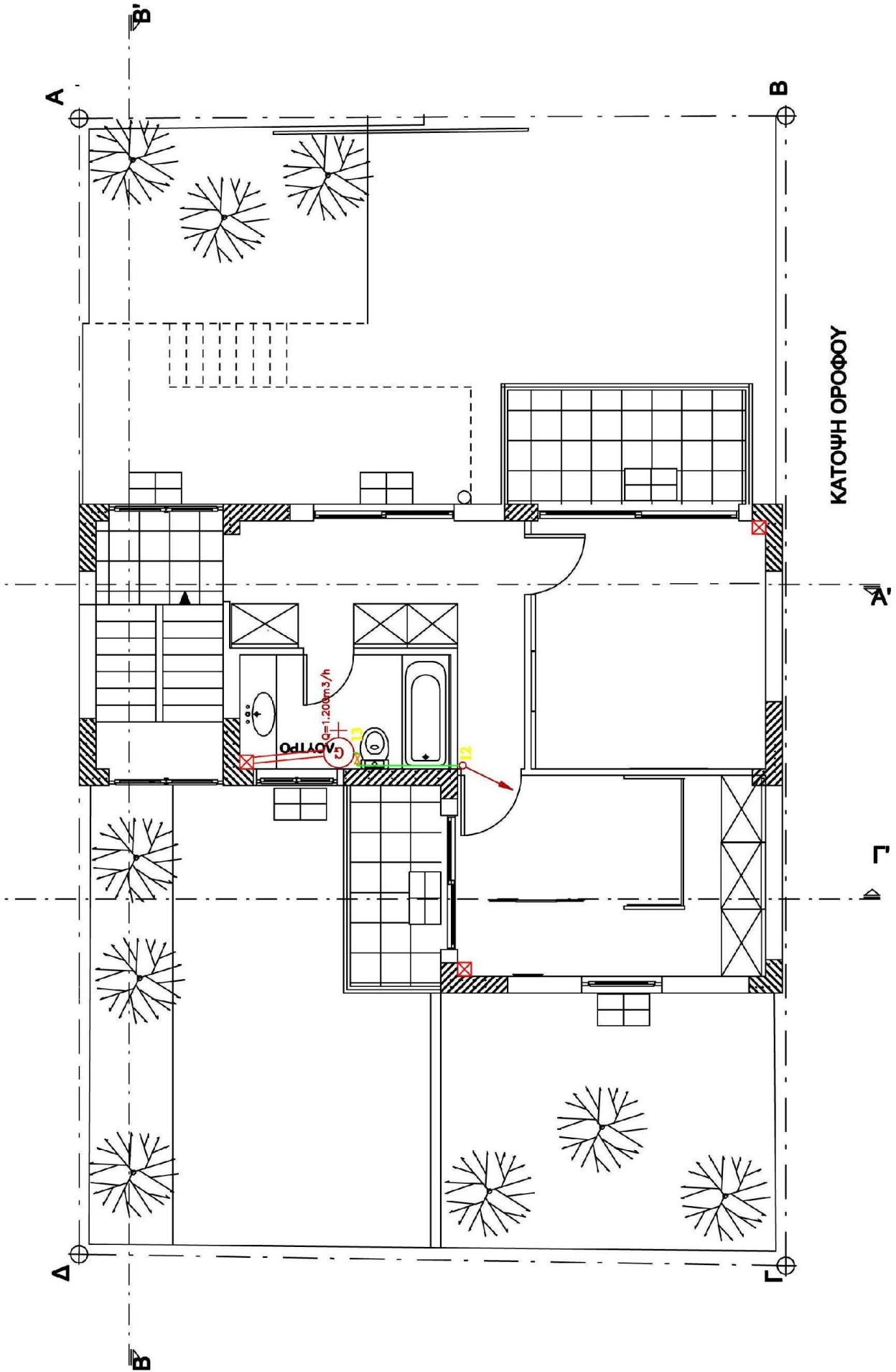
Πίνακας 10: Στοιχεία δικτύου

Οικογένεια Αερίου	2η Οικογένεια Ομάδα Η
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Χαλυβδοσωλήνας μεσαίου τύπου
Τραχύτητα Κύριου Σωλήνα (μm)	500

Στα σχέδια 8.4, 8.5 και 8.6 δίνεται μία εφαρμογή των ανωτέρω στην περίπτωση μια διώροφης οικίας με υπόγειο.







8.3 Υπολογισμός του δικτύου σωληνώσεων

Αρχικά το δίκτυο διαιρείται σε επί μέρους τμήματα. Η διαίρεση γίνεται με βάση τα σημεία όπου μεταβάλλεται η παροχή όγκου αιχμής ή η ονομαστική διάμετρος του σωλήνα. Σ' αυτές τις θέσεις συναντάται κάποιο στοιχείο μορφής. Το στοιχείο μορφής στην αρχή προσμετράται στο θεωρούμενο τμήμα, ενώ το τελευταίο στοιχείο μορφής προσμετράται στο επόμενο επί μέρους τμήμα, με εξαίρεση τα στοιχεία T 90° - αντιρροής και τα διπλά τόξα T 90° - αντιρροής.

Ένας εύκολος τρόπος προσδιορισμού των ανωτέρω τμημάτων είναι η χρήση συνεχόμενης αρίθμησης για κάθε θέση του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό ορίζεται ένα τμήμα δικτύου (π.χ. 1,2 και άρα τμήμα δικτύου 1-2).

Αφού ολοκληρωθεί η αρίθμηση όλων των θέσεων του δικτύου, για κάθε τμήμα του δικτύου υπολογίζεται το μήκος αυτού, η κατεύθυνσή του και τα εξαρτήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα σε αυτό.

Στο σημείο αυτό μπορεί να σχεδιαστεί εν μέρει το αξονομετρικό διάγραμμα της εγκατάστασης αερίου. Στο σχέδιο αυτό φαίνονται οι συσκευές, τα διάφορα τμήματα του δικτύου κ.λ.π. Για το παράδειγμα που μελετάται το αξονομετρικό διάγραμμα δίνεται στο σχήμα 8.13 σε επόμενη παράγραφο. Περισσότερες λεπτομέρειες για τα απαραίτητα στοιχεία των ανωτέρω στοιχείων μπορούν να αναζητηθούν στους σχετικούς κανονισμούς [12,13].

Για κάθε τμήμα του δικτύου στη συνέχεια δίνονται το μήκος του, η υψομετρική διαφορά ΔH σε m κάθε τμήματος (με '+' οι ανερχόμενοι αγωγοί, με '-' οι κατερχόμενοι αγωγοί), τα διάφορα εξαρτήματα τα οποία περιλαμβάνει καθώς και το άθροισμα των συντελεστών των τοπικών απωλειών Σζ.

Πίνακας 11:Στοιχεία δικτύου σωληνώσεων

Τμήμα δικτύου	Μήκος Σωλήνα (m)	Εξαρτήματα	Σζ Εξαρτημάτων	ΔΗ Υψομετρική διαφορά(m)
1-2	6.80	1αλλαγή διεύθυνσης με γωνία,1 σύνδεση μετρητή DN25, 1 σύρτης	3.20	-
2-3	0.50	1 αλλαγή διεύθυνσης με γωνία,	0.70	-0.50
3-4	1.93	3 αλλαγές διεύθυνσης με γωνία	2.10	-
4-5	2.70	1 στοιχείο T-90 ⁰ διαχωρισμός κλάδος	1.30	-2.70
5-6	1.50	1 στοιχείο T-90 ⁰ καθαρισμού, 1 βαλβίδα σφαιρική διέλευσης	1.80	-
4-7	3.30	2 αλλαγές διεύθυνσης με γωνία	1.40	-
7-8	1.00	1 στοιχείο T-90 ⁰ καθαρισμού	1.30	+1.00
8-9	3.90	1 στοιχείο T-90 ⁰ διαχωρισμός κλάδος, 3 αλλαγές διεύθυνσης με γωνία	3.40	-
9-10	0.90	1 στοιχείο T-90 ⁰ διαχωρισμός διέλευση,1 αλλαγή διεύθυνσης με γωνία, 1 βαλβίδα σφαιρική διέλευσης	1.50	-
9-11	4.20	3 αλλαγές διεύθυνσης με γωνία, 1 βαλβίδα σφαιρική διέλευσης	2.60	-
8.12	5.50	-	-	+5.50
12-13	1.75	3 αλλαγές διεύθυνσης με γωνία, 1 βαλβίδα σφαιρική διέλευσης	2.60	-

Στη συνέχεια για κάθε επί μέρους τμήμα προσδιορίζεται η παροχή του όγκου αιχμής (V_A), ξεκινώντας για ευκολία από τα σημεία σύνδεσης των συσκευών. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20mbar γίνεται με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης συνολικής πτώσης πίεσης $\Delta p_{\text{επιτρ.}}=1,3\text{mbar}$.

