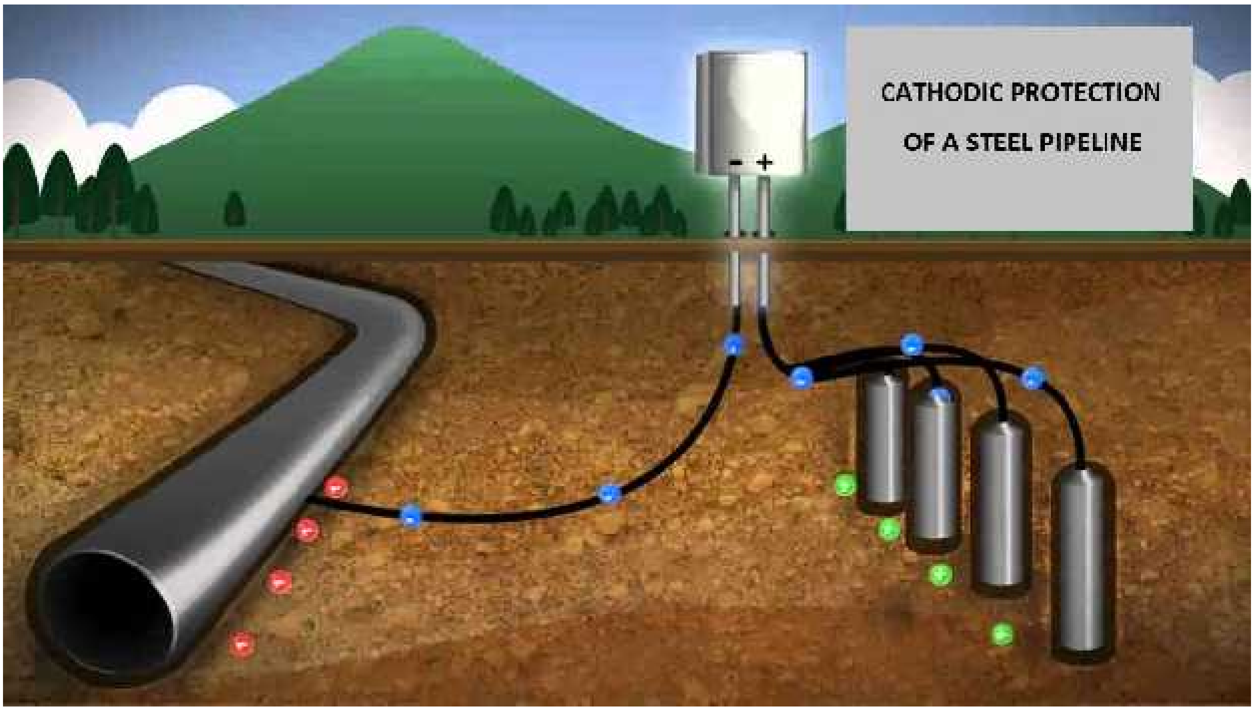
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Το φυσικό αέριο και η καθοδική προστασία των χαλύβδινων αγωγών του»



Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Εφραιμίδη Αλέξανδρου

Επιβλέπων

Αντώνης Νάζος

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2019

Περιεχόμενα

Περίληψη
Σύμφωνα με όσα θα αναφερθούν και θα σχολιαστούν στις ακόλουθες σελίδες της εργασίας, θα λέγαμε πως βασικός σκοπός της εν λόγω μεταπτυχιακής εργασίας, αναφέρεται σχετικά η συλλογή, αξιολόγηση και συζήτηση στοιχείων που τοποθετούνται στο πλαίσιο της ανάλυσης των δεδομένων για την φύση και τα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου και ειδικότερα για την εφαρμογή του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας στο εν λόγω σύστημα διανομής φυσικού αερίου στη Θεσσαλονίκη.

Ως εκ τούτου, και προκειμένου η εν λόγω εργασία να θεωρείται ορθή και αποτελεσματική ως προς τα στοιχεία που εξετάζει, διαχωρίζεται σχετικά σε τρία (3) κεφάλαια, με πρώτο εκείνο της Σύστασης και Ιστορίας του Φυσικού Αερίου, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται η Μεταφορά και Χρήση Φυσικού Αερίου στις Μέρες μας Καθώς και Πλεονεκτήματα που Αναφέρονται στη Χρήση του και τέλος στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά της Μεθόδου Καθοδικής Προστασίας, καθώς και πειραματικά στοιχεία από το δίκτυο Φ.Α. Μέσης Πίεσης της Θεσσαλονίκης.

Abstract

According to what will be mentioned and commented on the following pages of the specific dissertation, we would say that the main purpose of this work is the collection, evaluation and discussion of data that are being placed in the framework of the analysis of the data on the nature and the characteristics of the natural gas and in particular for the implementation of the Cathodic Protection System in this natural gas distribution system in Thessaloniki.

Therefore, and in order for this work to be considered correct and effective as regards to the data that it examines, it is divided into three (3) chapters, where the first one is concerned to the composition and historical review of natural gas, the second chapter is being referred to the Transfer and Use Natural Gas in our Days as well as advantages that are mentioned in its use and finally in the third chapter the concept and the characteristics of the method of cathodic protection are mentioned accordingly. Also, will be provided experimental data by the Medium Pressure Network of Thessaloniki.

Εισαγωγή

Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό αέριο μίγμα υδρογονανθράκων που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αλλά συνήθως περιλαμβάνει ποικίλες ποσότητες άλλων ανώτερων αλκανίων και μερικές φορές μικρό ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, υδρόθειου ή ηλίου (Παπανίκας, 2009). Δημιουργείται όταν τα στρώματα της αποσύνθεσης των φυτών και των ζωικών υλικών εκτίθενται σε έντονη θερμότητα και πίεση κάτω από την επιφάνεια της Γης για εκατομμύρια χρόνια. Η ενέργεια που τα φυτά αρχικά απορρόφησαν από τον ήλιο αποθηκεύεται με τη μορφή χημικών δεσμών στο αέριο (Farah, 2015).

Το φυσικό αέριο είναι ένα ορυκτό καύσιμο που χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας για τη θέρμανση, το μαγείρεμα και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιείται επίσης ως καύσιμο για οχήματα και ως χημική πρώτη ύλη στην κατασκευή πλαστικών και άλλων οργανικών χημικών ουσιών που είναι εμπορικά σημαντικές. Το φυσικό αέριο με βάση τα ορυκτά καύσιμα είναι ένας μη ανανεώσιμος πόρος.

Για την μεταφορά του χρησιμοποιούνται αγωγοί υψηλής πίεσης και δεξαμενόπλοια κατασκευασμένα για αυτόν τον σκοπό. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα, εισάγουμε το φυσικό αέριο και με τους δύο τρόπους. Με χαλύβδινους αγωγούς από την Βόρειο Ελλάδα και με πλοία μέσω του τερματικού Σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στην Ρεβυθούσα.

Η προστασία και η συντήρηση των χαλύβδινων αγωγών είναι καίριας σημασίας για την λειτουργία, την ασφάλεια αλλά και για την οικονομία ενός κράτους, καθώς η αντικατάσταση των διαβρωμένων αγωγών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

Για αυτόν τον λόγω χρησιμοποιείται η Μέθοδος Καθοδικής Προστασίας των χαλύβδινων αγωγών την οποία και θα αναλύσουμε, μελετώντας την εφαρμογή του στο σύστημα διανομής φυσικού αερίου στην Θεσσαλονίκη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο
Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

1.1 Ιστορική Αναδρομή στη Χρήση Φυσικού Αερίου

Επιτελώντας μια σχετική ιστορική αναδρομή, θα λέγαμε πως οι ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου, αρχικά ανακαλύφθηκαν ανάμεσα στο 6.000 με 2.000 π.Χ και συγκεκριμένα στην σημερινή περιοχή του Ιράν. Δεν είναι περίεργο ότι στην Κίνα περίπου το 900 π.Χ., αναφέρεται η χρήση του φυσικού αερίου (Bashi, Mailah, Radzi, 2003). Όσον αφορά στην περιοχή της Ευρώπης, το φυσικό αέριο αναφέρεται προς χρήση στην Αγγλία το 1659 όπου ανακαλύφθηκε από την απόσταξη άνθρακα. Στα χρόνια που ακολούθησαν, διαφαίνεται ότι ήταν εύκολη η χρήση, η μεταφορά και η αποθήκευσή του σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή / και στο φωτισμό δρόμων ή σπιτιών αντίστοιχα (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

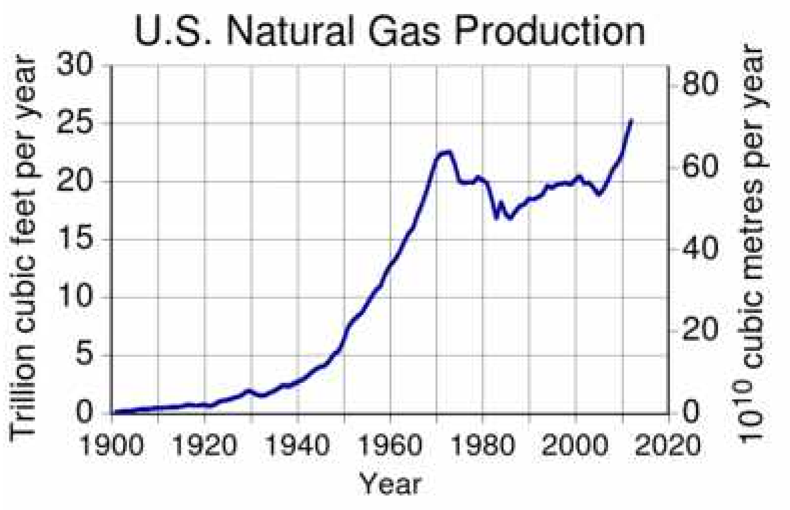
Εικόνα No.1 – Η Πρώτη Λάμπα με Λειτουργία Φυσικού Αερίου στην Αμερική

Ουσιαστικά, η πόλη Φριντόνια της Αμερικής το 1821, ήταν η πρώτη πόλη όπου χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο για τον δημόσιο φωτισμό. Παρ' όλα αυτά, το φυσικό αέριο και η χρήση του δεν ήταν και πολύ διαδεδομένη εκείνη τη περίοδο. Ο βασικός λόγος ήταν ότι η μεταφορά του επιτελούνταν με δύσκολο τρόπο ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις για ένα περίπου και έτσι παρέμενε στο περιθώριο χωρίς να εξελίσσεται βιομηχανικά (Kim, Nho, 2005).

Η εξέλιξή του με αγωγούς αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1920 και το γεγονός αυτό ήταν το σημαντικότερο στάδιο για την οικιακή του χρήση (Kim, Nho, 2005). Μετά τον Β' Παγκόσμιο

Πόλεμο, ακολούθησε μια περίοδος αυξημένης κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Το 1970 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 19% περίπου της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 21% το 1990 και σε 24% το 2010. Σύμφωνα με εκτιμήσεις (BP Energy Outlook), η κατανάλωση φυσικού αερίου θα συγκλίνει (με αυξητική τάση) προς την κατανάλωση άνθρακα (που θα έχει αυξομειωτική τάση) και την κατανάλωση πετρελαίου (που θα έχει μειωτική τάση) και το 2030 αναμένεται ότι η κατανάλωση φυσικού αερίου θα πλησιάσει αισθητά την κατανάλωση άνθρακα και πετρελαίου, καλύπτοντας περίπου το 26% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. (Υπουργείο Ενέργειας Κυπριακής Δημοκρατίας, http://www.mcit.gov.cy/mcit/energyse.nsf).



Σχεδιάγραμμα No.1 – Ανοδική Πορεία Παραγωγής Φυσικού Αερίου από το 1900 έως το 2020

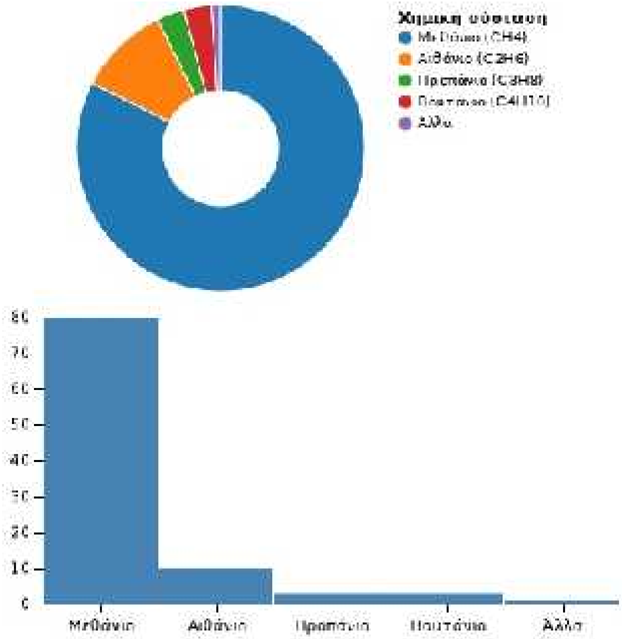
1.2 Σύσταση και Ιδιότητες του Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο αποτελείται από ένα συγκεκριμένο μίγμα από υδρογονάνθρακες (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012). Δημιουργήθηκε από την βραδεία (αναερόβια) αποσύνθεση φυτικής και ζωικής ύλης που υπήρχε παγιδευμένη κάτω από στερεά πετρώματα (υπό μεγάλη πίεση) για πολλά εκατομμύρια έτη, και είναι παγιδευμένο σε πετρώματα σε υπόγειους γεωλογικούς σχηματισμούς (κοιλότητες).

Το φυσικό αέριο συνήθως συνυπάρχει με νερό (δύο φάσεις) ή είναι συνδεδεμένο με αργό πετρέλαιο και νερό (τρεις φάσεις) (Υπουργείο Ενέργειας Κυπριακής Δημοκρατίας, http://www.mcit.gov.cy/mcit/energyse.nsf). Σχετικά με την χημική σύσταση του φυσικού αερίου, αναφέρεται πως το βασικότερο συστατικό του θεωρείται το μεθάνιο. Ωστόσο στην σύνθεση του εντοπίζονται και άλλα συστατικά σε σημαντικές ποσότητες όπως οι ακόλουθες (Bashi, Mailah, Radzi, 2003):

Αιθάνιο	Άζωτο
Προπάνιο	Ήλιο
Βουτάνιο	Βουτάνιο
Διοξείδιο του άνθρακα	Υδρόθειο

Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται τα ποσοστά του μεθανίου, αιθανίου, προπάνιού και βουτανίου επί % κατά όγκο σύστασης ως εξής



Πίνακας Νο.1 – Χημική Σύσταση του Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο συχνά χαρακτηρίζεται από την παρουσία ή την απουσία συγκεκριμενών συστατικών. Έτσι έχουμε τους χαρακτηρισμούς (Seamanship International, 2007):

- Υγρό Αέριο (Wet): Συνήθως το μη επεξεργασμένο αέριο που περιέχει συμπυκνώσιμους υδρογονάνθρακες (προπάνιο, βουτάνιο κ.α.).
- Ξηρό Αέριο (Dry): όταν δεν περιέχει συμπυκνώσιμους υδρογονάνθρακες.
- Όξινο Αέριο (Sour): όταν περιέχει διοξείδιο του άνθρακα (σε ποσοστό > 2%) υδρόθειο και άλλες ενώσεις θείου, σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν συγκεκριμένα όρια.
- Γλυκό Αέριο (Sweet): όταν περιέχει διοξείδιο του άνθρακα (σε ποσοστό <2%) ενώ οι συγκεντρώσεις του υδρόθειου και άλλων ενώσεων είναι μικρότερες από κάποια όρια.

