

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ-ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ**  
**ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ,**  
**ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΕΤΡΟΣ ΠΕΡΙΔΗΣ(Α.Μ.5416)**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΙΔΗΣ**

**2013**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη αποτελεί την Πτυχιακή μου εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στη μελέτη κατασκευής μετρητικών σταθμών φυσικού αερίου.

Στην αρχή παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για το φυσικό αέριο. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα συστήματα μεταφοράς και διακίνησης φυσικού αερίου, καθώς και οι διαδικασίες ελέγχου και συντήρησης μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου.

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Γεώργιο Καμπουρίδη, Προϊστάμενο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου πρόσφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν σε αυτήν. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου και στην αδερφή μου που ο καθένας με τον δικό του τρόπο με στήριζε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου.

Πέτρος Περίδης

Ιούνιος 2013

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της μελέτης κατασκευής μετρητικών σταθμών φυσικού αερίου.

Η εργασία διαρθρώνεται στα ακόλουθα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή του φυσικού αερίου ως καύσιμο αέριο, των ιδιοτήτων του και των δυνατοτήτων χρήσεων που παρέχει στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα. Παράλληλα παρατίθενται γενικά στοιχεία για τα συστήματα μεταφοράς και διανομής του φυσικού αερίου στην ελληνική επικράτεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συστήματα μεταφοράς και διακίνησης φυσικού αερίου, παρατίθενται στοιχεία για τους σταθμούς ρύθμισης πίεσης φυσικού αερίου, τους σταθμούς μέτρησης φυσικού αερίου, τους σταθμούς τροφοδοσίας αστικών κέντρων, τους τομεακούς σταθμούς διανομής, τους μετρητικούς ρυθμιστικούς σταθμούς υψηλών καταναλωτών και τους οικιακούς ρυθμιστές πίεσης. Παρουσιάζονται επίσης αναλυτικά στοιχεία για τα συστήματα ρύθμισης και μέτρησης. Στα πλαίσια μελέτης και διερεύνησης των συστημάτων αυτών, θα παρατεθεί η περίπτωση ενός ελληνικού μετρητικού και ρυθμιστικού σταθμού φυσικού αερίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται και παρουσιάζονται οι διαδικασίες ελέγχου και συντήρησης μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου καθώς επίσης και τα επιβαλλόμενα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται για την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, των εργαζομένων και των πολιτών.

Το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διερεύνηση και μελέτη των διαδικασιών κατασκευής, μελέτης και λειτουργίας των μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	2
1.1.	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	2
1.2.	ΣΥΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	3
1.3.	ΧΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	5
1.4.	ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	6
1.5.	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	7
	1.5.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	7
	1.5.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	8
	1.5.3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	8
2.	ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	18
2.1.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ - ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	18
2.2.	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ - ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	20
2.3.	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΙΕΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	22
	2.3.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	22
	2.3.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	22
	2.3.3. ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΩΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	23
	2.3.4. ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	24
	2.3.5. ΘΕΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	26
	2.3.6. ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	28
2.4.	ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	40
	2.4.1. ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ	40
	2.4.2. ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	41
	2.4.3. ΑΝΑΓΩΓΗ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	46
	2.4.4. ΓΡΑΜΜΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΗ ΡΟΗΣ	48
	2.4.5. ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	48
2.5.	ΕΦΑΡΓΜΟΓΕΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ - ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	52

2.5.1. ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΚΑ/ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER	52
2.5.2. ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ 60/19 BAR	53
3. ΈΛΕΓΧΟΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	60
3.1. ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	60
3.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	61
3.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	62
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	64
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του φυσικού αερίου ( <i>ΔΕΠΑ, 2013</i> )	5
Πίνακας 2: Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου ( <i>ΔΕΠΑ, 2013</i> )	6

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ**

Χάρτης 1: Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου ( <i>ΔΕΣΦΑ, 2013</i> )	13
Χάρτης 2: Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου- Γεωφυσικός Χάρτης ( <i>ΔΕΣΦΑ, 2013</i> )	14
Χάρτης 3: Σύστημα αγωγών φυσικού αερίου ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής ( <i>ΔΕΣΦΑ, 2013</i> )	15

## Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της μελέτης κατασκευής μετρητικών σταθμών φυσικού αερίου.

Η εργασία διαρθρώνεται στα ακόλουθα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή του φυσικού αερίου ως καύσιμο αέριο, των ιδιοτήτων του και των δυνατοτήτων χρήσεων που παρέχει στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα. Παράλληλα παρατίθενται γενικά στοιχεία για τα συστήματα μεταφοράς και διανομής του φυσικού αερίου στην ελληνική επικράτεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συστήματα μεταφοράς και διακίνησης φυσικού αερίου, παρατίθενται στοιχεία για τους σταθμούς ρύθμισης πίεσης φυσικού αερίου, τους σταθμούς μέτρησης φυσικού αερίου, τους σταθμούς τροφοδοσίας αστικών κέντρων, τους τομεακούς σταθμούς διανομής, τους μετρητικούς ρυθμιστικούς σταθμούς υψηλών καταναλωτών και τους οικιακούς ρυθμιστές πίεσης. Παρουσιάζονται επίσης αναλυτικά στοιχεία για τα συστήματα ρύθμισης και μέτρησης. Στα πλαίσια μελέτης και διερεύνησης των συστημάτων αυτών, θα παρατεθεί η περίπτωση ενός ελληνικού μετρητικού και ρυθμιστικού σταθμού φυσικού αερίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται και παρουσιάζονται οι διαδικασίες ελέγχου και συντήρησης μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου καθώς επίσης και τα επιβαλλόμενα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται για την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, των εργαζομένων και των πολιτών.

Το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διερεύνηση και μελέτη των διαδικασιών κατασκευής, μελέτης και λειτουργίας των μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου.

# 1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

## 1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η δημιουργία του φυσικού αερίου χρονολογείται πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια και δημιουργήθηκε στους πυθμένες θαλασσών λόγω μεγάλων ποσοτήτων μικροοργανισμών σε συνθήκες απουσία αέρα, κάτω από την επίδραση βακτηριδίων. Στη συνέχεια στο πέρασμα γεωλογικών αιώνων το υλικό αυτό βυθίστηκε και καταπλακώθηκε από πολλαπλά στρώματα γης. Το φυσικό αέριο που παράχθηκε με αυτόν τον τρόπο κατέφυγε στους πόρους του μητρικού στρώματος, όπου και συγκρατήθηκε προσωρινά. Αυτή η κατάσταση δεν χαρακτηρίζεται ως σταθερή και το φυσικό αέριο διάφυγε σε άλλες στρωματικές διαμορφώσεις.

Οι κυριότερες μέθοδοι έρευνας για την πλήρη εικόνα του υπεδάφους υδρογονανθράκων είναι η μαγνητική και η σεισμική. Η ύπαρξη ή μή υδρογονανθράκων είναι δυνατόν να διαπιστωθεί μόνο με γεωτρήσεις. Το μέσο βάθος των γεωτρήσεων αυτών έχε βάθος γύρω στα 2500 έως 3000m, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις γεωτρήσεων που αγγίζουν τα 6000m (*Λέφα, 1999*).

Τα πρώτα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία για την ύπαρξη κοιτασμάτων φυσικού αερίου χρονολογούνται κατά τις χρονικές περιόδους 6000 και 2000 π.Χ. στην περιοχή όπου σήμερα βρίσκεται το κράτος του Ιράν.

Σε ιστορικές μελέτες, αναφέρεται ότι οι πρώτοι που αξιοποίησαν το φυσικό αέριο ως καύσιμο ήταν οι Κινέζοι κατά το 900 π.Χ. Η μεταφορά του πραγματοποιούνταν με αγωγούς κατασκευασμένους από μπαμπού. Στα ευρωπαϊκά κράτη, η χρήση αυτή παρέμενε άγνωστη. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Αγγλία το 1659.

Πρέπει να αναφερθεί ότι κατά το 1821 η πόλη Fredonia στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης των Η.Π.Α. κάλυπτε τις ανάγκες οδοφωτισμού με φυσικό αέριο. Παρά τη σημαντική αυτή εξέλιξη στον τομέα χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου, η δυσχέρεια μεταφοράς και διανομής του φυσικού αερίου σε μεγάλες αποστάσεις, αποτελούσε εμπόδιο στην ευρεία χρήση του.

Σημαντικός σταθμός στην αξιοποίηση του φυσικού αερίου αποτέλεσε, η ανάπτυξη μεθόδων μεταφοράς φυσικού αερίου μέσω αγωγών στη δεκαετία του 1920. Μετά τη λήξη του Β' Παγκόσμιου Πολέμου σημειώθηκε μία περίοδος υψηλών καταναλώσεων που διατηρείται έως τις μέρες μας. Κατά το 1960 η παγκόσμια παραγωγή

φυσικού αερίου ανήλθε στα 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ενώ το 1979 στα 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Σημειώνεται επίσης ότι το 1950 το φυσικό αέριο συμμετείχε σε ποσοστό 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, το 1960 σε 14,6% και τέλος το 1980 σε 25%. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών θα καλύπτονται κατά το 2030 από το φυσικό αέριο (ΔΕΠΑ, 2013).

## 1.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο ευρίσκεται σε υπόγεια κοιτάσματα είτε μόνο του είτε σε πετρελαϊκά κοιτάσματα.

Από χημικής εξέτασης, το φυσικό αέριο είναι ένα μίγμα υδρογονανθράκων. Συνίσταται κυρίως, από μεθάνιο (σε ποσοστό υψηλότερο του 85%), υδρογονάνθρακα με το χαμηλότερο μοριακό βάρος. Παράλληλα, στο φυσικό αέριο ευρίσκονται σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου καθώς και διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, ηλίου και υδρόθειου. Το φυσικό αέριο όταν δεν περιέχει υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου ονομάζεται ξηρό φυσικό αέριο. Στην περίπτωση όπου περιέχονται άλλοι υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου, ονομάζεται υγρό φυσικό αέριο (ΔΕΠΑ, 2013).

Το φυσικό αέριο που εξάγεται από τη γη περιέχει επιβλαβή και αδρανή στοιχεία. Κύριο επιβλαβές στοιχείο είναι το υδρόθειο που είναι δυνατόν να περιέχεται σε υψηλή αναλογία. Φυσικά αέρια που περιέχουν  $H_2S > 1\%$  κατά όγκο χαρακτηρίζονται ως όξινα αέρια. Φυσικά αέρια με περιεκτικότητα σε υδρόθειο  $H_2S < 1\%$  χαρακτηρίζονται ως ισχνά αέρια. Η αποθείωση τους πραγματοποιείται με απλές μεθόδους, ενώ κάποιες φορές δίδονται σε πλησίον ατμοηλεκτρικούς σταθμούς χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί η διαδικασία αποθείωσης. Τα φυσικά αέρια που είναι ελεύθερα υδρόθειου χαρακτηρίζονται ως γλυκά αέρια. Η αποθείωση των όξινων φυσικών αερίων χαρακτηρίζεται επίπονη και δαπανηρή διαδικασία.

Γενικά, η αφαίρεση του  $CO_2$ , του  $H_2S$ , αλλά και των οργανικών ενώσεων του θείου, πραγματοποιείται με έκπλυση του αερίου με κατάλληλα διαλύματα όπου συγκρατούνται με χημική ή φυσική απορρόφηση. Τα διαλύματα αυτά αναγεννιούνται και ανακτώνται τα απορροφηθέντα. Η παραγωγή θείου με αυτόν τον τρόπο επιβαρύνει ελάχιστα την ατμόσφαιρα.

Για τη συγκράτηση των βαρύτερων υδρογονανθράκων ψύχεται κυρίως το φυ-



σικό αέριο στους  $-30^{\circ}\text{C}$ . Υπάρχουν και μέθοδοι έκπλυσης ή και άλλες μέθοδοι. Οι συγκεντρωμένοι υδρογονάνθρακες διαχωρίζονται σε αιθάνιο, LPG, νάφθα και καύσιμα αέρια που χρησιμοποιούνται στην ιδιοκατανάλωση θερμότητας.

Αέρια που περιέχουν υψηλές ποσότητες αζώτου είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν και να εισέλθουν σε υψηλά συστήματα μόνο αν αυτό απομακρυνθεί (σε ποσοστό έως 50%). Μέσω της διαδικασίας ψύξης μεταξύ  $160^{\circ}\text{C}$  και  $-170^{\circ}\text{C}$  υγροποιείται το μεθάνιο, ενώ το άζωτο αφήνεται σε μεγάλο ποσοστό να διαφύγει στην ατμόσφαιρα.

Φυσικό αέριο απαντάται επίσης στις πετρελαιοπηγές αναμειγμένο με πετρέλαιο. Όπως είναι γνωστό κάθε κοίτασμα πετρελαίου βρίσκεται σε συνθήκες ορισμένης πίεσης και θερμοκρασίας. Σε αυτές τις συνθήκες, στο πετρέλαιο βρίσκεται διαλυμένο πολύ αέριο. Ο διαχωρισμός αερίου και πετρελαίου πραγματοποιείται τελικά σε δεξαμενές υπό πίεση στην επιφάνεια της γης. Τα φυσικά αέρια περιέχουν επίσης υδρατμούς. Η απομάκρυνση των υδρατμών είναι αναγκαία και πραγματοποιείται είτε με βαθεία ψύξη είτε με υγρά απορροφητικά υλικά (Λέφα, 1999).

Από άποψη φυσικών ιδιοτήτων, το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η χαρακτηριστική οσμή είναι πρόσθετη και δημιουργείται τεχνικά με την προσθήκη μίας χημικής ουσίας που περιέχει θείο, τη μερκαπτάνη, ώστε να καταστεί ευκολότερη η ανίχνευσή του σε περίπτωση διαρροής. Η μερκαπτάνη διαθέτει εξαιρετικά ιδιαίτερη οσμή, παρόμοια με αυτή των σάπιων αυγών (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2008).

Το φυσικό αέριο συγκαταλέγεται στη δεύτερη οικογένεια αέριων καυσίμων. Πλεονεκτεί κυρίως έναντι του υγραερίου LPG, στο γεγονός ότι είναι ελαφρύτερο από τον αέρα με ειδικό βάρος 0,59.

Η καύση του συγκρινόμενη με αυτή άλλων καυσίμων θεωρείται λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον δεδομένου ότι οι εκπεμπόμενες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας είναι χαμηλότερες. Θεωρείται η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά τις ανανεώσιμες πηγές. Τα χαρακτηριστικά του το καθιστούν συμβατό με τους υφιστάμενους εναλλακτικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης (δείκτης οκτανίου υψηλότερος του 110, θερμιδική δύναμη 10% υψηλότερη του πετρελαίου). Στον επόμενο πίνακα, παρατίθεται η χημική σύσταση του φυσικού αερίου.

Πίνακας 1: Χημική σύσταση του φυσικού αερίου (ΔΕΠΑ, 2013)

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	70-90
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	5-15
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) και Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	< 5
CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

### 1.3. ΧΡΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Οι χρήσεις φυσικού αερίου εντοπίζονται στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, η οποία αναπτύσσεται με ιδιαίτερα ταχείς ρυθμούς στην Ευρώπη. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, κατόπιν της απελευθέρωσης της ενεργειακής αγοράς, ιδιαίτερη ώθηση σημειώνεται στους τομείς συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού όπως επίσης και στους σταθμούς συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου.

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ευρύτατα στον βιομηχανικό τομέα δεδομένου ότι προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται η συνεχής παροχή καυσίμου που διασφαλίζει την αδιάλειπτη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων με την παράλληλη αποδέσμευση κεφαλαίων για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων. Συντελεί επίσης στη μείωση εκπομπής ρύπων. Το λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης είναι χαμηλότερο και σημειώνεται αυξημένη ενεργειακή απόδοση.

Εξαιρετικά σημαντική είναι η χρήση του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα. Η αξιοποίηση του φυσικού αερίου στις οικιακές εφαρμογές χαρακτηρίζεται από αυτονομία, αμεσότητα, ταχύτητα, σταθερή και μόνιμη παροχή, ασφάλεια στη χρήση, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους, εύκολη και απλή εγκατάσταση εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων, υψηλότερο χρόνο ζωής συσκευών και εξοπλισμού, υψηλότερη απόδοση, χαμηλότερο κόστος συντήρησης, χωρίς επιπρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λ.π.).

Στον εμπορικό τομέα, η χρήση του φυσικού αερίου είναι διαδεδομένη σε ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις και νοσηλευτικές μονάδες, σε εκπαιδευτικά ιδρύματα, σε αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα, σε κτιριακά γραφειακά συγκροτήματα, όπου το φυσικό αέριο είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί στη θέρμανση χώρων και ταυτόχρονη παραγωγή θερμού νερού.

Η χρήση του φυσικού αερίου είναι επίσης εξαιρετικά διαδεδομένη στα συστή-

ματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας όπου παράγεται ταυτόχρονα αξιοποιήσιμη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια.

Αξίζει να αναφερθεί μία σημαντική εφαρμογή του φυσικού αερίου στον αγροτικό τομέα όπου είναι η χρησιμοποίησή του στα θερμοκήπια ως θερμαντικό μέσο και στον εμπλουτισμό του χώρου με διοξείδιο του άνθρακα.

Το φυσικό αέριο αξιοποιείται επίσης σε εγκαταστάσεις κλιματισμού όπως τα συστήματα απορρόφησης για τον κλιματισμό και τα συστήματα με συμπιεστή για την παραγωγή ψύξης ή κλιματισμού κυρίως σε νοσηλευτικές και ξενοδοχειακές μονάδες (ΔΕΠΑ, 2013).

#### 1.4. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση φυσικού αερίου είναι πολλαπλά. Αναφέρονται καταρχήν τα περιβαλλοντικά οφέλη. Το επίπεδο των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς χαμηλότερο συγκρινόμενο με αυτό των συμβατικών καυσίμων, ενώ η αύξηση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου. Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται στοιχεία για τους εκπεμπόμενους ρύπους του φυσικού αερίου σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου.

**Πίνακας 2: Εκπεμπόμενοι ρύποι σε σχέση με άλλα καύσιμα κατά την καύση σε μονάδα ατμοπαραγωγής σε mg/MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου (ΔΕΠΑ, 2013)**

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

Επίσης, η εκμετάλλευση του φυσικού αερίου σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου αναμένεται να συμμετέχει ουσιαστικά στην αύξηση του βαθμού απόδοσης παραγωγής ηλεκτρισμού σε ποσοστό 52-55% έναντι 35-40% των συμβατικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η ενίσχυση της αξιοποίησης του φυσικού αερίου ως καύσιμο αναμένεται να συμβάλλει στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ειδικοτήτων.

## 1.5. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 1.5.1. Γενικά Στοιχεία για τη Διακίνηση του Φυσικού Αερίου

Όπως είναι γνωστό, οι καταναλωτές φυσικού αερίου βρίσκονται μακριά από τις πηγές του. Κατά αυτόν τον τρόπο, αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα μεταφοράς υψηλών ποσοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις και βέβαια υψηλής κλίμακας διεθνές εμπόριο. Η συνολική διαχείριση του φυσικού αερίου πραγματοποιείται σε τρία στάδια: της εταιρείας παραγωγής, της εταιρείας μεταφορών και της εταιρείας διανομής.

Το υψηλότερο ποσοστό φυσικού αερίου όχι μόνο στις ίδιες τις παραγωγικές χώρες, αλλά όσον αφορά στο διεθνές εμπόριο διακινείται με δίκτυα πιεστικών αγωγών. Τα επίγεια δίκτυα φυσικού αερίου τοποθετούνται σε βάθος 2-2,5m έχουν ζώνη δουλείας 10-15m, στην οποία είναι δυνατόν να γίνει κατάλληλη αγροτική παραγωγή. Προβλέπεται προστασία έναντι υγρασίας και προστασία με συνεχές ρεύμα. Στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου τοποθετούνται συστήματα συγκράτησης των τυχόν συμυκνωμένων υδρογονανθράκων. Χάρη σε αυτά τα μέτρα προστασίας υπολογίζεται διάρκεια ζωής τουλάχιστον πενήντα ετών. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι λειτουργούν παλαιά δίκτυα ηλικίας πλέον των εβδομήντα ετών.

Υψηλό ποσοστό των αναγκών της Ευρώπης καλύπτεται από τις πηγές της Βόρειας Θάλασσας μέσω υποθαλάσσιων δικτύων μεταφοράς. Αναφέρονται ενδεικτικά το σύστημα τροφοδότησης της Ιταλίας από την Αλγερία από το Hassi Mrel μέσω Skihda και του ακρωτηρίου Bon στην Τυνησία προς Σικελία αποτελείται από έναν τετραπλό αγωγό 20" (508mm) που αγγίζει σε βάθος έως 608m. Επίσης, η γραμμή Arzew – Αλμερία για τροφοδότηση της Ισπανίας και της Γαλλίας. Υποθαλάσσιες γραμμές συνδέουν τις βρετανικές πηγές της Βόρειας Θάλασσας προς τη Σκωτία και τη μέση Αγγλία. Από το νορβηγικό πεδίο του Ekofisk στη Βόρεια Θάλασσα λειτουργεί μία υποθαλάσσια γραμμή μήκους 440km, που τροφοδοτεί το Emden από το 1977.

Από το 1959, καρποφόρησε η προσπάθεια αμερικανικών, αγγλικών και γαλλικών επιχειρήσεων για την υγροποίηση του φυσικού αερίου και τη μεταφορά του υγροποιημένου αερίου. Οι μόνιμες γραμμές μεταφοράς χαρακτηρίζονται από κυκλικότητα λειτουργίας. Το παραγόμενο στην πηγή φυσικό αέριο, μεταφέρεται υπό πίεση, στο λιμάνι φόρτωσης, όπου ψύχεται στη θερμοκρασία υγροποίησής του, γύρω στους -160°C. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) αποθηκεύεται σε συνθήκες ατμοσφαι-

ρικής πίεσης στις δεξαμενές φόρτωσης. Στη συνέχεια, φορτώνεται στα πλοία, που χρησιμοποιούν για την κίνησή τους το αεριοποιημένο LNG και το μεταφέρουν στις δεξαμενές του παραλήπτη. Προφανώς όλο το σύστημα είναι ισχυρά μονωμένο, έτσι ώστε η αυτόματη αεριοποίηση του LNG να είναι της τάξης 0,25% το εικοσιτετράωρο (Λέφα, 1999).

### **1.5.2. Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου**

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (νόμος 2364/1995), Μεταφορά Φυσικού Αερίου ορίζεται η διοχέτευση φυσικού αερίου μέσω αγωγών πίεσης σχεδιασμού υψηλότερης των 19 bar. Επίσης, η διαμετακόμιση φυσικού αερίου σε υγροποιημένη μορφή μέσω πλοίων ή οχημάτων ορίζεται ως μεταφορά (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2008).