- Η διαθέσιμη συνολική πτώσης πίεσης $\Delta p_{\text{επιτρ.}} = 1,3 \text{ mbar}$ κατανέμεται,
- 0,8 mbar στους κεντρικούς αγωγούς τροφοδοσίας και
 - 0,5 mbar στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών.

Αν πρόκειται για απλό δίκτυο σωληνώσεων (τροφοδοσία μέχρι 4 συσκευές) ή για δίκτυο με αναλογικά μικρού μήκους κεντρικό κλάδο διανομής, τότε δεν απαιτείται η κατανομή της διαθέσιμης συνολικής πτώσης πίεσης στον κεντρικό κλάδο τροφοδοσίας και στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών και ως μόνο κριτήριο χρησιμοποιείται η μη υπέρβαση των 1,3 mbar. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar γίνεται με μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης ίση με το 5% της πίεσης λειτουργίας.

Η ταχύτητα του αερίου στους σωλήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6 m/s.

Η παροχή όγκου αιχμής (V_A) προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση:

$$V_A = \sum V_{\Sigma \text{ME}} f_{\text{TME}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘP}} f_{\text{TΘP}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘX}} f_{\text{TΘX}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘA}} f_{\text{TΘA}} + \sum V_{\Sigma \text{BX}} f_{\text{TBX}} \quad (9.1)$$

όπου

$V_{\Sigma \text{II}}$ οι τιμές σύνδεσης των συσκευών II, f_{TII} οι συντελεστές ταυτοχρονισμού των συσκευών II,

ενώ οι επί μέρους δείκτες II σημαίνουν

- ME: μαγειρική εστία (κουζίνες, βραστήρες, χύτρες, φούρνοι αερίου)
- ΘP: θερμαντήρας νερού ροής (ταχυθερμοσίφωνες)
- ΘX: θερμαντήρας χώρου ή θερμαντήρες νερού αποθήκευσης
- ΘA: θερμαντήρας ανακυκλοφορίας, θερμαντήρας συνδυασμένης λειτουργίας ή λέβητας αερίου με $Q_n < 30 \text{ kW}$
- BX: συσκευές αερίου χρησιμοποιούμενες στη βιοτεχνία ή τη βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού και θέρμανσης σε συνδυασμό με λέβητες αερίου με $Q_n > 30 \text{ kW}$

Η τιμή σύνδεσης προσδιορίζεται από την ονομαστική θερμική φόρτιση της συσκευής, η οποία δίνεται επάνω στην πινακίδα της συσκευής καθώς και στις οδηγίες εγκατάστασης της.

Η διάκριση των συσκευών αερίου, όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 6.1.1, για τις εφαρμογές της οικιακής χρήσης σε τέσσερα είδη έγινε με βάση τις μεγάλες διαφορές σε σχέση με τον ταυτοχρονισμό στη χρήση τους. Οι συντελεστές ταυτοχρονισμού για κάθε είδος συσκευών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12: Συντελεστές ταυτοχρονισμού για όλα τα είδη των συσκευών αερίου[12]

Αριθμός των συσκευών	Συντελεστές ταυτοχρονισμού ανηγμένοι στις συσκευές		
	f_{TME}	f_{TOP}	f_{TOX}
1	0,621	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800
3	0,371	0,456	0,703
4	0,325	0,373	0,641
5	0,294	0,320	0,597
6	0,271	0,283	0,564
7	0,253	0,255	0,537
8	0,239	0,234	0,515
9	0,227	0,217	0,496
10 και άνω	0,217	0,202	0,480

Ο εκάστοτε συντελεστής ταυτοχρονισμού f_{TBX} για συσκευές που χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνία ή βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού χρήσης και θέρμανσης (λέβητες αερίου με $P_n > 30kW$) πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη τις συνθήκες χρήσης. Σε περίπτωση αμφιβολίας λαμβάνεται $f_{TBX} = 1,0$.

Στη συνέχεια για κάθε τμήμα αγωγού υπολογίζεται το άθροισμα των τιμών σύνδεσης $V_{ΣII}$, για κάθε είδος συσκευής. Ακόλουθα χρησιμοποιώντας τον πίνακα 10 υπολογίζεται ο συντελεστής ταυτοχρονισμού f_{TII} για κάθε είδος συσκευής και σε συνάρτηση με τον αριθμό των συσκευών που έχουν υπολογιστεί για κάθε τμήμα. Για κάθε είδος συσκευής σε κάθε τμήμα αγωγού δημιουργούνται τα γινόμενα $V_{ΣII} * f_{TII}$, δηλαδή των αθροισμάτων των τιμών σύνδεσης επί τους συντελεστές ταυτοχρονισμού. Έπειτα για κάθε τμήμα αγωγού υπολογίζεται η εξυπηρετούμενη παροχή όγκου αιχμής για κάθε τμήμα αγωγού (V_A) με βάση τη σχέση 9-1.

Για την περίπτωση του παραδείγματος το οποίο εξετάζεται, κάθε τμήμα αγωγού δίνονται στη συνέχεια το άθροισμα των τιμών σύνδεσης κάθε συσκευής, ο αριθμός αυτών, ο συντελεστής ταυτοχρονισμού, τα αθροίσματα των τιμών σύνδεσης με τους συντελεστές ταυτοχρονισμού καθώς και η εξυπηρετούμενη παροχή του όγκου αιχμής.

Πίνακας 13:Υπολογισμός όγκου αιχμής συσκευών

Τμήμα αγωγού	είδος/ αρ. συσκ.	ΣVΣII m ³ /h	fTII -	VA m ³ /h	ΣVA m ³ /h
1-2	ME: 2	1.400	0.621	0.869	8.569
	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	
	BX: 1	6.500	1.000	6.500	
2-3	ME: 2	1.400	0.621	0.869	8.569
	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	
	BX: 1	6.500	1.000	6.500	
3-4	ME: 2	1.400	0.621	0.869	8.569
	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	
	BX: 1	6.500	1.000	6.500	
4-5	BX: 1	6.500	1.000	6.500	6.500
5-6	BX:1	6.500	1.000	6.500	6.500
4-7	ME: 2	1.400	0.621	0.869	2.069
	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	
7-8	ME: 2	1.400	0.621	0.869	2.069
	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	
8-9	ME: 2	1.400	0.621	0.869	0.869
9-10	ME: 1	1.300	0.621	0.807	0.807
9-11	ME: 1	0.100	0.621	0.062	0.062
8-12	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	1.200
12-13	ΘΧ: 1	1.200	1.000	1.200	1.200

Με βάση τους πίνακες 6.3, 6.4, 6.5 του κανονισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar-ΦΕΚ 963/Β/15.07.03 γίνεται εκτίμηση της ονομαστικής διαμέτρου DN συναρτήσει τις αντίστοιχης παροχής όγκου αιχμής (V_A) και για ταχύτητα περίπου 3m/s. Από τους ίδιους πίνακες εκτιμώνται η αντίστοιχη ταχύτητα u (m/s) και η ανηγμένη πτώση πίεσης R (mbar/m) του κάθε τμήματος αγωγού.

(Οι τιμές των πινάκων και των διαγραμμάτων βασίζονται σε τραχύτητες σωλήνων:

- Για χαλυβδοσωλήνες $k=0.5 \text{ mm}$
- Για χαλκοσωλήνες $k=0.015 \text{ mm}$

(Όπως έχει προαναφερθεί στο παράδειγμα που παρουσιάζεται έχουν επιλεγεί χαλυβδοσωλήνες.)

Για κάθε τμήμα αγωγού υπολογίζουμε το γινόμενο της ανηγμένης πτώσης πίεσης του κάθε τμήματος αγωγού (R) επί το μήκος του τμήματος αυτού (I), $R \cdot I$, δηλαδή υπολογίζονται οι απώλειες πίεσης λόγω τριβών στους σωλήνες. Με βάση τον πίνακα 6.6 του κανονισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar – ΦΕΚ 963/Β/15.07.03 προσδιορίζονται οι τοπικές απώλειες πίεσης (Δp_T) συναρτήσει της ταχύτητας u και του αθροίσματος των συντελεστών των απωλειών $\Sigma \zeta$ για κάθε τμήμα. Εξαιτίας της διαφοράς πυκνότητας μεταξύ αερίου και αέρα στους ανερχόμενους ή κατερχόμενους αγωγούς μεταφοράς αερίου προκύπτει μία διαφορά πίεσης. Πιο συγκεκριμένα για τα αέρια με πυκνότητα μικρότερη από εκείνη του αέρα εμφανίζεται ένα κέρδος πίεσης στους ανερχόμενους αγωγούς ενώ στους κατερχόμενους μία απώλεια πίεσης.