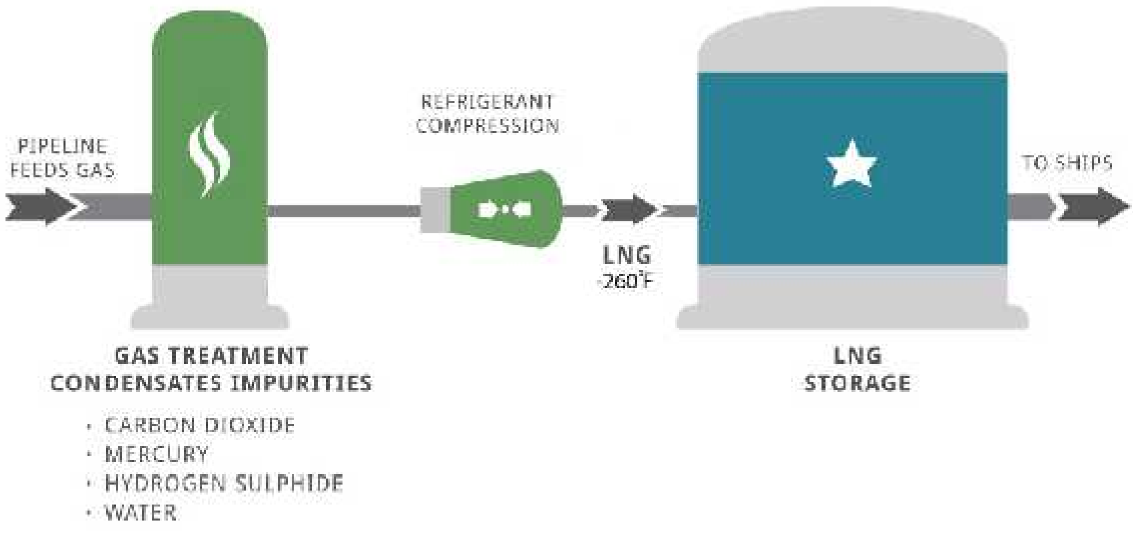
Είναι διαπιστωμένο πως το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η χαρακτηριστική οσμή που διαθέτει είναι τεχνητή για λόγους ασφαλείας, ώστε να γίνετε αντιληπτό σε περιπτώσεις διαρροής (Kim, Nho, 2005).

Σε σχέση με την καύση άλλων καυσίμων, η δική του καύση δεν θεωρείται τόσο βλαβερή και δεν φέρει αρνητικές συνέπειες όπως οι ουσίες του γαιάνθρακα και του λαδιού για το περιβάλλον. Επίσης, παράγει μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για την κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH4). Συνήθως περιέχει και μικρές ποσότητες από άλλους ελαφριούς υδρογονάνθρακες (αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο) και σπάνια, σε ακόμη μικρότερες συγκεντρώσεις πεντάνιο και εξάνιο. Σε κανονικές θερμοκρασίες οι δυο τελευταίοι υδρογονάνθρακες είναι υγροί με χαμηλό σημείο ζέσεως. Όμως σε υψηλές θερμοκρασίες είναι σε αέρια κατάσταση και αποτελούν τμήμα του φυσικού αερίου. Εκτός από υδρογονάνθρακές, το φυσικό αέριο μπορεί να περιέχει διάφορα ανόργανα συστατικά, όπως: άζωτο, αργό, ήλιο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο (Bashi, Mailah, Radzi, 2003).

Το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και έχει ειδικό βάρος ίσο με 0,59. Η καύση του φυσικού αερίου, σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων όπως ο γαιάνθρακας ή το πετρέλαιο, έχει λιγότερες επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον. Παράγει, για παράδειγμα, μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας (Kim, Nho, 2005).

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο, όπως λέει και το όνομα του, είναι το φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί σε υγρή μορφή για να διευκολυνθεί η μεταφορά του ή η αποθήκευση του. Το φυσικό αέριο υγροποιείται σε ατμοσφαιρική πίεση στους -161^{o}C. Κατά τη διαδικασία υγροποίησης απαιτείται επεξεργασία για την αφαίρεση των προσμίξεων όπως νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου. Απομακρύνοντας αυτές τις προσμίξεις, δεν δημιουργούνται ουσίες σε στερεά μορφή με την ψύξη του φυσικού αερίου και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το υγροποιημένο φυσικό αέριο να αποτελείται κατά περίπου 95% από μεθάνιο. Η υγροποιήσει του φυσικού αερίου είναι ιδιαίτερα ουσιαστική διότι κατά τη μεταφορά του η αναλογία του είναι 1/600 του αντίστοιχου όγκου φυσικού αερίου (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).



Εικόνα No.2 – Διαδικασία παραγωγής Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2º
ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

2.1 Αποθήκευση και Μεταφορά του Φυσικού Αερίου

Λόγω της χαμηλής πυκνότητάς του, δεν είναι εύκολο να αποθηκεύεται φυσικό αέριο ή να μεταφέρεται με όχημα. Οι αγωγοί φυσικού αερίου δεν είναι πρακτικοί σε όλους τους ωκεανούς, καθώς το αέριο πρέπει να ψυχθεί και να συμπιεστεί, καθώς η τριβή στη σωλήνωση προκαλεί τη θέρμανση του αερίου. Πολλοί υπάρχοντες αγωγοί στην Αμερική βρίσκονται κοντά στην επίτευξη της ικανότητάς τους, προκαλώντας ορισμένους πολιτικούς που εκπροσωπούν τα βόρεια κράτη να μιλήσουν για ενδεχόμενες ελλείψεις (Παπανίκας, 2009).

Το μεγάλο εμπορικό κόστος μεταφοράς, συνεπάγεται ότι οι αγορές φυσικού αερίου είναι σε γενικές γραμμές πολύ λιγότερο ολοκληρωμένες, προκαλώντας σημαντικές διαφορές τιμών μεταξύ των χωρών. Στη Δυτική Ευρώπη, το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου είναι ήδη πυκνό. Σχεδιάζονται ή βρίσκονται υπό κατασκευή νέοι αγωγοί στην Ανατολική Ευρώπη και μεταξύ των πεδίων φυσικού αερίου στη Ρωσία, τη Μέση Ανατολή, τη Βόρεια Αφρική και τη Δυτική Ευρώπη.

Σε κάθε αγοραπωλησία φυσικού αερίου υπογράφονται συμφωνητικά σχετικά με την ποιότητα του φυσικού αερίου. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση CO2, H2S και H 2O. Συνήθως η πώληση φυσικού αερίου που έχει υποστεί κατεργασία για την απομάκρυνση της μόλυνσης, διατίθεται επί ξηρού αερίου και απαιτείται να είναι εμπορικά απαλλαγμένο από δυσάρεστες οσμές, υλικά και σκόνη ή άλλη στερεή ή υγρή ύλη, κόμμεα, τα οποία ενδέχεται να βλάψουν ή να επηρεάσουν δυσμενώς τη λειτουργία του εξοπλισμού μεταφοράς ή αποθήκευσης (Farah, 2015).

Οι μεταφορείς υγροποιημένου φυσικού αερίου μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) στους ωκεανούς, ενώ τα δεξαμενόπλοια μπορούν να μεταφέρουν υγροποιημένο ή πεπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) σε βραχύτερες αποστάσεις. Οι θαλάσσιες μεταφορές που χρησιμοποιούν πλοία μεταφοράς CNG, τα οποία βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης, ενδέχεται να είναι ανταγωνιστικά με τη μεταφορά ΥΦΑ υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

Το αέριο μετατρέπεται σε υγρό σε μια εγκατάσταση υγροποίησης και επιστρέφει σε μορφή αερίου στο εργοστάσιο επαναεριοποίησης στο τερματικό σταθμό. Χρησιμοποιείται επίσης εξοπλισμός επισκευής πλοίων. Το ΥΦΑ είναι η προτιμώμενη μορφή για τη μεταφορά μεγάλου όγκου φυσικού αερίου σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ ο αγωγός προτιμάται για τη μεταφορά για αποστάσεις έως και 4.000 χιλιομέτρων (2.500 μίλια).

Το CNG μεταφέρεται σε υψηλή πίεση, συνήθως πάνω από 200 bar (20.000 kPa, 2.900 psi). Τα φορτηγά και οι μεταφορείς φυσικού αερίου μπορούν να μεταφέρουν φυσικό αέριο απευθείας στους τελικούς χρήστες ή σε σημεία διανομής όπως οι αγωγοί (Farah, 2015).

Στο παρελθόν, το φυσικό αέριο που μπορούσε να ανακτηθεί κατά τη διάρκεια της εξόρυξης του πετρελαίου, δεν μπορούσε να πωληθεί με κέρδος και απλά καίγονταν στο πετρελαϊκό πεδίο με μια διαδικασία γνωστή ως καύση. Η καύση αυτή είναι πλέον παράνομη σε πολλές χώρες. Επιπλέον, η αυξημένη ζήτηση τα τελευταία 20-30 χρόνια έχει κάνει την παραγωγή αερίου που συνδέεται με το πετρέλαιο οικονομικά βιώσιμη. Ως άλλη επιλογή, το αέριο αυτό μερικές φορές ξανά εγχέεται στο σχηματισμό για την ενισχυμένη ανάκτηση πετρελαίου με τη συντήρηση της πίεσης. Η συντήρηση, ή εκ νέου έγχυση ή η καύση φυσικού αερίου που συνδέεται με το πετρέλαιο εξαρτάται κυρίως από την εγγύτητα στις αγορές (αγωγούς) και τους ρυθμιστικούς περιορισμούς.

Το φυσικό αέριο μπορεί να εξαχθεί έμμεσα μέσω της απορρόφησης σε άλλη φυσική παραγωγή. Μια πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι η επέκταση της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου στις ΗΠΑ έχει προκαλέσει πτώση των τιμών σε σχέση με άλλες χώρες. Αυτό έχει προκαλέσει μια έκρηξη στις εξαγωγές ενέργειας υψηλής έντασης παραγωγής, όπου η μέση μονάδα δολαρίου των αμερικανικών μεταποιητικών εξαγωγών είχε σχεδόν τριπλασιάσει το ενεργειακό της περιεχόμενο μεταξύ του 1996 και του 2012 (Farah, 2015).

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για αφαλάτωση. Ομοίως, σε ορισμένους χώρους υγειονομικής ταφής που εκλύουν και αέρια μεθανίου, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές για τη σύλληψη του μεθανίου και την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται συχνά υπόγεια στο εσωτερικό των δεξαμενών αερίου, τους θόλους αλάτων ή σε δεξαμενές ως υγροποιημένο φυσικό αέριο. Το αέριο εγχέεται σε μια εποχή χαμηλής ζήτησης και εξάγεται όταν η ζήτηση αυξάνεται. Η αποθήκευση κοντινών τελικών χρηστών συμβάλλει στην ικανοποίηση των ευμετάβλητων απαιτήσεων, αλλά αυτή η αποθήκευση μπορεί να μην είναι πάντοτε εφικτή.

Με 15 χώρες που αντιπροσωπεύουν το 84% της παγκόσμιας εξόρυξης, η πρόσβαση στο φυσικό αέριο έχει γίνει ένα σημαντικό ζήτημα στη διεθνή πολιτική και οι χώρες αγωνίζονται για τον έλεγχο των αγωγών. Την πρώτη δεκαετία του 21ου αιώνα, η Gazprom διεξήγαγε διαμάχες με την Ουκρανία και τη Λευκορωσία σχετικά με την τιμή του φυσικού αερίου, οι οποίες δημιούργησαν ανησυχίες ότι οι παραδόσεις αερίου σε τμήματα της Ευρώπης θα μπορούσαν να αποκοπούν για πολιτικούς λόγους (Farah, 2015).

Οι πλωτές δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου (FLNG) είναι μια καινοτόμος τεχνολογία που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέψει την αξιοποίηση υπεράκτιων πηγών φυσικού αερίου που διαφορετικά θα παρέμεναν αναξιοποίητες λόγω περιβαλλοντικών ή οικονομικών παραγόντων που καθιστούν μη βιώσιμη την ανάπτυξη μιας χερσαίας επιχείρησης ΥΦΑ. Η τεχνολογία FLNG παρέχει επίσης μια σειρά περιβαλλοντικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων:

- Περιβαλλοντική - Επειδή όλη η επεξεργασία γίνεται στον τομέα του φυσικού αερίου, δεν υπάρχει απαίτηση για μεγάλους αγωγούς στην ακτή, μονάδες συμπίεσης για την άντληση αερίου προς ξηρά, κατασκευή βυθοκόρου και προβλήτα, την κατασκευή μονάδας επεξεργασίας ΥΦΑ, η οποία μειώνει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα .Η αποφυγή κατασκευής βοηθά στη διατήρηση των θαλάσσιων και παράκτιων περιβαλλόντων. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές διαταραχές θα ελαχιστοποιηθούν κατά τη διάρκεια του παροπλισμού, επειδή η εγκατάσταση μπορεί εύκολα να αποσυνδεθεί και να αφαιρεθεί πριν την ανακαίνισή της και την εκ νέου ανάπτυξή της αλλού.
- Οικονομική - Όπου η άντληση αερίου στην ακτή μπορεί να είναι απαγορευτικά δαπανηρή, η FLNG καθιστά την ανάπτυξη οικονομικά βιώσιμη. Ως εκ τούτου, θα ανοίξει νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τις χώρες ώστε να εξετάσουν νέες πηγές φυσικού αερίου που διαφορετικά θα παρέμεναν ανεκμετάλλευτα, όπως οι υπεράκτιες χώρες της Ανατολικής Αφρικής.

Πολλές εταιρείες φυσικού αερίου και πετρελαίου εξετάζουν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη των πλωτών υγροποιημένων σταθμών φυσικού αερίου (FLNG). Υπάρχουν επί του παρόντος σχέδια για την κατασκευή πέντε εγκαταστάσεων του FLNG. Οι γραμμές μεταφοράς φυσικού αερίου επεκτείνονται σε ένα εργοστάσιο ή μονάδα επεξεργασίας φυσικού αερίου που αφαιρεί τους υδρογονάνθρακες υψηλότερου μοριακού βάρους για την παραγωγή φυσικού αερίου με ενεργειακό περιεχόμενο μεταξύ 950-1,050 βρετανικών θερμικών μονάδων ανά κυβικό πόδι (35-39 MJ / m3) (Παπανίκας, 2009).

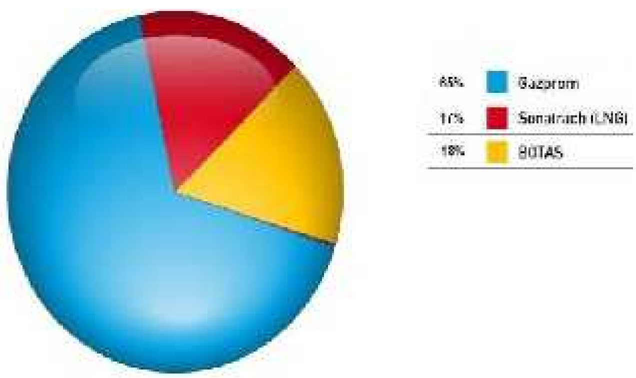
Το μεταποιημένο φυσικό αέριο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές χρήσεις. Το φυσικό αέριο που ρέει στις γραμμές διανομής, καλείται φυσικό αέριο μεσαίας ροής και χρησιμοποιείται συχνά για την τροφοδοσία κινητήρων που περιστρέφονται με συμπιεστές. Αυτοί οι συμπιεστές απαιτούνται στη γραμμή μεταφοράς για να συμπιεστούν και να συμπιέσουν εκ νέου το μεσαίο ρεύμα φυσικού αερίου καθώς κινείται το αέριο. Τυπικά, οι κινητήρες που κινούνται με φυσικό αέριο απαιτούν φυσικό αέριο 950-1,050 BTU / cu ft (35-39 MJ / m3) για να λειτουργούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές της περιστροφικής πινακίδας (Παπανίκας, 2009).

2.2 Μεταφορά Φυσικού Αερίου στην Ευρώπη και την Ελλάδα

Ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρεται το φυσικό αέριο σε σημεία χρήσης του δεν απαιτεί κάποια επεξεργασία. Έχει παρατηρηθεί αντίστοιχα ότι τα κέντρα στα οποία καταναλώνεται βρίσκονται σε μακρινή απόσταση από τα κοιτάσματα φυσικού αερίου. Βέβαια από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται κατά την εξόρυξη του, εξαρτάται και η μεταφορά του (Seamanship International, 2007).