Ως Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, θεωρείται το σύνολο των εγκαταστάσεων του δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου μέσα στην ελληνική επικράτεια. Περιλαμβάνεται ο κεντρικός αγωγός, οι κλάδοι μεταφοράς, οι κάθε μορφής εγκαταστάσεις ή χώροι αποθήκευσης και επανεισαγωγής του αερίου στο δίκτυο μεταφοράς, οι εγκαταστάσεις μετρήσεων, συμπίεσης, αποσυμπίεσης, ελέγχου και γενικά οι εγκαταστάσεις που αποτελούν στοιχεία της λειτουργίας και της υποστήριξης του δικτύου μεταφοράς.

Στο Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) Α.Ε. (πρώην Δ.ΕΠ.Α. Α.Ε.), έχει παραχωρηθεί το δικαίωμα του προγραμματισμού, κατασκευής, κυριότητας και εκμετάλλευσης του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2008).

### **1.5.3. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συστήματος Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα**

Το σύστημα του φυσικού αερίου στην Ελλάδα κατασκευάστηκε με στόχο την ασφαλή και απρόσκοπτη τροφοδοσία των μεγάλων καταναλωτικών κέντρων της χώρας. Μέσω του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου μεταφέρεται φυσικό αέριο από τα ελληνοβουλγαρικά και ελληνοτουρκικά σύνορα, καθώς και από τον τερματικό σταθμό υγροποιημένου φυσικού αερίου, ο οποίος είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα του κόλπου Μεγάρων, σε καταναλωτές εγκατεστημένους στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου περιλαμβάνονται:

- Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς αερίου και οι κλάδοι αυτού.
- Οι Μετρητικοί Σταθμοί Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου.
- Ο Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας.
- Οι Μετρητικοί και Ρυθμιστικοί σταθμοί φυσικού αερίου.
- Τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου.
- Τα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδος, Βορείου Ελλάδος, Κεντρικής Ελλάδος και Νοτίου Ελλάδος, και
- Το σύστημα Τηλελέγχου και Τηλεπικοινωνιών.

Στους χάρτες που ακολουθούν στην παρούσα ενότητα, απεικονίζονται το εθνικό σύστημα αγωγών φυσικού αερίου (Χάρτης 1), ο γεωφυσικός χάρτης του εθνικού συστήματος αγωγών φυσικού αερίου (Χάρτης 2) και το σύστημα αγωγών φυσικού αερίου ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής αντίστοιχα (Χάρτης 3) (ΡΑΕ (2009), ΔΕ-ΣΦΑ (2013)).

#### Κεντρικός αγωγός και κλάδοι μεταφοράς

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς, διαθέτει συνολικό μήκος 512km και πίεση σχεδιασμού 70barg. Εκτείνεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως την Αττική. Η διάμετρος του αγωγού είναι 36 ίντσες για τα πρώτα 100km και 30ίντσες στο υπόλοιπο μήκος του.

Από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς, ξεκινούν κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης φυσικού αερίου μήκους 706km, με σκοπό την τροφοδοσία με φυσικό αέριο των περιοχών της ανατολικής Μακεδονίας, της Θράκης, της Θεσσαλονίκης, του Πλατέος, του Βόλου, των Τρικάλων, των Οιοφυτών, των Αντικύρων, της Κορίνθου, της Θίβης και της Αττικής.

Κατά μήκος της διαδρομής του κεντρικού αγωγού και των κλάδων έχουν εγκατασταθεί:

- **Βαλβιδοστάσια.** Οι συγκεκριμένοι Σταθμοί εξυπηρετούν την τμηματική απομόνωση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ή προγραμματισμένης συντήρησης.
- **Σταθμοί ξεστροπαγίδων.** Οι ξεστροπαγίδες έχουν εγκατασταθεί για την αποστολή και παραλαβή συσκευών καθαρισμού (ξέστρων) ή συσκευών εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού.

- *Σύστημα καθοδικής προστασίας του αγωγού.* Το σύστημα καθοδικής προστασίας εγκαταστάθηκε για να προστατεύσει τον αγωγό από φαινόμενα διάβρωσης.
- *Καλώδιο οπτικών ινών* για τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου λειτουργίας, επικοινωνιών και τηλεχειρισμού.

### Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης

Στη συγκεκριμένη παράγραφο, αναφέρονται τα ακόλουθα κέντρα λειτουργίας και συντήρησης:

#### α) Κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Νότιας Ελλάδας

Το συγκεκριμένο κέντρο είναι εγκατεστημένο στην περιοχή Πατήματος Μαγούλας. Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν 278km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 6km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24", 54km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 20" και 20km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10".

#### β) Κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Κεντρικής Ελλάδος

Το συγκεκριμένο κέντρο είναι εγκατεστημένο στην περιοχή Αμπελιάς Φαρσάλων. Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν 206km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 40.388km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10" του κλάδου Βόλου και 71.941km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10" του κλάδου Καρδίτσας-Τρικάλων.

#### γ) Κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Βορείου Ελλάδος

Το συγκεκριμένο κέντρο είναι εγκατεστημένο στην περιοχή της Νέας Μεσημβρίας Θεσσαλονίκης. Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν 66km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36", 92km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 30", 32.5km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24" και 10.5km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 10".

#### δ) Κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Ανατολικής Ελλάδος

Το συγκεκριμένο κέντρο είναι εγκατεστημένο σε απόσταση 5km από την πόλη της Ξάνθης, στο 2<sup>ο</sup>km Διομήδειας - Λεύκης. Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν 86.80km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36" και 147km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24".

### ε) Κέντρο λειτουργίας και συντήρησης Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου

Το συγκεκριμένο κέντρο είναι εγκατεστημένο στην περιοχή του Δήμου Σιντικής, δίπλα στην πόλη του Σιδηροκάστρου, σε απόσταση 12km από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Οι λειτουργικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν 33.3km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 36" και 70.4km αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης διαμέτρου 24".

### Μετρητικοί ρυθμιστικοί σταθμοί

Οι μετρητικοί / ρυθμιστικοί σταθμοί υποβιβάζουν και ελέγχουν την πίεση των τροφοδοτούμενων συστημάτων, καταμετρούν την ποσότητα της διοχετευόμενης ενέργειας από το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου στα δίκτυα μέσης πίεσης ή στους απευθείας συνδεδεμένους καταναλωτές με το σύστημα μεταφοράς και προσδίδουν στο αέριο χαρακτηριστική οσμή για την έγκαιρη διαπίστωση τυχόν διαρροών.

Οι μετρητικοί ρυθμιστικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ρυθμιστικές βαλβίδες, βαλβίδες άμεσης διακοπής, σύγχρονα μετρητικά συστήματα, σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού, τηλεέγχου / τηλεχειρισμού και τιμολόγησης, και εγκαταστάσεις προσθήκης χαρακτηριστικής οσμής. Αναφέρονται ενδεικτικά ο μετρητικός σταθμός συνόρων Σιδηροκάστρου και ο μετρητικός σταθμός Κήπων Έβρου.

#### α) Μετρητικός σταθμός συνόρων Σιδηροκάστρου

Ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Σιδηροκάστρου βρίσκεται σε απόσταση 12km, από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα, στο Δήμο Σιντικής, σε κοντινή απόσταση από την πόλη του Σιδηροκάστρου. Η κύρια λειτουργία του σταθμού είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου φυσικού αερίου από τη Βουλγαρία. Επιπλέον, στον σταθμό εφαρμόζονται οι ακόλουθες απλές φυσικές διεργασίες στο φυσικό αέριο, απομάκρυνση στερεών και υγρών με φίλτρα στην είσοδο του σταθμού, θέρμανση με εναλλάκτες θερμότητας με θερμό νερό, και ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο.

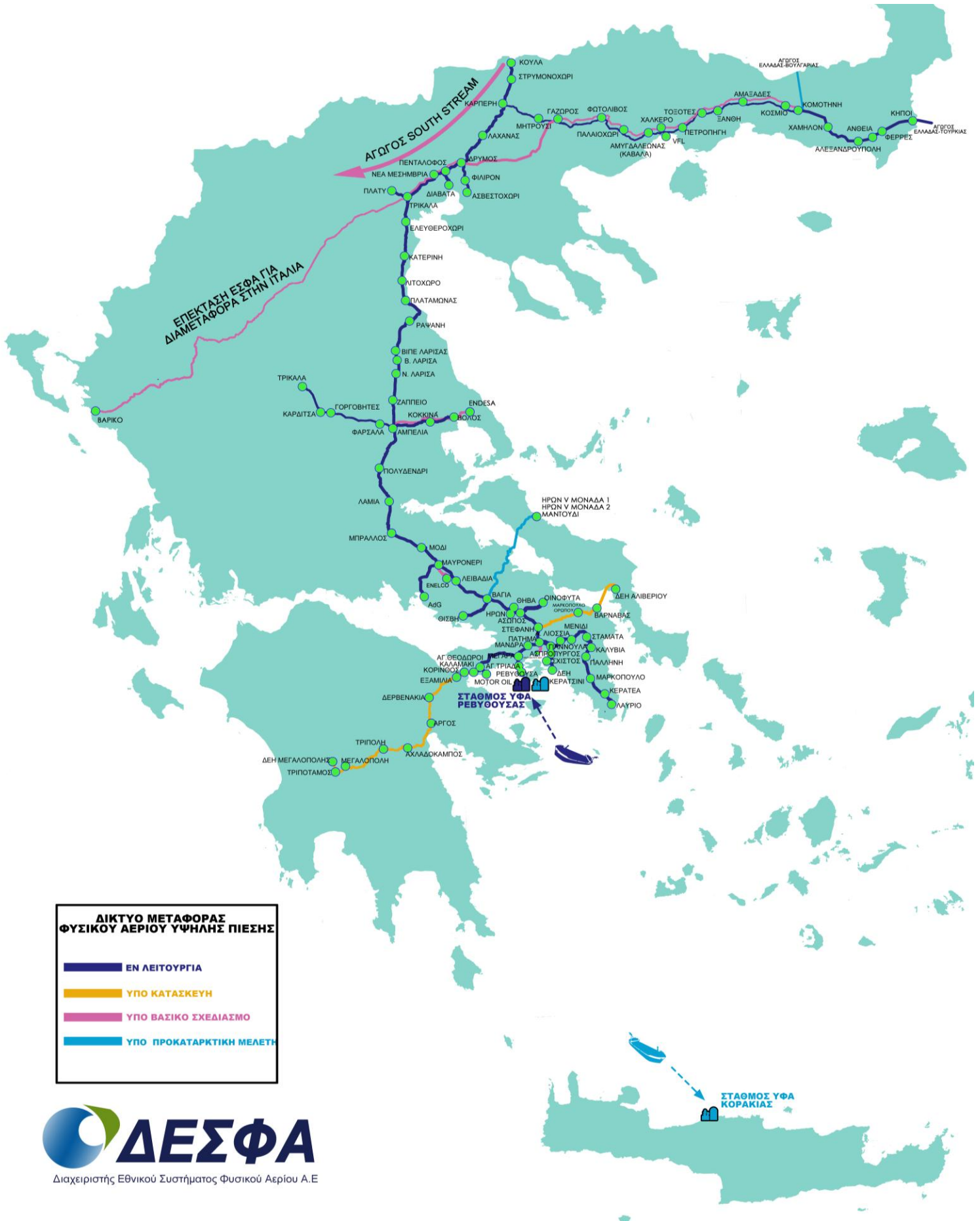
#### β) Μετρητικός σταθμός συνόρων Κήπων Έβρου

Ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων Κήπων Έβρου βρίσκεται σε απόσταση 3.5km από τα σύνορα Ελλάδος – Τουρκίας, στο Δήμο Φερρών, δίπλα στο συνοικισμό Πέπλο. Η κύρια λειτουργία του σταθμού είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου φυσικού αερίου από τη Τουρκία. Επιπλέον, εφαρμόζονται η απομάκρυνση στερεών και υγρών με φίλτρα στην είσοδο του Σταθ-



μού, και η ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο (3 ρυθμιστικές γραμμές)  
(*ΡΑΕ (2009), ΔΕΣΦΑ (2013)*).

Χάρτης 1: Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ, 2013)



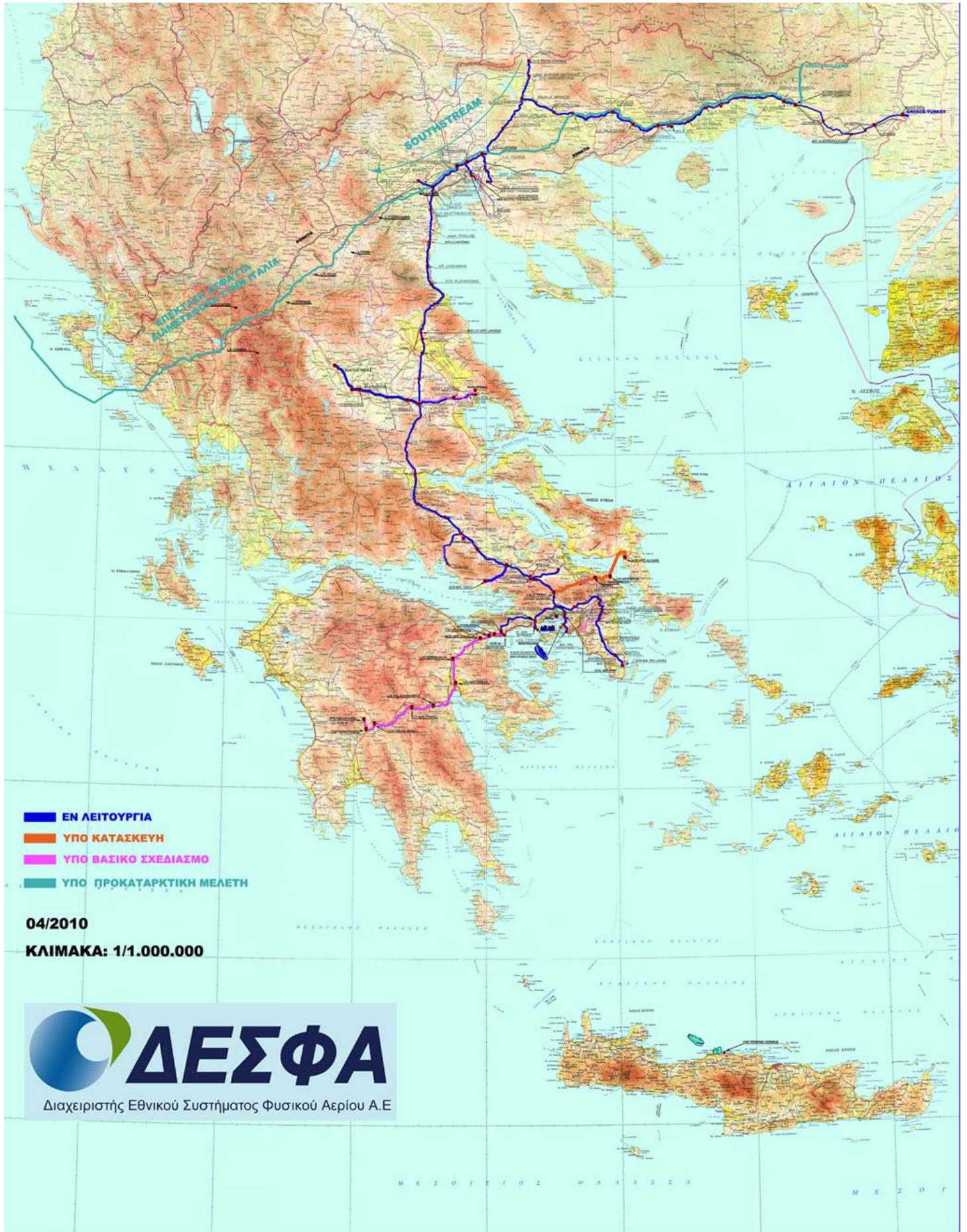
**ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ**

- █ ΕΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
- █ ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
- █ ΥΠΟ ΒΑΣΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ
- █ ΥΠΟ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

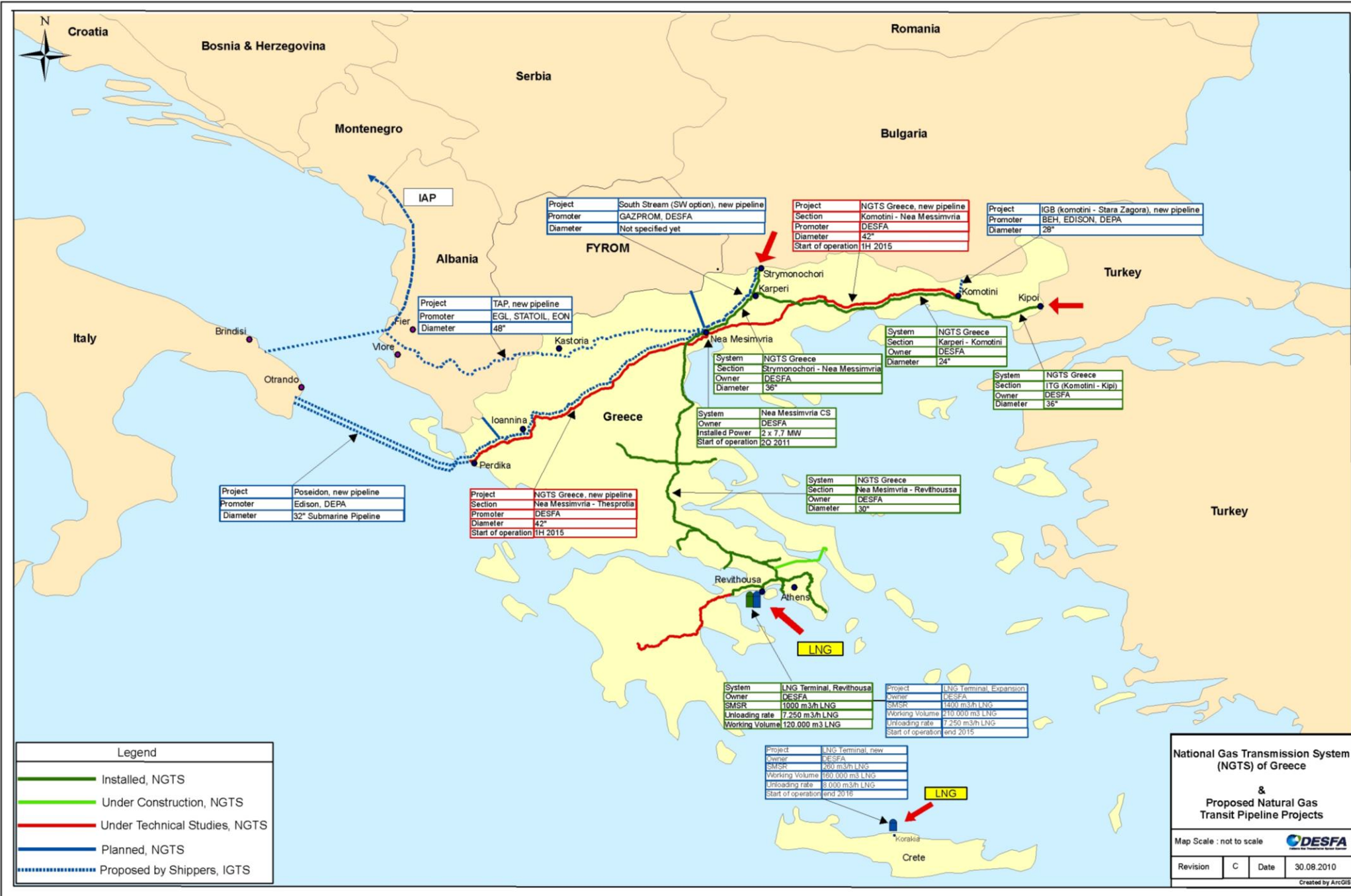


Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου Α.Ε

Χάρτης 2: Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου- Γεωφυσικός Χάρτης (ΔΕΣΦΑ, 2013)



Χάρτης 3: Σύστημα αγωγών φυσικού αερίου ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής (ΔΕΣΦΑ, 2013)



### Κέντρα ελέγχου και κατανομής φορτίου

Οι λειτουργικές παράμετροι του ΕΣΜΦΑ ελέγχονται και προσδιορίζονται σε συνεχή βάση από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου, στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Νοτίου Τομέα ή εναλλακτικά στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Βόρειου Τομέα.

Αντικείμενο του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου αποτελεί, μεταξύ άλλων, η συνεχής παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του ΕΣΜΦΑ μέσω συστήματος Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA), η υλοποίηση προγραμμάτων παραλαβών και παραδόσεων φυσικού αερίου, ο προσδιορισμός των λειτουργικών παραμέτρων του ΕΣΜΦΑ με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας λογισμικού προσομοίωσης δικτύου, η έγκαιρη ειδοποίηση και καθοδήγηση του προσωπικού συντήρησης σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας εξοπλισμού, και η υποστήριξη και ο συντονισμός προσωπικού συντήρησης και αρχών σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

### Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας συμπεριλαμβάνεται στους δεκατρείς (13) αντίστοιχους σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα στο σύνολο της επικράτειας της Μεσογείου και της Ευρώπης. Ο σταθμός βρίσκεται στη νήσο Ρεβυθούσα, σε απόσταση 500m από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45km δυτικά της Αθήνας.

Ο Σταθμός ΥΦΑ λειτουργεί, με γνώμονα τις αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας για τους εργαζομένους και τους περιοίκους. Στα δέκα έτη συνολικής λειτουργίας του σταθμού έχουν παραληφθεί πάνω από 300 φορτία υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ).

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην Ρεβυθούσα περιλαμβάνουν:

- Δύο δεξαμενές αποθήκευσης συνολικής χωρητικότητας 130.000m<sup>3</sup> (65.000m<sup>3</sup> έκαστη).
- Εγκαταστάσεις ελλιμενισμού δεξαμενόπλοιων.
- Κρυογενικές εγκαταστάσεις.
- Αεριοποιητές, για την επανααεριοποίηση του LNG και την τροφοδοσία του συστήματος μεταφοράς.
- Δύο αγωγούς διασύνδεσης της Ρεβυθούσας με το σύστημα μεταφοράς.

- Ναυλωμένο δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 29.500m<sup>3</sup> υγροποιημένου φυσικού αερίου.

#### Σύστημα τηλεέγχου και τηλεπικοινωνιών (Remote Control and Communications – RCC).

Το σύστημα τηλεέγχου και τηλεπικοινωνιών αποτελείται από:

- Καλώδιο οπτικών ινών, παράλληλα με τον αγωγό φυσικού αερίου υψηλής πίεσης.
- Σύστημα πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM).
- Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA).
- Δίκτυο τηλεφωνικών κέντρων PABX.
- Ιδιόκτητο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών.