Η άνωση εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά ΔH και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\Delta p_H = \Delta H \cdot (\rho_g - \rho_a) g \quad (9-2)$$

όπου

ρ_g : η πυκνότητα του αερίου

ρ_a : η πυκνότητα του αέρα

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και πίεση λειτουργίας 20mbar λαμβάνονται κατά συνθήκη

για τον αέρα $\rho_a = 1,200 \text{ kg/m}^3$

για αέρια 2^{ης} οικογένειας $\rho_g = 0,790 \text{ kg/m}^3$

Με τον τρόπο αυτό προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση:

$$\Delta p_H = \Delta H \cdot (-0,04) \text{ (mbar)} \quad (9-3)$$

Βάσει αυτής της εξίσωσης υπολογίζεται το κέρδος ή η απώλεια πίεσης Δp_H συναρτήσει της υψομετρικής διαφοράς ΔH (σε m και θετικό πρόσημο για ανερχόμενους αγωγούς και αρνητικό για κατερχόμενους). Για κάθε τμήμα αγωγού υπολογίζεται η συνολική πτώση πίεσης Δp_{TA} με βάση τη σχέση:

$$\Delta_{PTA} = R \cdot I + \Delta_{PT} + \Delta_{PH} \quad (9-4)$$

Στη συνέχεια γίνεται έλεγχος αν η συνολική πτώση πίεσης σε κάθε τμήμα αγωγού είναι μικρότερη από την κατά περίπτωση μέγιστη επιτρεπόμενη : $\Delta_{PTA} \leq \Delta_{REPIPTP}$

όπου

$\Delta_{REPIPTP} = 0,8$ mbar στους κεντρικού αγωγούς τροφοδοσίας και

$\Delta_{REPIPTP} = 0,5$ mbar στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών

Σε περίπτωση που σε κάποιο τμήμα αγωγού η συνολική πτώση πίεσης είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη τιμή, τότε πρέπει να αυξηθεί η ονομαστική διάμετρος για να μειωθεί η συνολική πτώση πίεσης κάτω από το μέγιστο όριο. Αν για κάποιο κλάδο η συνολική πτώση πίεσης είναι πολύ μικρότερη από την επιτρεπόμενη τιμή τότε θα πρέπει να μειωθούν οι ονομαστικές διαμέτροι σε κάποιο ή σε όλα τα τμήματα των αγωγών, ώστε η τιμή να πλησιάσει την επιτρεπόμενη.

Ακολουθώντας και αφού σε κάθε τμήμα η συνολική πτώση πίεσης κυμαίνεται στα επιτρεπτά όρια, υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες πίεσης των κλάδων Δ_{PKL} , δηλαδή τα αθροίσματα:

$$\Delta_{PKL} = \Sigma \Delta_{PTA} \quad (9-5)$$

Για την περίπτωση του παραδείγματος το οποίο εξετάζεται, για κάθε τμήμα δικτύου δίνονται στη συνέχεια η διάμετρος και η συνολική πτώση πίεσης και οι συνολικές απώλειες πίεσης των κλάδων Δ_{PKL} , με βάση τη σχέση 9-5.

Πίνακας 14:Υπολογισμός συνολικής πτώσης πίεσης κάθε τμήματος αγωγού

Τμήμα αγωγού	DN	u	R	RI	Σζ	ΔρΤ	ΔΗ	ΔρΗ	ΔρΤΑ	έλεγχος ΣΔρΤΑ <= Δρεπιτρ
	-	m/s	mbar/m	mbar	-	mbar	m	mbar	mbar	
1-2	40	1.820	0.015	0.105	3.200	0.041			0.146	0.146<=0.8 0.146<=1.3
2-3	40	1.820	0.015	0.008	0.700	0.009	-0.50	+0.02	+0.037	0.037<=0.8 0.183<=1.3
3-4	40	1.820	0.015	0.029	2.100	0.028			0.058	0.058<=0.8 0.241<=1.3
4-5	32	1.800	0.018	0.049	1.300	0.016	-2.70	0.108	0.173	0.173<=0.8 0.414<=1.3
5-6	32	1.800	0.018	0.027	1.800	0.023			0.005	0.005<=0.5 0.464<=1.3
4-7	20	1.552	0.028	0.092	1.400	0.139			0.231	0.231<=0.8 0.695<=1.3
7-8	20	1.552	0.028	0.028	1.300	0.031	+1.00	-0.04	0.055	0.055<=0.5 0.750<=1.3
8-9	15	1.217	0.017	0.066	3.400	0.017			0.083	0.083<=0.8 0.833<=1.3
9-10	15	0.130	0.016	0.011	1.500	0.007			0.021	0.021<=0.8 0.854<=1.3
9-11	1/2"	0.086	0.000	0.000	2.600	0.000				0.000<=0.5 0.854<=1.3
8-12	15	1.658	0.048	0.264			+5.50	-0.22	0.044	0.044<=0.8 0.898<=1.3
12-13	15	1.685	0.048	0.084	2.600	0.026			0.110	0.110<=0.8 1.008<=1.3

8.4 Προσδιορισμός των καπναγωγών και των καπνοδόχων

Ο προσδιορισμός των καπναγωγών γίνεται σύμφωνα με τον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1bar – ΦΕΚ 963/Β/15.07.03. Οι καπναγωγοί μπορούν να είναι κυκλικής, τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής. Οι διαστάσεις, διάμετρος ή πλευρές, καθορίζονται συνήθως από τον κατασκευαστή της συσκευής, σε αντίθετη περίπτωση συνίσταται να χρησιμοποιούνται οι ελάχιστες διαστάσεις του πίνακα 9.3 του κανονισμού, σε συνάρτηση με την ονομαστική θερμική ισχύ της κάθε συσκευής.

Η διαστασιολόγηση της καπνοδόχου κάθε συσκευής γίνεται με βάση των εικόνων 3, 4, 5 του παραρτήματος 8 του κανονισμού. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγεται το κατάλληλο διάγραμμα για κάθε τύπο συσκευής και βάσει της ονομαστικής θερμικής ισχύος της συσκευής και του ενεργού ύψους καπνοδόχου προσδιορίζεται, προσεγγιστικά προς τα τυποποιημένα μεγέθη, η εσωτερική διάμετρος της καπνοδόχου.

Στη συνέχεια γίνεται υπολογισμός των καπναγωγών και των καπνοδόχων των συσκευών του παραδείγματος:

Υπολογισμός καπναγωγού λέβητα

Βάσει της ονομαστικής θερμικής ισχύος του λέβητα (46.52KW) και του πίνακα 9.3 του κανονισμού [12] επιλέγεται καπναγωγός τετραγωνικής διατομής 15x15cm².

Υπολογισμός καπνοδόχου λέβητα(K.1)

Για την καπνοδόχο αυτή υπάρχουν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Παροχή (m³/h) :6.5
- Ονομαστική θερμική ισχύς των συσκευών καπνοδόχου (kW):46.52
- Αριθμός συσκευών καπνοδόχου:1
- Είδος συσκευών καπνοδόχου: χωρίς ανεμιστήρα
- Ενεργό Ύψος Καπνοδόχου (m):9

Με βάση την εικόνα 5 του παραρτήματος 8 του κανονισμού [12] υπολογίζεται, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα η ελάχιστη απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος της καπνοδόχου 15.9cm. Η τιμή αυτή βάσει του κανονισμού αντιστοιχεί σε κυκλική καπνοδόχο.