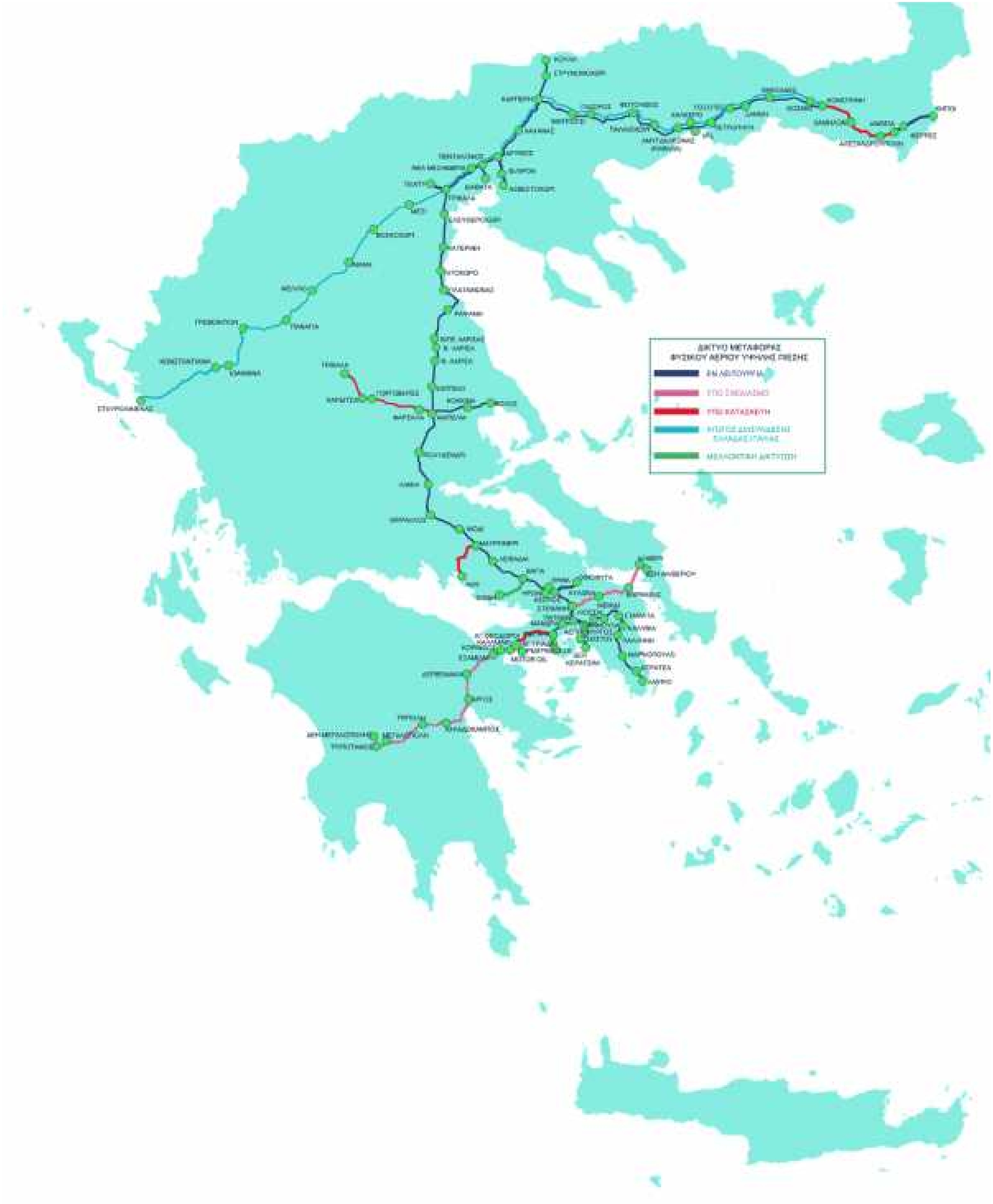
Αν η κατάστασή που βρίσκεται είναι σε αέρια μορφή, τότε η μεταφορά του γίνεται με αγωγούς υψηλής πίεσης και αν είναι σε υγρή μορφή, τότε γίνεται με πλοία. Επίσης, η μεταφορά του με αγωγούς επιτρέπει να καλυφθούν χιλιάδες χιλιόμετρα απόστασης. Χαρακτηριστικοί αγωγοί αντίστοιχης μεταφοράς, είναι εκείνοι του Τέξας – Λουϊζιάνα και οι οποίοι εκτείνονται μέχρι και τη βορειοανατολική ακτή καθώς και από την Αλμπέρτα μέχρι τον Ατλαντικό (Kim, Nho, 2005).

Αντίστοιχα, σχετικοί αγωγοί μεταφοράς αερίου βρίσκονται στη περιοχή της Σιβηρίας, οι οποίοι μεταφέρουν το φυσικό αέριο προς την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως πλούσια κοιτάσματα αερίου έχουν ανακαλυφθεί έπειτα από μακροχρόνιες έρευνες για πετρέλαιο στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Μεσόγειο και Αλάσκα (Bashi, Mailah, Radzi, 2003). Στην Ελλάδα το φυσικό αέριο εισάγεται από την Ρωσία (Gazprom), την Τουρκία (BOTAS) και την Αλγερία (Sonatrach).



Εικόνα No.3 – - Προέλευση συμβολαιοποιημένων ποσοτήτων ΔΕΠΑ για το 2014

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς, που εκτείνεται από τον Προμαχώνα έως και την Αττική, έχει συνολικό μήκος 512 χλμ. και πίεση σχεδιασμού 70 bar. Οι κλάδοι μεταφοράς φυσικού αερίου, συμπεριλαμβανομένων τους εν κατασκευή, ξεπερνούν τα 952 χλμ. και τροφοδοτούν : την ανατολική Μακεδονία, την Θράκη, την Θεσσαλονίκη, τον Βόλο, τα Τρίκαλα, τα Οινόφυτα, τα Αντίκυρα, το Αλιβέρι, την Κόρινθο, την Μεγαλούπολη, την Θήβα και την Αττική.



Εικόνα No.4 – Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ)

Στη Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων, βρίσκεται ο ελληνικός σταθμός αποθήκευσης και επαναεριοποίησης υγροποιημένου φυσικού αερίου (L N G - Liquefied Natural Gas), το οποίο μεταφέρεται από την Αλγερία με ειδικά δεξαμενόπλοια. (Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου Α.Ε. - ΔΕΣΦΑ)

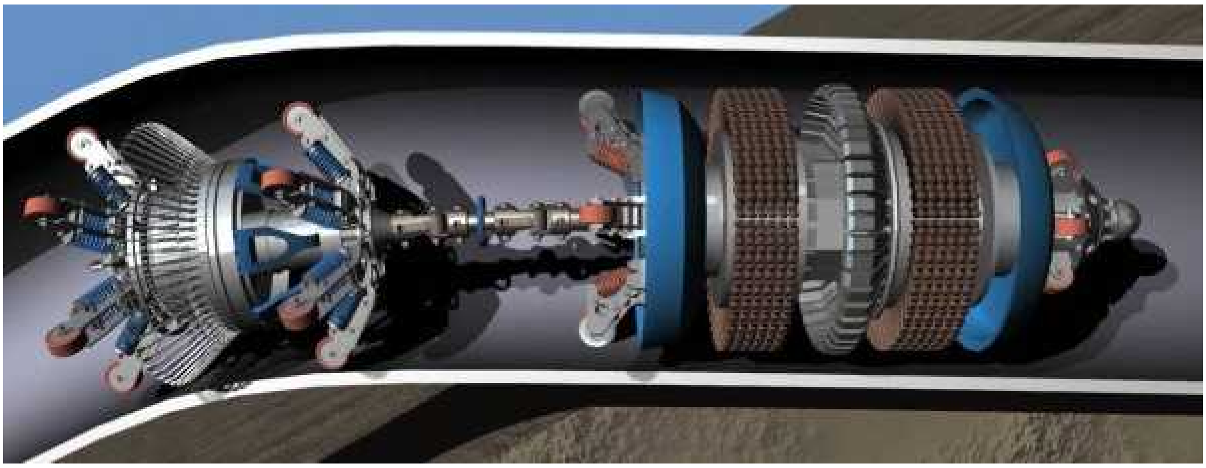
Εικόνα Νο.5 – Ρεβυθούσα - Τερματικός σταθμός LNG

2.3 Κεντρικός Αγωγός και Κλάδοι Μεταφοράς

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς, συνολικού μήκους 512 χλμ. και πίεσης σχεδιασμού 70 bar, εκτείνεται από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως την Αττική (ΔΕΣΦΑ, 2018). Από τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς ξεκινούν κλάδοι μεταφοράς φυσικού αερίου μήκους 952 χλμ., με σκοπό την τροφοδοσία με φυσικό αέριο των περιοχών της ανατολικής Μακεδονίας, της Θράκης, της Θεσσαλονίκης, του Πλατέως, του Βόλου, των Τρικάλων, των Οινοφύτων, των Αντικύρων, του Αλιβερίου, της Κορίνθου, της Μεγαλόπολης, της Θίσβης και της Αττικής. Κατά μήκος του κεντρικού αγωγού και των κλάδων είναι εγκατεστημένοι (ΔΕΣΦΑ, 2018):

- Σταθμοί βαλβιδοστασίων για την τμηματική απομόνωση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης ή προγραμματισμένης συντήρησης,

- Σταθμοί ξεστροπαγίδων για την αποστολή και παραλαβή συσκευών καθαρισμού (ξέστρων) ή συσκευών εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού,
- Σύστημα καθοδικής προστασίας του αγωγού από φαινόμενα διάβρωσης και καλώδιο οπτικών ινών για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος ελέγχου λειτουργίας, επικοινωνιών και τηλεχειρισμού.



Εικόνες Νο.6 – Συστήματα καθαρισμού και επιθεώρησης αγωγού

2.3.1 Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου

Οι λειτουργικές παράμετροι του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου ελέγχονται σε συνεχή βάση και προσδιορίζονται από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου, που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Νοτίου Τομέα (Πάτημα Μαγούλας) και εναλλακτικά (σε περίπτωση απώλειας του πρώτου) από το εφεδρικό Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Βόρειου Τομέα (Νέα Μεσήμβρια Θεσσαλονίκης). Αντικείμενο του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου αποτελεί, μεταξύ άλλων (ΔΕΣΦΑ, 2018):

- Η συνεχής παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου μέσω συστήματος Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA),
- Η υλοποίηση των προγραμμάτων παραλαβών και παραδόσεων Φ.Α. σύμφωνα με τις αντίστοιχες δηλώσεις των Χρηστών Μεταφοράς,
- Ο προσδιορισμός των λειτουργικών παραμέτρων του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας λογισμικού προσομοίωσης δικτύου, με στόχο την ασφαλή, ομαλή και αποδοτική λειτουργία του δικτύου,
- Η έγκαιρη ειδοποίηση και καθοδήγηση του προσωπικού συντήρησης σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας εξοπλισμού, και
- Η υποστήριξη και ο συντονισμός προσωπικού συντήρησης και αρχών (Πυροσβεστική Υπηρεσία, Αστυνομία) σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

2.3.2 Σύστημα Τηλεελέγχου και Τηλεπικοινωνιών

Το σύστημα τηλεελέγχου και τηλεπικοινωνιών (Remote Control and Communications – RCC) έχει ως πρωτεύοντα στόχο (ΔΕΣΦΑ, 2018):

- 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 τηλεεποπτεία των σταθμών Φ.Α., την 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”.

Αποτελείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- καλώδιο οπτικών, το οποίο είναι εγκατεστημένο παράλληλα με τον αγωγό φυσικού αερίου υψηλής πίεσης και αποτελεί τον φορέα των κάθε είδους εσωτερικών επικοινωνιών (φωνής και δεδομένων) του ΔΕΣΦΑ,
- σύστημα πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (TimeDivisionMultiplexing – TDM), εγκατεστημένου σε κάθε σταθμό του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, με το οποίο επιτυγχάνεται η μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσα από το καλώδιο αττικών ινών,

- σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Controland Data Acquisition – SCADA) με το οποίο επιτυγχάνεται η τηλεεποπτεία και τηλεχειρισμός όλων των μετρητικών ή/και ρυθμιστικών σταθμών, των σταθμών βαλβιδοστασίων 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, στο σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας, καθώς και στους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου, και ιδιόκτητο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών, το οποίο 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 10 χλμ. δεξιά και αριστερά του αγωγού Φ.Α. υψηλής πίεσης.

Εικόνα Νο.7 – Εγκατάσταση SCADA στο πεδίο

2.4 Χρήση του Φυσικού Αερίου

2.4.1 Το Αέριο ως Καύσιμο Κίνησης

Όπως λοιπόν αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, το φυσικό αέριο έχει ως βασικό συστατικό του το μεθάνιο και το υγραέριο το προπάνιο και το βουτάνιο. Από τη στιγμή που το μεθάνιο περιέχει υδρογόνο, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα σημαντικό είδος καυσίμου για τις μηχανές κίνησης υψηλής περιεκτικότητας και οι οποίες λογίζονται ως μηχανές εσωτερικής καύσης (Seamanship International, 2007).

Η ενέργεια ή θερμογόνος δύναμη, η οποία παράγεται κατά την καύση ανά μονάδα μάζας φυσικού αερίου και όταν εκείνο χρησιμοποιείται στις χερσαίες ή θαλάσσιες μηχανές, θεωρείται κατά πολύ μεγαλύτερη των άλλων υδρογονανθράκων. Ωστόσο από την πλευρά της ενεργειακής πυκνότητας, η κατάσταση αυτή δεν λογίζεται ως ιδιαίτερα θετική αφού ο όγκος που καταλαμβάνει η μάζα του είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της βενζίνης αντίστοιχα.

Έτσι προκειμένου να αποκτήσει κάποιος ένα μεταφορικό μέσο με τη χρήση φυσικού αερίου, όπως ένα αυτοκίνητο το οποίο κινείται με βενζίνη, θα πρέπει να διαθέτει και ένα ρεζερβουάρ διπλάσιο από εκείνου του όγκου βενζίνης. Το γεγονός αυτό λογίζεται ως και το μοναδικό μειονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου. Το μόνο βέβαια που μπορεί να επιτευχθεί είναι να αποθηκευτεί σε ειδικές μπουκάλες με υψηλή πίεση, συμπιεσμένο σε αέρια μορφή μέσα στο αυτοκίνητο. Έτσι θα καταλαμβάνει κατά πολύ λιγότερο χώρο στο μέσο μεταφοράς (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Επίσης, σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει και η ανάλογη αυτονομία για το αυτοκίνητο. Έτσι λοιπόν στις μέρες μας είναι αρκετές οι θαλάσσιες και χερσαίες μηχανές οι οποίες έκαναν την εμφάνισή τους με δυνατότητα χρήσης και εναλλαγής καυσίμων, δηλαδή χρησιμοποιούν και βενζίνη και φυσικό αέριο. Αντίστοιχα, εντοπίζεται και ένας σημαντικός αριθμός οκτανίων στο φυσικό αέριο και κατά συνέπεια αναφέρεται η ιδιότητα για το φυσικό αέριο να καίγεται σε υψηλής πίεσης βενζινοκινητήρες και ο κίνδυνος για ανάφλεξη να εξαλείφεται (Kim, Nho, 2005).

Έτσι οι κατασκευαστές των θαλάσσιων και χερσαίων μηχανών κίνησης προσπαθούν να εκμεταλλεύονται με το κατάλληλο τρόπο τη χρήση του φυσικού αερίου με απώτερο σκοπό μεταξύ άλλων την μείωση εκπομπών ρύπων καυσαερίων αφού η ουσία CO2 που εκλύεται σχετικά δεν θεωρείται τόσο αυξημένη σε σύγκριση με την περίπτωση της βενζινοκίνησης και των αυξημένων ποσοστών ρύπων που εκλύονται σχετικά (Seamanship International, 2007).

Το γεγονός βέβαια αυτό οφείλεται και στην μεγάλη αναλογία υδρογόνου και άνθρακα όπου η σύσταση των άκαυστων υδρογονανθράκων του φυσικού αερίου αποτελείται από 90% μεθάνιο το οποίο θεωρείται ακίνδυνο αλλά και από αέρια τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις προκαλούν βλάβη στο περιβάλλον (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Επιχειρώντας μια σχετική έρευνα ως προς την χρήση των χερσαίων μεταφορικών μέσων που χρησιμοποιούν το καύσιμο του φυσικού αερίου, θα λέγαμε πως η σχετική κατάσταση στην Ευρώπη αναφέρει ότι κυκλοφορούν περίπου 450.000 αυτοκίνητα με φυσικό αέριο και φυσικά το γεγονός ότι κάτι τέτοιο ενισχύεται από την υπάρχουσα οικονομική κρίση και την αυξημένη τιμή της βενζίνης. Χώρες όπως η Γερμανία, Ιταλία, Ελβετία χρησιμοποιούν σε ευρεία βάση το καύσιμο του φυσικού αερίου σε χερσαίες μηχανές και περισσότερο αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης καθώς και φορτηγά μεταφορών (Kim, Nho, 2005).