#### Σύστημα διανομής

Το σύστημα διανομής αποτελείται από:

- Δίκτυα μέσης πίεσης (19 bar) στην Αττική, Θεσσαλονίκη, Θεσσαλία και στις βιομηχανικές περιοχές Οινοφύτων, Πλατέος Ημαθίας, Ξάνθης, Καβάλας και ΒΙΠΕ Κομοτηνής.
- Δίκτυα χαμηλής πίεσης (4 bar) σε Αττική, Θεσσαλονίκη και Θεσσαλία, προβλεπόμενου μήκους 6.500km.
- Υπάρχον δίκτυο διανομής στην Αθήνα (PAE (2009), ΔΕΣΦΑ (2013)).

## 2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 2.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

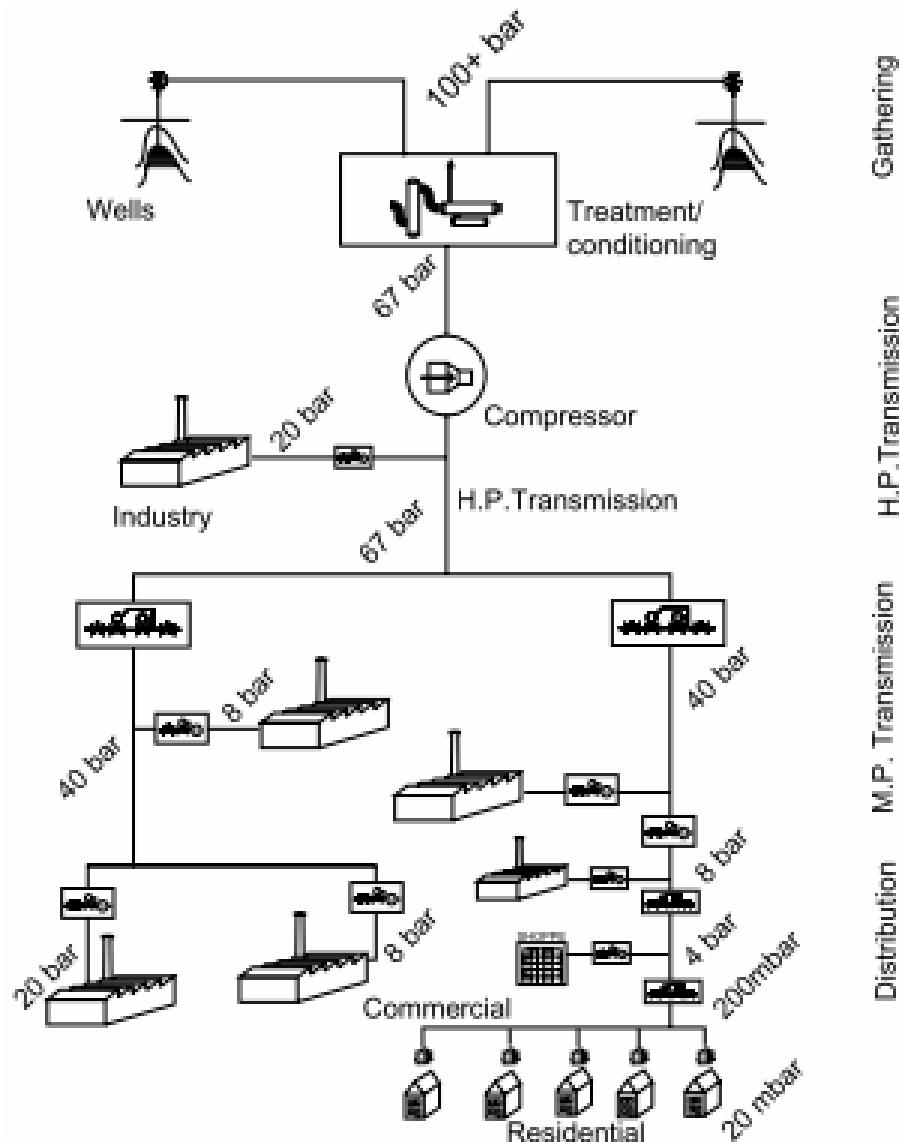
Κατά τα πρώτα έτη χρησιμοποίησης του φυσικού αερίου, η διανομή του πραγματοποιούνταν σε πολύ χαμηλές πιέσεις κατά εκτίμηση στα 20kPa ή 200mmΣ.Υ. και συχνά ακόμη χαμηλότερα. Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο κατασκευάζονταν τοπικά σε χαμηλές πιέσεις, αυτή ήταν η πλέον οικονομική λύση. Επιπρόσθετα, η τεχνολογία εκείνης της εποχής δεν επέτρεπε την οικονομική κατασκευή σωληνώσεων και εξαρτημάτων ικανών να αντιμετωπίσουν υψηλότερες πιέσεις.

Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η χρήση του φυσικού αερίου έγινε ιδιαίτερα δημοφιλής στις Η.Π.Α., ενώ παράλληλα άρχισε η παραγωγή αερίου σε υψηλές δυναμικότητες στην Ευρώπη. Και στις δύο περιπτώσεις η αγορά αναπτύχθηκε ολοένα μακρύτερα από τον τόπο παραγωγής, αναγκάζοντας τη μεταφορά αερίου σε υψηλές αποστάσεις. Όσο η απόσταση μεταφοράς αερίου (άμεσα σχετιζόμενη με την πίεση στον τόπο παραγωγής) αυξανόταν, η απαίτηση για σωληνώσεις, εξαρτήματα και συμπίεστρες υψηλής πίεσης αυξανόταν παράλληλα. Η απαίτηση αυτή καλύφθηκε με τις τεχνολογικές εξελίξεις που σημειώθηκαν στον σχεδιασμό και στην κατασκευή σωληνώσεων, εξαρτημάτων και συμπίεστρων υψηλής πίεσης.

Στην παρούσα κατάσταση, η μεταφορά αερίου σε αποστάσεις υψηλότερες των 100km, πραγματοποιείται συνήθως σε πιέσεις των 50 ή 100bar και για αποστάσεις άνω των 20km σε πιέσεις μεταξύ 20 και 50bar. Στις περιπτώσεις όπου το αέριο κατανέμεται μέσω ενός δικτύου σε ένα πλήθος καταναλωτών μίας περιοχής, οι πιέσεις είναι συνήθως χαμηλότερες των 10bar. Σε πρόσφατα αναπτυγμένες περιοχές η ελάχιστη κατανομή πίεσης είναι συχνά γύρω στα 2bar. Ειδικά σε παλαιότερα συστήματα, η ελάχιστη πίεση είναι στα 10mbar.

Η δυναμικότητα μεταφοράς ενός συστήματος κατανομής αυξάνεται με την πίεση λειτουργίας. Η πίεση λειτουργίας περιορίζεται στη μέγιστη πίεση λειτουργίας ασφαλείας του πλέον αδύναμου συντελεστή του συστήματος.

Από την πηγή παραγωγής αερίου στον τελικό καταναλωτή, η πίεση μειώνεται σταδιακά. Η μέγιστη πίεση κάθε σταδίου καθορίζεται από τον πλέον αδύναμο συντελεστή του συστήματος που βρίσκεται στο συγκεκριμένο στάδιο. Οι ρυθμιστικοί σταθμοί συγκροτούν τη σύνδεση μεταξύ των διαδοχικών σταδίων του συστήματος.



**Σχήμα 1: Παράδειγμα μεταφοράς και κατανομής φυσικού αερίου [10]**

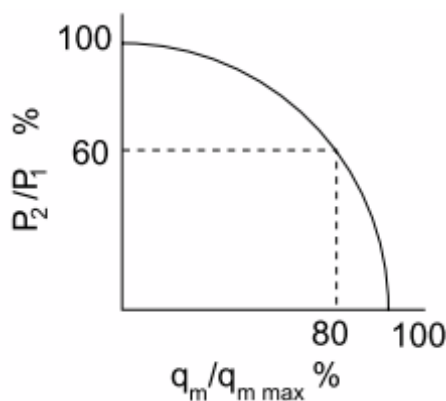
Υπάρχει ένας απλός κανόνας για τον υπολογισμό της μέγιστης πτώσης πίεσης που είναι συνήθως επιτρεπτή σε ένα σύστημα σωληνώσεων.

Σε πρώτη προσέγγιση η ακόλουθη εξίσωση (1) αφορά σε έναν αγωγό πίεσης εισόδου  $P_1$  και πίεσης εξόδου  $P_2$  και ρυθμό ροής αερίου  $q_m$ .

$$\frac{P_2^2}{P_1^2} + \frac{q_m^2}{q_{m\max}^2} = 1$$

Στην εξίσωση (1) οι πιέσεις που περιλαμβάνονται, είναι οι απόλυτες και  $q_{m\max}$  η μέγιστη θεωρητική ροή αερίου. Η εξίσωση αυτή παρίσταται γραφικά στο επόμενο σχήμα 2.





**Σχήμα 2: Συσχετισμός μεταξύ πτώσης πίεσης και δυναμικότητας μεταφοράς αερίου [10]**

Είναι εύκολο να διαπιστωθεί ότι η ροή είναι στο 80% της μέγιστης θεωρητικής τιμής της, ενώ η πίεση στο άκρο του σωλήνα έχει ήδη μειωθεί στο 60% της πίεσης εισόδου. Οποιαδήποτε περαιτέρω αύξηση στον ρυθμό ροής έχει μία σημαντική επίδραση στην πίεση εξόδου. Συνεπώς η ελάχιστη πίεση εισόδου ενός σταθμού ρυθμιστή σπάνια θα είναι χαμηλότερη από 60% της πίεσης λειτουργίας του συστήματος τροφοδοσίας παροχής [10].

## 2.2. ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ – ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Οι μετρητικοί και ρυθμιστικοί σταθμοί φυσικού αερίου εγκαθίστανται στις διάφορες διακλαδώσεις του δικτύου όπου απαιτείται μεταβολή στη πίεση του αερίου και στα επίπεδα κατανάλωσης. Η λειτουργία αυτών των σταθμών αποσκοπεί στη μείωση της πίεσης παροχής του φυσικού αερίου, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες των τοπικών δικτύων, όπως επίσης και να πραγματοποιηθεί καταμέτρηση της κατανάλωσης.

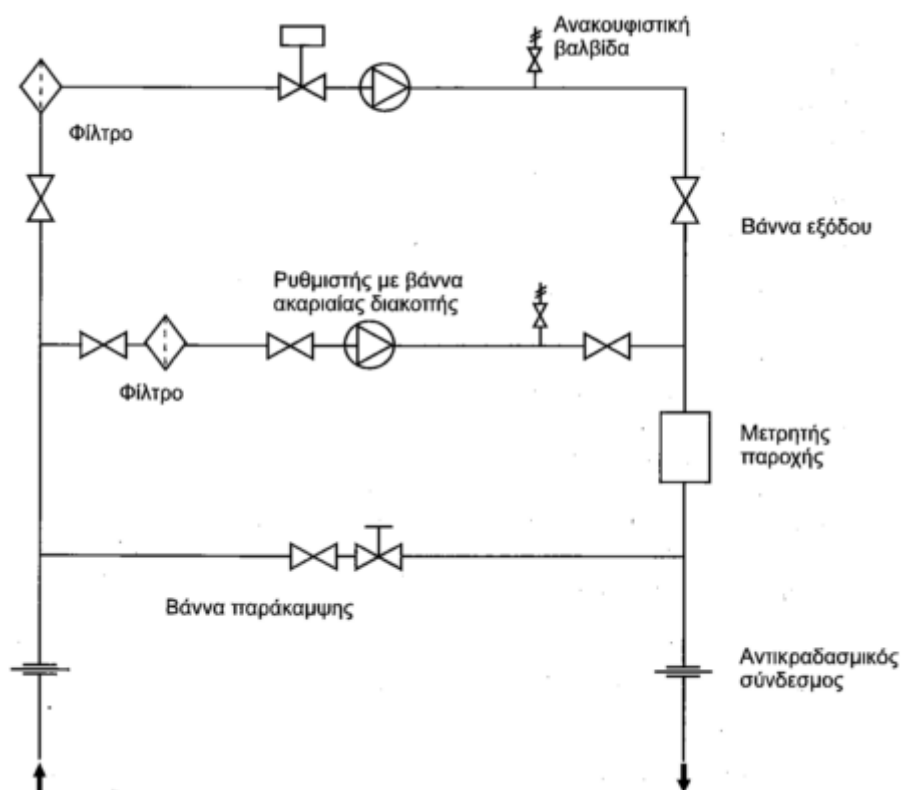
Οι υψηλές απαιτήσεις ασφαλούς λειτουργίας και ακρίβειας των μετρήσεων, επιβάλλουν την εγκατάσταση αυστηρών διατάξεων ασφάλειας. Για τους ανωτέρω λόγους, οι σταθμοί αυτοί εξοπλίζονται με συσκευές υψηλής τεχνολογίας, ικανές να διασφαλίσουν συγχρόνως ασφάλεια, αξιοπιστία, απόλυτο έλεγχο του σταθμού, και ακρίβεια μετρήσεων.

Οι σταθμοί φυσικού αερίου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει το ‘δίκτυο μεταφοράς’. Οι σταθμοί που εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία συνδέονται με τον κύριο αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου, ο οποίος λειτουργεί στην υψηλότερη πίεση (από 50-80 bar), και εγκαθίστανται για την τροφοδότηση του ‘δικτύου διανομής’. Το ‘δίκτυο διανομής’ συγκροτείται από δακτυλίους με-

γάλου μήκους περιμετρικά των αστικών κέντρων και λειτουργούν σε πίεση χαμηλότερη των 15-20 bar. Λόγω της περιπλοκότητας του σχεδιασμού τους και των υψηλών απαιτήσεων ασφαλείας οι σταθμοί αυτοί θεωρούνται οι κρισιμότεροι.

Η δεύτερη κατηγορία σταθμών φυσικού αερίου αποσκοπεί στην τροφοδότηση της τελικής κατανάλωσης. Οι κανονισμοί που ορίζουν τη λειτουργία του δικτύου αυτού έως την είσοδο του τελικού καταναλωτή (οικίες, νοσοκομεία, βιομηχανίες) παρατίθενται στον ‘Κανονισμό Εσωτερικών Εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας άνω των 50 mbar και μέγιστη πίεσης λειτουργίας έως και 16 bar’ (ΦΕΚ 236 Β’ 26/3/97) και τα νεώτερα κείμενα [4].

Οι σταθμοί διανομής (Metric/Reduction Stations) τροφοδοτούν το δίκτυο διανομής 4 bar σε συνθήκες σταθερής πίεσης, ανεξάρτητα από τη ροή του αερίου και την πίεση τροφοδότησης του σταθμού. Δηλαδή είναι δυνατή η τροφοδοσία σε συνθήκες σταθερής πίεσης 4 bar ανεξάρτητα από τις μεταβολές της παροχής λειτουργίας του δικτύου των 4 bar.



**Σχήμα 3: Τυπική διάταξη σταθμού μέτρησης / ρύθμισης πίεσης [11]**

Ο σταθμός αποτελείται από ένα σύνολο διατάξεων τοποθετημένες σε μία γραμμή του σταθμού με τις αντίστοιχες βάνες εισόδου και εξόδου. Οι γραμμές αυτές

καλούνται 'stream'. Οι σταθμοί διαθέτουν δύο ρεύματα αυτού του είδους, εναλλάξιμα για λόγους ασφαλείας. Για την περίπτωση, που πρόκειται να απομονωθούν και τα δύο ρεύματα, εγκαθίσταται παράλληλα μία γραμμή με μία βάνα ρύθμισης για χειροκίνητη ρύθμιση της πίεσης [11].

### **2.3. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΙΕΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Οι ρυθμιστικοί σταθμοί εγκαθίστανται για την εξυπηρέτηση της τροφοδοσίας συγκεκριμένης ποσότητας αερίου σε ορισμένη πίεση λειτουργίας. Η απαίτηση αυτή πρέπει να καλύπτεται για πιέσεις εισόδου, των οποίων η τιμή κυμαίνεται μεταξύ μίας μέγιστης και μίας ελάχιστης τιμής. Η ελάχιστη πίεση εισόδου καθορίζει σε συνδυασμό με την απαιτούμενη δυναμικότητα, το μέγεθος των διατάξεων. Λαμβάνονται υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων στον σχεδιασμό ενός ρυθμιστικού σταθμού.

#### **2.3.1. Λειτουργία Ρυθμιστικού Σταθμού**

Ο ρυθμιστικός σταθμός εκτελεί ουσιαστικά μια λειτουργία ασφαλείας: τον περιορισμό της πίεσης στο κατάντη σύστημα σε μία τιμή που έχει ορισθεί ως ασφαλής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτή η λειτουργία υποστηρίζεται από πρόσθετες διατάξεις ασφαλείας.

Οι ρυθμιστές και οι άλλες διατάξεις ασφαλείας συνήθως τροφοδοτούνται ενεργειακά από το φυσικό αέριο. Κατά αυτόν τον τρόπο, η λειτουργία τους δεν απαιτεί εξωτερική ενεργειακή τροφοδοσία.

Σε ορισμένους ρυθμιστικούς σταθμούς, πραγματοποιείται επίσης καταμέτρηση της παροχής αερίου και αυτή η λειτουργία επηρεάζει συνήθως τον σχεδιασμό του σταθμού [10].

#### **2.3.2. Βασικές Παράμετροι Σχεδιασμού**

Οι ακόλουθες παράμετροι είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό ενός ρυθμιστικού σταθμού:

- Μέγιστη πίεση εισόδου.
- Ελάχιστη πίεση εισόδου.
- Μέγιστη πίεση εξόδου.
- Ελάχιστη πίεση εξόδου.
- Μέγιστη ροή.

- Μέγιστη ταχύτητα αερίου.

Εάν ο σταθμός πρόκειται να λειτουργήσει παράλληλα και ως μετρητικός σταθμός, οι ακόλουθες παράμετροι θα πρέπει επίσης να είναι γνωστές:

- Το εύρος της ταχύτητας ροής.
- Η επιθυμητή ακρίβεια.

Σε ένα υπάρχον σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου, η μέγιστη πίεση εισόδου είναι μία δεδομένη παράμετρος. Αυτή καθορίζει τη διαστασιολόγηση του ρυθμιστή και του ανάντη τμήματος σωληνώσεων.

Η μέγιστη πίεση εξόδου καθορίζεται από το επίπεδο ασφάλειας των διατάξεων ή από το ακολουθούμενο σύστημα διανομής που πρόκειται να τροφοδοτηθεί. Η διαστασιολόγηση, το μέγεθος των εξαρτημάτων και κατά συνέπεια το κόστος ενός σταθμού καθορίζεται από τη μέγιστη πίεση εισόδου, την ελάχιστη πίεση εισόδου και τη μέγιστη ροή.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο πλέον οικονομικός σχεδιασμός, οι δύο τελευταίες τιμές θα πρέπει να είναι γνωστές με ακρίβεια. Ωστόσο, στην πράξη η αβεβαιότητα αυτών των τιμών είναι υψηλή και είναι δυνατόν να μεταβληθούν με τον χρόνο. Οι σταθμοί επομένως θα πρέπει να σχεδιάζονται μεγαλύτεροι από ότι απαιτούνται, ώστε να μη χρειαστεί να αλλαχθούν για πολύ καιρό [10].

### 2.3.3. Ασφάλεια, Περιβαλλοντικοί Κώδικες και Κανονισμοί

Λαμβάνοντας υπόψη τα χρησιμοποιούμενα σύγχρονα υλικά και τις αποδεδειγμένες αρχές λειτουργίας, οι τρέχοντες ρυθμιστές και διατάξεις έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά ασφαλείς και αξιόπιστοι. Ωστόσο, οι κώδικες ασφαλείας και οι κανονισμοί συχνά επιβάλλουν την εγκατάσταση πρόσθετων διατάξεων ασφαλείας. Οι κώδικες αυτοί έχουν μακρά παράδοση και διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους από χώρα σε χώρα. Πριν καταστεί δυνατός ο σχεδιασμός ενός σταθμού, θα πρέπει να είναι γνωστοί όλοι οι σχετικοί κώδικες και τα πρότυπα που ισχύουν για μία συγκεκριμένη τοποθεσία.

Ο έλεγχος ποιότητας και διασφάλιση για τις σωληνώσεις διαφοροποιείται επίσης σημαντικά μεταξύ των διαφόρων κρατών. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες αφορούν κυρίως στον θόρυβο που δημιουργείται κατά τη λειτουργία του σταθμού [10].

### 2.3.4. Φυσική και Θερμοδυναμική

Η πίεση, η θερμοκρασία και ο όγκος ενός αερίου συνδέονται μέσω της καταστατικής εξίσωσης αερίων, γνωστής ως νόμος του Boyle-Gay Lussac ή Boyle-Charles.

Συνήθως αυτή, για ένα γραμμομόριο αερίου τυποποιείται ως:

$$P \cdot V_m = Z \cdot R \cdot T$$

Σε αυτή την εξίσωση,  $P$  ορίζεται η απόλυτη πίεση,  $V_m$  ο γραμμομοριακός όγκος,  $Z$  η συμπευστότητα του αερίου,  $R$  η παγκόσμια σταθερά αερίων και  $T$  η απόλυτη θερμοκρασία. Η συμπευστότητα εξαρτάται από τη σύνθεση του αερίου. Η τιμή της είναι ίση προς τη μονάδα σε χαμηλές πιέσεις, ενώ συνήθως λαμβάνει χαμηλότερες τιμές σε υψηλότερες πιέσεις.

Η δυναμικότητα ενός σταθμού εκφράζεται σε κυβικά μέτρα ανά ώρα. Αυτή είναι η ογκομετρική παροχή αερίου που θα καταμετρούταν σε συνθήκες αναφοράς (συνήθως 1.013mbar και 15° ή 0°C). Η πραγματική παροχή αερίου  $Q_1$  για έναν σταθμό δυναμικότητας  $Qm^3/h$  ισούται προς:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{P_b \cdot Z \cdot T}{(P \cdot Z_b \cdot T_b)}$$

όπου  $P_b$  και  $T_b$  η πίεση και θερμοκρασία αναφοράς,  $P$  η πίεση εξόδου του σταθμού,  $T$  η απόλυτη θερμοκρασία και  $Z$  η συμπευστότητα του αερίου κατά την έξοδο του από τον σταθμό.

Για πιέσεις γύρω στα 15bar, η δυναμικότητα του σταθμού προσεγγίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Q_1 = \frac{Q}{P}$$

όπου  $P$  η πίεση εξόδου σε bar.

Από θερμοδυναμικής άποψης, η πτώση πίεσης είναι μία ισενθαλπική διαδικασία. Η ενθαλπία ενός αερίου πριν και μετά τον στραγγαλισμό παραμένει στα ίδια επίπεδα. Υπάρχει ένας απλός κανόνας, σύμφωνα με τον οποίο, η θερμοκρασία μειώνεται κατά 0.5°C για κάθε bar μείωσης πίεσης.