Για τη μετατροπή της σε καπνοδόχο τετραγωνικής διατομής χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση, που συνδέει τη διάμετρο της κυκλικής διατομής με το μήκος της κάθε πλευράς της τετραγωνικής διατομής:

$$a^2 = \pi \frac{d^2}{4} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (9-6)$$

όπου

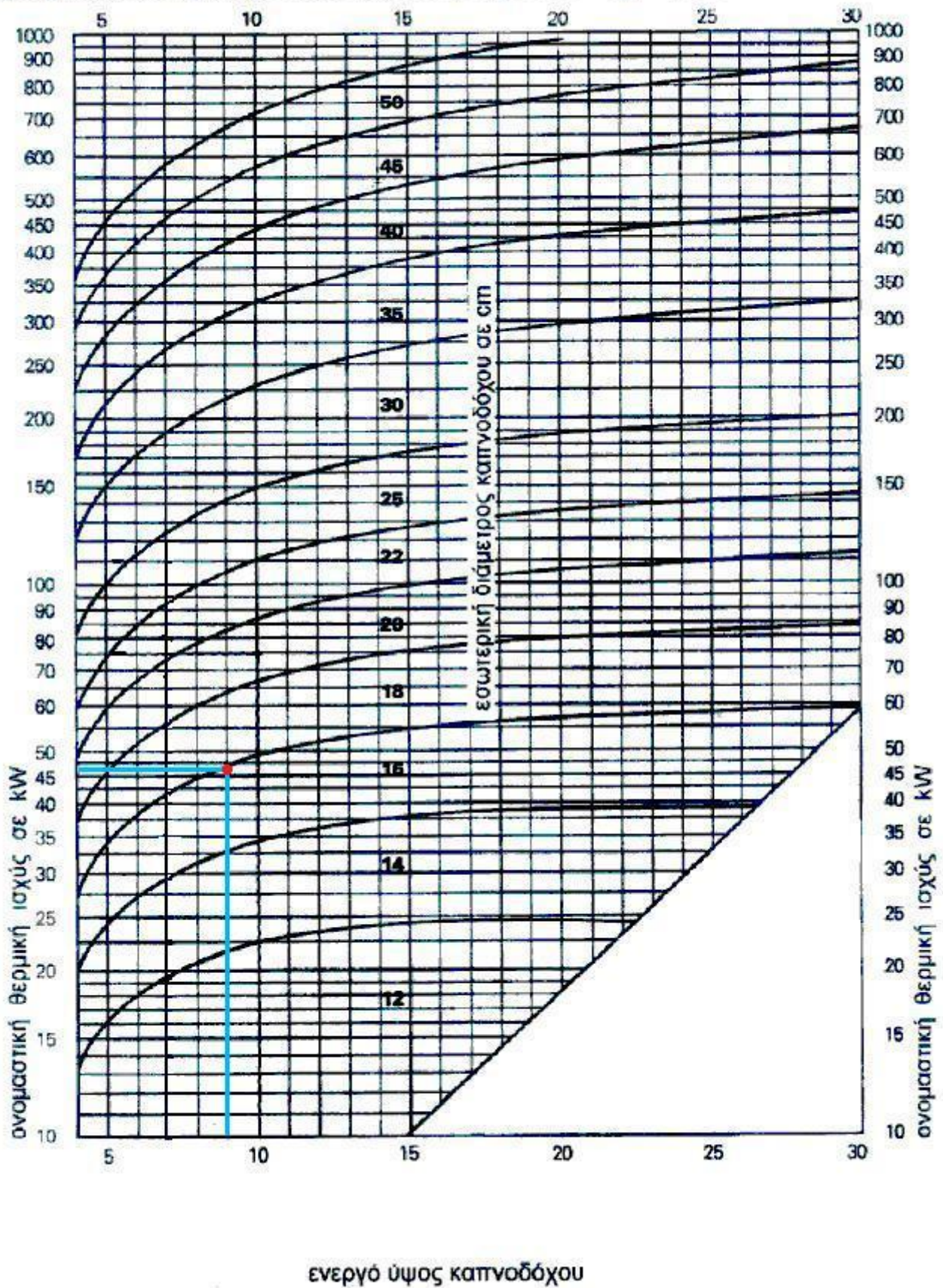
a: το μήκος κάθε πλευράς του τετραγώνου

d: η απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος που έχει βρεθεί παραπάνω.

Για το λέβητα η ελάχιστη πλευρά της τετραγωνικής καπνοδόχου υπολογίζεται 14.08cm και έτσι επιλέγονται:

- Μήκος ή διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm): 20
- Πλάτος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm): 20
- Υδραυλική διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm): 20

Θερμοκρασία καυσαερίων μετά την ασφάλεια ροής 100°C $t_w < 120^\circ\text{C}$



Σχήμα 8.7: Καπνοδόχος για λέβητα αερίου

Υπολογισμός καπναγωγού κουζίνας αερίου

Βάσει της ονομαστικής θερμικής ισχύος της κουζίνας αερίου (11KW) και του πίνακα 9.3 του κανονισμού [12] επιλέγεται καπναγωγός τετραγωνικής διατομής 9x9cm².

Υπολογισμός καπνοδόχου κουζίνας αερίου(K.2)

Για την καπνοδόχο αυτή υπάρχουν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Παροχή (m³/h) :1.3
- Ονομαστική θερμική ισχύς των συσκευών καπνοδόχου (kW):11
- Αριθμός συσκευών καπνοδόχου:1
- Είδος συσκευών καπνοδόχου: χωρίς ανεμιστήρα
- Ενεργό Ύψος Καπνοδόχου (m):6.5

Με βάση την εικόνα 5 του παραρτήματος 8 του κανονισμού [12] υπολογίζεται, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα η ελάχιστη απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος της καπνοδόχου 10.3cm. Η τιμή αυτή βάσει του κανονισμού αντιστοιχεί σε κυκλική καπνοδόχο.

Για τη μετατροπή της σε καπνοδόχο τετραγωνικής διατομής χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση, που συνδέει τη διάμετρο της κυκλικής διατομής με το μήκος της κάθε πλευράς της τετραγωνικής διατομής:

$$a^2 = \pi \frac{d^2}{4} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (9-6)$$

όπου

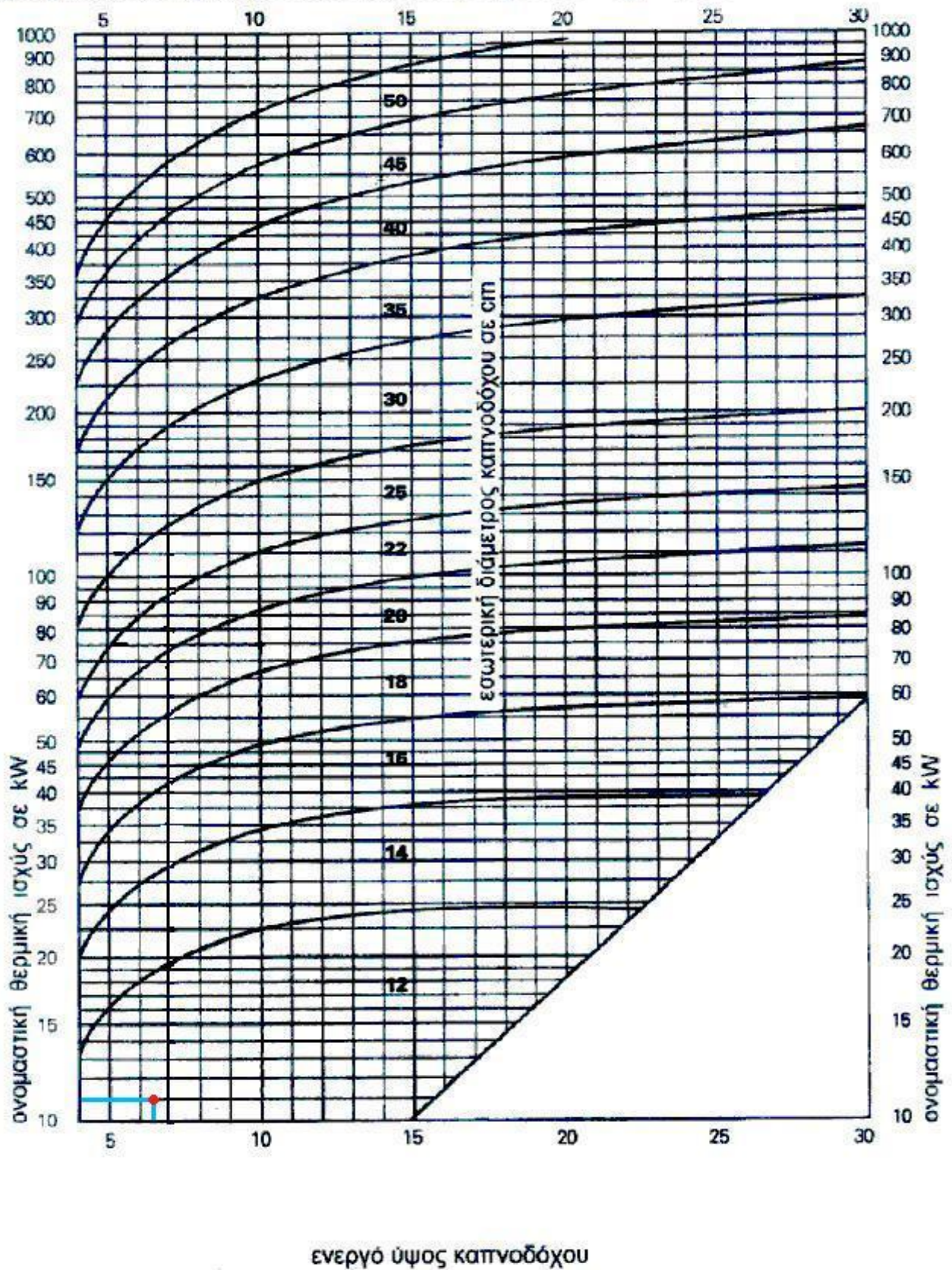
a:το μήκος κάθε πλευράς του τετραγώνου,d:η απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος που έχει βρεθεί παραπάνω.