Στην Ευρώπη επίσης, υπάρχουν πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες όπως η Fiat για παράδειγμα η οποία διαθέτει μια σειρά από αυτοκίνητα τα οποία χρησιμοποιούν φυσικό αέριο και ειδικά για αυτόν το λόγο φέρουν το λογότυπο Natural Power, μαζί με την ονομασία του συμβατικού μοντέλου.

Σημαντικό κίνητρο στις μέρες μας για την χρήση του φυσικού αερίου αποτελεί το κόστος το οποίο είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με την τιμή της βενζίνης. Βέβαια κάτι αντίστοιχο συμβαίνει στην Γερμανία με τις λεγόμενες φορολογικές ελαφρύνσεις για εκείνους που επιλέγουν οχήματα ιδιωτικής ή επαγγελματικής χρήσης, με χρήση φυσικού αερίου στις μηχανές τους. Έτσι μετά από σχετικούς υπολογισμούς, έχει σημειωθεί πως το χιλιομετρικό κόστος των μηχανών που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, ανέρχεται σε ποσοστό 30% περίπου χαμηλότερο απ’ αυτό της βενζίνης (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Συμπερασματικά λοιπόν με την χρήση του φυσικού αερίου στις μηχανές χερσαίων μεταφορών, θα λέγαμε ότι σύμφωνα με τα δεδομένα της εποχής μας, το φυσικό αέριο αποτελεί τη μοναδική και απόλυτη λύση για την κίνηση των οχημάτων στον 21ο αιώνα.

Αν και ουσιαστικά είναι υδρογονάνθρακας και αυτό επιβαρύνει έστω και σε μικρό ποσοστό την ατμόσφαιρα, εκλύει μικρότερο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα. Το γεγονός όμως είναι ότι η χρήση του θα αποτελέσει για την ανθρωπότητα μια ευεργετική λύση μέχρι να βρεθεί μια νεότερη καθαρή λύση, όπου για τα επόμενα 20 με 30 χρόνια η ατμόσφαιρα θα πρέπει να θεωρείται «καθαρή» και χωρίς επιφόρτιση βλαβερών ουσιών (Kim, Nho, 2005).

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως δεν θεωρείται μια ενδεδειγμένη λύση για την χρήση του στις χερσαίες μηχανές μόνο λόγω των οφελών του και των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από τη χρήση του, αλλά κυρίως γιατί μπορεί να αναφέρεται ως ο προθάλαμος της εισαγωγής υδρογόνου για χρήση σε αυτοκίνητα.

Υπό αυτό το σκεπτικό, η αναλογία του άνθρακα και του υδρογόνου στο καύσιμο μπορεί και βελτιώνεται με αποτέλεσμα την μικρότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από βλαβερές ουσίες καυσίμων. Προκύπτουν όμως και κάποια ζητήματα πολιτικά. όπως τα φορολογικά κίνητρα και οι φορολογικές απαλλαγές οι οποίες φέρουν μια ιδιαίτερη σημασία για την εισαγωγή του φυσικού αερίου στην αγορά.

Αναφορικά δε με την χρήση του φυσικού αερίου στις θαλάσσιες μεταφορές, θα λέγαμε πως η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία αναζητά και αυτή από την πλευρά της νέες μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν θα ρυπαίνουν το περιβάλλον και ταυτόχρονα θα μειώνουν την μόλυνση του περιβάλλοντος. Έτσι το ενδιαφέρον των ιθυνόντων της ναυτιλιακής αγοράς στρέφεται στο φυσικό αέριο ως βασικό καύσιμο χρήσης στα πλοία.

Οι ειδικοί θεωρούν ότι το LNG λοιπόν είναι το καύσιμο του μέλλοντος. Κάποια πλοία το χρησιμοποιούν στις μέρες μας αλλά σε μικρό βέβαια βαθμό, όπου αυτά αναφέρονται ως gas ships. Ωστόσο, πολλές είναι οι προτάσεις στις μέρες μας για κατασκευή μηχανών οι οποίες θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο (Kim, Nho, 2005).

Βάση λοιπόν των όσων σημειώθηκαν παραπάνω, θα λέγαμε πως σημαντικό ρόλο στην χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο κίνησης στα πλοία, αναφέρεται η μεγάλη ανάπτυξη που σημείωσε το θαλάσσιο εμπόριο τη περίοδο 2006-2010, όπου παρουσιάζεται αυξημένο λόγω των εξαγωγών των χωρών σε πετρέλαιο και βιομηχανικά είδη. Η αύξηση αυτή σημειώθηκε σε χώρες όπως η Βόρεια Αμερική και η Ιαπωνία, η Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και τα κράτη της Βαλτικής, με μέση αύξηση κατά 15,4%. Παρατηρείται επίσης πως τη συγκεκριμένη περίοδο, αναφέρεται μια υψηλή ζήτηση του εμπορίου, όπου ο λόγος για αυτό είναι η αύξηση του παγκοσμίου εμπορίου (Seamanship International, 2007).

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται πως το 2006, σημειώθηκε ρεκόρ στο παγκόσμιο, δια θαλάσσης, εμπόριο όπου και ήταν το δέκατο πέμπτο σε ετήσια αύξηση εντός της δεκαετίας. Σημειώνεται ρεκόρ με 6,88 δις. τόνων εξαγόμενων αγαθών. Το 2006 το ποσοστό αύξησης που παρατηρείται, ήταν 3.6% και το οποίο ήταν τετραπλάσιο από αυτό του έτους 2001. Άνισα γεωγραφικά, ήταν και η ετήσια αύξηση εμπορίου του έτους για πετρέλαιο και βιομηχανικά είδη.

Σύμφωνα με την αύξηση των ποσοστών παραγωγής από χώρες εξαγωγής πετρελαίου αλλά και από τον ΟΠΕΚ, υπήρξε ένα ποσοστό αύξησης της τάξης του 27%. Πάνω από τα μέσα ποσοστά αύξησης, βρίσκονται η Βόρεια Αμερική, η Ευρώπη και η Ιαπωνία. Ωστόσο, το εμπόριο δια θαλάσσης σημείωσε αύξηση σε Λατινική Αμερική, Αφρική και Ωκεανία με μέσο όρο 1,0%, 0,5% και 2.3 % αντίστοιχα.

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός πως σε 6,15 δις. τόνους έφτασαν τη περίοδο 2006-2010, οι συνολικές παγκόσμιες αποστολές των φορτίων των δεξαμενόπλοιων, έπειτα από αύξηση κατά 3.1% σε σχέση με τη περίοδο 2000-2004. Το ακατέργαστο πετρέλαιο αποτελούσε σχεδόν τα τρία τέταρτα του εμπορίου των δεξαμενοπλοίων. Οι γενικές αποστολές δεξαμενοπλοίων επί του συνολικού θαλάσσιου εμπορίου αναφέρονται στον 36,5% του γενικότερου εμπορίου εκείνη τη περίοδο (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Ιδιαίτερη προσοχή και μνεία αποδίδεται στην παραγωγή και εμπορία με δεξαμενόπλοια, του ακατέργαστου πετρελαίου, όπου σημειώνεται πως αρχικά η παραγωγή ακατέργαστου πετρελαίου άρχισε να συρρικνώνεται από το 1998 και ουσιαστικά να αυξάνει από το 2006 και έπειτα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι εκείνο που αναφέρει πως η παραγωγή και εμπορία τη περίοδο 2000-2004 παρουσιάζεται μειωμένη κατά 2% σε 71,9 βαρέλια ανά ημέρα σε σύγκριση με τη περίοδο 2006-2010.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία λοιπόν, οδηγούν τους πλοιοκτήτες στην μελλοντική επιλογή πλοίων που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο τα φυσικό αέριο και τα γεγονός αυτό θα επιφέρει προστασία του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με την μεγιστοποίηση των κερδών τους από το δια θαλάσσης εμπόριο.

Αρχικά το φυσικό αέριο θα χρησιμοποιηθεί σε μικρά πλοία που διανύουν μικρές αποστάσεις αλλά και σε κάποια επιβατηγά. Την αρχή βέβαια την έκαναν οι Φιλανδοί της Finland STX και της Vicking Line σε συνεργασία με τους Lloyd’s Register. Δημιούργησαν το πρώτο ferry επιβατηγό πλοίο το οποίο καίει το συγκεκριμένο καύσιμο. Η κατασκευή του έγινε στα φιλανδικά ναυπηγεία STX Turuk και η παράδοσή του άρχισε να γίνεται στις αρχές του 2013 (Seamanship International, 2007).

Το πλοίο αυτό είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον, αφού οι εκπομπές του σε διοξείδιο του άνθρακα είναι ελάχιστες. Θα μπορεί να μεταφέρει 2.800 επιβάτες και διαθέτει 1.100 lane metres για ΙΧ ταξιδεύοντας με υπηρεσιακή ταχύτητα 22 κόμβων. Το φυσικό αέριο βέβαια βρίσκει συγκεκριμένη εφαρμογή στο πρώτο χημικό Tanker Argonon με χωρητικότητα 6.100dwt και μήκος 110 μέτρα. Η ναυπήγησή του έγινε στο Rotterdam's Shipyard Trico BV. Το πλοίο αυτό μπορεί να διανύσει την απόσταση Rotterdam - Βασιλεία χωρίς ανεφοδιασμό. Πάντως είναι γεγονός ότι το φυσικό αέριο ως καύσιμο θεωρείται ιδανικό για τα επιβατικά πλοία, αφού εκείνα εκτελούν δρομολόγια σε λιμάνια με LNG terminals και ο ανεφοδιασμός τους θεωρείται μια εύκολη υπόθεση (Seamanship International, 2007).

Στις μέρες μας όμως δεν υπάρχουν οι ανάλογες υποδομές για ανεφοδιασμό άλλων ειδών πλοίων καθώς και των κρουαζιερόπλοιων που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο καύσιμο για την κίνηση τους. Μόνο οι μικρές αποστάσεις μπορούν να καλύπτονται με επάρκεια από τη χρήση του φυσικού αερίου. Οι πόλεις που δύναται να διεξάγονται τα ταξίδια αυτά είναι πολυπληθής και αποτελεί ανάγκη να μην υπάρχει ρύπανση του περιβάλλοντος από την κίνηση των πλοίων αυτών.

Έτσι λοιπόν, τα χαμηλά επίπεδα ρύπανσης είναι και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα χρήσης φυσικού αερίου στα πλοία. Το παραπάνω θέμα απασχολεί βέβαια σοβαρά τη ναυτιλιακή βιομηχανία καθώς και την Ελληνική πλευρά των εφοπλιστών. Τα νέα προγράμματα και οι πιθανές νέες παραγγελίες σε ναυπηγήσεις πλοίων σε συνδυασμό με την εγκατάσταση μηχανών LNG αποτελούν θέματα προς εξέταση. Εξάλλου στο κώδικα IMO και σχετικά με την λειτουργία των Chemical Tankers, εμπεριέχεται σχετικός κώδικας για διατάξεις λειτουργίας πλοίων με φυσικό αέριο (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

2.4.2 Το Αέριο στη Βιομηχανία

Οι καταναλωτές με ετήσια κατανάλωση ίση ή μεγαλύτερη των 2.200.000 KWh Ανωτέρας Θερμογόνου Δυνάμεως φυσικού αερίου (περίπου 200.000 Nm3 ετησίως), που έχουν ως δραστηριότητα παραγωγή ή μεταποίηση προϊόντος, υπάγονται στο βιομηχανικό τομέα. Στη βιομηχανία το φυσικό αέριο προσφέρει αυξημένη απόδοση, με λιγότερες εκπομπές ρύπων, ενώ πλήθος μικρών και μεγάλων επιχειρήσεων αποκτούν με το φυσικό αέριο ένα αποτελεσματικό μέσο για να μειώσουν το κόστος λειτουργίας τους και να αναβαθμίσουν την παραγωγική διαδικασία και μέσω αυτής την ποιότητα των τελικών προϊόντων τους.

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για θερμική είτε για χημική χρήση(ως πρώτη ύλη για τη βιομηχανία), είτε σε συστήματα Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας, τα οποία παράγουν ταυτόχρονα αξιοποιήσιμη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θερμική χρήση όσο και για ψύξη ή κλιματισμό. Το φυσικό αέριο σήμερα χρησιμοποιείται για συμπαραγωγή σε βιομηχανίες των κλάδων τροφίμων, μεταλλουργίας και υφαντουργίας, σε μεγάλα θερμοκήπια καθώς και στο μεγάλο εμπορικό τομέα (νοσοκομεία, ξενοδοχεία).

Σήμερα, το συνολικό ποσοστό χρήσης του φυσικού αερίου στη βιομηχανία, στις περιοχές όπου υπάρχει δίκτυο, αγγίζει ή και ξεπερνά το 90%. Η ΔΕΠΑ έχει υπογράψει συμβάσεις πώλησης φυσικού αερίου με 150 περίπου βιομηχανικές μονάδες, εκ των οποίων οι 10 με ετήσια κατανάλωση μεγαλύτερη των 100 GWh.
(Δ.Ε.Π.Α. http://www.depa.gr/content/article/002003001/116.html).

Τα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου που ευνοούν τη χρήση του στον βιομηχανικό τομέα είναι κυρίως τα εξής:

- Είναι εφικτή η συνεχής παροχή καυσίμου. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων
- Έχει μειωμένες, σε σχέση με άλλα καύσιμα, εκπομπές ρύπων. Έτσι η χρήση του συμβάλλει στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Έχει μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων

2.4.3 Το φυσικό αέριο στη Παραγωγή Ενέργειας

Το φυσικό αέριο αποτελεί σημαντική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της χρήσης συμπαραγωγής, αεριοστρόβιλων και ατμοστρόβιλων. Το φυσικό αέριο είναι επίσης κατάλληλο για συνδυασμένη χρήση σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική ενέργεια ή η ηλιακή ενέργεια και για την τροφοδοσία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής αιχμής που λειτουργούν παράλληλα με τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν με το συνδυασμό αεριοστρόβιλων με ατμοστρόβιλων σε λειτουργία συνδυασμένου κύκλου. Το φυσικό αέριο έχει καθαρότερες καύσεις από άλλα καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας. Επειδή το καύσιμο φυσικού αερίου παράγει τόσο νερό όσο και διοξείδιο του άνθρακα, παράγει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά μονάδα ενέργειας που απελευθερώνεται από τον άνθρακα, ο οποίος παράγει κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (Farah, 2015).

Το καύσιμο φυσικού αερίου παράγει μόνο το ήμισυ περίπου του διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλοβατώρα (kWh) που καταναλώνει ο άνθρακας [62]. Για τη μεταφορά, το καύσιμο φυσικού αερίου παράγει περίπου 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ό, τι καύση πετρελαίου. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση εκπέμπει περίπου 2,000 λίβρες 900 kg διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μεγαβάτ-ώρα (MWh), που είναι σχεδόν διπλάσιο από το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται από την παραγωγή φυσικού αερίου (Farah, 2015).

Λόγω αυτής της υψηλότερης απόδοσης άνθρακα στην παραγωγή φυσικού αερίου, καθώς το μείγμα καυσίμων στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει αλλάξει για να μειώσει τον άνθρακα και να αυξήσει την παραγωγή φυσικού αερίου, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν εξαιρετική πτώση. Οι τιμές που μετρήθηκαν κατά το πρώτο τρίμηνο του 2014 ήταν οι χαμηλότερες από αυτές που καταγράφηκαν για το πρώτο τρίμηνο κάθε έτους από το 1992. Η παραγωγή ηλεκτρισμού συνδυασμένου κύκλου με φυσικό αέριο είναι σήμερα η καθαρότερη διαθέσιμη πηγή ενέργειας με χρήση υδρογονανθράκων. που χρησιμοποιείται ευρέως και όλο και περισσότερο ως φυσικό αέριο, μπορεί να επιτευχθεί με όλο και πιο λογικές δαπάνες.