Για υψηλές μειώσεις πίεσης, η θερμοκρασία είναι δυνατόν να λάβει τιμές χαμηλότερες του σημείου πήξης, ειδικά στις περιπτώσεις όπου το αέριο δεν έχει προ-

θερμανθεί. Αν το αέριο δεν είναι επαρκώς ξηρό, (περιέχει υδρατμούς ή υγρούς υδρογονάνθρακες) είναι δυνατόν να σχηματιστούν συμπυκνώματα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η παρουσία υδρατμών είναι επίσης επικίνδυνη. Οι υδρατμοί αποτελούνται από νερό και μεθάνιο και είναι δυνατόν να προκαλέσουν εμπλοκές στις εγκαταστάσεις.

Σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες εξόδου, είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί συμπύκνωση στο εξωτερικό της εγκατάστασης και σε περίπτωση πολύ υψηλών μειώσεων της θερμοκρασίας, τμήματα της εγκατάστασης να καλυφθούν με πάγο. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό, το αέριο θα πρέπει να προθερμανθεί πριν τη μείωση της πίεσης.

Στην περίπτωση της προθέρμανσης, σημαντική ποσότητα ενέργειας είναι πιθανόν να απαιτηθεί. Η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση του αερίου προσεγγίζεται αδρομερώς από την ακόλουθη σχέση:

$$W = 0.5 \cdot V_n \cdot \Delta T$$

Στην ανωτέρω εξίσωση  $W$  είναι η απαιτούμενη ενέργεια σε kcal,  $V_n$  η ποσότητα αερίου σε  $m^3$  και  $\Delta T$  η διαφορά θερμοκρασίας. Ομοίως, η δυναμικότητα του προθερμαντήρα είναι δυνατόν να εκτιμηθεί από την ακόλουθη εξίσωση:

$$H_c = 0.5 \cdot Q_n \cdot \Delta T_{max}$$

όπου  $H_c$  η απαιτούμενη θερμαντική ικανότητα σε kcal/h,  $Q_n$  η μέγιστη παροχή αερίου σε  $m^3/h$  και  $\Delta T_{max}$  η μέγιστη απαιτούμενη άνοδος της θερμοκρασίας.

Πέρα από το λειτουργικό κόστος της προθέρμανσης, η επένδυση σε θερμαντήρες και εναλλάκτες θερμότητας όπως και η συντήρησή τους αυξάνει το συνολικό κόστος κατασκευής και λειτουργίας του σταθμού.

Είναι απόλυτα εφικτό να λειτουργούν σταθμοί με θερμοκρασίες εξόδου υπό του μηδενός και να μη δαπανάται ενέργεια για την προθέρμανση του αερίου.

Η λειτουργία σταθμών χωρίς προθέρμανση του φυσικού αερίου χαρακτηρίζεται όμως, από ένα πλήθος μειονεκτημάτων όπως:

- Δυσκολίες στην πρόσβαση για συντήρηση.
- Το φυσικό αέριο πρέπει να διαθέτει χαμηλό σημείο δρόσου νερού και υδρογονανθράκων.
- Αυξημένο κίνδυνο διάβρωσης.
- Κίνδυνο απόφραξης αεραγωγών από πάγο.

- Τα μετακινούμενα μέρη των οργάνων είναι πιθανόν να ‘κλειδώσουν’ (μανόμετρα, καταγραφείς).
- Πάγωμα του εδάφους γύρω από τις απερχόμενες σωληνώσεις.

Τα πλεονεκτήματα είναι:

- Εξοικονόμηση ενεργειακού κόστους.
- Απλούστερος σχεδιασμός και ως εκ τούτου δυνητικά πιο αξιόπιστος.
- Δεν πραγματοποιείται καμία επένδυση σε θερμαντήρες και εναλλάκτες θερμότητας.
- Δεν απαιτείται συντήρηση του συστήματος προθέρμανσης, των εναλλακτών θερμότητας και του βοηθητικού εξοπλισμού [10].

### 2.3.5. Θέματα Λειτουργίας

#### Ποιότητα φυσικού αερίου

Τα περισσότερα είδη φυσικού αερίου που διανέμονται είναι μη-διαβρωτικής φύσης. Είναι όμως πιθανόν να εντοπιστούν ψήγματα σκόνης ή άμμου, που παρέμειναν από τη φάση κατασκευής του σταθμού. Παρόλο που τα περισσότερα είδη φυσικού αερίου υποβάλλονται σε επεξεργασία ώστε να έχουν ένα χαμηλό σημείο δρόσου υδρογονανθράκων, είναι πιθανόν να εντοπιστούν μέσα στο σύστημα, υγροί υδρογονάνθρακες. Καθίσταται συνεπώς αναγκαία η τοποθέτηση αποστραγγιστικών φίλτρων. Το αέριο θα πρέπει επίσης να διαθέτει χαμηλό σημείο δρόσου για να αποφευχθεί ο σχηματισμός υδρατμών. Επίσης η παρουσία ύδατος αυξάνει τον κίνδυνο διάβρωσης.

#### Διαθεσιμότητα και συντήρηση

Η διατήρηση της ασφάλειας και του συνεχούς εφοδιασμού, στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελεί ζήτημα ύψιστης σημασίας. Εκτός από την αξιοπιστία του σταθμού, σημαντικό θέμα αποτελεί επίσης η δυνατότητα συντήρησης του σταθμού, χωρίς να απαιτείται η διακοπή τροφοδοσίας αερίου προς τους καταναλωτές.

Μια πρακτική λύση αποτελεί η κατασκευή του σταθμού από πανομοιότυπες μονάδες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήματα πρόσθετων σωληνώσεων εγκαθίστανται ώστε να είναι δυνατή η προσωρινή σύνδεση μετρητικών διατάξεων για τις διαδικασίες ελέγχου.

### Ηλεκτρολογική ασφάλεια και επικινδυνότητα περιοχών

Σε έναν ορθά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο ρυθμιστικό σταθμό, δε θα πρέπει να παρουσιάζονται φαινόμενα διαρροής. Αν έχουν εγκατασταθεί βαλβίδες εκτόνωσης, η έξοδός τους θα πρέπει να τοποθετηθεί πολύ υψηλότερα από την εγκατάσταση του κτιρίου.

### Κατασκευή

Το πλήρες σύστημα συναρμολογείται και δοκιμάζεται στο εργοστάσιο. Οι κατασκευαστικές εργασίες στον χώρο εγκατάστασης περιορίζονται όσο το δυνατόν.

### Θόρυβος

Το μεγαλύτερο μέρος του θορύβου σε έναν ρυθμιστικό σταθμό παράγεται κατά τη ροή φυσικού αερίου με υψηλή ταχύτητα μέσω των θυρίδων του ρυθμιστή. Ο ήχος μεταδίδεται στις σωληνώσεις, οι οποίες με τη σειρά τους τον αντανakλούν στον περιβάλλοντα χώρο. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο θόρυβος ενός ρυθμιστικού σταθμού δεν προέρχεται μόνο από τη λειτουργία των ρυθμιστών αλλά και από το κατάντη σύστημα σωληνώσεων.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τη μείωση του παραγόμενου θορύβου.

- Ορισμένοι ρυθμιστές διαθέτουν ειδικές διατάξεις βαθμιαίου περιορισμού της ταχύτητας. Όλοι οι ‘σιγανοί’ ρυθμιστές είναι υψηλότερων διαστάσεων και δαπανηρότεροι.
- Σωληνώσεις τοιχωμάτων υψηλότερου πάχους και μεγαλύτερης διαμέτρου βοηθούν γενικά στη μείωση του θορύβου. Επίσης η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης στις κατάντη σωληνώσεις συνεισφέρει στη μείωση του θορύβου.
- Ο εγκιβωτισμός της εγκατάστασης είναι ένας εξαιρετικά αποτελεσματικός τρόπος ηχομόνωσης. Αν ο ρυθμιστής είναι εγκατεστημένος σε ένα κτίριο, η ηχομόνωση του κτιρίου είναι δυνατόν να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις θυρίδες εξαερισμού.
- Η τοποθέτηση σιγαστήρων σωληνώσεων είναι επίσης εξαιρετικά αποτελεσματική. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις η έντονη δόνηση στην οποία το ηχοαπορροφητικό υλικό υποβάλλεται, είναι δυνατόν να καταστρέψει τις μηχανικές του ιδιότητες. Το χαλαρό πλέον υλικό είναι πιθανόν να λειτουργήσει επιβλαβώς για το κατάντη τμήμα σωληνώσεων[10].



### 2.3.6. Διάταξη Σταθμού και Εξαρτήματα

#### Διάταξη σταθμού

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ένα γενικό σχεδιάγραμμα ρυθμιστικού σταθμού και των εξαρτημάτων του. Υπάρχει ένα άπειρο πλήθος εναλλακτικών διατάξεων, παρατίθεται όμως η πλέον κοινή.

Στη γραμμή τροφοδοσίας του σταθμού εγκαθίσταται συνήθως μία βάνα, καθιστώντας εφικτή την εγκατάσταση του σταθμού χωρίς να απαιτείται η αποσυμπίεση του δικτύου τροφοδοσίας. Στην περίπτωση όπου ο σταθμός εξυπηρετεί την τροφοδοσία ενός δικτύου διανομής, μία ανάλογη βάνα εγκαθίσταται στη γραμμή εξόδου. Η είσοδος και η έξοδος του σταθμού συνδέονται σε αυτές τις βάνες.

Η διαμόρφωση του σταθμού είναι δυνατόν να ποικίλει ανάλογα με τις συνθήκες, τους κώδικες και τους ισχύοντες κανονισμούς. Σε όλες τις περιπτώσεις προβλέπεται η εγκατάσταση μίας βάνας εισόδου και ενός ρυθμιστή και σε πολλές περιπτώσεις μίας βάνας εκτόνωσης και μίας βάνας ακαριαίας διακοπής. Η βάνα του ρυθμιστή διαμορφώνεται κατάλληλα, ώστε να παρέχει ακαριαία διακοπή, όταν δεν υπάρχει παροχή αερίου. Δεδομένου ότι και μία ελάχιστη μεταβολή της λειτουργίας του ρυθμιστή είναι δυνατόν να αυξήσει την πίεση σε επικίνδυνα επίπεδα, η τοποθέτηση μίας βάνας εκτόνωσης καθίσταται αναγκαία. Η βάνα εκτόνωσης είναι δυνατόν να είναι μικρού μεγέθους, δεδομένου ότι ο ρόλος της περιορίζεται στην εκτόνωση ενδεχόμενης διαρροής του ρυθμιστή. Η βάνα εκτόνωσης είναι δυνατόν να παραληφθεί, μόνο στις περιπτώσεις όπου είναι απολύτως βέβαιο ότι δεν πρόκειται να λάβουν χώρα συμβάντα αυτού του τύπου.

Στις περιπτώσεις όπου προβλέπεται αδιάλειπτη παροχή αερίου, μία δεύτερη εγκατάσταση τοποθετείται παράλληλα ως εφεδρική. Σε αυτή την περίπτωση και οι δύο εγκαταστάσεις είναι εξοπλισμένες με βάνες στην έξοδό τους.

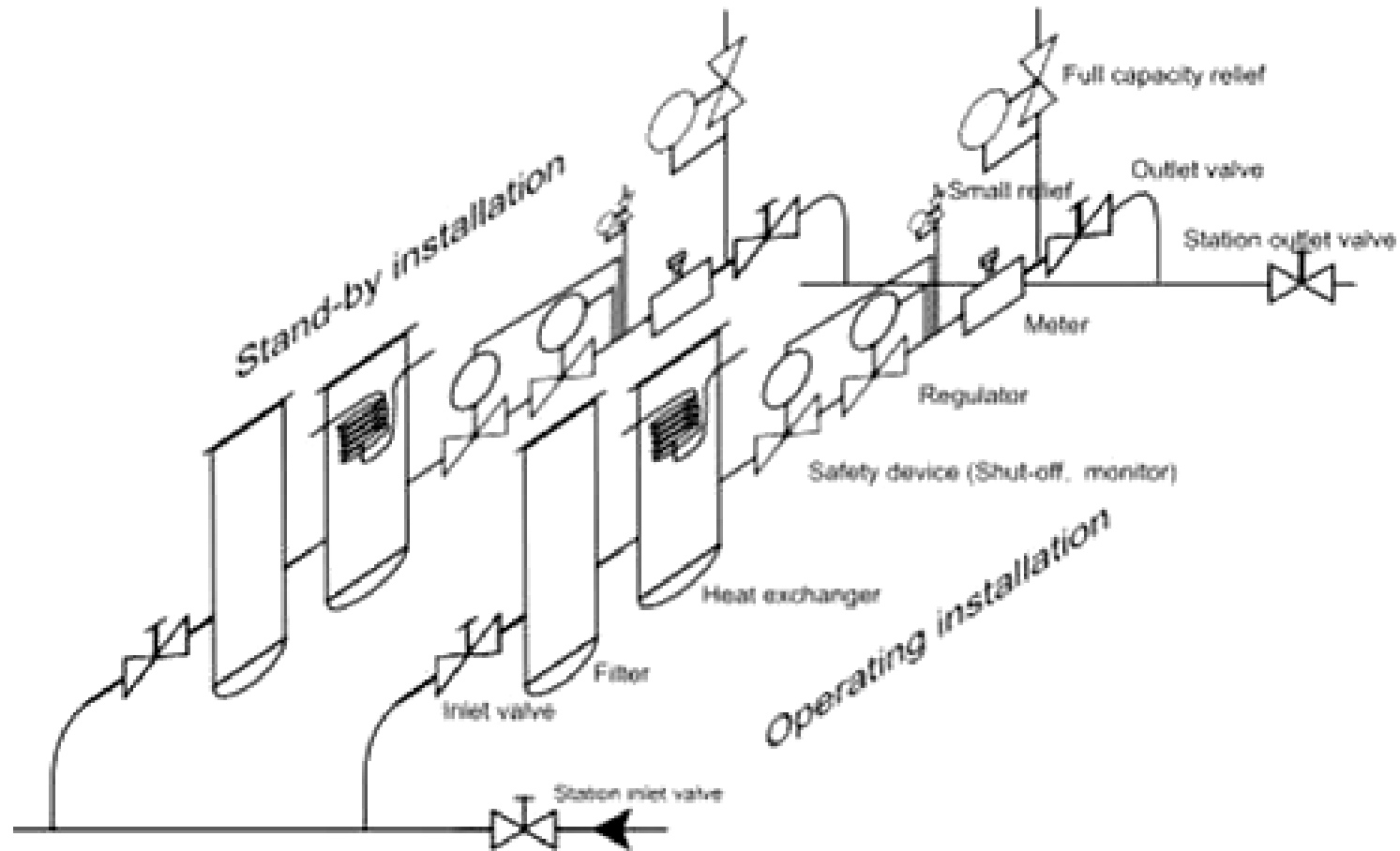
Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του δικτύου τροφοδοσίας και το επίπεδο απαιτούμενης αξιοπιστίας, είναι πιθανή η εγκατάσταση ενός φίλτρου στη γραμμή εισόδου. Το φιλτράρισμα είναι δυνατόν να επαρκεί απλά για τη συγκράτηση αντικειμένων πολύ μικρών διαστάσεων προκειμένου να προληφθεί η καταστροφή του ρυθμιστή. Ωστόσο, εάν ο σταθμός χρησιμοποιείται ως μετρητικός, εξελεγμένα φίλτρα σκόνης, τα οποία συγκρατούν σωματίδια πολύ χαμηλών διαστάσεων τάξης 3-5  $\mu\text{m}$ , χρησιμοποιούνται.

Σε σταθμούς υψηλότερης δυναμικότητας, μια δεύτερη ασφαλιστική διάταξη συνήθως εγκαθίσταται ως εφεδρική λύση στην πρώτη. Η συγκεκριμένη διάταξη ασφαλείας είναι δυνατόν να λειτουργήσει σε μία διαφορετική αρχή. Θα πρέπει να είναι σε θέση να αποτρέψει την υπέρβαση της πίεσης εξόδου από τα επιτρεπτά όρια σε περίπτωση πλήρους αποτυχίας λειτουργίας του ρυθμιστή στην ανοικτή θέση.

Η διάταξη αυτή είναι δυνατόν να είναι:

- Ένας ρυθμιστής επιτηρητής που θα αναλάβει τη λειτουργία του κυρίως ρυθμιστή σε περίπτωση αστοχίας του.
- Μία βάνα διακοπής, που εμποδίζει πλήρως τη ροή φυσικού αερίου.
- Μία πλήρους δυναμικότητας βάνα εκτόνωσης, σχεδιασμένη να απελευθερώσει το σύνολο του διερχόμενου φυσικού αερίου του ρυθμιστή που αστόχησε, στη μέγιστη πίεση εισόδου.

Όπως έχει προαναφερθεί, είναι δυνατόν να είναι επιθυμητή η προθέρμανση του αερίου, πριν τη μείωση της πίεσης, προκειμένου να αποτραπεί η συμπύκνωση των υδρογονανθράκων και των υδρατμών του αερίου, στο εξωτερικό του σταθμού. Σε αυτή την περίπτωση επιβάλλεται η εγκατάσταση ενός εναλλάκτη θερμότητας και ενός λέβητα. Ο μετρητής και οι πρόσθετοι απαιτούμενοι αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας εγκαθίσταται συνήθως κατάντη του ρυθμιστή [10].



Σχήμα 4: Τυπικό σχεδιάγραμμα ρυθμιστικού σταθμού [10]

### Μέγεθος σωληνώσεων

Το μέγεθος των σωληνώσεων σε έναν ρυθμιστικό σταθμό επιλέγεται συνήθως ώστε να περιορίσει την ταχύτητα του αερίου περίπου σε 20 m/s. Οι σωληνώσεις εισόδου διαστασιολογούνται για τη μέγιστη παροχή αερίου στην ελάχιστη πίεση εισόδου. Για πολύ χαμηλές πιέσεις εξόδου (<25 mbarg), η ταχύτητα αερίου περιορίζεται σε 10 m/s προκειμένου να αποφευχθεί η πολύ υψηλή απώλεια πίεσης.

### Βάνες

Οι σύγχρονοι ρυθμιστικοί σταθμοί είναι εξοπλισμένοι κυρίως με σφαιρικές βάνες. Οι νέες τεχνικές, έχουν καταστήσει αυτές τις βαλβίδες οικονομικότερες και αποδοτικότερες σε σχέση με τις συρταρωτές βαλβίδες.

### Ρυθμιστές

Οι ρυθμιστές αερίου διαφέρουν από τις βάνες ελέγχου, λόγω του γεγονότος ότι δεν απαιτούν εξωτερική πηγή ενέργειας. Αντί αυτού χρησιμοποιείται είτε ένα ελατήριο είτε το ίδιο το αέριο προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία η βάνα. Ως αποτέλεσμα κρίνονται ταχύτεροι και πλέον αξιόπιστοι.

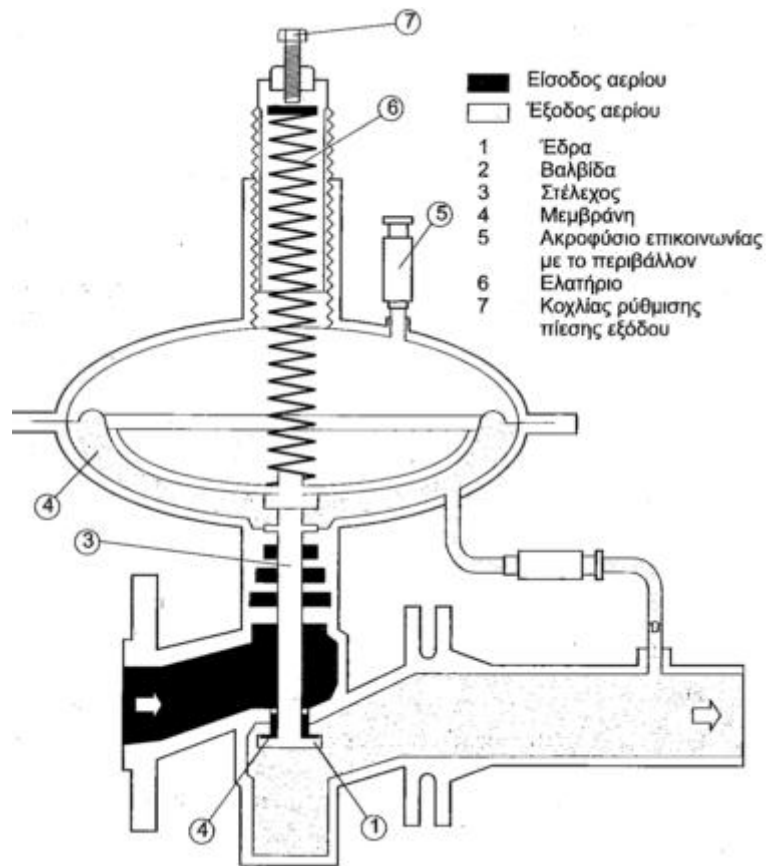
Η άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι οι ρυθμιστές αερίου διαθέτουν τη δυνατότητα να αποκόψουν την επικοινωνία μεταξύ εισόδου και εξόδου, στις περιπτώσεις όπου δε διέρχεται αέριο.

Οι τρέχοντες ρυθμιστές αερίου διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες: α) ελατηρίου και β) με πιλότο [10].

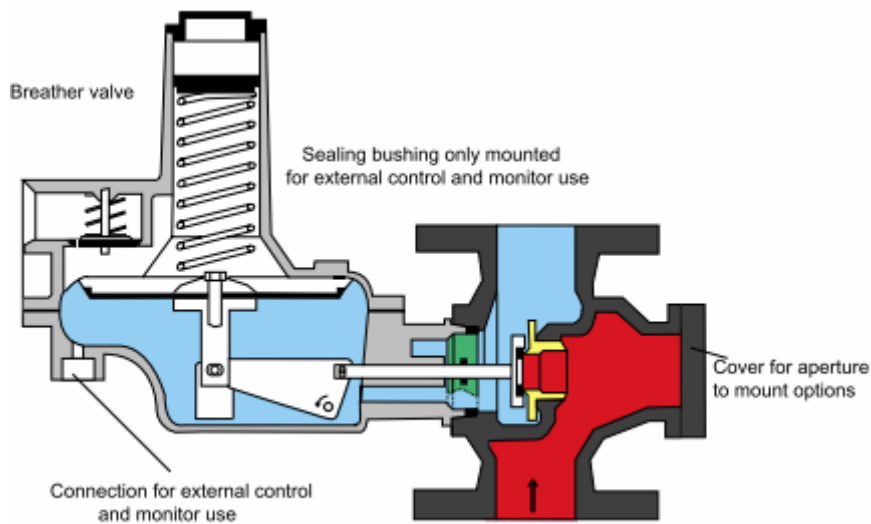
Με τον ρυθμιστή ελατηρίου η πίεση εξόδου ρυθμίζεται με τη βοήθεια ελατηρίου, όπως παρουσιάζεται στα σχήματα 5 και 6. Όσο υψηλότερη είναι η τάση στο ελατήριο, σφίγγοντας τη βίδα κεφαλής, τόσο αυξάνεται η πίεση εξόδου του ρυθμιστή.