Για την κουζίνα αερίου η ελάχιστη πλευρά της τετραγωνικής καπνοδόχου υπολογίζεται 9.13cm και έτσι επιλέγονται:

- Μήκος ή διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15
- Πλάτος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15
- Υδραυλική διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15

Για την κουζίνα αερίου επιλέχθηκε η συγκεκριμένη τιμή υδραυλικής διαμέτρου καπνοδόχου γιατί είναι η μικρότερη τυποποιημένη τιμή.

Θερμοκρασία καυσαερίων μετά την ασφάλεια ροής 100°C $t_w < 120^\circ\text{C}$



Σχήμα 8.8: Καπνοδόχος για κουζίνα αερίου

Υπολογισμός καπναγωγού θερμοσίφωνα αερίου

Βάσει της ονομαστικής θερμικής ισχύος της κουζίνας αερίου (10.5KW) και του πίνακα 9.3 του κανονισμού [12] επιλέγεται καπναγωγός τετραγωνικής διατομής 9x9cm².

Υπολογισμός καπνοδόχου θερμοσίφωνα αερίου(K.3)

Για την καπνοδόχο αυτή υπάρχουν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Παροχή (m³/h) :0.1
- Ονομαστική θερμική ισχύς των συσκευών καπνοδόχου (kW):10.5
- Αριθμός συσκευών καπνοδόχου:1
- Είδος συσκευών καπνοδόχου: χωρίς ανεμιστήρα
- Ενεργό Ύψος Καπνοδόχου (m):2

Με βάση την εικόνα 5 του παραρτήματος 8 του κανονισμού [12] υπολογίζεται, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα η ελάχιστη απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος της καπνοδόχου 9.8cm. Η τιμή αυτή βάσει του κανονισμού αντιστοιχεί σε κυκλική καπνοδόχο.

Για τη μετατροπή της σε καπνοδόχο τετραγωνικής διατομής χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση, που συνδέει τη διάμετρο της κυκλικής διατομής με το μήκος της κάθε πλευράς της τετραγωνικής διατομής:

$$a^2 = \pi \frac{d^2}{4} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (9-6)$$

όπου

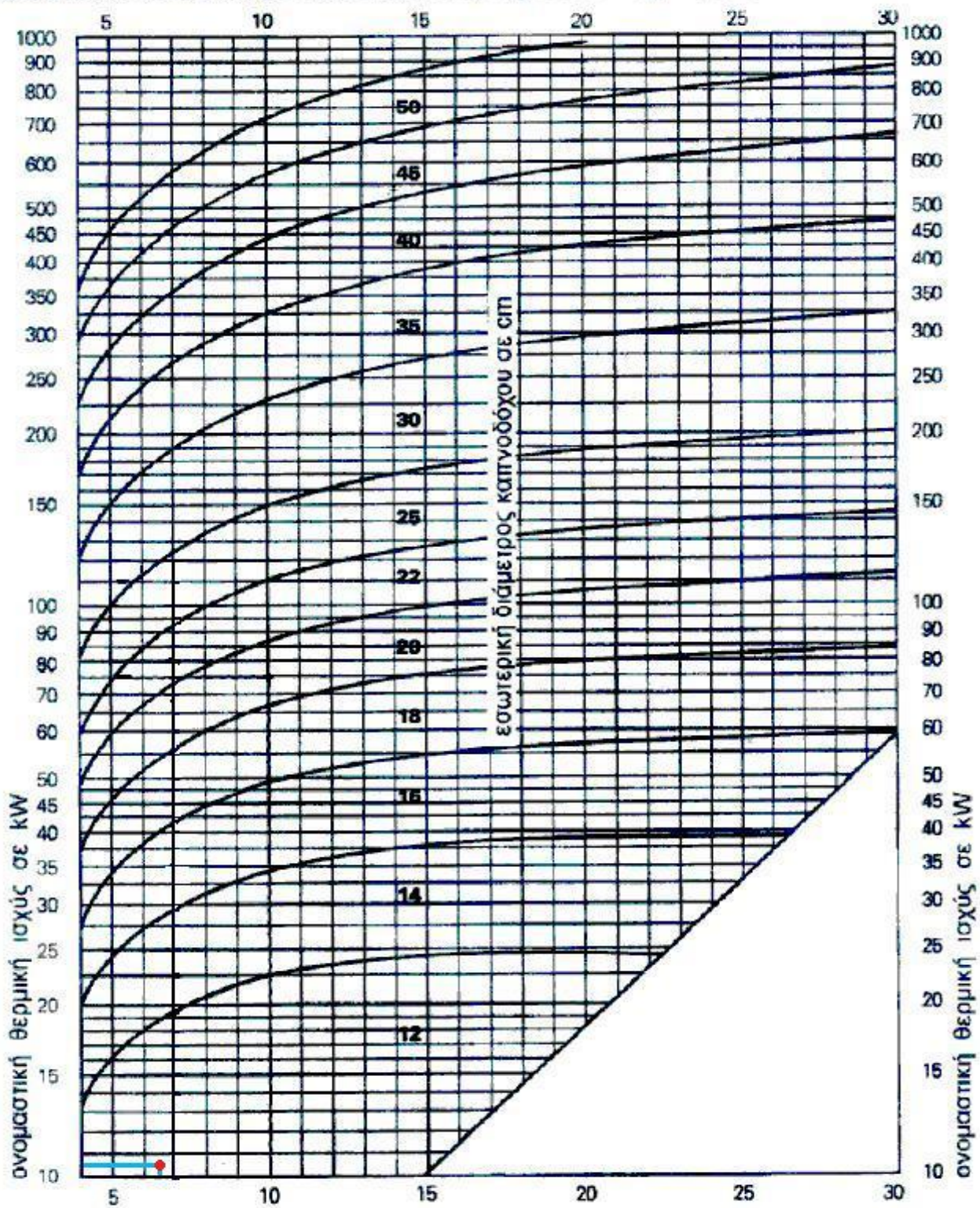
a:το μήκος κάθε πλευράς του τετραγώνου,d:η απαιτούμενη υδραυλική διάμετρος που έχει βρεθεί παραπάνω.

Για την κουζίνα αερίου η ελάχιστη πλευρά της τετραγωνικής καπνοδόχου υπολογίζεται 8.68cm και έτσι επιλέγονται:

- Μήκος ή διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15
- Πλάτος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15
- Υδραυλική διάμετρος επιλεγόμενης καπνοδόχου (cm):15

Για το θερμοσίφωνα αερίου επιλέχθηκε η συγκεκριμένη τιμή υδραυλικής διαμέτρου καπνοδόχου γιατί είναι η μικρότερη τυποποιημένη τιμή.

Θερμοκρασία καυσαερίων μετά την ασφάλεια ροής 100°C $t_w < 120^\circ\text{C}$



Ενεργό ύψος καπνοδόχου

Σχήμα 8.9: Καπνοδόχος για θερμοσίφωνα αερίου

8.5 Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνολικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας υπολογισμού που έχει προηγηθεί.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα μελέτης δικτύου καυσίμων αερίων

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα m	Είδος Συσκευής	Παροχή Συσκευής m ³ /h	Παροχή Αιχμής m ³ /h	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Αερίου m/s	Σζ εξαρτη μάτων	Τριβές Εξαρτημάτων mbar	Τριβές Ανωσης mbar	Τριβές Σωλήνων mbar	Ολική Τριβή mbar
1-2	6.80		9.100	8.569	DN 40	1.820	3.200	0.041		0.105	0.146
2-3	0.50		9.100	8.569	DN 40	1.820	0.700	0.009	0.02	0.008	0.037
3-4	1.93		9.100	8.569	DN 40	1.820	2.100	0.028		0.029	0.058
4-5	2.70		6.500	6.500	DN 32	1.800	1.300	0.016	0.108	0.049	0.173
5-6	1.50	ΛΕΒ.	6.500	6.500	DN 32	1.800	1.800	0.023		0.027	0.050
4-7	3.30		2.600	2.069	DN 20	1.552	1.400	0.139		0.092	0.231
7-8	1.00		2.600	2.069	DN 20	1.552	1.300	0.031	-0.04	0.028	0.055
8-9	3.90		1.400	0.869	DN 15	1.217	3.400	0.017		0.066	0.083
9-10	0.90	ΚΟΥΖ.	1.300	0.062	DN 15	0.807	1.500	0.007		0.011	0.021
9-11	4.20	ΨΥΓ.	0.100	0.062	DN 15	0.086	2.600	0.000		0.000	0.000
8-12	5.50		1.200	1.200	DN 15	1.658	0.000	0.048	-0.22	0.264	0.044
12-13	1.75	ΘΕΡΜ.	1.200	1.200	DN 15	1.685	2.600	0.048		0.084	0.110