Η τεχνολογία κυψελών καυσίμου μπορεί τελικά να προσφέρει καθαρότερες επιλογές για τη μετατροπή του φυσικού αερίου σε ηλεκτρική ενέργεια, αλλά μέχρι στιγμής δεν είναι ανταγωνιστική ως προς τις τιμές. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας με τη χρήση μονάδας συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και θερμότητας (συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και θερμότητας) θεωρείται ενεργειακά αποδοτική και αποδοτική για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Farah, 2015). Η ισχύς του φυσικού αερίου αυξήθηκε από 740 TWh το 1973 σε 5140 TWh το 2014, παράγοντας το 22% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Περίπου το ήμισυ της ποσότητας που παράγεται από τον άνθρακα (Farah, 2015).

Οι προσπάθειες σε όλο τον κόσμο για τη μείωση της χρήσης άνθρακα οδήγησαν ορισμένες περιφέρειες να στραφούν στο φυσικό αέριο. Σε μεγάλο μέρος του ανεπτυγμένου κόσμου το φυσικό αέριο τροφοδοτείται μέσω σωλήνων σε σπίτια, όπου χρησιμοποιείται για πολλούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένων φούρνων, ξηραντήριων ρούχων με καύση αερίου, θέρμανσης / ψύξης και κεντρικής θέρμανσης (Farah, 2015).

Οι θερμαντήρες σε σπίτια και άλλα κτίρια μπορεί να περιλαμβάνουν λέβητες, καμίνους και θερμοσίφωνες. Τόσο η Βόρεια Αμερική όσο και η Ευρώπη είναι σημαντικοί καταναλωτές φυσικού αερίου. Οι οικιακές συσκευές, οι φούρνοι και οι λέβητες χρησιμοποιούν χαμηλή πίεση, συνήθως 6 έως 7 ίντσες νερού (6 "έως 7" WC), η οποία είναι περίπου 0,25 psig. Οι πιέσεις στις γραμμές τροφοδοσίας ποικίλουν, είτε από την πίεση χρήσης (UP, το προαναφερθέν 6 "έως 7" WC) είτε από την αυξημένη πίεση (EP), η οποία μπορεί να είναι οπουδήποτε από 1 psig έως 120 psig. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν το EP έχουν ρυθμιστή στην είσοδο παράδοσης για να μειώσουν την πίεση (Farah, 2015).

Το αμερικανικό συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) χρησιμοποιείται σε αγροτικές κατοικίες χωρίς ιδιωτικές συνδέσεις αλλά με υπηρεσίες κοινής ωφέλειας. Το φυσικό αέριο παρέχεται επίσης από ανεξάρτητους προμηθευτές φυσικού αερίου μέσω προγραμμάτων φυσικού αερίου Choice σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες. Ωστόσο, καθώς το CNG κοστίζει περισσότερο από το LPG (υγραέριο), το υγραέριο είναι η κυρίαρχη πηγή του αγροτικού αερίου.

Η χρήση CNG ως καύσιμο κίνησης είναι μια καθαρότερη και επίσης φθηνότερη εναλλακτική λύση σε σχέση με άλλα καύσιμα όπως η βενζίνη και το ντίζελ. Μέχρι το τέλος του 2014 υπήρχαν πάνω από 20 εκατομμύρια οχήματα φυσικού αερίου παγκοσμίως, με επικεφαλής το Ιράν (3,5 εκατομμύρια), την Κίνα (3,3 εκατομμύρια), το Πακιστάν (2,8 εκατομμύρια), την Αργεντινή (2,5 εκατομμύρια), την Ινδία (1,8 εκατομμύρια) (Farah, 2015).

Η ενεργειακή απόδοση είναι γενικά ίση με εκείνη των βενζινοκινητήρων, αλλά χαμηλότερη σε σύγκριση με τους σύγχρονους κινητήρες ντίζελ. Τα οχήματα βενζίνης που μετατρέπονται σε φυσικό αέριο υποφέρουν εξαιτίας του χαμηλού λόγου συμπίεσης των κινητήρων τους, με αποτέλεσμα την περικοπή της παραδοθείσας ισχύος κατά τη χρήση φυσικού αερίου (10% - 15%). Οι συγκεκριμένοι κινητήρες CNG, ωστόσο, χρησιμοποιούν υψηλότερο λόγο συμπίεσης λόγω του υψηλότερου αριθμού οκτανίων αυτού του καυσίμου (Farah, 2015).

Εκτός από τη χρήση σε οδικά οχήματα, το CNG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε αεροσκάφη. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο έχει χρησιμοποιηθεί σε ορισμένα αεροσκάφη, όπως το αεροσκάφος Aviat Husky 200 CNG και το LNG Chromarat VX-1 KittyHawk. Ο ρωσικός κατασκευαστής αεροσκαφών Tupolev, για παράδειγμα, εκτελεί ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα για την παραγωγή αεροσκαφών που τροφοδοτούνται με ΥΦΑ και υδρογόνο (Farah, 2015).

Το πρόγραμμα λειτουργεί από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 και επιδιώκει να αναπτύξει παραλλαγές ΥΦΑ και υδρογόνου των επιβατικών αεροσκαφών Tu-204 και Tu-334, καθώς και το αεροσκάφος Tu-330. Ανάλογα με την τρέχουσα τιμή της αγοράς για τα καύσιμα αεριωθουμένων και το ΥΦΑ, τα καύσιμα για ένα αεροσκάφος που τροφοδοτείται με ΥΦΑ θα μπορούσαν να κοστίζουν 5.000 ρούβλια (US$100) λιγότερο ανά τόνο, περίπου 60%, με σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων και οξειδίων του αζώτου.

Η χρήση του υγρού μεθανίου ως καυσίμου κινητήρα τζετ, είναι ότι έχει πιο συγκεκριμένη ενέργεια από τα κανονικά μίγματα κηροζίνης και ότι η χαμηλή θερμοκρασία του μπορεί να βοηθήσει στην ψύξη του αέρα που ο κινητήρας συμπιέζει για μεγαλύτερη ογκομετρική απόδοση, αντικαθιστώντας έναν ενδιάμεσο ψύκτη. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει τη θερμοκρασία των καυσαερίων.

Εικόνα Νο.8 – Χρήση φυσικού αερίου

2.5 Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του φυσικού αερίου ως Καύσιμο

Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως η οποία προκαλείται από τα καύσιμα των οχημάτων, αποτελεί το μέγιστο πρόβλημα για την υγεία των πληθυσμών γενικότερα και όχι μόνο. Απαιτούνται ρυθμίσεις όπως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση οχημάτων και στην λειτουργία των μηχανών, οι οποίες θα επιβάλλουν οικολογικότερα καύσιμα, εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και αποθείωση των καυσίμων στα διυλιστήρια (Kim, Nho, 2005).

Το έτος 2005 και σε μια προσπάθεια ενίσχυσης περαιτέρω του Κώδικα Προστασίας του Περιβάλλοντος, τέθηκε σε ισχύ οδηγία η οποία υποχρεώνει όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να εφαρμόσουν μια σειρά περιορισμών ή απαγόρευσης εκπομπών συγκεκριμένων αέριων ρύπων, όχι όμως και αυτών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναμένεται οργανωμένη και συστηματική διαδικασία αναθεώρησης ορισμένων εκ των κανονισμών και στα επόμενα χρόνια.

Η Οδηγία της Ε.Ε. για παράδειγμα, ορίζει ότι από το έτος 2010 όλα τα εμπορικά πλοία που θα βρίσκονται ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο όπως το φυσικό αέριο, είτε να συνδέονται με εξωτερική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, μηδενίζοντας έτσι τις εκπομπές τους κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους (IMO Regulations) (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Στη ναυτιλία επίσης, οφείλεται περίπου το 4,5% των αερίων που εκπέμπονται και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και προβλέπεται αύξηση των ρύπων κατά 75% μέχρι το 2020, οπότε και η προερχόμενη από τον θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τους λόγους αυτούς η Συνέλευση του IMO εξέδωσε το έτος 2009 ένα σχετικό Ψήφισμα αναφορικά με τις πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία και την ενίσχυση της χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση αυτών στις μέρες μας (Bashi, Mailah, Radzi, 2003).

Διεξάγεται λοιπόν μια γενική αναφορά σε μελλοντικά ανώτατα όρια εκπομπών και καθίσταται αναγκαία η αξιολόγηση τεχνικών και λειτουργικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη και τους μηχανισμούς της αγοράς. Εξελίξεις όμως δεν υπάρχουν κάτι που αποκαλύπτει την επιφυλακτικότητα των κρατών να προσθέσουν νέους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στον άκρως ανταγωνιστικό τομέα των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών.

Στη προστασία του περιβάλλοντος ωστόσο, υπάρχουν βέβαια ιδιαιτερότητες, όπως σε ποιο κράτος θα πρέπει να προσμετρούνται οι εκπομπές αερίων κάθε οχήματος για παράδειγμα. Είναι επίσης αρκετοί εκείνοι που έχουν τονίσει πως ο κλοιός στα θέματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης «σφίγγει» όλο και περισσότερο γύρω από τη προστασία του περιβάλλοντος με τα νέα μέτρα. Μπαίνει ουσιαστικά στο στόχαστρο και χρειάζεται μια ρύθμιση γιατί η κλιματική αλλαγή είναι ένα πάρα πολύ σοβαρό θέμα που δεν έχουν ακόμη αντιληφθεί στο σύνολό τους οι άνθρωποι.

Σήμερα, η ατμοσφαιρική μόλυνση έχει καταστεί σοβαρότατο πρόβλημα, η δε αντιμετώπιση της έχει οδηγήσει στην, σε πολλές χώρες, οριοθέτηση των ανωτάτων επιτρεπτών εκπεμπόμενων ρύπων από θαλάμους καύσης. Τέτοια προϊόντα είναι ο καπνός, το μονοξείδιο του άνθρακα, άκαυστοι υδρογονάνθρακές και τα διάφορα οξείδια του αζώτου.

Ο σχηματισμός τους γίνεται κατά την εξέλιξη της διαδικασίας της καύσης, ο δε περιορισμός τους σε χαμηλά επίπεδα επιτυγχάνεται μονό με τη χρήση ορισμένων εξελιγμένων θαλάμων καύσης, οι οποίοι είναι αποτέλεσμα εντατικών ερευνών μεγάλων εταιρειών κατασκευής αεριοστρόβιλων. Τα εκπεμπόμενα μολυσματικά προϊόντα στα καυσαέρια των αεριοστρόβιλων στις μηχανές κίνησης, μπορούν να διαχωριστούν σε δυο κατηγορίες (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- *Στα χαμηλής ισχύος (low power emissions)*. Πρόκειται για το μονοξείδιο του άνθρακα, CO και τους άκαυστους υδρογονάνθρακές, UHC (μειωμένος βαθμός απόδοσης καύσης), τα οποία εκπέμπονται σε σημαντικό ποσοστό από τον θάλαμο καύσης κατά την εν κενό λειτουργία.
- *Στα υψηλής ισχύος (high power emissions)*. Πρόκειται για τα οξείδια του αζώτου, NOx και τον καπνό, τα οποία εκπέμπονται σε σημαντικό ποσοστό κατά τη λειτουργία του θαλάμου στο πλήρες φορτίο.

Για ενδιάμεσα φορτία οι τιμές των εκπεμπόμενων προϊόντων είναι σχετικά μικρές. Γενικώς μπορεί να λεχθεί, εξ’ αρχής ότι οι αεριοστρόβιλοι υπερέχουν στον τομέα της μικρής συμβολής της μόλυνσης του περιβάλλοντός, έναντι άλλων αντίπαλων κινητήριων μηχανών όπως π.χ. οι κινητήρες Diesel ή Otto.

Βάσει των ανωτέρω, θα λέγαμε πως σήμερα η πετρελαϊκή βιομηχανία στρέφεται ξανά στην ίδια τεχνική καθώς η πτητικότητα του φυσικού αερίου το καθιστά ιδιαίτερα επιρρεπές σε εκρήξεις και πολλές φορές περιορίζει τη χρήση του στον τόπο εξόρυξης του. Εξάλλου, πολλά από τα βεβαιωμένα αποθέματα βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές της Αλάσκας ή της Σιβηρίας κοντά στις οποίες δεν υπάρχουν έτοιμες αγορές.

Ως εκ τούτου, η χρήση του φυσικού αερίου στη κίνηση πλοίων, περιλαμβάνει τις εξής διαδικασίες καύσης αερίου προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα ως εξής (Kim, Nho, 2005).

- Η διαδικασία GTL λαμβάνει χώρα σε τρία στάδια: την παραγωγή αερίου σύνθεσης, την αντίδραση Fischer-Tropsch αυτή καθαυτή, και την υδρογονοπυρόληση. Αρχικά το φυσικό αέριο - ουσιαστικά το μεθάνιο αντιδρά με το οξυγόνο και παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Η αντίδραση πραγματοποιείται σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας (1.300-1.5000C) και σε πίεση πάνω από 70bar.
- Κατά το δεύτερο στάδιο μέσω της αντίδρασης Fischer-Tropsch το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με το υδρογόνο και παράγονται μακριές αλυσίδες υδρογονανθράκων μέχρι και 100 άτομα άνθρακα (ένα είδος κήρων) και νερό. Για την αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης γίνεται χρήση καταλύτη σιδήρου ή κοβαλτίου. Βασικός στόχος των χημικών είναι αναζήτηση πιο δραστικών καταλυτών έτσι ώστε η χρήση καταλύτη να

επιταχύνει μεν τη χημική αντίδραση, αλλά να μειώνει την πίεση και τη θερμοκρασία στις οποίες λαμβάνει χώρα η αντίδραση. Ήδη χρησιμοποιούνται καταλυτές όπως ρουθήνιο (Ru) και ρόδιο (Rh), οι οποίοι είναι όμως αρκετά ακριβοί.

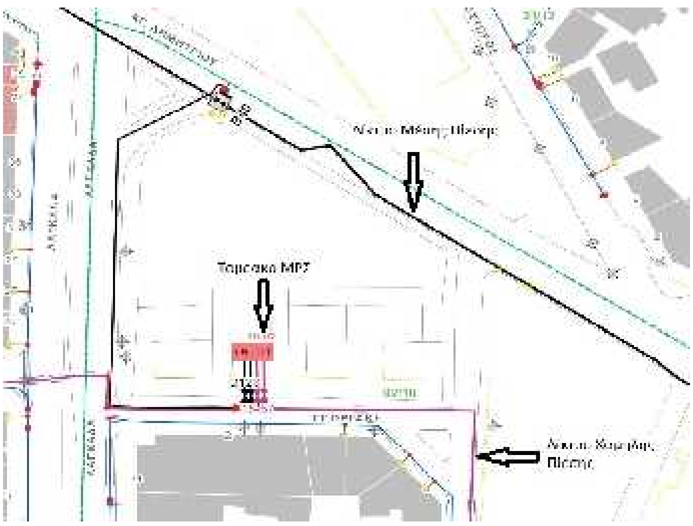
- Κατά το στάδιο της υδρογονοπυρόλησης, με την εισαγωγή υδρογόνου διασπώνται οι μακριές αλυσίδες υδρογονανθράκων. Σχηματίζονται έτσι μικρότερες ανθρακικές αλυσίδες αποτελούμενες από 4 έως 40 άτομα άνθρακα, ένα μίγμα που μπορεί να αντιστοιχεί στο ντίζελ, στην κηροζίνη, στη νάφθα, ή στο υγροποιημένο αέριο πετρελαίου LPG (Liquified petroleum gas).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3º
ΔΙΚΤΥΑ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

3.1 Δίκτυα, εξοπλισμοί και διαδικασία παράδοσης του Φυσικού Αερίου στους καταναλωτές

Ένα αστικό δίκτυο διανομής Φυσικού Αερίου ξεκινάει από την έξοδο ενός Μετρητικού Ρυθμιστικού Σταθμού τροφοδοσίας πόλης και τελειώνει στην έξοδο του μετρητή του πελάτη. Αποτελείται από :

- Τροφοδοσία πόλης
- Δίκτυο μέσης πίεσης
- ΜΡΣ μεγάλου καταναλωτή
- Τομεακό ΜΡΣ
- Δίκτυο χαμηλής πίεσης
- Παροχετευτικό αγωγό 4 bar
- Ρυθμιστή παροχής
- Αγωγό σύνδεσης μετρητή
- Μετρητή αερίου



Εικόνα Νο.9 – Δίκτυα Πόλης

Στον ΜΡΣ τροφοδοσίας πόλης μειώνεται η πίεση από την πίεση μεταφοράς 60 bar στην πίεση των 16 bar. Στον σταθμό αυτό προστίθεται και η χαρακτηριστική οσμή του αερίου. Σε κάθε λειτουργική γραμμή του σταθμού αυτού είναι τοποθετημένες βάνες ακαριαίας διακοπής με διπλή ρύθμιση:

- Ρύθμιση υψηλής πίεσης, με σκοπό η πίεση του αερίου στην έξοδο να μην ξεπεράσει την πίεση σχεδιασμού του δικτύου μέσης πίεσης.
- Ρύθμιση χαμηλής πίεσης, με σκοπό να διακόψει την παροχή αερίου εάν η πίεση πέσει κάτω από μια τιμή που σημαίνει ότι υπάρχει πολύ μεγάλη κατανάλωση αερίου (πιθανή θραύση).