Οι ρυθμιστές με πιλότο ρυθμίζουν την πίεση εξόδου με τη βοήθεια ενός ενδιάμεσου ρυθμιστή που ονομάζεται 'πιλότος'. Κατά αυτόν τον τρόπο, ρυθμίζοντας την έξοδο του πιλότου, ρυθμίζεται η πίεση, η οποία συμπιέζει τη μεμβράνη του κυρίως ρυθμιστή (με τη βοήθεια και ενός ελατηρίου), όπως απεικονίζεται στο σχήμα 7. Συγκεκριμένα η πίεση εισόδου του ρυθμιστή εισέρχεται στον πιλότο (1) και με τη βοήθεια του ελατηρίου του πιλότου (7), μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί η πίεση που εισέρχεται στην κεφαλή του ρυθμιστή και συγκεκριμένα στον κάτω θάλαμο (2) του διαφράγματος. Το διάφραγμα (3) ισορροπεί όταν η πίεση στο κάτω μέρος αυτού εξισωθεί με την πίεση στο πάνω μέρος (πίεση εξόδου) και την τάση του ελατηρίου (4).

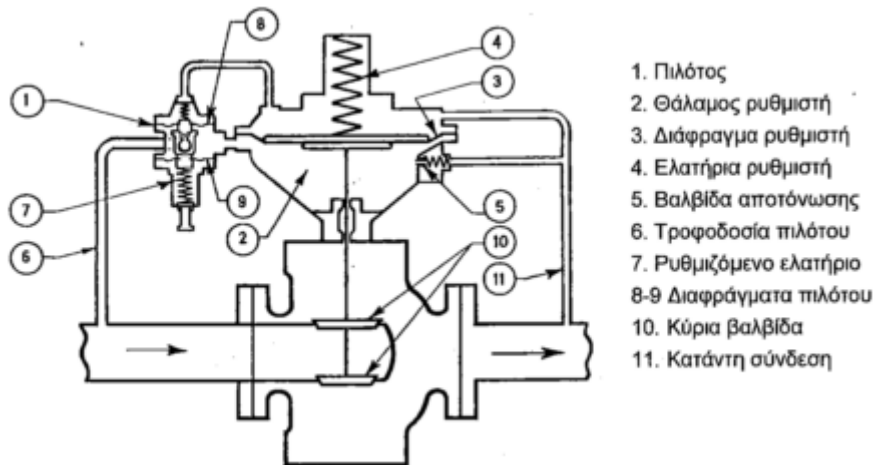
Κατά αυτόν τον τρόπο αυξάνοντας την πίεση στον θάλαμο (2), βιδώνοντας τη βίδα του πιλότου αυξάνεται η πίεση εξόδου και αντίστροφα [11].



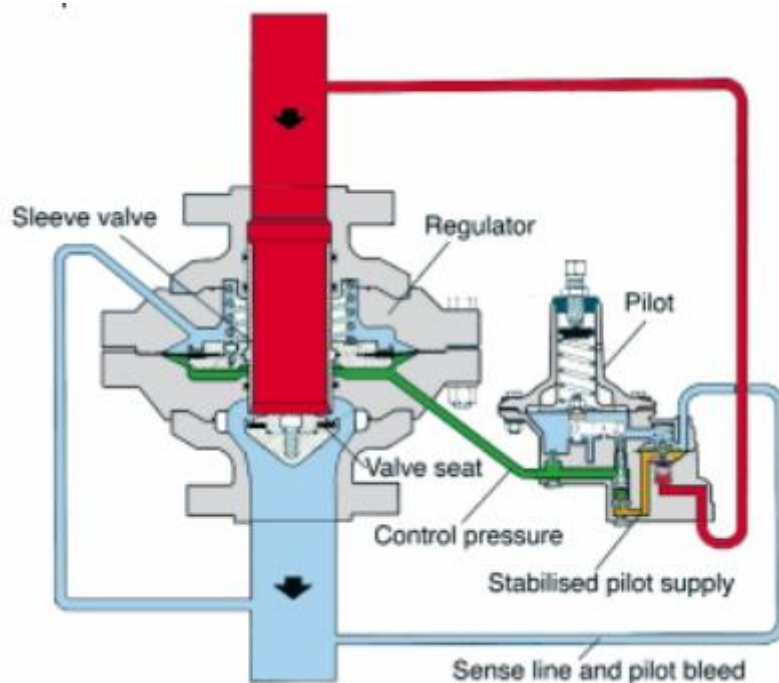
Σχήμα 5: Διάταξη ρυθμιστή μείωσης της πίεσης με ελατήριο [11]



Σχήμα 6: Διάταξη ρυθμιστή μείωσης της πίεσης με ελατήριο [10]

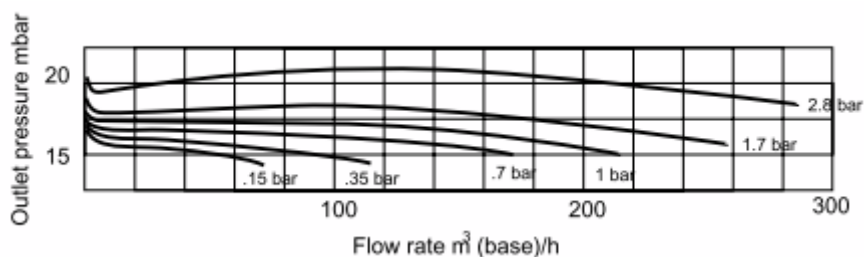


Σχήμα 7: Διάταξη ρυθμιστή μείωσης της πίεσης με πιλότο [11]

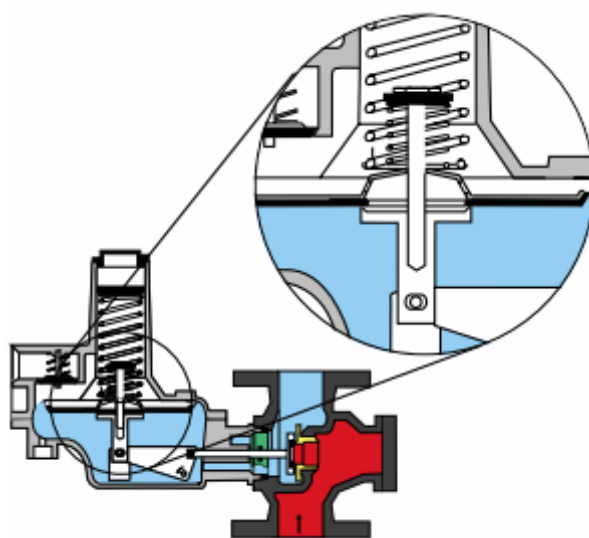


Σχήμα 8: Ρυθμιστής ρυθμιστή μείωσης της πίεσης με πιλότο [10]

Στους ρυθμιστές μείωσης της πίεσης με ελατήριο, η πίεση εξόδου εξαρτάται από τον ρυθμό ροής και την πίεση εισόδου. Χαρακτηριστικές καμπύλες δίνονται στο σχήμα 9. Επίσης στους ρυθμιστές με ελατήριο, είναι δυνατόν να ενσωματωθεί μία μικρή εσωτερική βάνα εκτόνωσης για την εκτόνωση του αερίου σε περίπτωση ελαφριάς εσφαλμένης λειτουργίας του κυρίως ρυθμιστή, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 10.



**Σχήμα 9: Χαρακτηριστικές καμπύλες πίεσης εξόδου ρυθμιστή με ελατήριο, ως συνάρτηση του ρυθμού ροής για διαφορετικές πιέσεις εισόδου [11]**



**Σχήμα 10: Εσωτερική βάνα εκτόνωσης ρυθμιστή μείωσης πίεσης με ελατήριο [10]**

Οι περισσότεροι ρυθμιστές είναι αρθρωτής κατασκευής. Το σώμα του ρυθμιστή είναι δυνατόν να εφοδιαστεί με βάνες, ελατήρια, διαφράγματα διαφόρων μεγεθών. Οι επιλογές αυτές σχετίζονται κυρίως με την ασφάλεια της εγκατάστασης. Ορισμένοι τύποι ρυθμιστών είναι δυνατόν να διαθέτουν έναν ειδικό κλωβό χαμηλού θορύβου στα κατάντη της βάνας ή ειδικές βάνες χαμηλού θορύβου.

Το μέγεθος των ρυθμιστών προσδιορίζεται κυρίως από το μέγεθος της βάνας, την ελάχιστη πίεση εισόδου και την ελάχιστη διαφορά πίεσης. Διατάξεις χαμηλού θορύβου μειώνουν τη δυναμικότητα του ρυθμιστή.

Η δυναμικότητα ενός ρυθμιστή αερίου εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας. Αν η απόλυτη πίεση στην έξοδο του ρυθμιστή είναι (για το φυσικό αέριο) κάτω από το ήμισυ της απόλυτης πίεσης εισόδου η κατάσταση του ρυθμιστή χαρακτηρίζεται 'πνιγμένη'. Σε αυτή την περίπτωση, η ταχύτητα αερίου είναι ίση προς την ταχύτητα του ήχου. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, ο ρυθμός ροής δεν αυξάνεται πλέον, όταν η

πίεση εξόδου μειώνεται περαιτέρω. Ο ρυθμός ροής σε κυβικά μέτρα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$q_b = K_c \cdot P$$

όπου  $P$  η απόλυτη πίεση στα ανάντη και  $K_c$  σταθερά.

Για μικρότερες διαφορές πίεσης, ο ρυθμός ροής μπορεί να εκφραστεί ως:

$$q_b = K_v \sqrt{P_1 - P_2}$$

όπου  $P_1$  και  $P_2$  είναι οι πιέσεις στα ανάντη και κατόντη αντίστοιχα και  $K_v$  μία σταθερά [10].

Οι ρυθμιστές με πιλότο έχουν υψηλότερη ακρίβεια ρύθμισης ( $\pm 1\%$ , έως  $\pm 1.5\%$ ), έναντι των ρυθμιστών με ελατήριο ( $\pm 2\%$ , έως  $\pm 2.5\%$ ). Για αυτόν τον λόγο στους σταθμούς M/R χρησιμοποιούνται ρυθμιστές με πιλότο. Οι ρυθμιστές με ελατήριο ανταποκρίνονται ταχύτερα στις απότομες αλλαγές της ροής και για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικούς σταθμούς όπου η παροχή αερίου είναι διακοπτόμενη, όπως σε περιπτώσεις τροφοδοσίας καυστήρων σε λέβητα [11].

### Φίλτρα φυσικού αερίου

Τα φίλτρα αερίου προστατεύουν το σύνολο της εγκατάστασης του σταθμού από τυχόν σωματίδια ή σκόνες που πιθανόν να μεταφέρονται με το ρεύμα αερίου. Τα σωματίδια είναι δυνατόν να έχουν παραμείνει τυχαία στις σωληνώσεις κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών. Επίσης είναι δυνατόν να υπάρχουν γρέζια από τη διάνοιξη οπών, υπολείμματα συγκόλλησης και λεπτή σκόνη οξειδίου του σιδήρου [10].

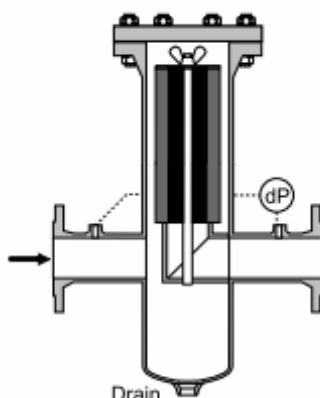
Χρησιμοποιούνται κυρίως, φίλτρα χάρτινου τύπου που αποσκοπούν στο φιλτράρισμα του αερίου πριν την είσοδό του στον ρυθμιστή και στον πιλότο. Η ικανότητα φιλτραρίσματος είναι συνήθως η παρακράτηση σωματιδίων μέσης διαμέτρου υψηλότερης των  $5\mu\text{m}$  [11].

Η μείωση της σκόνης και των σωματιδίων που επικάθονται θεωρείται η καλύτερη προσέγγιση σε προληπτικό επίπεδο. Επιτυγχάνεται με τα ακόλουθα μέτρα:

- Προστασία αποθηκευμένων σωληνώσεων από τη διάβρωση. Η ύπαρξη εσωτερικής επίστρωσης αποτρέπει ή ελαχιστοποιεί την εσωτερική διάβρωση.



- Επαρκής επεξεργασία του φυσικού αερίου για την πρόληψη δημιουργίας διαβρωτικών συνθηκών.
- Ιδιαίτερη προσοχή κατά τη φάση των εργασιών κατασκευής ώστε να παρεμποδίζεται η είσοδος άμμου ή σκόνης.
- Δε θα πρέπει να αντιστρέφεται η κατεύθυνση της ροής του αερίου, αν δεν είναι απολύτως αναγκαίο.
- Διατήρηση της ταχύτητας αερίου στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο.



**Σχήμα 11: Φίλτρο αερίου [10]**

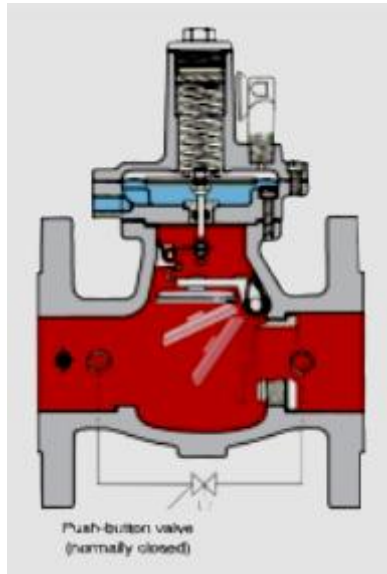
### Επιτηρητής ρυθμιστής

Πρόκειται για έναν δεύτερο ρυθμιστή, συνήθως εγκατεστημένο στα ανάντη του πρώτου ρυθμιστή, ο οποίος αναλαμβάνει τη λειτουργία του πρωτεύοντος σε περίπτωση αστοχίας του πρωτεύοντος. Είναι μόνιμα ανοικτός. Σε περίπτωση αστοχίας του κυρίως ρυθμιστή (π.χ. σχίσιμο μεμβράνης), τότε αναλαμβάνει ο επιτηρητής ρυθμιστής να ρυθμίζει την πίεση εξόδου. Φυσικά η πίεση που θα αναλάβει ο επιτηρητής ρυθμιστής είναι υψηλότερη από αυτή του κυρίως ρυθμιστή. Οι διαφορές μεταξύ ενός ρυθμιστή και ενός επιτηρητή ρυθμιστή είναι ελάχιστες [11].

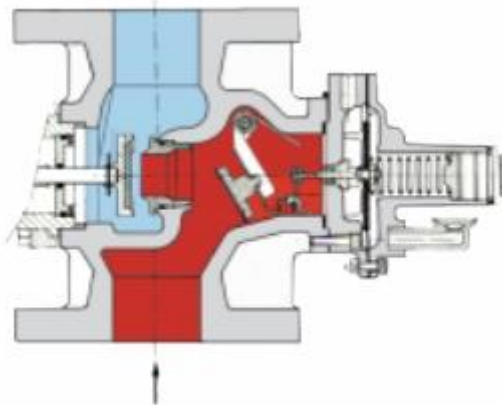
### Βάνες ακαριαίας διακοπής

Οι βάνες ακαριαίας διακοπής διακόπτουν την παροχή αερίου, όταν μία μεταβλητή υπερβεί ένα προκαθορισμένο όριο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό συμβαίνει όταν η πίεση εξόδου υπερβεί μία μέγιστη τιμή.

Οι βάνες ακαριαίας διακοπής είναι δυνατόν να είναι διακριτές μονάδες, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 12, ή να ενσωματώνονται στο σώμα του ρυθμιστή (σχήμα 13). Η επαναρύθμιση της βάνας ακαριαίας διακοπής πραγματοποιείται μόνο χειροκίνητα στον χώρο της εγκατάστασης.



**Σχήμα 12: Βάνα ακαριαίας διακοπής [10]**



**Σχήμα 13: Βάνα ακαριαίας διακοπής ενσωματωμένη στο σώμα του ρυθμιστή [10]**

### Βάνες εκτόνωσης

Στις προηγούμενες παραγράφους, πραγματοποιήθηκε ήδη αναφορά στις βάνες εκτόνωσης οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκτόνωση μικρών ποσοτήτων φυσικού αερίου στην περίπτωση ελαττωματικής λειτουργίας του ρυθμιστή. Δεδομένου όμως ότι και η ελάχιστη διαρροή είναι ικανή να αυξήσει την πίεση της εγκατάστασης στα κατάντη σε επίπεδα πλήρους πίεσης εισόδου, καθίσταται επιτακτική η εγκατάσταση μίας μικρής βάνας εκτόνωσης. Αυτές οι μικρές βάνες εκτόνωσης είναι δυνατόν είτε να ενσωματωθούν στον ρυθμιστή είτε να εγκατασταθούν ως διακριτές μονάδες.

Οι μεγάλες βάνες εκτόνωσης εγκαθίστανται για τη διαχείριση του συνόλου της εγκατάστασης. Σχεδιάζονται για τις δυσμενέστερες συνθήκες λειτουργίας: μέγιστη πίεση εισόδου, πλήρως ανοικτό ρυθμιστή και επιτηρητή ρυθμιστή.

Η έξοδος της βάνας εκτόνωσης πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλή θέση. Κανονικά η θέση αυτή θα πρέπει να είναι σε ένα ορισμένο ύψος πάνω από την εγκατάσταση ή στην περίπτωση κλειστών εγκαταστάσεων σε ένα ορισμένο ύψος πάνω από την οροφή. Κατασκευαστικά οι βάνες εκτόνωσης είναι παρόμοιες με τους ρυθμιστές. Λειτουργούν με ελατήριο ή με πιλότο.

Ο αισθητήρας πίεσης της βάνας εκτόνωσης τοποθετείται στα ανάντη της βάνας και όχι στα κατόντη. Η βάνα ανοίγει, όταν η τιμή της πίεσης που λαμβάνεται από τον αισθητήρα, είναι υψηλότερη από το σημείο ρύθμισης του [10]. Η πίεση λειτουργίας της βάνας εκτόνωσης είναι μεταξύ της πίεσης του ρυθμιστή και της πίεσης λειτουργίας της βάνας ακαριαίας διακοπής. Η δυναμικότητα της βάνας είναι 1% της δυναμικότητας του σταθμού [11].

### Εναλλάκτες θερμότητας

Η θερμότητα συνήθως παρέχεται από θερμαινόμενο νερό λεβήτων συμβατικού τύπου, εγκατεστημένων σε ασφαλή περιοχή. Το κύκλωμα νερού είναι κλειστό, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος διάβρωσης. Η θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού συνήθως επιλέγεται να είναι 90°C / 70°C αντίστοιχα. Ο εναλλάκτης θερμότητας έχει τη δυνατότητα να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του αερίου στην ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία δίχως να προκαλέσει πολύ υψηλή πτώση πίεσης στο τμήμα αερίου.

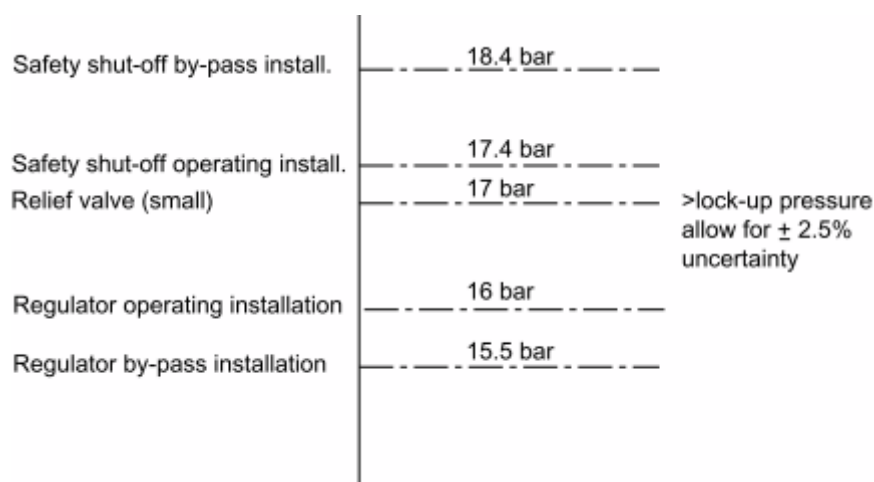
Ελάχιστες περιπτώσεις αστοχίας είναι γνωστές σχετικά με τη λειτουργία των εναλλακτών θερμότητας. Παρ' όλα αυτά, ως μέτρο ασφαλείας μια διάταξη ασφαλείας για την προστασία του λέβητα από υπερπίεση, είναι δυνατόν να εγκατασταθεί στο κύκλωμα νερού [10].

### Σημεία ρύθμισης

Σε γενικές γραμμές, τα σημεία ρύθμισης των ρυθμιστών μείωσης πίεσης και των διατάξεων ασφαλείας βασίζονται στην ακόλουθη φιλοσοφία. Ο ρυθμιστής λειτουργεί. Το σημείο ρύθμισης του επιτηρητή ρυθμιστή (εάν είναι εγκατεστημένο) επιλέγεται κάπως υψηλότερο, ώστε σε περίπτωση όπου ο ρυθμιστής μείωσης πίεσης αστοχήσει, ο επιτηρητής ρυθμιστής να περιορίσει την πίεση. Στις περιπτώσεις όπου δε σημειώνεται κατανάλωση αερίου, τόσο ο ρυθμιστής όσο και ο επιτηρητής ρυθμιστής κλείνουν. Αν το σύνολο του συστήματος είναι απόλυτα στεγανό, ακόμη και η ελάχιστη διαρροή είναι πιθανόν μακροπρόθεσμα να οδηγήσει σε υπερπίεση το σύστημα

στα κατάντη. Για αυτόν τον λόγο εγκαθίσταται μία βάνα εκτόνωσης μικρού μεγέθους, με πίεση λειτουργίας υψηλότερη της πίεσης φραγής του επιτηρητή ρυθμιστή. Οι βάνες ακαριαίας διακοπής ρυθμίζονται συνήθως σε υψηλότερη πίεση για να αποφευχθεί η διακοπή της τροφοδοσίας των καταναλωτών, εκτός και εάν είναι απολύτως αναγκαίο.

Στην περίπτωση όπου υπάρχουν δύο εγκαταστάσεις σε παράλληλη σύνδεση, ο ρυθμιστής μείωσης πίεσης της δεύτερης εφεδρικής εγκατάστασης ρυθμίζεται σε χαμηλότερη πίεση από την κανονική πίεση λειτουργίας. Οι διατάξεις ασφαλείας, ωστόσο, ρυθμίζονται στην ίδια τιμή ή σε υψηλότερη τιμή από τις αντίστοιχες κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης. Στο σχήμα 14, παρατίθενται στοιχεία για τα σημεία ρύθμισης ενός σταθμού υψηλής δυναμικότητας με ρυθμιστές μείωσης πίεσης και διατάξεις ασφαλείας.