Οι πτώσεις πίεσης στους κλάδους σε mbar είναι :

Πτώση πίεσης στον κλάδο 1..6 : 0.464

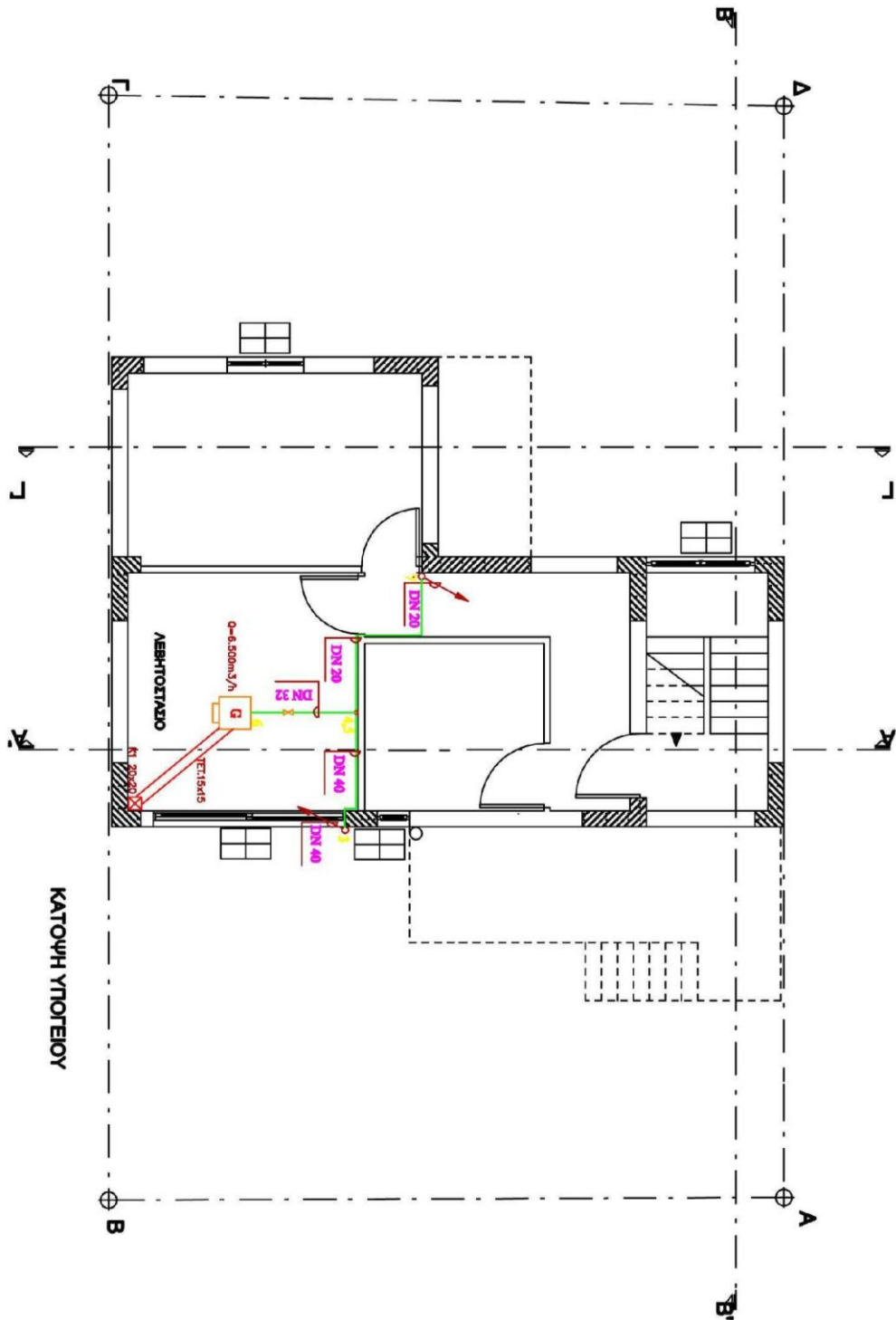
Πτώση πίεσης στον κλάδο 1..11 : 0.610

Πτώση πίεσης στον κλάδο 1..13 : 0.681

Όπως φαίνεται ο δυσμενέστερος κλάδος του δικτύου είναι ο 1.13 με πτώση πίεσης 0.681mbar.

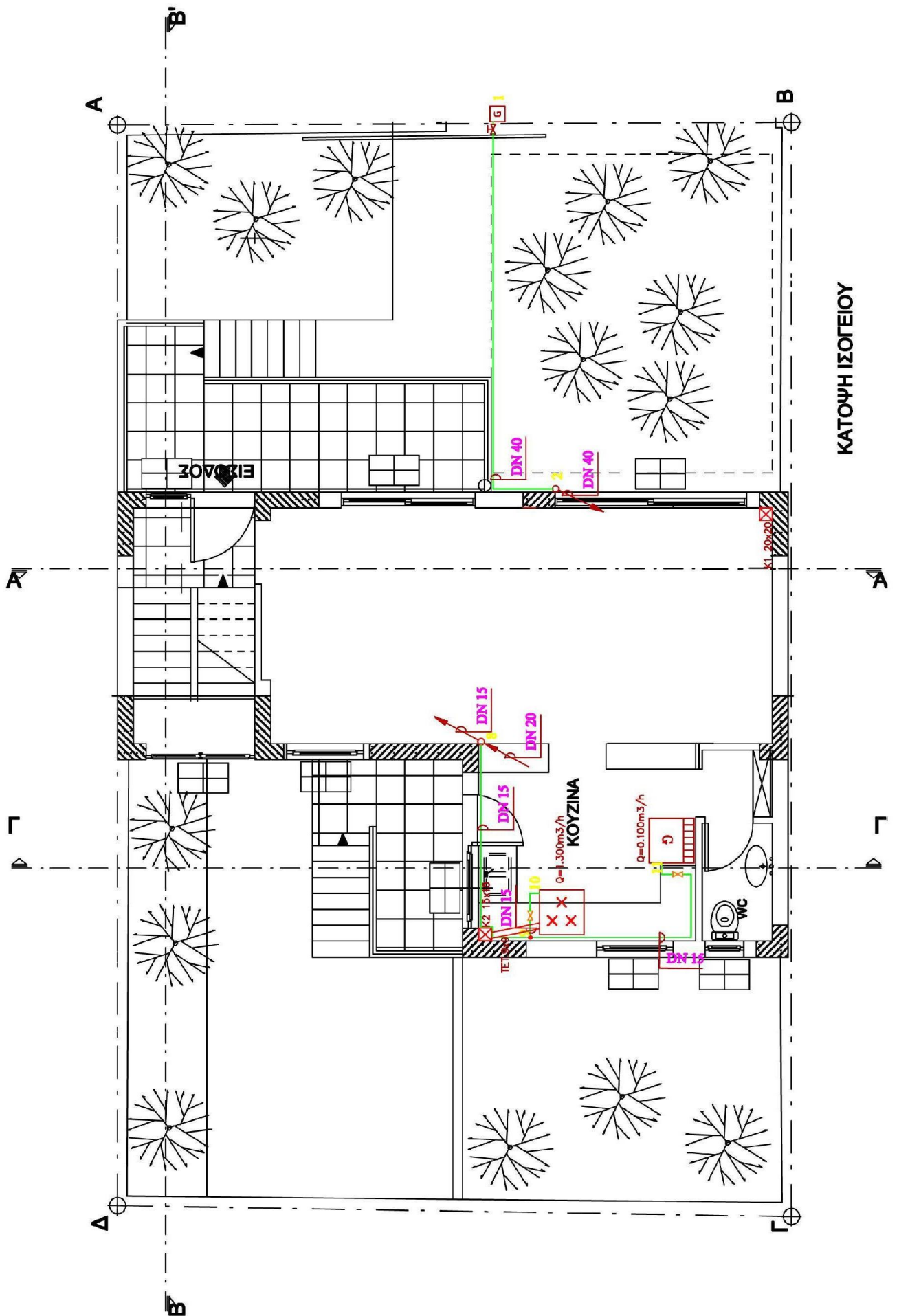
Στα σχέδια 8.10, 8.11, 8.12 παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια μίας διόροφης οικίας με υπόγειο, όπου φαίνονται οι συσκευές αερίου που έχουν τοποθετηθεί με τις τιμές σύνδεσής τους, οι καπναγωγοί και οι καπνοδόχοι που τοποθετήθηκαν με τα χαρακτηριστικά τους, τα τμήματα αγωγού, και το δίκτυο των σωληνώσεων με τα εξαρτήματά του και τις τιμές των διαμέτρων και των μηκών των αγωγών.