Επίσης το δίκτυο χαμηλής πίεσης δεν είναι ένα ενιαίο δίκτυο, αλλά́ πολλά μικρά ανεξάρτητα και έχει δακτυλιοειδή μορφή με αντένες και την κάλυψη όλων των δρόμων της περιοχής στην οποία αναπτύσσεται. Κάθε δίκτυο τροφοδοτείται από δυο τομεακούς Μ.Ρ.Σ. Το δίκτυο χαμηλής πίεσης κατασκευάζεται από πολυαιθυλένιο σύμφωνα με τον σχετικό ελληνικό κανονισμό (ΦΕΚ 1530Β΄/15.10.2006). Οι συνδέσεις των σωληνώσεων γίνονται με ηλεκτροσύντηξης, ενώ το δίκτυο υποβάλλεται σε πνευματική δοκιμή αντοχής στην πίεση και στεγανότητα σε πίεση 6 bar. Φέρει χειροκίνητες βάνες τμηματοποίησης κάθε 500m και στην αρχή κάθε αντένας (Παπανίκας, 2009).

Αντίστοιχα, παροχετευτικός αγωγός συνδέει το δίκτυο χαμηλής πίεσης με την εγκατάσταση παροχής. Η απόληψη του αερίου γίνεται με μια σέλα παροχής που συνδέεται με το δίκτυο με την μέθοδο της ηλεκτροσύντηξης. Αμέσως μετά την σέλα παροχής είναι τοποθετημένη μια βαλβίδα υπέρβασης ροής (excess flow valve). Η βαλβίδα αυτή κλείνει εάν η ροή διάμεσου αυτής υπερβεί μια τιμή που αντιστοιχεί́ στη διάμετρο της πίεσή της και ενεργοποιείται μονό με την εφαρμογή αντίθετης πίεσης (Παπανίκας, 2009).

Η βάνα αυτή ενεργοποιείται σε μεγάλη ροή́ αερίου, δηλαδή όταν υπάρχει θραύση της παροχής. Είναι η κύρια βάνα που προτείνεται από του διεθνείς οργανισμούς για την διακοπή της ροής αερίου σε κτίρια των οποίων η εγκατάσταση αερίου έχει υποστεί μεγάλη βλάβη ή έχει καταστραφεί (Παπανίκας, 2009).

Ο ρυθμιστής παροχής που μειώνει την πίεση από τα 4bar (πίεση διανομής) στα 25mbar (πίεση εσωτερικής εγκατάστασης) βρίσκεται εκτός κτιρίου. Στον ρυθμιστή αυτό είναι ενσωματωμένη βαλβίδα ακαριαίας διακοπής που ενεργοποιείται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- υπέρβαση πίεσης στο δίκτυο πριν τον ρυθμιστή
- υποπίεση στο δίκτυο πριν τον ρυθμιστή
- υπέρβαση πίεσης στην εγκατάσταση του καταναλωτή
- υποπίεση στην εγκατάσταση του καταναλωτή

Όπως περιγράφεται υπάρχουν ασφαλιστικές διατάξεις προστασίας σε όλα τα τμήματα του δικτύου με κύριο σκοπό την απομόνωση του δικτύου και τον περιορισμό των διαρροών αερίου σε περίπτωση μεγάλων βλαβών στο δίκτυο. Εάν αντιληφθούμε διαρροή αερίου σε εξωτερικό χώρο ειδοποιούμε τους περίοικους, κρατώντας τους μακριά από το σημείο, αποκρίνουμε κάθε πηγή θερμότητας ή ανάφλεξης και ειδοποιούμε την εταιρία αερίου.

3.2 Υφιστάμενοι κίνδυνοι σε Δίκτυα Φυσικού Αερίου που Χρήζουν Καθοδικής Προστασίας

Το φυσικό αέριο είναι το πιο διαδεδομένο διεθνώς αστικό καύσιμο. Το φυσικό αέριο είναι πάνω από 98,5% CH4. Είναι άχρωμο, άγευστο, άοσμο (η χαρακτηριστική μυρωδιά προστίθεται στη φάση διανομής για εύκολο εντοπισμό). Σε αντίθεση με το παλαιότερο φωταέριο δεν είναι δηλητηριώδες. Σε μεγάλές συγκεντρώσεις σε κλειστούς χώρους όταν εκτοπίζεται το O2 γίνεται όπως κάθε αέριο, ασφυξιογόνο γεγονός εξαιρετικά σπάνιο διότι είναι ελαφρύτερο του αέρα (d≈0.6). Επίσης δεν προκαλεί ερεθισμούς ή καρκινογενέσεις (Παπανίκας, 2009).

Ο κίνδυνος από το Φυσικό Αέριο προέρχεται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- ✓ καύσιμο
- ✓ αέριο υπό πίεση
- ✓ διακινείται διάμεσου των δικτύων σε δημόσιους χώρους
- ✓ μη εξειδικευμένοι χρήστες

Όταν το Φυσικό Αέριο καίγεται σωστά παράγει μονό υδρατμούς και διοξείδιο του άνθρακα.

$$CH4+2O2\rightarrow CO2+2H2O$$

Ένα m3 αερίου για να καεί θέλει 10 m3 αέρα. Τα όρια αναφλεξιμότητας ή εκρηξιμότητας για το φυσικό αέριο είναι 5 - 15% αέριο/αέρα. Εάν υπάρχει αέριο σε περιεκτικότητα κάτω του 5% δεν είναι αρκετό για να υπάρχει καύση ενώ εάν η περιεκτικότητα του ξεπεράσει το 15% τότε κρίνεται επικίνδυνο. Για να αναφλεγεί το Φυσικό Αέριο απαιτείται μια θερμοκρασία 600°C (θερμοκρασία ανάφλεξης). Κατά την καύση, η θεωρητική θερμοκρασία καύσης (θερμοκρασία καυσαερίων με 0 απώλειες) είναι 1950°C.

Σε περίπτωση έλλειψης οξυγόνου κατά την καύση του φυσικού αερίου παράγετε CO. Το CO είναι άγευστο, άχρωμο, άοσμο, με πυκνότητα λίγο μικρότερη του αέρα, εύφλεκτο και κυρίως δηλητηριώδες. Κατά την δηλητηρίαση τα συμπτώματα ξεκινούν με πονοκέφαλο, ταχυκαρδία, ίλιγγο, ναυτία και μπορούν να οδηγήσουν σε λιποθυμία και θάνατο (Παπανίκας, 2009).

Οι κίνδυνοι λοιπόν από το καύσιμο είναι οι εξής (Παπανίκας, 2009):

- Διαρροή αερίου σε κλειστό χώρο και δημιουργία αναφλέξιμου μίγματος. Η θερμοκρασία των καυσαερίων κατά την στιγμή της καύσης θα ξεπεράσει τους 1000°C και σαν αποτέλεσμα η πίεση του θα αγγίξει τα 100bar δημιουργώντας κατάσταση έκρηξης.
- Κακή λειτουργία συσκευών αερίου με δημιουργία CO και δηλητηρίαση.

Πραγματικότητα: Σύμφωνα με τη σχετική ενημέρωση της Βρετανικής Αρχής υγιεινής και ασφάλειας (HSE) στη Μ. Βρετανία με ιστορία 250 χρόνων χρήσης αερίων καυσίμων τα περιστατικά δηλητηριάσεων είναι πολύ περισσότερα από τα περιστατικά των εκρήξεων και με περισσότερα θύματα.

Αντιμετώπιση: Αερισμός (του χώρου διαρροής, του χώρου εγκατάστασης συσκευών).

Το Φυσικό Αέριο διακινείται στις σωληνώσεις υπό πίεση (50-70 bar στην μεταφορά, 4 bar στην διανομή, 25 mbar στο κτίριο). Στα αέρια που βρίσκονται υπό πίεση, η ανεξέλεγκτη εκτόνωση τους είναι ένα βίαιο φαινόμενο.

Τα δίκτυα φυσικού αερίου αναπτύσσονται σε δημόσιους χώρους στην ύπαιθρο τα δίκτυα μεταφοράς, σε αστικό περιβάλλον τα δίκτυα διανομής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση έκθεση σε φυσικά φαινόμενα (διάβρωση, σεισμοί, πλημμύρες, κατολισθήσεις) αλλά και σε ανθρωπογενείς παράγοντες όπως βαριά κυκλοφορία, εκσκαφές για εγκατάσταση άλλων δικτύων.

Τα δίκτυα αερίου σχεδιάζονται για να αντέχουν πρόσθετα φορτία στις περιοχές αυξημένου κινδύνου ενώ γίνεται πρόσθετη αύξηση τους πάχους τοιχώματος μέσω συντελεστών που σχετίζονται με την πυκνότητα των κτιρίων στην περιοχή. Η διάβρωση προλαμβάνεται με την μονωτική επικάλυψη των μεταλλικών σωληνώσεων και συστήματα καθοδικής προστασίας.

Για να είναι εντοπίσημα τα δίκτυα αερίου από τρίτους υπάρχει επιφανειακή σήμανση με ειδικές πινακίδες και υπόγεια με πλέγμα σήμανσης κίτρινου χρώματος. Παρόλα αυτά σήμερα στην Ευρώπη το 60% των βλαβών σε υπόγεια δίκτυα αερίου προέρχονται από επεμβάσεις τρίτων, 30% από προβλήματα διάβρωσης και το υπόλοιπο 10% οφείλεται σε άλλους παράγοντες (αστοχία υλικού, αστοχία κατασκευής ή μελέτης, φυσικοί παράγοντες) (Παπανίκας, 2009).

Οι χρήστες του αερίου είναι μη εξειδικευμένα άτομα τα οποία μαθαίνουν να χρησιμοποιούν τις συσκευές και στα οποία δίνονται οδηγίες αντιμετώπισης τυχουσών μικροδιαρροών αερίου. Πολλές φορές όμως η υπερβολική αυτοπεποίθηση και παρανοημένη γνώση οδηγούν σε δυσάρεστα προβλήματα (Παπανίκας, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4º
Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΑΡΙΣΤΗΚΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

4.1 Η Τεχνική της Καθοδικής Προστασίας – Cathodic Protection

Η καθοδική προστασία (CP) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της διάβρωσης μιας μεταλλικής επιφάνειας βοηθώντας την κάθοδο ενός ηλεκτροχημικού στοιχείου (Baeckmann, 1997). Μια απλή μέθοδος προστασίας συνδέει το μέταλλο που προστατεύεται με ένα πιο εύκολα διαβρωμένο "ευπαθές μέταλλο" για να λειτουργήσει ως άνοδος. Το ευπαθές αυτό μέταλλο στη συνέχεια διαβρώνεται αντί του προστατευμένου μετάλλου. Για δομές όπως μακριές σωληνώσεις, όπου η παθητική γαλβανική καθοδική προστασία δεν είναι επαρκής, χρησιμοποιείται μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής τροφοδοσίας DC για την παροχή επαρκούς ρεύματος (Gummow, 1999).

Τα συστήματα καθοδικής προστασίας προστατεύουν ένα ευρύ φάσμα μεταλλικών δομών σε διάφορα περιβάλλοντα. Οι κοινές εφαρμογές είναι οι αγωγοί νερού ή αγωγών καυσίμων και δεξαμενές αποθήκευσης χάλυβα, όπως οικιακοί θερμοσίφωνες, χαλύβδινες αποβάθρες σωρών πλοίων και σκαφών, υπεράκτιες πετρελαϊκές πλατφόρμες και περιβλήματα πετρελαιοπηγών στην ξηρά, υπεράκτια θεμέλια αιολικών πάρκων και μεταλλικές ράβδους ενίσχυσης σε κτίρια και δομές από σκυρόδεμα. Μια άλλη κοινή εφαρμογή είναι ο γαλβανισμένος χάλυβας, στον οποίο προστατευτική θραύση από ψευδάργυρο σε τμήματα από χάλυβα προστατεύει από τη σκουριά (Baeckmann, 1997).

Η καθοδική προστασία μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να εμποδίσει τη διάβρωση υλικών λόγω υγρασίας. Η καθοδική προστασία περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Sir Humphry Davy σε μια σειρά εγγράφων που παρουσιάστηκαν στην Royal Society στο Λονδίνο το 1824. Η πρώτη εφαρμογή αφορούσε το πλοίο HMS Samarang το 1824. Οι ευπαθείς άνοδοι που έγιναν από σίδηρο προσαρτημένο στο περίβλημα χαλκού του κύτους, όπου κάτω από την ίσαλο γραμμή μείωσε δραματικά τη διάβρωση του χαλκού.

Συνήθως, ο χαλκός κατά τη διάβρωση απελευθερώνει ιόντα χαλκού που έχουν αντιρρυπαντικό αποτέλεσμα. Δεδομένου ότι η υπερβολική θαλάσσια ανάπτυξη επηρέασε την απόδοση του πλοίου, το Βασιλικό Ναυτικό αποφάσισε ότι ήταν καλύτερο να επιτρέψει στον χαλκό να διαβρωθεί και να ωφεληθεί από τη μειωμένη θαλάσσια ανάπτυξη, επομένως η καθοδική προστασία δεν χρησιμοποιήθηκε περαιτέρω.

Τον Davy βοήθησε στα πειράματά του ο μαθητής του Michael Faraday, ο οποίος συνέχισε την έρευνά του μετά το θάνατο του Davy. Το 1834, ο Faraday ανακάλυψε την ποσοτική σχέση μεταξύ απώλειας βάρους διάβρωσης και ηλεκτρικού ρεύματος και έθεσε έτσι τις βάσεις για τη μελλοντική εφαρμογή της καθοδικής προστασίας.

Επίσης ο Thomas Edison πειραματίστηκε με την καθοδική προστασία στα πλοία το 1890, αλλά ήταν ανεπιτυχής λόγω της έλλειψης κατάλληλης πηγής ρεύματος και υλικών ανόδου. Θα ήταν 100 χρόνια μετά το πείραμα του Davy, πριν χρησιμοποιηθεί ευρέως η καθοδική προστασία στους αγωγούς πετρελαίου στις Ηνωμένες Πολιτείες - εφαρμόστηκε καθοδική προστασία στους αγωγούς αερίου χάλυβα που άρχισαν το 1928 και ευρύτερα στη δεκαετία του 1930 (Gummow, 1999).

4.1.1 Η Γαλβανική Καθοδική Προστασία

Κατά την εφαρμογή παθητικής καθοδικής προστασίας, μια γαλβανική άνοδος, ένα κομμάτι ενός περισσότερο ηλεκτροχημικά "ενεργού" μετάλλου, συνδέεται με την ευαίσθητη μεταλλική επιφάνεια όπου εκτίθεται σε έναν ηλεκτρολύτη. Οι γαλβανικές άνοδοι επιλέγονται επειδή έχουν μια περισσότερο ενεργή τάση (περισσότερο αρνητικό δυναμικό ηλεκτροδίου) από το μέταλλο της δομής στόχου (συνήθως χάλυβα).