**Σχήμα 14: Παράδειγμα ρυθμίσεων ρυθμιστή μείωσης πίεσης και διατάξεων ασφαλείας [10]**

Η υψηλότερη τιμή πίεσης στο κατάντη σύστημα, καθορίζεται από τη ρύθμιση της τελευταίας ασφαλιστικής διάταξης, που θα αρχίσει να λειτουργεί. Η ρύθμιση της τελευταίας διάταξης θα πρέπει συνεπώς να είναι υψηλότερη από αυτή του πλέον αδύναμου συντελεστή της εγκατάστασης στα κατάντη. Η πραγματική πίεση λειτουργίας θα είναι σημαντική χαμηλότερη, ανάλογα με τα περιθώρια μεταξύ των ρυθμίσεων. Τα περιθώρια αυτά, καθορίζονται από την ανοχή και την αβεβαιότητα των ρυθμιστών μείωσης πίεσης και διατάξεων ασφαλείας, ή μπορεί να καθορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς [10].

## 2.4. ΜΕΤΡΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 2.4.1. Μετρούμενα Μεγέθη

Κατά τη μέτρηση της ποσότητας του φυσικού αερίου, η παραγόμενη ενέργεια από την καύση του αερίου είναι η παράμετρος που αναζητείται, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη παράμετρος ποσοτικοποιεί την αξία του φυσικού αερίου στην αγορά. Η ενέργεια αυτή καθορίζεται από την ποσότητα του καταναλισκόμενου αερίου και τη θερμογόνο δύναμη του αερίου. Στην περίπτωση όπου η θερμογόνος δύναμη του θεωρηθεί σταθερή, η παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται άμεσα, πολλαπλασιάζοντας την μετρούμενη ποσότητα με την τιμή αυτή. Η ποσότητα του αερίου συνήθως εκφράζεται στις κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Μία άλλη εξεταζόμενη παράμετρος είναι ο δείκτης Wobbe, μέτρο της θερμικής ενέργειας που απελευθερώνεται στον καυστήρα και αποτελεί τη βάση για τη σύγκριση διαφορετικών αερίων. Άλλα δεδομένα, όπως η περιεκτικότητα σε θείο ή το σημείο δρόσου είναι πιθανόν επίσης να απαιτούνται σε ορισμένες περιπτώσεις.

#### Καθοριζόμενα μεγέθη

**Ενέργεια:** Το συνολικό ποσό ενέργειας που παραδόθηκε από τον σταθμό σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

**Ποσότητα:** Ο όγκος αερίου που παραδόθηκε στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ανηγμένος σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

**Θερμογόνος δύναμη:** Η απελευθερούμενη ποσότητα θερμότητας κατά την καύση ανά μονάδα όγκου (πρότυπο). Η τιμή της θερμογόνου δύναμης είναι πιθανόν να μεταβάλλεται.

#### Πρόσθετα μεγέθη

Εκτός από τις τιμές που αναφέρθηκαν παραπάνω και κρίνονται επαρκείς για την αξιολόγηση του παρεχόμενου αερίου, είναι πιθανόν να απαιτηθούν πρόσθετες τιμές για μετρολογικούς λόγους. Αναφέρονται οι ακόλουθες:

**Όγκος γραμμής:** Ο συνολικός όγκος αερίου που παραδόθηκε στις τρέχουσες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

**Σχετική πυκνότητα:** Ο λόγος της πυκνότητας του αερίου προς την πυκνότητα του ξηρού αέρα σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Δείκτης Wobbe: Η παράμετρος είναι γνωστή επίσης ως "αριθμός Wobbe" και σχετίζεται με την καταλληλότητα του αερίου που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μια κατηγορία συσκευών. Υπολογίζεται διαιρώντας την θερμογόνο δύναμη με την τετραγωνική ρίζα της σχετικής πυκνότητας [12].

#### 2.4.2. Μεταβλητές Εισόδου

Οι μεταβλητές εισόδου διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ρυθμός ροής.
- Κατάσταση.
- Σύνθεση.

##### Ρυθμός ροής

Οι ογκομετρικοί μετρητές ροής παράγουν σήμα ανάλογο προς τη ροή αερίου στις τρέχουσες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Οι τύποι των μετρητών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία φυσικού αερίου (κατά αύξουσα σειρά ανάλογα με τη δυναμικότητά τους) είναι οι μετρητές διαφράγματος, οι μετρητές περιστροφικού εμβόλου, οι μετρητές στροβίλου και οι μετρητές υπερήχων.

Ο διεθνής οργανισμός νομικής μετρολογίας OIML έχει προτείνει μία τυπική σειρά μετρητών αερίου σε όρους μέγιστου ρυθμού ροής: τη G-σειρά. Κάθε τάξη μεγέθους της συγκεκριμένης σειράς διαθέτει 60% περίπου υψηλότερη δυναμικότητα από την προηγούμενη τάξη. Ο αριθμός που δίδεται κατόπιν του γράμματος G προσδιορίζει τον μέσο όρο ροής σχεδιασμού σε  $m^3/h$ . Ο μέσος όρος του ρυθμού ροής σχεδιασμού εκτιμάται περίπου σε 60% του μέγιστου ρυθμού ροής. Οι τιμές της σειράς G δίδονται στον πίνακα 3.

Οι σωληνώσεις σε έναν σταθμό σχεδιάζονται για τη μέγιστη ταχύτητα αερίου. Ο μετρητής επιλέγεται ανάλογα με τη διάμετρο των σωληνώσεων. Ο λόγος περιορισμού της ταχύτητας του αερίου είναι ότι οι δονήσεις στον προσαρτημένο εξοπλισμό, αυξάνονται με την αύξηση της ταχύτητας. Σε ταχύτητες χαμηλότερες των 10m/s, οι κίνδυνοι ελαχιστοποιούνται. Σε υψηλότερες ταχύτητες, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον λεπτομερή σχεδιασμό για την ελαχιστοποίηση αυτού του είδους κινδύνων. Στον πίνακα 3, παρατίθενται επίσης οι διάμετροι σε συγκεκριμένες μέγιστες ταχύτητες σχεδιασμού. Σημαντικές παράμετροι διαφόρων τύπων ογκομετρικών μετρητών αερίου είναι η τυπική ακρίβεια, η σειρά, η πτώση πίεσης (mbar), οι διαδικασίες

συντήρησης, η υπερφόρτωση, οι διαγνωστικοί έλεγχοι, οι ηλεκτρικές εξοδοι, οι ηλεκτρικές απαιτήσεις και το υλικό κατασκευής τους.

**Πίνακας 3: Διαστασιολόγηση G- σειράς μετρητών αερίου [12]**

G-value	Max. flow rate ( m <sup>3</sup> /h)	Pipe size (inches)			Meter Type
		V < 10 m/s	V < 15 m/s	V < 20 m/s	
4	6.5	3/4	1/2	1/2	S & L type Diaph. mtrs.
6.5	10	3/4	3/4	1/2	
10	16	1	1	3/4	IRM Infinity Rotary Piston meters
16	25	1.5	1	3/4	
25	40	1.5	1.5	1	I-type Industrial meters
40	65	2	2	1.5	
65	100	3	2	1.5	SM-RI and Q-series turbine meters
100	160	3	3	2	
160	250	4	3	3	Q.Sonic U.S. meter
250	400	6	4	3	
400	650	6	6	4	P.Sonic U.S. meter
650	1000	8	6	6	
1000	1600	10	8	6	
1600	2500	12	10	8	
2500	4000	16	12	10	
4000	6500	20	16	12	
6500	10 000	24	20	16	
10 000	16 000	30	24	20	
16 000	25 000	40	30	24	
25 000	40 000	48	40	30	

Οι περισσότεροι μετρητές παράγουν ηλεκτρονικά σήματα. Σήμα υψηλής συχνότητας (0-10kHz), ανάλογο προς τον ρυθμό ροής παράγεται από τους μετρητές υπερήχων.

Οι μηχανικοί μετρητές είναι δυνατόν είτε να έχουν σήμα χαμηλής συχνότητας (κάτω του 1Hz) ή υψηλής συχνότητας σήματα, ανάλογα προς τον ρυθμό ροής. Η συχνότητα σε μέγιστο ρυθμό ροής κυμαίνεται από 2.500Hz στους μικρούς μετρητές έως 200Hz στους μεγάλους μετρητές.

Για τη διακρίβωση της ακρίβειας, οι μετρητές ελέγχονται κανονικά ή βαθμονομούνται σε σχέση με ένα πρότυπο αναφοράς. Η βαθμονόμηση ενός μετρητή σε σχέση με ένα πρότυπο αναφοράς, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του. Η συνάφεια των αποτελεσμάτων της βαθμονόμησης για την απόδοση του μετρητή, σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας καθορίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Ευαισθησία του μετρητή στις διαφορές βαθμονόμησης και λειτουργικών συνθηκών.

- Σχέση συνθηκών βαθμονόμησης και συνθηκών λειτουργίας.
- Σταθερότητα του μετρητή.
- Σταθερότητα στις λειτουργικές συνθήκες.

Η βαθμονόμηση του μετρητή στην υψηλότερη δυνατή ακρίβεια έχει μικρή αξία, στην περίπτωση όπου ο μετρητής χρησιμοποιηθεί σε εξαιρετικά τυρβώδεις ροές και σε βαριά μολυσμένο αέριο. Για έναν ιδιαίτερα σταθερό μετρητή, στον οποίο η επίδραση των λειτουργικών συνθηκών (πίεση και εγκατάσταση) είναι χαμηλή και / ή λειτουργεί σε μέτριες πιέσεις, ένας απλός έλεγχος σε ατμοσφαιρικές συνθήκες επαρκεί για τις περισσότερες εφαρμογές. Ωστόσο, η διακρίβωση σε συνθήκες που προσομοιάζουν τις πρακτικές εφαρμογές, θα αυξήσει τη μετρητική ακρίβεια.

### Κατάσταση φυσικού αερίου

Για τον υπολογισμό της ποσότητας του αερίου σε μονάδες όγκου, πρέπει να είναι γνωστή η ποσότητα αερίου και το πλήθος γραμμομορίων, που καταλαμβάνει ο πραγματικά μετρούμενος όγκος στις συνθήκες λειτουργίας. Ο υπολογισμός αυτός, πραγματοποιείται με τη χρήση της καταστατικής εξίσωσης αερίων για το είδος του μετρούμενου αερίου και τις συνθήκες πίεσης και λειτουργίας.

### Μέτρηση πίεσης

Η πίεση που λαμβάνεται στην καταστατική εξίσωση είναι η απόλυτη πίεση. Η απόλυτη πίεση είναι ίση με μηδέν σε συνθήκες κενού και περίπου 100kPa (1bar, 14,7psi) στην ατμόσφαιρα στο επίπεδο της θάλασσας.

Επί του παρόντος οι αισθητήρες απόλυτης πίεσης είναι εύκολα διαθέσιμοι και για αυτόν τον λόγο δεν υπάρχει ανάγκη να χρησιμοποιηθούν μετρητές πίεσης. Επιπλέον, οι αισθητήρες απόλυτης πίεσης έχουν αποδειχθεί πλέον σταθεροί.

Εάν η χρήση ενός μετρητή πίεσης δεν μπορεί να αποφευχθεί, η απόλυτη πίεση μπορεί να υπολογιστεί προσθέτοντας στην ένδειξη του μετρητή πίεσης την ατμοσφαιρική πίεση:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{baro}}$$

όπου  $P_{\text{baro}}$  η ατμοσφαιρική πίεση. Ο προσδιορισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

α) Χρησιμοποιώντας τιμή σταθερής πίεσης περίπου ίση προς τη μέση τοπική ατμοσφαιρική πίεση. Μέριμνα πρέπει να δοθεί στο ύψος του σταθμού. Ο μέσος όρος α-



ατμοσφαιρικής πίεσης λαμβάνεται συνήθως στο επίπεδο της θάλασσας. Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα κατά 0,12 mbar ανά μέτρο.

β) Χρησιμοποιώντας την πραγματική μετρούμενη ατμοσφαιρική πίεση στον τόπο εγκατάστασης.

Η εξάρτηση των σύγχρονων αισθητήρων πίεσης από τη θερμοκρασία χαρτογραφείται κατά την κατασκευή και το αποτέλεσμα συμπεριλαμβάνεται αυτόματα στη λειτουργία. Οι αισθητήρες αυτοί συνεπώς είναι εξαιρετικά γραμμικοί σε ένα εύρος θερμοκρασιών και πιέσεων, και αναφέρονται συχνά ως "Εξυπνοι" αισθητήρες.

Αν ο ογκομετρητής ροής διαθέτει ένα σημείο αναφοράς πίεσης, ο αισθητήρας πίεσης θα πρέπει να ρυθμιστεί σε αυτό το σημείο.

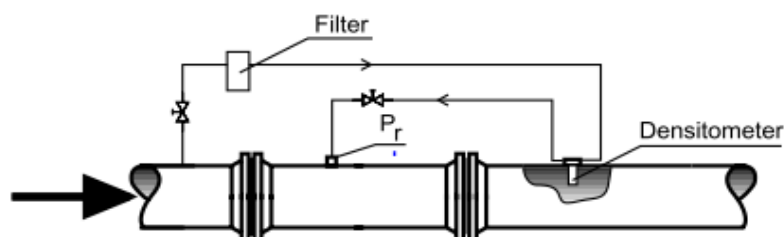
### Μέτρηση θερμοκρασίας

Διατίθεται ένα ευρύ πλήθος μετρητών. Οι αισθητήρες με αντίσταση πλατίνας και οι ημιαγώγιμοι αισθητήρες χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή ακρίβεια. Οι αισθητήρες με αντίστασης πλατίνας είναι λιγότερο ευάλωτοι στις επιδράσεις των ηλεκτρικών καταιγίδων και επομένως προτιμούνται για ανοικτές εγκαταστάσεις.

### Μετρητής πυκνότητας

Μετρητές πυκνότητας τύπου δονούμενου κυλίνδρου έχουν εγκατασταθεί επιτυχώς σε μετρητικούς σταθμούς αερίου.

Είναι σημαντικό, η πυκνότητα του αερίου στο πυκνόμετρο να είναι ίση με την πυκνότητα στο σημείο ρύθμισης του ογκομετρικού μετρητή ροής. Εάν ο ογκομετρητής ροής διατίθεται με ένα σημείο αναφοράς πίεσης ( $P_r$  σημείο), η πίεση στο πυκνόμετρο θα πρέπει να ρυθμιστεί σε αυτή την τιμή πίεσης. Η θερμοκρασία του αερίου στο πυκνόμετρο, θα πρέπει να είναι ίση προς τη θερμοκρασία του αερίου στον μετρητή. Οι μετρητές αυτοί είναι ευαίσθητοι στην ταχύτητα ήχου του αερίου. Το αέριο στον μετρητή πυκνότητας πρέπει να είναι της ίδιας σύνθεσης με το αέριο στον ογκομετρητή ροής.



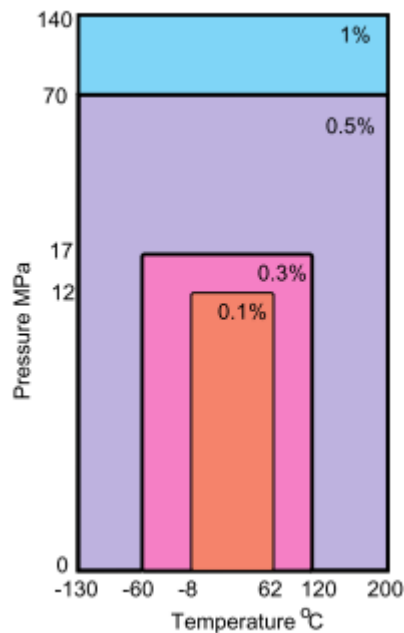
**Σχήμα 15: Συνδεσμολογία ενός μετρητή πυκνότητας [12]**

Η σκόνη και τα συμπυκνώματα είναι καταστρεπτικά για την ακρίβεια του μετρητή και η τοποθέτηση ενός φίλτρου κρίνεται αναγκαία.

### Σύνθεση και συμπίεστικότητα

Η σύνθεση του αερίου επηρεάζει τις σταθερές της καταστατικής εξίσωσης αερίων. Εκφράζεται κυρίως ως συντελεστής συμπίεστικότητας ή Z. Διάφορες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της συμπίεστικότητας. Οι πλέον πρόσφατες και ακριβείς μέθοδοι περιγράφονται στα εγχειρίδια των οργανισμών AGA και GERG. Στα εγχειρίδια αυτά, περιγράφονται δύο πρόσφατες και ακριβείς μέθοδοι [13], [14], [15].

Η πρώτη μέθοδος βασίζεται σε λεπτομερή χημική ανάλυση του αερίου. Είναι έγκυρη για το εύρος πιέσεων και θερμοκρασίας που παρατίθενται στο σχήμα 16. Παρατίθενται επίσης τα σφάλματα των υπολογισμών.



**Σχήμα 16: Εύρος πιέσεων και θερμοκρασιών εξισώσεων συμπίεστικότητας [12]**

Η μέθοδος GERG χρησιμοποιεί μία λεπτομερή ανάλυση που βασίζεται σε ένα διαφορετικό μοντέλο. Τα αποτελέσματά της δεν είναι παρόμοια με αυτά που προκύπτουν από τη μέθοδο AGA. Η δεύτερη μέθοδος υπολογισμού της συμπίεστικότητας Z είναι απλούστερη και χρειάζεται μόνο τρία από τα τέσσερα ακόλουθα μεγέθη:

- Σχετική πυκνότητα.
- Θερμογόνος δύναμη του αερίου.
- Ποσοστό αζώτου (N<sub>2</sub>).
- Ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Αυτή η μέθοδος είναι δυνατόν να εφαρμοστεί μόνο για τις τιμές πίεσης και θερμοκρασίας της κεντρικής περιοχής του σχήματος 16. Μέσω αυτής της μεθόδου είναι δυνατός ο υπολογισμός μειγμάτων φυσικού αερίου και βιομηχανικού αερίου. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται επίσης το ποσοστό γραμμομορίων υδρογόνου  $H_2$ . Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν εφαρμόζεται σε μίγματα αερίων.

### Σύνθεση φυσικού αερίου

Η χημική σύνθεση του φυσικού αερίου είναι δυνατόν να διαπιστωθεί κατάλληλα μέσω ενός χρωματογράφου αερίου, όπως του ENCAL 2000. Σε μεγάλους σταθμούς όπως γραμμές μεταφοράς ή σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η τάξη μεγέθους των οικονομικών συναλλαγών που απορρέουν από τη λειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων, δικαιολογεί την εγκατάσταση σε απευθείας σύνδεση ενός χρωματογράφου αερίου. Χρωματογράφοι αερίου, χρησιμοποιούνται επίσης στην ανάλυση της χημικής σύνθεσης ενός πλήθους σταθμών με την προϋπόθεση ότι αυτοί οι σταθμοί τροφοδοτούνται από την ίδια πηγή.

Οι χρωματογράφοι αερίου παρέχουν κατά κύριο λόγο τη χημική σύνθεση του αερίου. Από τη χημική σύνθεση του αερίου είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η θερμογόνος δύναμη του αερίου, η σχετική πυκνότητα και ο δείκτης Wobbe. Τα συγκεκριμένα δεδομένα υπολογίζονται από τον χρωματογράφο ENCAL 2000. Δεδομένου ότι ο χρωματογράφος έχει καθορίσει τα ποσοστά γραμμομορίων αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, παρέχονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της συμπιεστότητας  $Z$ , είτε μέσω της πλήρους σύνθεσης αερίου είτε μέσω της μεθόδου (SGERG).

### Θερμιδόμετρα

Για τη μέτρηση της παρεχόμενης ενέργειας σε σταθμούς χαμηλότερης κλίμακας, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας συμπαγές και οικονομικό θερμιδόμετρο.

Τα θερμιδόμετρα παρέχουν στοιχεία για τη θερμογόνο δύναμη αερίου, το ειδικό βάρος και τον δείκτη Wobbe. Για τον υπολογισμό της συμπιεστότητας, η τιμή της συγκέντρωσης είτε του διοξειδίου του άνθρακα είτε του αζώτου πρέπει να είναι γνωστή.

### **2.4.3. Αναγωγή σε Κανονικές Συνθήκες**

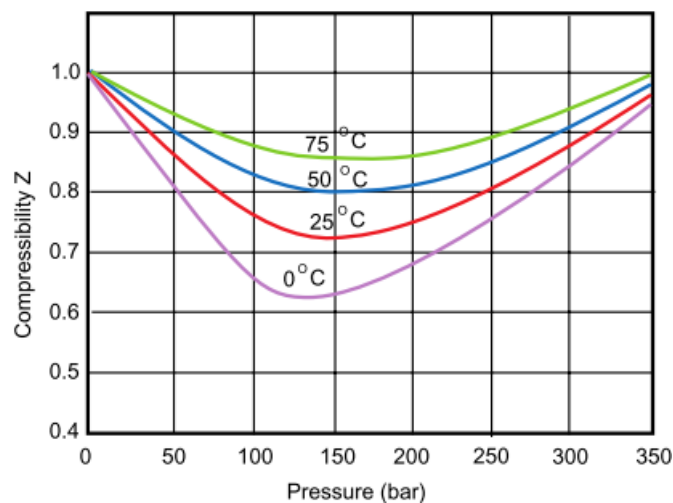
Για την αναγωγή του όγκου της ροής αερίου από τις τρέχουσες συνθήκες σε κανονικές συνθήκες, χρησιμοποιούνται δύο είδη συσκευών: Οι συσκευές τύπου

‘Flow Computer’ και ‘Electronic Volume Corrector Device, EVCD’. Οι δύο αυτοί τύποι συσκευών διαφέρουν σε ένα πλήθος παραμέτρων.

Η μετατροπή του μετρούμενου όγκου από τις τρέχουσες συνθήκες σε κανονικές συνθήκες πραγματοποιείται με την καταστατική εξίσωση αερίων. Στον επόμενο πίνακα 4, παρουσιάζονται οι διαφορές των δύο αυτών τύπων συσκευών.

**Πίνακας 4: ‘Flow Computer’ και ‘Electronic Volume Corrector Device, EVCD’ [12]**

Instrument			
Property	900 & 500 series Electronic correctors	Model 999 Electronic Correctors	700 series Flow computers
Installation	on/close to meter	on/close to meter	remote in safe area
Calculation rate	at every LF impulse	at every LF impule	fixed, determined by FC
Power supply	battery	battery (5 yrs)	mains
Z factor:			
fixed	yes	yes	yes
adjustable	on most models	SGERG/AGA 8	yes
on-line	no	no	yes
Best uncertainty	<0.3 %	<0,2%	only limited by sensors
Multistream	no	no	available
Orifice plates	no	no	available
Ultrasonic meters	no	no	available
Data logging	on some models	extensive and flexible	available
Safety	Intrinsic	up to 80 bara	barriers to hazardous areas



**Σχήμα 17: Συμπιεστότητα σε συνάρτηση της πίεσης για φυσικό αέριο χαμηλού μοριακού βάρους [12]**

Στο σχήμα 17, παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα της συμπιεστότητας ως συνάρτηση της πίεσης και της θερμοκρασίας.