Στο σχέδιο 8.13 παρουσιάζεται το αξονομετρικό διάγραμμα εγκατάστασης αερίου με όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

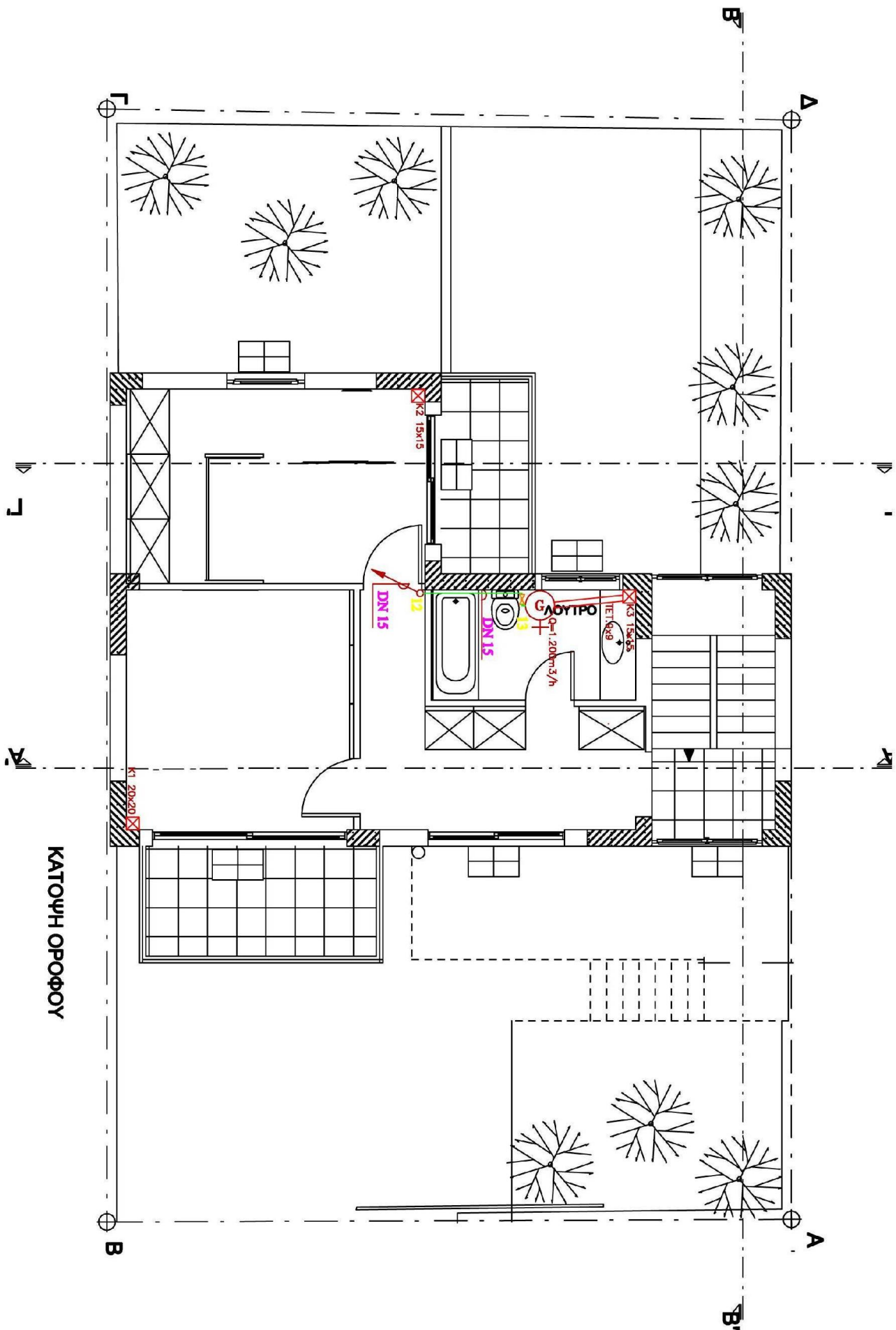


ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

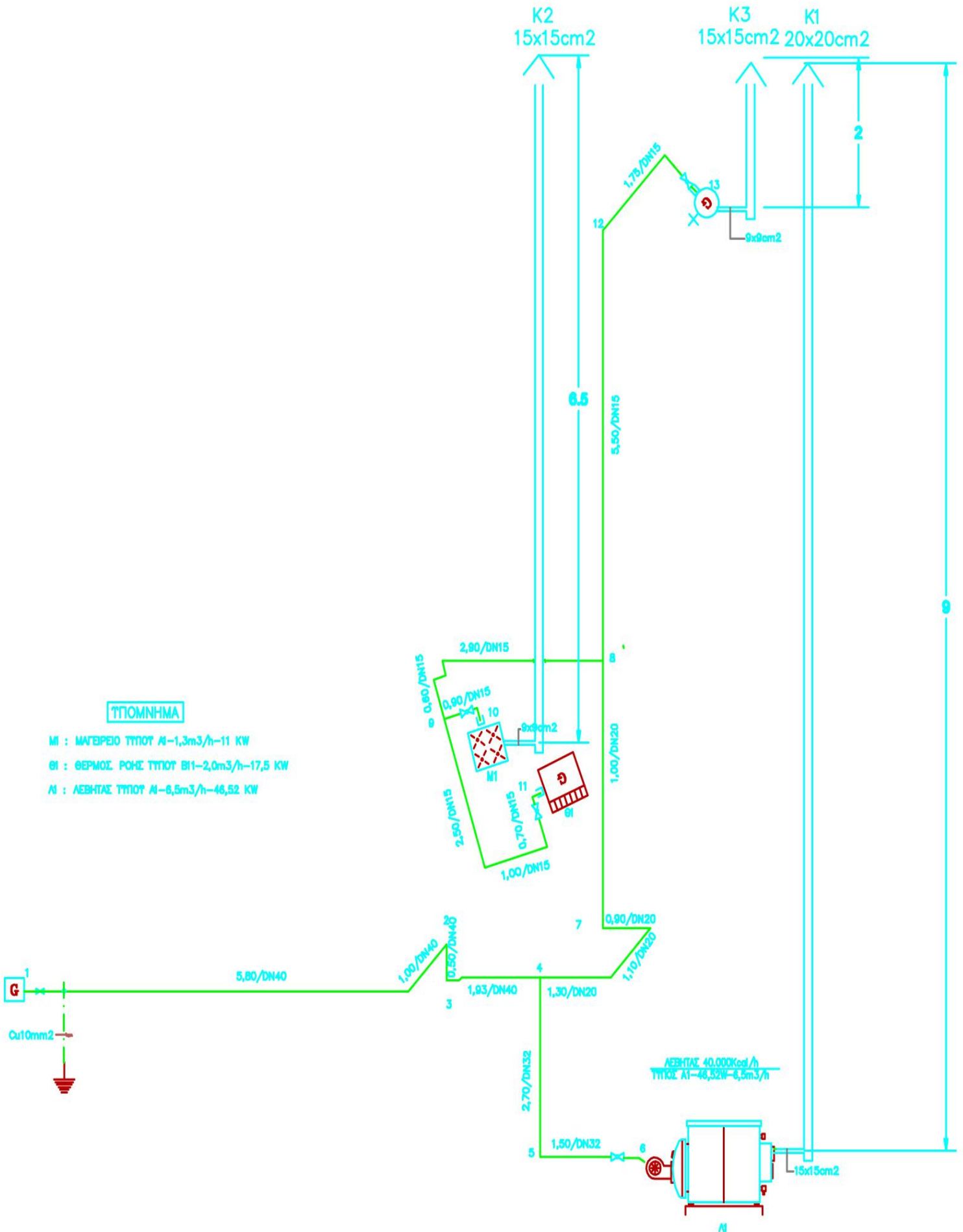
	ΥΠΟΒΕΒΛΗ ΣΥΜΒΟΛΟΝ
	ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ ΑΕΡΙΟΥ
	ΥΠΙΘΙΟ ΑΕΡΙΟΥ
	ΕΙΣΑΓΩΓΑ ΑΕΡΙΟΥ
	ΑΠΕΙΡΕΤΙΣ ΑΕΡΙΟΥ
	ΜΕΤΡΗΣΤΗΣ ΑΕΡΙΟΥ
	ΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΒΑΛΒΕΛΕΣ
	ΣΤΕΓΕΣ
	ΑΠΕΡΟΣΩΜΕΝΟΣ ΑΠΕΙΡΕΤΙΣ ΔΙΑΒΡΕΣΤΟΥ DN 15
	ΑΠΕΡΟΣΩΜΕΝΟΣ ΑΠΕΙΡΕΤΙΣ ΟΙΚΟΚΑΤΑΣΤΕΣ ΔΙΑΒΡΕΣΤΟΥ DN 15
	ΚΑΙΒΡΟΛΟΧΟΣ ΑΕΡΙΟΥ



ΚΑΤΩΦΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



Μελέτη φυσικού αερίου



8.6 Έλεγχος εγκατάστασης

Σε κάθε εγκατάσταση καυσίμου αερίου είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται έλεγχοι που να πιστοποιούν την καλή λειτουργία του δικτύου και να εξασφαλίζουν την ασφάλεια χρήσης αυτού.