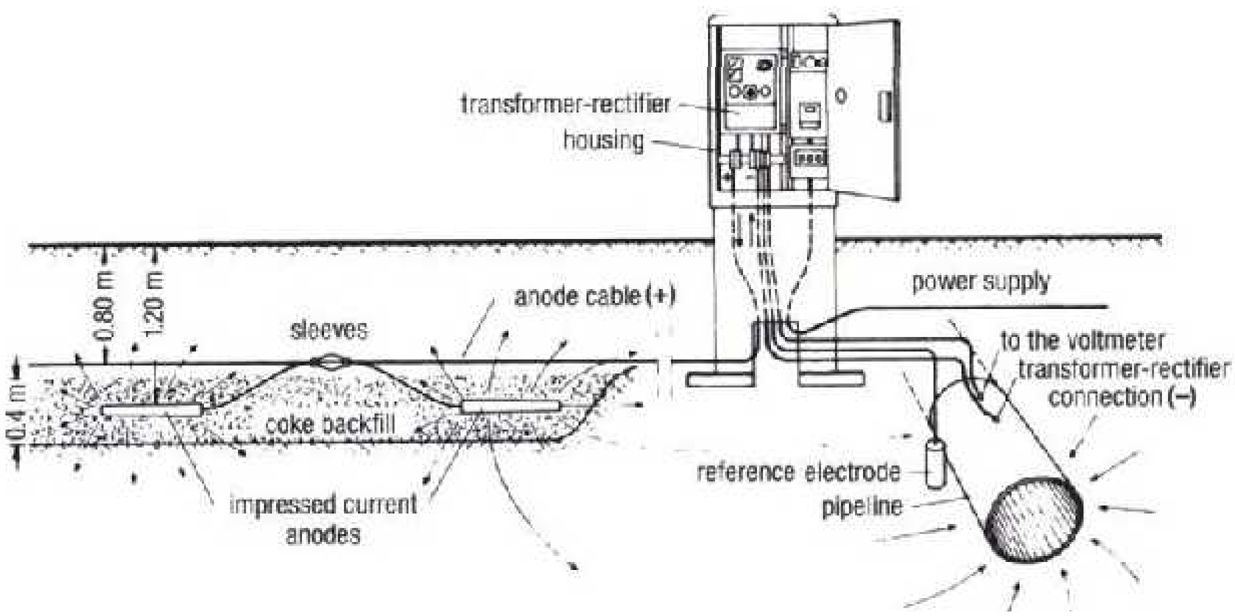
Για την αποτελεσματική καθοδική προστασία, το δυναμικό της χαλύβδινης επιφάνειας είναι πολωμένο πιο αρνητικό έως ότου η επιφάνεια έχει ομοιόμορφο δυναμικό. Στο στάδιο αυτό, αφαιρείται η κινητήρια δύναμη για την αντίδραση διάβρωσης με την προστατευμένη επιφάνεια. Η γαλβανική άνοδος συνεχίζει να διαβρώνεται, καταναλώνει το υλικό ανόδου μέχρι να αντικατασταθεί τελικά.

Η πόλωση της δομής του στόχου προκαλείται από τη ροή ηλεκτρονίων από την άνοδο στην κάθοδο, έτσι ώστε τα δύο μέταλλα πρέπει να έχουν καλή ηλεκτρικά αγώγιμη επαφή. Η κινητήρια δύναμη για το ρεύμα καθοδικής προστασίας είναι η διαφορά στο δυναμικό ηλεκτροδίου μεταξύ της ανόδου και της καθόδου (Peabody, 2001). Οι γαλβανικές ή ευπαθείς άνοδοι κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα και μεγέθη χρησιμοποιώντας κράματα ψευδαργύρου, μαγνησίου και αλουμινίου. Η ASTM International δημοσιεύει πρότυπα σχετικά με τη σύνθεση και την κατασκευή γαλβανικών ανόδων (Baeckmann, 1997).

Προκειμένου να λειτουργήσει η γαλβανική καθοδική προστασία, η άνοδος πρέπει να διαθέτει ένα μικρότερο (δηλαδή πιο αρνητικό) δυναμικό ηλεκτροδίου από εκείνο της καθόδου (η προστατευόμενη δομή στόχου). Η άνοδος πρέπει να επιλέγεται από υλικό που είναι χαμηλότερο στη λίστα από το υλικό που πρόκειται να προστατευθεί.

4.1.2 Καθοδική προστασία με επιβαλλόμενο ρεύμα

Η καθοδική προστασία με επιβαλλόμενο ρεύμα πραγματοποιείται με εξωτερική ηλεκτρική πηγή η οποία παρέχει το απαιτούμενο συνεχές καθοδικό ρεύμα στην υπό προστασία κατασκευή. Η υπό προστασία κατασκευή συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής έτσι ώστε να αποτελεί την κάθοδο και το ρεύμα διοχετεύεται μέσα από το αγώγιμο περιβάλλον (π.χ. έδαφος) διαμέσου μιας ανόδου ή συστοιχίας ανόδων (κλίνης ανόδων) που συνδέονται με τον θετικό πόλο της πηγής. Η ηλεκτρική πηγή μπορεί να είναι μπαταρία, φωτοβολταϊκό κελί ή συχνότερα διάταξη που μετασχηματίζει την ac παροχή του δικτύου ηλεκτρικής διανομής και ακολούθως την ανορθώνει σε συνεχή τάση (dc). Η διάταξη αυτή αποκαλείται μετασχηματιστής/ανορθωτής (συντομογραφικά μονάδα T/R ή M/A) ή ανορθωτής ή απλά τροφοδοτικό. Ο ανορθωτής είναι συχνά εξοπλισμένος με κύκλωμα αυτόματου ελέγχου του δυναμικού της προστατευμένης κατασκευής ή/και του ολικού ρεύματος καθοδικής προστασίας ή/και της τάσης στην έξοδό του και διαθέτει διατάξεις ρύθμισης των παραμέτρων λειτουργίας του. (Νικόλαος Κιούπης, 2009)



Εικόνα Νο.10 – Σταθμός Καθοδικής Προστασίας επιβαλλόμενου ρεύματος

4.1.3 Προβλήματα στην Εφαρμογή της Καθοδικής Προστασίας

Παραγωγή υδρογόνου

Μια παρενέργεια της ακατάλληλης εφαρμογής της καθοδικής προστασίας, είναι η παραγωγή ατομικού υδρογόνου, που οδηγεί την απορρόφησή της στο προστατευμένο μέταλλο και στη μετέπειτα ευαισθησία του υδρογόνου των συγκολλήσεων και των υλικών υψηλής σκληρότητας. Υπό κανονικές συνθήκες, το ατομικό υδρογόνο θα συνδυαστεί στην μεταλλική επιφάνεια για να δημιουργήσει άτομο υδρογόνο, το οποίο δεν μπορεί να διεισδύσει στο μέταλλο. Τα άτομα υδρογόνου, ωστόσο, είναι αρκετά μικρά για να περάσουν από τη δομή κρυσταλλικού χάλυβα και να οδηγήσουν σε ορισμένες περιπτώσεις σε βραχυκύκλωμα υδρογόνου (Peabody, 2001).

Καθοδική διάνοιξη

Αυτή είναι μια διαδικασία διάσπασης των προστατευτικών επιστρώσεων από την προστατευμένη δομή (κάθοδος) λόγω του σχηματισμού ιόντων υδρογόνου πάνω στην επιφάνεια του προστατευμένου υλικού (κάθοδος). Η διάσπαση μπορεί να επιδεινωθεί από την αύξηση των ιόντων αλκαλίων και από την αύξηση της καθοδικής πόλωσης (Gummow, 1999).

Ο βαθμός αποσύνδεσης εξαρτάται επίσης από τον τύπο της επίστρωσης, με ορισμένες επικαλύψεις που επηρεάζονται περισσότερο από άλλες. Τα συστήματα καθοδικής προστασίας θα πρέπει να λειτουργούν έτσι ώστε η δομή να μην γίνεται υπερβολικά πολωμένη, καθώς αυτό προωθεί επίσης την αποσύνδεση λόγω υπερβολικά αρνητικών δυνατοτήτων. Η καθοδική αποσύνδεση πραγματοποιείται γρήγορα σε αγωγούς που περιέχουν θερμά ρευστά επειδή η διαδικασία επιταχύνεται με τη ροή θερμότητας (Peabody, 2001).

Καθοδική Θωράκιση

Η αποτελεσματικότητα των συστημάτων καθοδικής προστασίας (CP) σε αγωγούς χάλυβα, μπορεί να επηρεαστεί από τη χρήση διηλεκτρικών επικαλύψεων στερεάς μεμβράνης, όπως ταινίες πολυαιθυλενίου, συρρικνωμένα χιτώνια σωληνώσεων και επικαλύψεις μονής ή πολλαπλής στερεάς μεμβράνης. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει λόγω της υψηλής ηλεκτρικής αντίστασης αυτών των υποστηρίξεων μεμβράνης (Baeckmann, 1997).

Το προστατευτικό ηλεκτρικό ρεύμα από το σύστημα καθοδικής προστασίας είναι φραγμένο ή θωρακισμένο από το να φθάσει στο υποκείμενο μέταλλο από το υπόστρωμα υψηλής αντοχής του φιλμ. Η καθοδική θωράκιση ορίστηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του '80 ως πρόβλημα και τεχνικά έγγραφα σχετικά με το θέμα δημοσιεύονται τακτικά από τότε. Μια έκθεση του 1999 σχετικά με μια διαρροή 20.600 bbl (3.280 m3) από μια γραμμή αργού πετρελαίου, περιέχει έναν εξαιρετικό ορισμό του προβλήματος της καθοδικής θωράκισης:

Η τριπλή κατάσταση της διάσπασης της επίστρωσης (διάβρωσης), η διηλεκτρική φύση της επικάλυψης και το μοναδικό ηλεκτροχημικό περιβάλλον που δημιουργείται κάτω από την εξωτερική επίστρωση, το οποίο ενεργεί ως ασπίδα στο ηλεκτρικό ρεύμα CP, αναφέρεται ως θωράκιση CP, της τάσης και της αποσύνδεσης επιτρέπει στο διαβρωτικό περιβάλλον γύρω από το εξωτερικό του σωλήνα να εισέλθει στο κενό μεταξύ της εξωτερικής επικάλυψης και της επιφάνειας του σωλήνα. Με την ανάπτυξη αυτού του φαινομένου θωράκισης CP, το εντυπωμένο ρεύμα από το σύστημα CP δεν μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο εκτεθειμένο μέταλλο κάτω από το εξωτερικό η επικάλυψη για την προστασία της επιφάνειας του σωλήνα από τις συνέπειες ενός επιθετικού διαβρωτικού περιβάλλοντος

Το φαινόμενο θωράκισης CP προκαλεί μεταβολές στη δυναμική κλίση του συστήματος CP σε όλη την εξωτερική επίστρωση, οι οποίες εκδηλώνονται περαιτέρω σε περιοχές ανεπαρκούς ή μη τυπικού ρεύματος CP που προέρχονται από το σύστημα CP του αγωγού, το οποίο παράγει μια περιοχή στον αγωγό ανεπαρκούς υπεράσπισης CP ενάντια σε ικανοποίηση από απώλεια που επιδεινώνεται από ένα εξωτερικό διαβρωτικό περιβάλλον (Peabody, 2001).

Η καθοδική θωράκιση αναφέρεται σε ορισμένα από τα πρότυπα που ορίζονται στο νέο κανονισμό USDOT με τίτλο CFR 192.112, στο τμήμα για πρόσθετες απαιτήσεις σχεδιασμού για σωλήνες από χάλυβα που χρησιμοποιούν εναλλακτική μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας, απαιτεί ότι "ο σωλήνας πρέπει να προστατεύεται από την εξωτερική διάβρωση με μια επίστρωση χωρίς θωράκιση.

Επίσης, το πρότυπο NACE SP0169: 2007 ορίζει την θωράκιση στο τμήμα 2, προειδοποιεί ενάντια στη χρήση υλικών που δημιουργούν ηλεκτρική θωράκιση, προειδοποιεί ενάντια στη χρήση εξωτερικών επικαλύψεων που δημιουργούν ηλεκτρική θωράκιση και δίνει οδηγίες στους αναγνώστες να λαμβάνουν "την κατάλληλη δράση" όταν τα αποτελέσματα της ηλεκτρικής θωράκισης του καθοδικού ρεύματος προστασίας ανιχνεύονται σε έναν αγωγό λειτουργίας (Peabody, 2001).

4.2 Περιγραφή στο Σύστημα Καθοδικής Προστασίας

Οι μεταλλικοί αγωγοί που ακολουθούν διαδρομές σε απόσταση μικρότερη του 1km από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης υφίστανται την επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τα ρεύματα λειτουργίας και βραχυκυκλώματος των γραμμών αυτών (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Ως συνέπεια, επικίνδυνες εναλλασσόμενες τάσεις μπορεί να αναπτυχθούν εξ' επαγωγής στους παρακείμενους αγωγούς και είναι πιθανόν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία, διάβρωση των αγωγών (AC corrosion) και διαταραχές στο σύστημα καθοδικής προστασίας τους. Σε αγωγούς που ήταν καθοδικά προστατευμένοι έχουν παρατηρηθεί ακόμη και διατρήσεις του τοιχώματος εξαιτίας διάβρωσης από εναλλασσόμενο ρεύμα (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Ως προς την πιθανότητα πρόκλησης διάβρωσης, πυκνότητες AC ρεύματος πάνω από $20A/m^2$ θεωρούνται γενικά επικίνδυνες. Υπό την επίδραση εναλλασσόμενων ρευμάτων παρατηρήθηκε επίσης μετατόπιση και διακυμάνσεις του φυσικού δυναμικού και του δυναμικού προστασίας και αύξηση της πυκνότητας του ρεύματος καθοδικής προστασίας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012). Η παρουσία εναλλασσόμενης τάσης σε θαμμένους μεταλλικούς αγωγούς μπορεί επίσης να προκαλέσει δυσλειτουργία και βλάβες στις μονάδες Μετασχηματιστών/Ανορθωτών (Μ/Α) του συστήματος καθοδικής προστασίας μέσω επιβαλλόμενου ρεύματος.

Η ενεργή καθοδική προστασία με επιβαλλόμενο ρεύμα, αποτελεί το πλέον αξιόπιστο σύστημα για την αντιδιαβρωτική προστασία. Η μέθοδος χρησιμοποιείται περισσότερο από πενήντα χρόνια και θεωρείται ο απόλυτος τρόπος προστασίας χαλύβδινων κατασκευών σε οποιασδήποτε μορφής διαβρωτικό περιβάλλον. Πλην των θερμοδοχείων, η μέθοδος εφαρμόζεται σε πετρελαιαγωγούς, πλοία, πλατφόρμες άντλησης, αγωγούς ύδρευσης, δεξαμενές κ.α (Kim, Nho, 2005).

Η μέθοδος στηρίζεται στην ομοιόμορφη κατανομή συνεχούς ρεύματος συγκεκριμένης έντασης στην υπό προστασία μεταλλική επιφάνεια. Η επιφάνεια συνδέεται με την κάθοδο της πηγής και για τον λόγο αυτό προστατεύεται απόλυτα.

Για τον ίδιο λόγο η κατανομή του ρεύματος δεν είναι εφικτή σε δίκτυα σωληνώσεων για την προστασία των οποίων το σύστημα είναι απαραίτητο να συνδυαστεί με αντίστοιχη μονάδα ηλεκτρολυτικής διάλυσης αλουμινίου. Τα ιόντα αλουμινίου που εισέρχονται στο νερό αποτελούν έναν ισχυρό αναστολέα της διάβρωσης και δημιουργούν ένα λεπτό προστατευτικό επίστρωμα οξειδίου του αλουμινίου και πυριτίου μέγιστου πάχους 0,1 – 0,2 mm σε όλο το μήκος των μεταλλικών σωλήνων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται προστασία από την διάβρωση ενώ παράλληλα αποτρέπεται και ο σχηματισμός ανθρακικών αποθέσεων (καθαλατώσεων).

4.2.1 Μετρήσεις Δυναμικού Καθοδικής Προστασίας

Οι βασικοί έλεγχοι καθοδικής προστασίας αναφέρονται στα ακόλουθα σημεία (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- Μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ της μεταλλικής εγκατάστασης και του περιβάλλοντος.
- Εξασφάλιση του ότι αυτή η διαφορά παραμένει μέσα σε αποδεκτά όρια τιμών σε κάθε σημείο της εγκατάστασης που περιλαμβάνεται στον έλεγχο.
- Ανόρθωση και παρακολούθηση της διαρκούς λειτουργίας των ανορθωτών.