#### 2.4.4. Γραμμικοποίηση του Μετρητή Ροής

Εάν το σφάλμα ενός μετρητή ροής είναι γνωστό, η διόρθωσή του είναι εφικτή. Ορισμένοι υπολογιστές διαθέτουν αυτή τη δυνατότητα. Σε πρώτη φάση, τα στοιχεία διόρθωσης που προκύπτουν από τη βαθμονόμηση εισέρχονται στη μετρητική διάταξη. Σε δεύτερη φάση καθορίζεται ο κατάλληλος συντελεστής διόρθωσης για τον συγκεκριμένο ρυθμό ροής και εφαρμόζεται. Το αποτέλεσμα θα είναι απόλυτα γραμμικό. Η διόρθωση είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τον ρυθμό ροής ή σύμφωνα με τον αριθμό Reynolds.

#### 2.4.5. Πρόσβαση στα Δεδομένα του Σταθμού

Στο παρελθόν, πραγματοποιούταν οπτική καταγραφή των δεδομένων και των ανάλογων στοιχείων, έλεγχος ως προς τη συνοχή και αξιοπιστία των δεδομένων και ακολουθούσε η τιμολόγηση. Πλέον στις ημέρες μας, ο έλεγχος των δεδομένων πραγματοποιείται από απόσταση. Διατίθεται μία ευρεία ποικιλία εξοπλισμού προς την επίτευξη του σκοπού αυτού.

Για τους πολύ υψηλής δυναμικότητας σταθμούς, τα δεδομένα είναι υψηλής σημασίας. Καθίσταται επιτακτική η ταυτόχρονη παρακολούθηση της ροής του σταθμού και της λειτουργίας του εξοπλισμού μέσω ενός κέντρου ελέγχου.

Ανάλογα με τη φιλοσοφία του σχεδιασμού, μέρος ή το σύνολο των στοιχείων που αφορούν στη λειτουργία του εξοπλισμού μεταδίδονται στο κέντρο ελέγχου. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται τοπικά ή σε απόσταση ώστε να χρησιμεύσουν στη διάγνωση και στην ανάλυση τάσεων και σφαλμάτων. Η εγκατάσταση ενός τοπικού H/Y είναι δυνατόν να διευκολύνει σημαντικά στην ανάλυση των στοιχείων [12]. Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία για το σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμού SCADA, όπως επίσης παρατίθενται στοιχεία για το σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμού ΕΣΜΦΑ.

#### Σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμού (SCADA)

Το σύστημα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) αποτελεί ένα σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμού. Η απόδοση του όρου SCADA στα ελληνικά

θα μπορούσε να είναι ‘Κεντροκοποιημένο Σύστημα Εποπτείας και Ελέγχου’. Ο ρόλος του είναι η επεξεργασία δεδομένων, που συλλέγονται με κατάλληλους αισθητήρες και μετρητές στους σταθμούς αερίου σε ολόκληρο το εθνικό δίκτυο φυσικού αερίου όπως πίεση, ροή, θερμοκρασία. Το σύστημα SCADA παρέχει:

- Εποπτικό έλεγχο του γεωγραφικά διεσπαρμένου συστήματος από ένα κεντρικό σημείο ελέγχου.
- Άμεση ενημέρωση του χειριστή για την τρέχουσα κατάσταση του ελεγχόμενου συστήματος.
- Άμεση ανίχνευση διαταραχής της λειτουργίας και συνθήκης συναγερμού.
- Καταγραφή και αποθήκευση των συλλεγόμενων πληροφοριών σε οργανωμένη μορφή.
- Χειρισμό επιλεγμένων οργάνων και συσκευών από το κεντρικό σημείο ελέγχου.

Τα συστήματα τηλεελέγχου και τηλεχειρισμού διαθέτουν υψηλές δυνατότητες εποπτείας της λειτουργίας συστημάτων αερίου, οι οποίες χάρη στην εξέλιξη των οργάνων και μεθόδων μετρήσεων καθώς και στην εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της ηλεκτρονικής μετάδοσης πληροφοριών και σημάτων, εξελίσσονται παράλληλα. Σε γενικές γραμμές οι βασικές λειτουργίες ενός συστήματος SCADA είναι:

- Συνεχής συλλογή μετρήσεων από απομακρυσμένα σημεία.
- Επεξεργασία των λαμβανόμενων μετρήσεων.
- Άμεση ανίχνευση ανώμαλων καταστάσεων.
- Δημιουργία σημάτων συναγερμού προς τον χειριστή.
- Συστηματική αυτόματη καταγραφή των συλλεγόμενων μετρήσεων με οργανωμένο τρόπο (αποθήκευση σε data base).
- Παρουσίαση των συλλεγόμενων μετρήσεων σε κατανοητή μορφή.
- Αυτόματη εκτύπωση συγκεντρωτικών καταστάσεων λειτουργίας του συστήματος (ημερησίως, εβδομαδιαίως, μηνιαίως).
- Ασφαλής χειρισμός οργάνων και μονάδων που βρίσκονται στα απομακρυσμένα σημεία από το κεντρικό σημείο.

Το σύστημα SCADA αποτελεί το σύστημα κατανεμημένης νοημοσύνης (Distributed Intelligence), στο οποίο η συνολική εποπτεία, η δρομολόγηση, η καθοδήγηση και ο έλεγχος των εργασιών ασκείται από το Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου. Στα απομακρυσμένα σημεία υπάρχει τοπικός έλεγχος (κάτω από την εποπτεία των τοπικών

ελεγκτών), ώστε να λαμβάνονται άμεσα αποφάσεις και να αποφεύγονται επικίνδυνες καταστάσεις.

Τα αισθητήρια όργανα είναι δυνατόν να είναι αναλογικού σήματος (έξοδος 4-20mA DC), όπως:

- Πιεσόμετρο (πίεση αερίου).
- Διαφορικό πιεσόμετρο (πτώση πίεσης σε φίλτρα).
- Θερμόμετρο (θερμοκρασία αερίου).
- Θερμιδόμετρο (θερμογόνος δύναμη αερίου).
- Θερμόμετρο θερμοκρασίας περιβάλλοντος.
- Μετρητής τάσης καθοδικής προστασίας.
- Ακριβής θέση βάνας (%ανοίγματος).
- Ανιχνευτής αερίου στον χώρο (% LEL).

Είναι δυνατόν επίσης να είναι ψηφιακού σήματος (έξοδος On-Off), όπως:

- Ανίχνευση θέσης βανών μέσω διακοπών οριακών τιμών (limit switches) ή μέσω διακοπών προσέγγισης (proximity switches).
- Ανιχνευτής αερίου στον χώρο.
- Ανιχνευτής καπνού στον χώρο.
- Ανιχνευτής νερού στο δάπεδο (σε φρεάτια βανών).
- Ανιχνευτής θέσης πόρτας σταθμού.
- Επιτηρητής τάσεων – φάσεων ΔΕΗ (ανίχνευση διακοπής τάσης ΔΕΗ).

Μπορεί να είναι παλμικού σήματος (έξοδοι παλμοί), όπως:

- Μετρητής κατανάλωσης αερίου (turbine meter).

Οι κύριες τηλεχειριζόμενες συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι ηλεκτροκίνητες και βάνες πνευματικής λειτουργίας. Ο έλεγχος-χειρισμός μέσω του συστήματος SCADA πραγματοποιείται με ειδικά σήματα που απαιτούνται για τον τηλεέλεγχο και τηλεχειρισμό της βάνας και είναι:

- Βάνα ανοικτή.
- Βάνα κλειστή.
- Βάνα έτοιμη προς λειτουργία (stand by).
- Βάνα σε λειτουργία.
- Ακριβής θέση της βάνας (% ανοικτή) εφόσον απαιτείται στραγγαλισμός (μέσω σήματος 4-20mA) [11].

### Σύστημα τηλελέγχου και τηλεχειρισμού ΕΣΜΦΑ

Το σύστημα τηλελέγχου και τηλεπικοινωνιών (Remote Control and Communications – RCC) έχει ως πρωτεύοντα στόχο:

*‘την εξασφάλιση ότι το σύστημα μεταφοράς Φ.Α. θα τροφοδοτεί την αγορά Φ.Α. με επαρκείς ποσότητες κάτω από όλες τις προβλέψιμες συνθήκες, κανονικές και έκτακτες’*  
και ως δευτερεύοντες στόχους:

*‘την τηλεποπτεία των σταθμών Φ.Α., τη διαχείριση των συναγερμών και την παροχή τεχνικών και στατιστικών δεδομένων στις υπηρεσίες του ΔΕΣΦΑ έτσι ώστε η μεταφορά Φ.Α. να γίνεται συνεχώς κατά τρόπο ασφαλή, αξιόπιστο και οικονομικό’.*

Συγκροτείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- Καλώδιο οπτικών ινών, εγκατεστημένο παράλληλα με τον αγωγό φυσικού αερίου υψηλής πίεσης. Το συγκεκριμένο καλώδιο οπτικών ινών χρησιμοποιείται ως φορέας του συνόλου των εσωτερικών επικοινωνιών (φωνητικών και δεδομένων) του ΔΕΣΦΑ.
- Σύστημα πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM). Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται σε κάθε σταθμό του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου. Μέσω του συστήματος αυτού, είναι εφικτή η μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσω του καλωδίου οπτικών ινών.
- Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA). Μέσω του συστήματος SCADA, επιτυγχάνεται η τηλεποπτεία και τηλεχειρισμός όλων των μετρητικών ή /και ρυθμιστικών σταθμών, των σταθμών βαλβιστοδασίων και των σταθμών τηλεπικοινωνιών του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς από τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου.
- Δίκτυο τηλεφωνικών κέντρων PABX εγκατεστημένων στα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης, στον σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας, καθώς και στους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου, και
- Ιδιόκτητο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών. Το σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών επιτρέπει την ασύρματη φωνητική επικοινωνία μεταξύ χειριστών φυσικού αερίου που κινούνται στο πεδίο αλλά και με χειριστές βάρδιας των Κέντρων Ελέγχου Λειτουργίας και Κατανομής Φορτίου σε μία ζώνη ασύρματης κάλυψης 10km δεξιά και αριστερά του αγωγού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης [9].



## 2.5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ – ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 2.5.1. Μετρητικός ρυθμιστικός σταθμός Μετκα/Korinthos Power

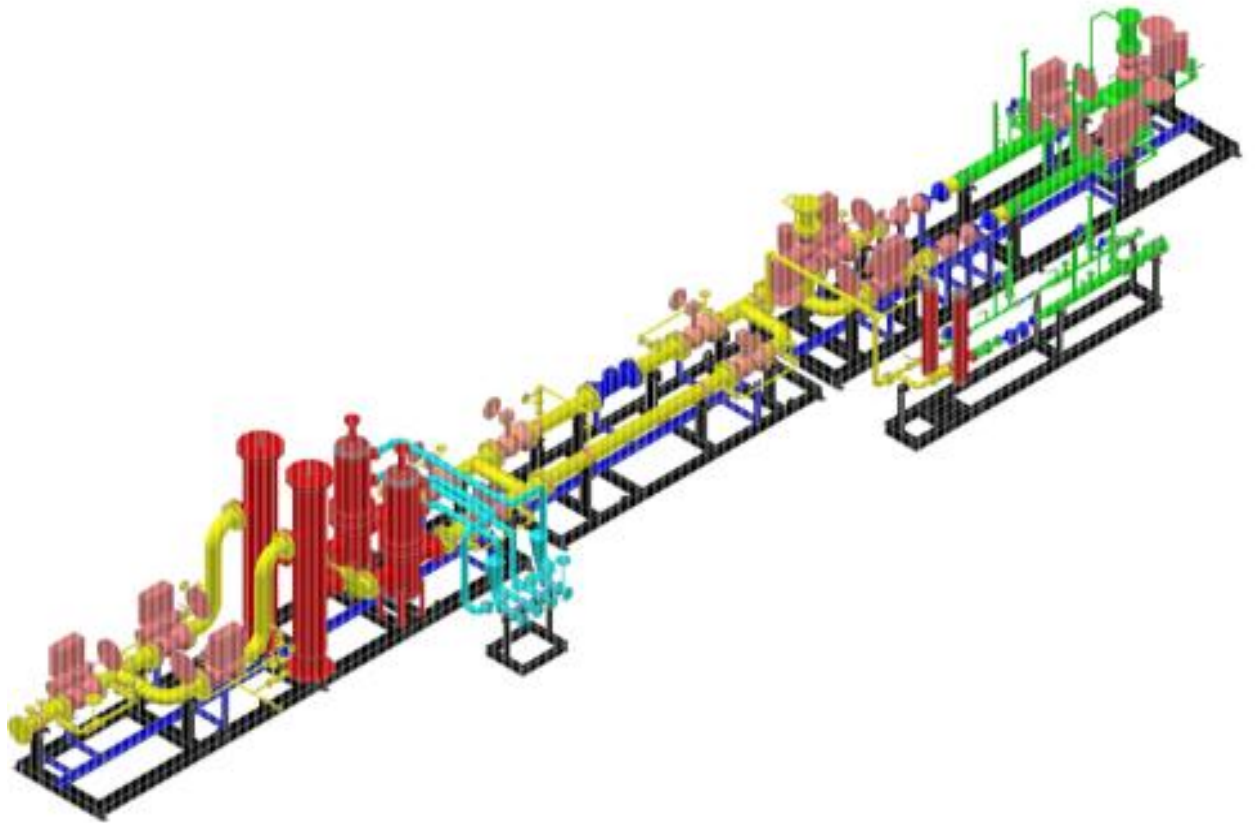
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία για την εγκατάσταση ενός μετρητικού ρυθμιστικού σταθμού στην Κόρινθο. Κατασκευάστρια εταιρεία είναι η εταιρεία Metron SA – Gas and Oil Applications για λογαριασμό της εταιρείας METKA /Korinthos Power.

Στον επόμενο πίνακα, παρατίθενται τα στοιχεία λειτουργίας του μετρητικού ρυθμιστικού σταθμού της συγκεκριμένης εγκατάστασης.

**Πίνακας 5: Στοιχεία λειτουργίας M/P Σταθμού φυσικού αερίου [16]**

Project Title:	GRMS for Korinthos CAPP
Customer:	METKA / KORINTHOS POWER
Year of Construction:	12/2009 - 8/2010
Delivery Location:	Korinthos (Greece)
Process Data	
Medium:	Natural Gas
Design Pressure (Upstream Regulators):	70 barg
Design Pressure (Downstream Regulators):	45 barg
Design Temperature:	80°C
Design Flow Rate:	80.400 Nm <sup>3</sup> /h
Inlet Operating Pressure:	25 - 66,5 barg
Inlet Operating Temperature:	0 - 50°C
Outlet Operating Pressure:	34 - 39 barg
Outlet Operating Temperature:	5 - 50°C
Maximum Operating Flow Rate:	76.270 Nm <sup>3</sup> /h
Boiler Capacity:	1163 kW
Main Heat Exchanger Capacity:	995 kW
Inlet (Upstream regulators):	10" / Sch.80 (15,09mm)
Outlet (Downstream regulators):	10" / Sch.80 (15,09mm)
No of GT Streams:	2x100%
Rating Upstream Regulators:	ANSI 600
Rating Downstream Regulators:	ANSI 300
Rating Hot Water System:	ANSI 150
Material:	Low Temperature Carbon Steel (A333 Gr.6, A350 LF2, A420 WPL6)

Ακολουθεί το διάγραμμα εγκατάστασης του συγκεκριμένου ρυθμιστικού μετρητικού σταθμού φυσικού αερίου.



**Σχήμα 18: Διάγραμμα ρυθμιστικού / μετρητικού σταθμού [16]**

### **2.5.2. Μετρητικοί ρυθμιστικοί σταθμοί 60/19 bar**

Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά στη συνοπτική περιγραφή έξι (6) μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών M/R 60/19 bar της ΔΕΠΑ Α.Ε.. Συγκεκριμένα:

- 1) M/R Σταθμός Χαλκερού Καβάλας.
- 2) M/R Σταθμός Αλιστράτης Σερρών.
- 3) M/R Σταθμός Μητρούσιου Σερρών.
- 4) M/R Σταθμός Δρυμού Θεσσαλονίκης.
- 5) M/R Σταθμός Λαμίας.
- 6) M/R Σταθμός Αλουμινίου της Ελλάδας στο Δίστομο Βοιωτίας.

Το συνολικό έργο αποτελείται από τις ακόλουθες εγκαταστάσεις:

#### Κτίρια σταθμών μέτρησης και υποβιβασμού πίεσης

Πρόκειται για υπέργειες εγκαταστάσεις που χρησιμεύουν στη μέτρηση των καταναλισκόμενων ποσοτήτων αερίου σε μεγάλους καταναλωτές και ή για τον υποβιβασμό της πίεσης από την υψηλή πίεση (50-60 barg) σε μέση πίεση (19barg) και σε

ορισμένες περιπτώσεις σε 30 barg. Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι σε κλειστά κτίρια και διαθέτουν σύγχρονα συστήματα τηλεχειρισμού και τηλεμετρίας.

### Σταθμοί ξεστροπαγίδας (Scraper stations)

Οι σταθμοί ξεστροπαγίδας είναι υπέργειες εγκαταστάσεις που αποσκοπούν στον καθαρισμό και τον έλεγχο αγωγών φυσικού αερίου. Τα υπέργεια τμήματα είναι η ξεστροπαγίδα με τη βάση της, το εξαεριστικό και τα τιμόνια των βαλβίδων. Βρίσκονται στην αρχή και το τέλος των αγωγών, με μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ τους τα 100km. Λειτουργούν με την πίεση και τη ροή του αερίου, όπου με κατάλληλους χειρισμούς των βαλβίδων, το τοποθετημένο ξέστρο εκτοξεύεται προς τη ροή του αερίου και συλλέγεται στον αντίστοιχο σταθμό στο τέλος του αγωγού.

### Σταθμοί βαλβιδοστασιών (Line Valve Stations)

Οι σταθμοί βαλβιδοστασιών είναι υπόγειες εγκαταστάσεις με ελάχιστα υπόγεια τμήματα (τιμόνια βαλβίδων και το εξαεριστικό) όπου χρησιμεύουν στη διακλάδωση των αγωγών και για θέματα ασφαλείας. Τα βαλβιδοστάσια (όπως και οι σταθμοί ξέστρων) διαθέτουν σύστημα εξαέρωσης το οποίο με κατάλληλους χειρισμούς μπορεί να λειτουργήσει με στόχο την εκκένωση ενός τμήματος του αγωγού σε περίπτωση βλάβης ή φθοράς.

### Κτίρια ραδιοεπικοινωνίας (RCC) και κεραίες τηλεπικοινωνιών

Σε ορισμένους από τους ανωτέρω σταθμούς υπάρχουν μικρά κτίρια ελέγχου που χρησιμοποιούνται από το σύστημα τηλεμετρίας – τηλεχειρισμού και κεραίες κινητής ραδιοεπικοινωνίας για το προσωπικό της ΔΕΠΑ.

Οι σταθμοί εγκαταστάθηκαν με όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό (pillars, γείωση, σταθμό μέτρησης καθοδικής προστασίας, βάνες, καμπύλες, εξαερωτικά, φρεάτια, περιοχή ελιγμών) και σκοπός τους είναι η τροφοδοσία με φυσικό αέριο των δικτύων PE-19 bar των αντίστοιχων περιοχών.

Οι χώροι εγκατάστασης των σταθμών και των pillars περιφράχθηκαν. Ο σταθμός απέχει είκοσι (20) μέτρα τουλάχιστον από υπέργεια γυμνά καλώδια ηλεκτρικής παροχής. Ο περιφραγμένος χώρος εξυγιάνθηκε σε βάθος είκοσι (20) εκατοστών και καθαρίστηκε από τα φυτά. Το σύνολο της επιφάνειας των σταθμών διαστρώθηκε με χαλίκι σε βάθος είκοσι (20) εκατοστών.

Ο σταθμός και τα pillars εδράστηκαν επάνω σε ανεξάρτητες βάσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η βάση του σκυροδέματος επεκτάθηκε στην εξωτερική πλευρά κατά δεκαπέντε (15) εκατοστά περίπου. Εσωτερικά, οι βάσεις έχουν ανάλογα ανοίγ-

ματα για τους αγωγούς εισόδου εξόδου και για τα καλώδια σύνδεσης. Οι καμπίνες (σταθμού και pillars) στερεώθηκαν με μεταλλικά στριφόνια τύπου HILTI.

Στα όρια της περιφραξής και από την εξωτερική πλευρά της περιφραξής, εγκαθίσταται σταθμός μέτρησης της καθοδικής προστασίας του αγωγού. Στον σταθμό αυτό καταλήγουν τα ακόλουθα καλώδια:

- Ένα (1) καλώδιο μέτρησης καθοδικής προστασίας από τον αγωγό εισόδου του σταθμού M/R (αγωγός 19 bar).
- Ένα (1) καλώδιο μέτρησης καθοδικής προστασίας από τον αγωγό εξόδου του σταθμού M/R.
- Ένα (1) καλώδιο γείωσης από τον σταθμό M/R.
- Δύο (2) καλώδια από το pillar για την τηλενδειξη της μέτρησης καθοδικής προστασίας.
- Ένα (1) καλώδιο από το μόνιμο ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Τα καλώδια είναι διατομής  $2.5\text{mm}^2$  και οδεύουν εντός προστατευτικών σωλήνων. Παράπλευρα του σταθμού μέτρησης καθοδικής προστασίας, κατασκευάστηκε φρεάτιο διαστάσεων  $25\text{cm} \times 25\text{cm}$  ώστε να μπορεί ο χειριστής να τοποθετεί το κινητό ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Το δίκτυο κατανομής και διανομής σχεδιάστηκε σύμφωνα με τον κώδικα ANSI/ASME B31.8 ‘Gas Transmission & Distribution Piping System’. Όλοι οι σωλήνες και τα εξαρτήματα έχουν μονωτική επικάλυψη από πολυαιθυλένιο τριών στρώσεων. Οι βάνες παροχής είναι σφαιρικές πλήρους διάτρησης πλήρως συγκολλητές κατά API 6D, κλάσης πίεσης κατά ANSI 150 μονωμένη και με επέκταση του άξονα χειρισμού για την εγκατάστασή της εντός του εδάφους. Οι χαλύβδινοι αγωγοί προστατεύονται καθοδικά από το υπάρχον σύστημα καθοδικής προστασίας. Οι σταθμοί και οι σωληνώσεις αυτών δοκιμάστηκαν ως προς την αντοχή και τη στεγανότητά τους.

Το οπτικό καλώδιο, το οποίο μεταφέρει ηλεκτρονικά όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, τοποθετείται για ασφάλεια στον σωλήνα πολυαιθυλενίου βαρέως τύπου διαμέτρου  $\Phi 40\text{mm}$ , ο οποίος ακολουθεί την πορεία του αγωγού φυσικού αερίου. Τοποθετείται στο ίδιο βάθος με το βάθος της οροφής του αγωγού φυσικού αερίου και σε απόσταση από αυτόν, όχι μικρότερη των  $300\text{mm}$  καταλήγει στις εγκαταστάσεις των σταθμών που ελέγχονται από το προσωπικό των σταθμών.