Με βάση την οδηγία TOTEE 2471/86 απαιτούνται οι παρακάτω έλεγχοι των εγκαταστάσεων καυσίμου αερίου.

— Προέλεγχος σωληνώσεων

Σε περίπτωση εντοιχισμού τμήματος των σωληνώσεων πρέπει να ακολουθούνται οι διαδικασίες που ακολουθούν. Πρώτον πρέπει να καθαρίζονται εσωτερικά οι σωληνώσεις με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα και το φύσημα να γίνεται από την πλευρά του δικτύου που οι σωλήνες έχουν μικρότερη διάμετρο. Στην περίπτωση ύπαρξης πολλών κλάδων, επιβάλλεται το φύσημα να γίνεται από την κατάληξη κάθε κλάδου χωριστά, έχοντας όμως αρχίσει από αυτόν που είναι πιο κοντά στην έξοδο του αέρα. Κατά τη διάρκεια που ένας κλάδος καθαρίζεται οι υπόλοιποι πρέπει να είναι κλειστοί έτσι ώστε ο αέρας να κατευθύνεται μόνο προς το τμήμα με τη μεγαλύτερη διάμετρο. Αφού καθαριστούν όλοι οι κλάδοι κλείνουν με μεταλλικές τάπες όλα τα ανοικτά άκρα εκτός από ένα για να γίνει δοκιμή υπό πίεση. Με τη χρήση μανόμετρου 0-1,5bar γίνεται δοκιμή του δικτύου με αέρα πίεσης 1bar για περίπου 10 λεπτά, αν η πίεση παραμείνει αμετάβλητη η δοκιμή θεωρείται επιτυχημένη.

— Κύριος έλεγχος εγκατάστασης

Ο κύριος έλεγχος στεγανότητας μιας εγκατάστασης πραγματοποιείται αφού έχουν εγκατασταθεί οι γενικοί και οι υπόλοιποι διακόπτες. Ο κύριος έλεγχος γίνεται στα παρακάτω στάδια:

- Έλεγχος με κλειστούς τους διακόπτες.
- Με ανοικτούς τους διακόπτες αλλά χωρίς συσκευές για τον έλεγχο των κλαπέτων που ακολουθούν τους διακόπτες.
- Με τις συσκευές συνδεδεμένες και ανοικτούς όλους τους διακόπτες με τέτοιο τρόπο ώστε να ελεγχθεί η στεγανότητα της εγκατάστασης των συσκευών.

— Επανελέγχοι

Οι επανελέγχοι αφορούν παλιές εγκαταστάσεις που πρόκειται να επαναλειτουργήσουν σε περίπτωση που βρεθήκαν εκτός λειτουργίας για χρόνο μεγαλύτερο του ενός εξαμήνου. Ωστόσο, επανελέγχοι μπορούν να γίνουν και σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν για προληπτικούς λόγους ή εξαιτίας συντήρησης. Επανελέγχοι για τη στεγανότητα των σωληνώσεων πρέπει να

γίνονται μία φορά το χρόνο για την ανίχνευση διαρροών ή για έλεγχο των συνδέσεων. Στο ίδιο χρονικό διάστημα είναι απαραίτητο να ελέγχονται όλες οι αποφρακτικές βαλβίδες, οι μονάδες ρύθμισης του αερίου και οι καυστήρες με θερμικό φορτίο μέχρι 300kW. Ειδικότερα για τους καυστήρες οι έλεγχοι θα πρέπει να είναι πιο συχνοί και να φτάνουν τους 2-4 το χρόνο. Οι επανέλεγχοι ορίζουν δοκιμές στη στεγανότητα, στο σύστημα επιτήρησης της φλόγας, στο σύστημα ανάφλεξης, στους χρόνους ασφάλειας των αυτόματων συστημάτων ελέγχου, στην ποιότητα καύσης, στις βαλβίδες ασφαλείας, στα συστήματα παρακολούθησης της πίεσης, στις αυτόματες βαλβίδες ασφαλείας, στις βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης στο θάλαμο καύσης και την καπνοδόχο και στις διαφορές της ενδεικτικής λυχνίας.

— Έλεγχοι αερισμού του χώρου

Ο έλεγχος αυτός γίνεται σε τρία στάδια όπως και ο έλεγχος των σωληνώσεων. Στο πρώτο στάδιο, τον προέλεγχο, ελέγχεται η σωστή κατασκευή των ανοιγμάτων και αν αυτά βρίσκονται στις κατάλληλες θέσεις. Σε περίπτωση που δεν έχουν συνδεθεί συσκευές οι θυρίδες πρέπει να παραμένουν σφραγισμένες μέχρι τη σύνδεση των συσκευών.

Ο κύριος έλεγχος του αερισμού γίνεται λίγο πριν την εγκατάσταση των συσκευών. Σε αυτό το στάδιο γίνεται έλεγχος για την καταλληλότητα των απαραίτητων ανοιγμάτων και γενικά η καλή λειτουργία του συστήματος αερισμού.

Φυσικά θα πρέπει να ακολουθήσουν επανέλεγχοι κυρίως σε εγκαταστάσεις που δεν λειτουργούσαν για διάστημα μεγαλύτερο των 5 ετών. Βέβαια είναι αναγκαίοι και οι προληπτικοί έλεγχοι σε τακτά χρονικά διαστήματα όταν γίνεται συντήρηση της όλης εγκατάσταση.

— Έλεγχοι απαγωγής καυσαερίων

Και αυτού του είδους ο έλεγχος χωρίζεται σε τρία στάδια. Στον προέλεγχο γίνεται έλεγχος με σκοπό τη διαπίστωση αν η κατασκευή είναι σύμφωνη με τη μελέτη και τους ισχύοντες κανονισμούς. Σε περίπτωση που δεν έχουν συνδεθεί συσκευές η καπνοδόχος σφραγίζεται τόσο ως προς τους εσωτερικούς χώρους όσο και ως προς την ύπαιθρο.

Ο κύριος έλεγχος γίνεται λίγο πριν τη σύνδεση συσκευών κατανάλωσης αερίου. Σε αυτό το στάδιο ελέγχεται η ύπαρξη και η καλή κατάσταση των καπνοδόχων και η κατάσταση του μηχανικού ελκυσμού, αν αυτός έχει κριθεί απαραίτητος.

Επανελέγχοι πραγματοποιούνται τόσο κατά το στάδιο οποιασδήποτε προληπτικής συντήρησης όλης της εγκατάστασης, όσος και μετά από κάθε μεταβολή αυτής.[1,12]

Βιβλιογραφία

- [1].Κ. Πασπαλάς, «Τεχνολογία εγκαταστάσεων και χρήσεων φυσικού αερίου», Θεσσαλονίκη, 1999
- [2].Επίσημη ιστοσελίδα Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (www.desfa.gr)
- [3].Επίσημη ιστοσελίδα International Energy Agency (www.iea.org)
- [4].Επίσημη ιστοσελίδα Δημόσιας Επιχείρησης Αερίου (www.depa.gr)
- [5].ΔΕΠΑ, «Το φυσικό αέριο και οι χρήσεις του», Αθήνα, 2001
- [6].Κ. Λεφάς, «Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου», Αθήνα, 1993
- [7].Μ. Κάπος, «Εγκαταστάσεις καυσίμων αερίων», Αθήνα, 1998
- [8].Υπουργείο Ανάπτυξης, «Κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50 mbar έως 16 bar», Αθήνα, 199
- [9].Επίσημη ιστοσελίδα Εταιρείας Παροχής Αερίου Αττικής (www.aerioattikis.gr)
- [10].Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, Συμπλήρωμα Α στον «Κατάλογο των Εκπεμπόμενων στον Αέρα Ρυπαντών», Οκτώβριος 1986
- [11].Η. Brunner, «Ο εγκαταστάτης δικτύων αερίων καυσίμων και νερού», Αθήνα, 1997
- [12].Υπουργείο Ανάπτυξης, «Τεχνικός κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar», Αθήνα, 2004
- [13].Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου, «Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2476/81, Διανομή καυσίμων αερίων», Αθήνα, 1992