Καθίσταται αναγκαία η εγκατάσταση ενός σταθμού μέτρησης μέσης πίεσης (M.P.T.S. Area medium Pressure Transmission System), για τη μετατροπή της υψηλής πίεσης του φυσικού αερίου σε μέση πίεση στο δίκτυο μίας κατοικημένης περιοχής.

### Κτίριο επικοινωνίας και ελέγχου ηλεκτροβανών σταθμών αγωγού φυσικού αερίου (RCC Building Remote Control Communication System)

Το συγκεκριμένο κτίριο ευρίσκεται εντός των σταθμών αγωγού φυσικού αερίου κτισμένο σε απόσταση τουλάχιστον 10,00m από την ηλεκτροβάνια της ξεστοπαγίδας και φιλοξενεί ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις απαραίτητες για τον έλεγχο της επικοινωνίας του σταθμού. Ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής τοποθετείται κεραία συνδεδεμένη με το RCC στην οροφή του κτιρίου ή σε ελεύθερο χώρο δίπλα του.

### Φρεάτια οπτικού καλωδίου

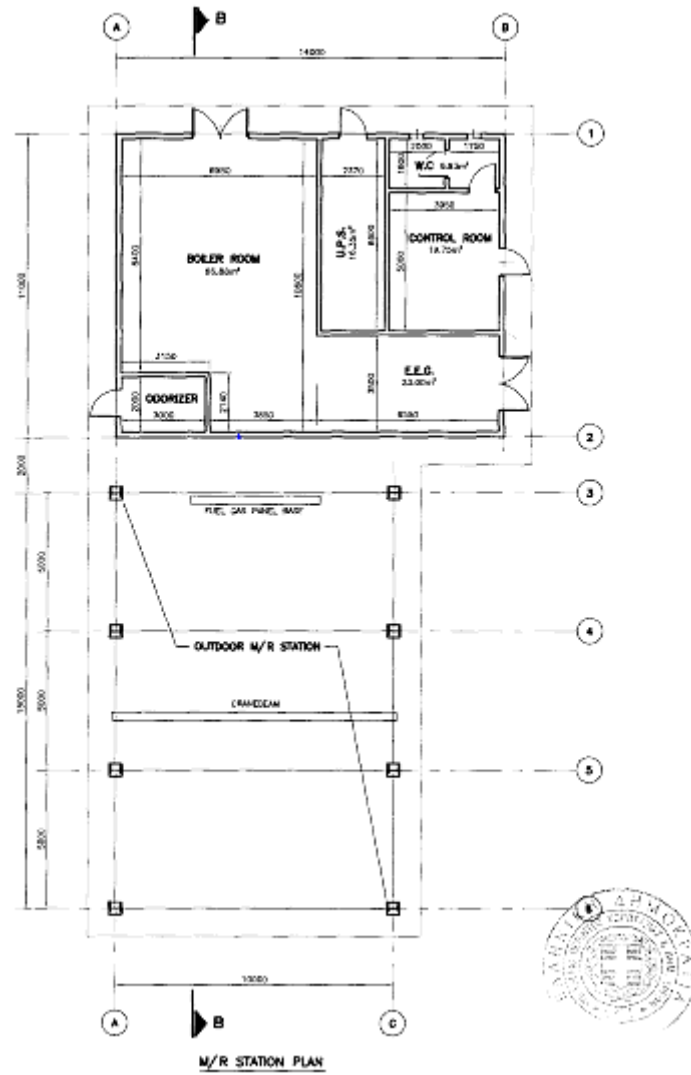
Εγκαθίστανται φρεάτια διαστάσεων 600mm x 600mm x 600mm που εξυπηρετούν διακλαδώσεις του οπτικού καλωδίου. Ένα από αυτά πρέπει να τοποθετείται εκτός της περιφραξής του οικοπέδου του αγωγού φυσικού αερίου και κοντά στην κεντρική πύλη για να είναι προσβάσιμο από το προσωπικό ελέγχου του Ο.Τ.Ε.

### Ασφάλεια μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών

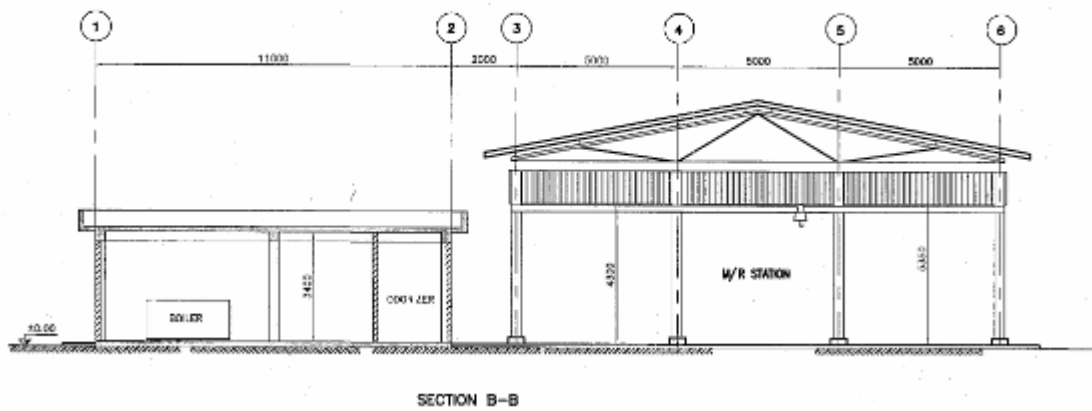
Οι σταθμοί διαθέτουν δύο (2) βάνες ασφαλείας σε κάθε ρεύμα, που διακόπτουν αυτόματα την τροφοδοσία στις περιπτώσεις που ανιχνεύεται είτε υπερπίεση είτε πτώση της πίεσης εξαιτίας διαφυγής αερίου. Η βάνια απομόνωσης του σταθμού βρίσκεται σε απόσταση τέτοια ώστε σε περίπτωση έκτακτης κατάστασης να μπορεί με ασφάλεια να διακοπεί η τροφοδοσία του σταθμού είτε χειροκίνητα είτε ηλεκτροκίνητα.

Το μεταλλικό περίβλημα του σταθμού είναι ανθεκτικό σε πυρκαγιά δύο (2) ωρών. Οι σταθμοί ελέγχονται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου (control room). Επιπλέον πρέπει να τονιστεί ότι οι σταθμοί τοποθετούνται σε ελεγχόμενο περιφραγμένο χώρο και οι εγκαταστάσεις (σταθμός-pillar ηλεκτρολογικών) είναι γειωμένες. Προγραμματισμένες περιοδικές επιθεωρήσεις και συντήρηση των σταθμών εκτελείται από τις αρμόδιες υπηρεσίες λειτουργίας και συντήρησης της ΔΕΠΑ.

Στη συνέχεια παρατίθενται μία τυπική κάτοψη ενός μετρητικού ρυθμιστικού σταθμού, όπως επίσης και η αντίστοιχη τομή B-B [17].

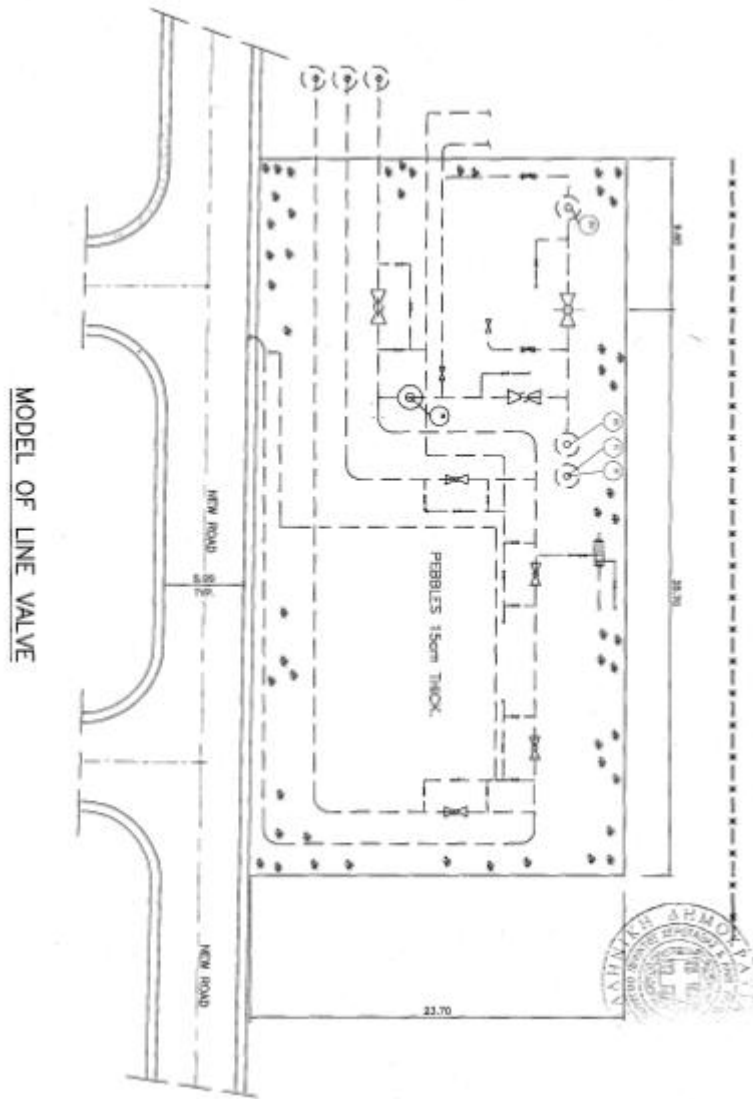


Σχήμα 19: Κάτοψη M/R σταθμού [17]



Σχήμα 20: Τομή B-B M/R σταθμού [17]





Σχήμα 23: Τυπικό σχέδιο βαλβιδοστασίου [17]



### 3. ΈΛΕΓΧΟΣ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

#### 3.1. ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Οι ρυθμιστικοί σταθμοί φυσικού αερίου ελέγχονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως εβδομαδιαία) και πάντα με βάση την λειτουργική τους κατάσταση. Συγκεκριμένα ελέγχονται τα εξής σημεία – περιοχές:

- Ελέγχεται η θέση του συστήματος έκτακτης ανάγκης των βανών, καθώς και το
- Ελέγχεται το by-pass των βανών δεδομένου ότι αυτό προστατεύει από υπερθέρμανση
- Η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι γραμμές καυσίμου του αερίου
- Ο πίνακας ελέγχου του σταθμού όπως οι διακόπτες, οι λυχνίες κλπ.
- Ο κλιματισμός στον χώρο έτσι ώστε να μην υπάρχει υπερθέρμανση
- Ο πίνακας του συστήματος παρείσδυσης
- Ο πίνακας πυρανίχνευσης και αυτόματης κατασκευής
- Το σύστημα κατάσβεσης
- Ο υπολογιστής μέσω του οποίου γίνεται απεικόνιση
- Η μονάδα οσμής
- Οι υπολογιστές μέσω των οποίων γίνεται η ροή
- Η μονάδα παροχής τάσης
- Ο κόμβος τηλεπικοινωνίας
- Το σύστημα χρωματογραφίας
- Οι γραμμές του αερίου σε ότι αφορά την λειτουργική τους κατάσταση
- Και το λεβητοστάσιο και συγκεκριμένα λέβητες, πίεση νερού κλπ.

Μετά τον έλεγχο οι παρατηρήσεις (θετικές ή αρνητικές), καταγράφονται σε ειδικά φύλλα τα οποία έχει στη διάθεσή του το αντίστοιχο προσωπικό που πραγματοποιεί τον έλεγχο.

**3.2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ**

Εκτός από τον τακτικό έλεγχο, σε ένα ρυθμιστικό σταθμό είναι αναγκαίο να γίνεται και συνεχής συντήρηση του εξοπλισμού, αλλά και ρύθμιση των τιμών πίεσης και των διατάξεων ασφαλείας. Τα πεδία που χρειάζονται συντήρηση είναι:

- Ρυθμιστές
- Φίλτρα
- Βάνες (π.χ. ασφαλείας και εκτόνωσης)
- Όργανα
- Μετρητές
- Σύστημα τηλεμετάδοσης
- Σύστημα γείωσης

Η συντήρηση του κάθε τμήματος γίνεται ξεχωριστά όμως αν αυτό είναι εφικτό η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιείται ταυτόχρονα. Οι υπεύθυνοι για τη συντήρηση χρειάζεται να είναι ειδικοί για το αντίστοιχο τομέα (π.χ. συντήρηση μετρητών, συντήρηση τηλεμετάδοσης κλπ.).

Μέσα στις εργασίες περιοδικής/ προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνονται επίσης και διάφορες εργασίες βαθμονόμησης του εξοπλισμού που ανήκει στο μετρητικό σύστημα των σταθμών. Οι εργασίες βαθμονόμησης γίνονται συνήθως κάθε χρόνο. Πρόκειται για:

- Μεταδότες πίεσης
- Μεταδότες θερμοκρασίας
- Υπολογιστές ροής
- Χρωματογράφο αερίου
- Στροβιλομετρητές ροής

### 3.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

#### Προστασία σώματος

Για την προστασία του σώματος χρειάζεται να τηρούνται κάποιοι γενικοί κανόνες. Συνιστώνται ειδικές στολές (π.χ. δερμάτινες) ή και στολές πλαστικές ή στολές από αμίαντο. Απαγορεύονται τα σορτς αλλά και ρούχα με κοντά μανίκια, αλλά και φαρδιά ή μακριά ρούχα για εργαζόμενους σε περιστρεφόμενα μηχανήματα. Τα διάφορα μεταλλικά αντικείμενα (π.χ. δαχτυλίδια χρειάζεται να αφαιρούνται) για να αποφεύγεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Τέλος κατάλληλος λαστιχένιος εξοπλισμός ή πλαστικός ρουχισμός ανθεκτικός στα οξέα θα πρέπει να φοριέται για εργασίες με οξέα, αλκάλια ή εξοπλισμό που περιέχει οξύ ή αλκάλι.

#### Προστασία κεφαλής

Εργαζόμενοι που εκθέτονται σε άμεσους για την κεφαλή κινδύνους (π.χ. σε περιοχές όπου υπάρχει κίνδυνος να πέσει ένα αντικείμενο κλπ.), υποχρεώνονται να φοράνε κράνος ασφαλείας. Με αυτό τον τρόπο οι εργαζόμενοι προστατεύονται από κτυπήματα και ηλεκτροπληξία στην περιοχή της κεφαλής αλλά και από πτώση οξέων ουσιών πάνω στο πρόσωπο κλπ. Συνοπτικά το προσωπικό όταν εργάζεται έξω από τα γραφεία και στις παρακάτω περιοχές θα πρέπει να προστατεύεται. Τα αντικείμενα προστασίας της κεφαλής σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις, θα πρέπει να φτιάχνονται από ειδικά υλικά όπως fiber glass, θερμοπλαστικό υλικό και αλουμίνιο.

#### Προστασία ματιών

Καθώς η δομή των ανθρώπινων ματιών δεν αρκεί για την προστασία του εργαζομένου από διάφορα ατυχήματα, σύμφωνα με τις διάφορες διατάξεις θα πρέπει να φοριούνται ειδικά γυαλιά όπως γυαλιά ασφαλείας, χημικής προστασίας, κάλοπμαρ, αλλά και μάσκα κεφαλής – προσώπου του συγκολλητή.

#### Προστασία ακοής

Σύμφωνα με στοιχεία, η εκτεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου, προκαλεί μείωση της ακουστικής ικανότητας, κόπωση ή και μόνιμες βλάβες των αυτιών.

Η προστασία των αυτιών θα πρέπει να γίνεται μέσω βυσμάτων ή ωτοασπίδων. Τα βύσματα μειώνουν το θόρυβο φράσσοντας την ακουστική οδό, ενώ η ωτοασπίδες καλύπτουν και το εξωτερικό μέρος του αυτιού.

### Προστασία χεριών

Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για την κάλυψη των χεριών η οποία συνήθως γίνεται μέσω γαντιών. Χρησιμοποιούνται συνήθως πλαστικά γάντια ή και δερμάτινα γάντια, αλλά και γάντια αμιάντου, επένδυσης, προστασίας από υψηλή τάση, καθώς και γάντια μάλλινα ή υφασμάτινα.

### Προστασία ποδιών

Η προστασία των ποδιών είναι απαραίτητη σε κάθε εγκατάσταση αερίου όταν γίνετε εργασία έξω από τις περιοχές γραφείων. Τα υποδήματα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται είναι αντιολισθητικά και αντιστατικά. Για την επιλογή τους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Η επιλογή των υποδημάτων γίνεται ανάλογα με την χρήση και την θέση του υπαλλήλου
- Τα υποδήματα θα πρέπει να προστατεύουν τα δάχτυλα του εργαζομένου διαθέτοντας μεταλλικό ή άλλο σκληρό υλικό στο μπροστινό μέρος
- Τα υποδήματα δεν πρέπει να επιτρέπουν τη συσσώρευση στατικού ηλεκτρισμού (διαθέτουν αγώγιμες σόλες), ή τη δημιουργία σπινθήρων ή φωτιά (κατασκευάζονται από μη μεταλλικό υλικό)
- Σε χυτήρια θα πρέπει να χρησιμοποιούνται παπούτσια με περικνημίδες, χωρίς κορδόνια, που εύκολα βγαίνουν

## 4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μέτρηση του αερίου χρειάζεται να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσδίδουν σε εμάς χρήσιμα αποτελέσματα για τον όγκο, την ροή, την θερμοκρασία κλπ. Ο τρόπος μεταφοράς και διακίνησης του αερίου αποτελεί το σημαντικότερο και πιο ουσιώδες στάδιο και συνεπώς θα πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία σε όλους τους σταθμούς όπως σταθμοί ρύθμισης πίεσης φυσικού αερίου, σταθμοί μέτρησης φυσικού αερίου, σταθμοί τροφοδοσίας αστικών κέντρων, σταθμοί διανομής, τους μετρητικοί ρυθμιστικοί σταθμοί υψηλών καταναλωτών και οικιακοί ρυθμιστές πίεσης.

Όλα τα παραπάνω βοηθούν στην ακριβέστερη καταγραφή των ποσοτήτων για τον αποτελεσματικότερο προγραμματισμό κατανομής των φορτίων και την διευκόλυνση της Εταιρίας Παροχής Αερίου στην έκδοση τιμολογίων.

Για να είναι εφικτά τα παραπάνω βέβαια, θα πρέπει να δίνεται έμφαση στις διαδικασίες ελέγχου και συντήρησης μετρητικών ρυθμιστικών σταθμών φυσικού αερίου καθώς επίσης και στην τήρηση των διατάξεων για τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται για την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, των εργαζομένων και των πολιτών.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Λέφας Κ.Χ., *Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου*, Εκδόσεις Σέλκα, Αθήνα, 1999.
- [2] ΔΕΠΑ, *Τι είναι το φυσικό αέριο, Ιστορία, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.depa.gr/content/article/002002001001/12.html>>, [25/01/2013].
- [3] ΔΕΠΑ, *Τι είναι το φυσικό αέριο, Σύσταση φυσικού αερίου, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.depa.gr/content/article/002002001002/65.html>>, [25/01/2013].
- [4] ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., *Υγεία και ασφάλεια εργαζομένων στον τομέα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου*, Δεκέμβριος 2008, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο [www.elinyae.gr/el/lib\\_file.../Fysiko%20aerio.1232622863156.pdf](http://www.elinyae.gr/el/lib_file.../Fysiko%20aerio.1232622863156.pdf), [26/01/2013].
- [5] ΔΕΠΑ, *Τι είναι το φυσικό αέριο, Χρήσεις φυσικού αερίου, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.depa.gr/content/article/002002002001/66.html>>, [25/01/2013].
- [6] ΔΕΠΑ, *Τι είναι το φυσικό αέριο, Οφέλη χρήσης, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <http://www.depa.gr/content/article/002002003001/74.html>>, [25/01/2013].
- [7] ΡΑΕ, *Έκθεση της ΡΑΕ για την ασφάλεια εφοδιασμού της χώρας με φυσικό αέριο*, Ιανουάριος 2009, Αθήνα, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <[www.rae.gr/K2/Report-SoS\\_GAS.pdf](http://www.rae.gr/K2/Report-SoS_GAS.pdf)>, [25/01/2013].
- [8] ΔΕΣΦΑ Α.Ε., *Το Εθνικό σύστημα φυσικού αερίου, Σύστημα σε λειτουργία, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.desfa.gr/default.asp?pid=216&la=1>>, [25/01/2013].
- [9] ΔΕΣΦΑ Α.Ε., *Το Εθνικό σύστημα φυσικού αερίου, Σύστημα σε λειτουργία, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <[www.desfa.gr/default.asp?pid=216&la=1](http://www.desfa.gr/default.asp?pid=216&la=1)>, [25/01/2013].
- [10] INSTROMET, *Regulator station Handbook, (χ.χ.)*, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <[www.elster-instromet.com/.../EI\\_Regul.](http://www.elster-instromet.com/.../EI_Regul.)>, [05/02/2013].
- [11] Παπανίκας Δ.Γ., *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Θεωρία, χρήση, μεταφορά, διανομή, εγκαταστάσεις, εφαρμογές*, Τόμος Ι, Αθήνα, 1997.

- [12] INSTROMET, *Systems Handbook*, (χ.χ.), διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.scribd.com/doc/57991161/Systems-Handbook-M-R-Station-Instromet.>>, [10/02/2013].
- [13] AGA American Gas Association, *Compressibility Factors of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases*, Second Edition, November 1992, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.documentation.emersonprocess.c...>>, [10/02/2013].
- [14] GERG Technical Monograph, *High Accuracy Compressibility Factor Calculation for Natural Gases and Similar Mixtures by Use of a Truncated Virial Equation*, TM2 1988, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://gerg.dgc.eu/publications/tm.htm>>, [10/02/2013].
- [15] GERG Technical Monograph, *Standard GERG Virial Equation for Field Use, Simplification of the Input Data Requirements for the GERG Virial Equation – An Alternative Means of Compressibility Factor Calculation for Natural Gases and Similar Mixtures*, GERG TM5 1991, διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://gerg.dgc.eu/publications/tm.htm>>, [10/02/2013].
- [16] METRON SA GAS and OIL ENERGY APPLICATIONS, *Natural Gas Projects*. Ηλεκτρονικό μήνυμα. 07/02/2013. Προσωπική επικοινωνία.
- [17] ΔΕΣΦΑ Α.Ε., *Νέα έργα - Νέες συνδέσεις, Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων, Σταθμοί Μ/Ρ σε Δράμα, Σέρρες, Κιλκίς, Λαμία*, (χ.χ.), διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο <<http://www.desfa.gr/files/downloadables/envir/MR%20Stations%20at%20Drama,Serres,Kilkis,Lamia.tif>>, [20/02/2013].