4.2.2 Μέθοδος Μέτρησης Δυναμικού Καθοδικής Προστασίας

Ένα μεταλλικό σώμα τοποθετημένο μέσα σε έναν ηλεκτρολύτη (έδαφος, θαλασσινό νερό, κ.λ.π.) σχηματίζει το μισό ενός ηλεκτρολυτικού κελιού του οποίο το δυναμικό δεν μπορεί να μετρηθεί. Σε μία τέτοια περίπτωση, χρειάζεται το άλλο μισό του κελιού, το ηλεκτρόδιο αναφοράς. Το δυναμικό μετριέται με τη βοήθεια βολτόμετρου με μεγάλη εσωτερική αντίσταση έτσι ώστε να αποτρέπεται κάθε ροή ρεύματος μέσω του κυκλώματος του οργάνου μέτρησης, δεδομένου ότι κάτι τέτοιο θα αλλοίωνε την τιμή της τάσης πόλωσης για το μεταλλικό ηλεκτρόδιο ή το ηλεκτρόδιο μέτρησης (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Στην πράξη, θεωρούμε ότι ένας αγωγός διαθέτει προστασία όταν το δυναμικό του είναι χαμηλότερο από -950 mV σε σχέση με το έδαφος. Η σχετική μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτροδίου αναφοράς από χαλκό/θειικό χαλκό (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Το δυναμικό των αγωγών μετριέται σε σημεία του Δικτύου που διαθέτουν εύκολη πρόσβαση. Αυτά τα σημεία μέτρησης αποτελούνται από όλα τα εξαρτήματα του δικτύου που είναι μονωμένα από το έδαφος (βαλβίδες, βαλβίδες εξυπηρέτησης καταναλωτών και υπέργεια στοιχεία), τους μετρητικούς ρυθμιστικούς σταθμούς, τους σταθμούς μέτρησης (CPTP) που εγκαθίστανται σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του αγωγού και αποτελούνται από ένα καλώδιο συγκολλημένο στην αγωγό, το οποίο καταλήγει σε έναν ακροδέκτη μέσα σε κιτίο πάνω από το έδαφος.

Στους αγωγούς που έχουν υποβληθεί σε διάφορες ηλεκτροχημικές συνθήκες, μπορούν να μετρηθούν διάφορες τιμές δυναμικού σύμφωνα με τα ακόλουθα (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- Σε μικρό διάστημα μετά την εγκατάσταση των αγωγών και την υποχώρηση του εδάφους αλλά πριν την ενεργοποίηση της καθοδικής προστασίας, μετριέται το **αυτογενές ή αρχικό δυναμικό** του αγωγού στο έδαφος. Αυτή η μέτρηση επιτρέπει την ανίχνευση πιθανών γεωλογικών ή ηλεκτροστατικών επαγωγικών στοιχείων και τον καθορισμό των ανοδικών τμημάτων του αγωγού που είναι πιο ευάλωτα σε διάβρωση.
- Ενώ η καθοδική προστασία βρίσκεται σε λειτουργία, μετριέται το δυναμικό που καλείται **δυναμικό σύνδεσης ρεύματος** ή **δυναμικό "on"**, το οποίο αντιστοιχεί στο δυναμικό ενός μετάλλου στο οποίο διοχετεύεται καθοδικό ρεύμα προστασίας.
- Με τη διακοπή του ρεύματος προστασίας, μετριέται το **δυναμικό εκτός σύνδεσης ρεύματος ή το δυναμικό "off".** Αν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί αυτή η μέτρηση στιγμιαία, μερικά μόλις μικροδευτερόλεπτα μετά το κλείσιμο, αυτό το δυναμικό θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει το πραγματικό δυναμικό του μετάλλου κάτω από συνθήκες καθοδικής προστασίας χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι πτώσεις τάσης που οφείλονται στη ροή του ρεύματος προστασίας στο έδαφος.
- Μερικά δευτερόλεπτα μετά την διακοπή του ρεύματος προστασίας, μετριέται το δυναμικό πόλωσης.

4.2.3 Μέθοδος ON-OFF

Η μέθοδος μέτρησης ON-OFF, όπως φαίνεται στα διαγράμματα 1 και 2, επιτρέπει κάτω από δεδομένες συνθήκες την αναίρεση του σφάλματος που εισάγεται στη μέτρηση. Όταν η πυκνότητα του ρεύματος είναι υψηλή, λαμβάνει χώρα μία όχι αμελητέα πτώση ωμικής τάσης στο έδαφος μεταξύ του ηλεκτροδίου και της εγκατάστασης που διαθέτει προστασία. Αυτή η πτώση ωμικής τάσης προστίθεται στο υπάρχον δυναμικό, οδηγώντας σε ιδιαίτερα αισιόδοξα αποτελέσματα μετρήσεων. Το σφάλμα της μέτρησης είναι ανάλογο με (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- την ειδική αντίσταση του ηλεκτρολύτη.
- την πυκνότητα του ρεύματος προστασίας η οποία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ποιότητα της μονωτικής επένδυσης.

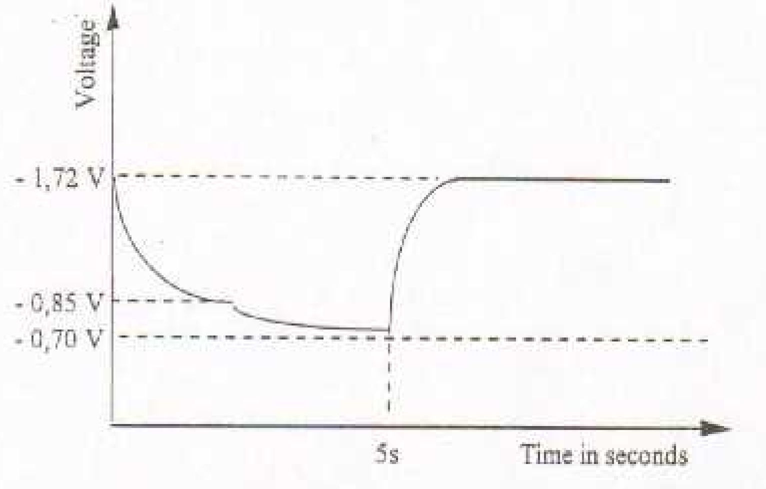
Η θέση του ηλεκτροδίου πρέπει να επιλέγεται πάντα προσεκτικά έτσι ώστε να μην λαμβάνονται εσφαλμένα αποτελέσματα τα οποία δεν αξιολογούνται εύκολα. Μερικά αποτελέσματα τα οποία δείχνουν εξαιρετικά υψηλά ή χαμηλά μπορούν να εξηγηθούν μετά την ανάλυση των κλίσεων του διαγράμματος δυναμικού του εδάφους.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το φαινόμενο, σε ορισμένες θέσεις της εγκατάστασης τοποθετούνται κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης των αγωγών ηλεκτρόδια (υπόγειου τύπου, στερεοποιημένου Cu / CuSO4, με σύνδεση μόνωσης). Αυτή η μέθοδος αποτρέπει την εισαγωγή τιμών στο διάγραμμα δυναμικού που οφείλεται στην αντίσταση του εδάφους στις μετρήσεις (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

Προκειμένου να ληφθεί μία ακριβής μέτρηση, το ηλεκτρόδιο αναφοράς θα πρέπει να τοποθετείται κοντά στο μέταλλο του αγωγού. Όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται επιτόπου, το ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετείται στη στάθμη του εδάφους και όχι στο πλησιέστερο ισοδυναμικό σημείο του αγωγού. Κατά συνέπεια, η ένδειξη του βολτόμετρου δεν παρέχει το πραγματικό δυναμικό του μετάλλου στο έδαφος.

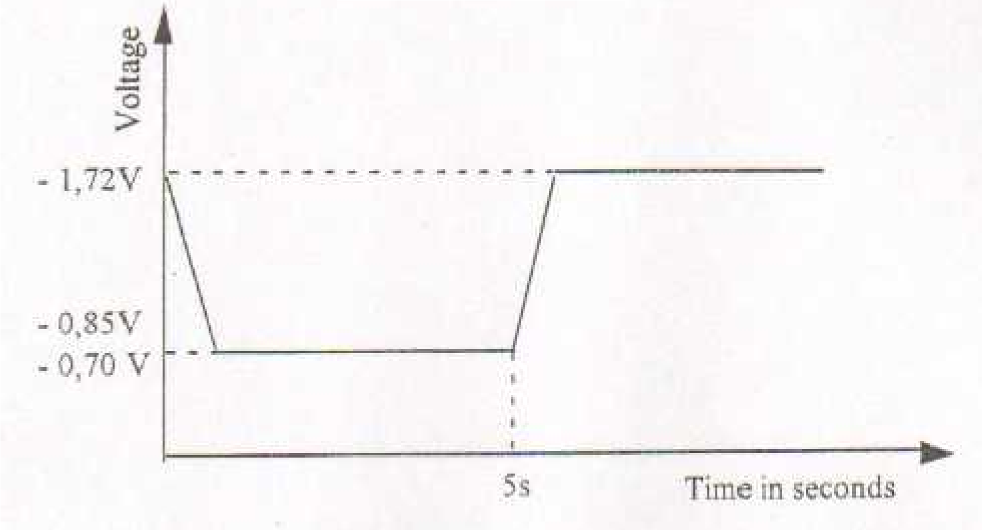
Η παροχή D.C. ενεργοποιείται και διακόπτεται με εναλλασσόμενη σειρά στον ανορθωτή. Αυτή η εναλλαγή μπορεί να επιτευχθεί είτε χειροκίνητα ή με τη βοήθεια χρονοδιακόπτη. Η ακολουθία εναλλαγής του ρεύματος είναι, 5 δευτερόλεπτα σε θέση OFF ακολουθούμενη από 55 δευτερόλεπτα σε θέση ON. Σε κάθε σημείο δοκιμής καταγράφεται το δυναμικό και με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ένα διάγραμμα. Αν δεν υπάρχει σφάλμα, τότε το διάγραμμα του δυναμικού θα είναι αυτό που φαίνεται στο Διάγραμμα No.1 (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

Διάγραμμα 1



Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το διάγραμμα του δυναμικού θα είναι αυτό που φαίνεται στο Διάγραμμα No.2 :

Διάγραμμα 2



Ένας μονωμένος χαλύβδινος αγωγός μπορεί να συγκριθεί με ένα πυκνωτή. Όταν δεν υπάρχει πρόβλημα στη μόνωση το διηλεκτρικό είναι σε καλή κατάσταση και ο πυκνωτής αποφορτίζετε αργά, όπως φαίνεται στη καμπύλη του διαγράμματος No.1. Από την άλλη, αν υπάρχει πρόβλημα στη μόνωση προκαλείτε διαρροή στο διηλεκτρικό του πυκνωτή και η αποφόρτιση γίνετε πολύ γρήγορα δίνοντας καμπύλη όπως φαίνεται στο διάγραμμα No.2.

4.3 Περιγραφή και Συχνότητα Επεμβάσεων σε Συστήματα Καθοδικής Προστασίας

4.3.1 Προγραμματισμένη Λειτουργία – Μετρήσεις Καθοδικής Προστασίας

Η δραστηριότητα Προγραμματισμένης Λειτουργίας συνίσταται κατά βάση στην αποτύπωση των χαρακτηριστικών ηλεκτρικών μεγεθών καθώς και των ανωμαλιών στη λειτουργία των Συστημάτων Καθοδικής Προστασίας, με σκοπό την επαλήθευση της σωστής λειτουργίας τους. Η δραστηριότητα Προγραμματισμένης Λειτουργίας συνίσταται σε: στιγμιαίες μετρήσεις, καταγεγραμμένες μετρήσεις, μετρήσεις on-off, ειδικές μετρήσεις σε αισθητήρια πόλωσης/ δοκίμια διάβρωσης, μετρήσεις μόνωσης σε σημεία μέτρησης των δακτυλίων και μεμονωμένων τμημάτων καθοδικής προστασίας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

4.3.2 Προγραμματισμένη Συντήρηση Καθοδικής Προστασίας

Οι δραστηριότητες Προγραμματισμένης Συντήρησης είναι επεμβάσεις ή περιοδικές επισκευές των διατάξεων και εγκαταστάσεων, που αποτελούν το Σύστημα Καθοδικής Προστασίας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

4.3.3 Μη Προγραμματισμένη Λειτουργία – Μετρήσεις Καθοδικής Προστασίας

Η δραστηριότητα Μη Προγραμματισμένης Λειτουργίας συνίσταται σε διορθωτικές ενέργειες για την αποτίμηση και την αποκατάσταση του βαθμού προστασίας του Συστήματος, και πιο συγκεκριμένα διεξάγεται (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- έκτακτος έλεγχος των συστημάτων.
- αναζήτηση επαφών μεταξύ ξεχωριστών δομών.
- αναζήτηση επαφών μεταξύ σωλήνα και μεταλλικού χιτωνίου.
- αναζήτηση ηλεκτρικών παρεμβολών με άλλα υπόγεια δίκτυα και υποδομές.
- αναζήτηση σφαλμάτων στη μόνωση με τη μέθοδο Pearson ή άλλες μεθόδους.
- κωδικοποίηση συστημάτων και αντίστοιχων σημείων μέτρησης συμπεριλαμβανομένου και του προσδιορισμού των Δεικτών Επικινδυνότητας.

Αντικείμενο Μη Προγραμματισμένης Λειτουργίας αποτελούν οι εγκαταστάσεις καθοδικής προστασίας και τα Σημεία Μέτρησης του Συστήματος που κατά τη διάρκεια των τακτικών ελέγχων ή των Προγραμματισμένων Λειτουργιών, παρουσιάζουν τιμές που υποδεικνύουν ανωμαλίες που μειώνουν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

4.3.4 Μη Προγραμματισμένη Συντήρηση Καθοδικής Προστασίας

Η δραστηριότητα Μη Προγραμματισμένης Συντήρησης, που σκοπό έχει την αποκατάσταση του βαθμού προστασίας του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας, συνίσταται σε (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012):

- Εξάλειψη ηλεκτρικών επαφών με ξένες μεταλλικές δομές.
- Εξάλειψη σφαλμάτων στη μόνωση.
- Περιορισμός και εξάλειψη ηλεκτρικών παρεμβολών από άλλα δίκτυα και θαμμένες υποδομές.

- Επισκευή ή αντικατάσταση συσκευών, εξαρτημάτων κ.λπ. του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας.
- Τροποποίηση των μέτρων εξισορρόπησης λόγω αλλαγής της μεταβλητότητας ηλεκτρικού πεδίου.

Αντικείμενο *Μη Προγραμματισμένης Συντήρησης* αποτελούν συστήματα, εγκαταστάσεις και Σημεία Μέτρησης τα οποία, κατά τη διάρκεια τακτικών ελέγχων παρουσιάζουν τιμές που υποδεικνύουν ανωμαλίες βλαπτικές για την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας (Gopalakrishnan, Agnihotri, Deshpande, 2012).

4.3.5 Χαρτογραφική Απεικόνιση Στοιχείων Καθοδικής Προστασίας

Το Σύστημα Καθοδικής Προστασίας θα πρέπει να αποτυπώνεται σε σχέδιο ηλεκτρονικής μορφής ώστε να προσδιορίζεται η ακριβής θέση (συντεταγμένες συστήματος ΕΓΣΑ 87) των στοιχείων που το αποτελούν, αναλυτικά:

- Αποτύπωση και αρίθμηση των μονωτικών συνδέσμων.
- Αποτύπωση και αρίθμηση των τμημάτων μεταξύ μονωτικών συνδέσμων εμπλουτισμένα με στοιχειά όπως μήκος, διατομή και επιφάνια.
- Αποτύπωση αρίθμηση και τυπολογία των σημείων μέτρησης εμπλουτισμένα με τα στοιχεία διεύθυνσης (θέσης).
- Αποτύπωση των σταθμών τροφοδοσίας του συστήματος με τη θέση των ανόδων.
- Αποτύπωση επιπρόσθετων διατάξεων που εντάσσονται στο Σύστημα Καθοδικής Προστασίας απορροές κλπ.

Σε κάθε περίπτωση μετά από οποιαδήποτε μεταβολή (περιπτώσεις επέκτασης ή τροποποίησης του Δικτύου Διανομής 19bar που είναι χαλύβδινο και μικρό τμήμα των 4 bar) ο χάρτης του Συστήματος θα πρέπει να ενημερώνεται άμεσα από τον τομέα TEC/PRCA σε συνεργασία με τον Ειδικό Τεχνικό Λειτουργίας Δικτύου.

Κεφάλαιο 5ο : Περιγραφή και Συντήρηση Συστήματος Καθοδικής Προστασίας στην ΕΔΑΘΕΣΣ, στο Νομό Θεσσαλονίκης

5.1 Δείκτης Επικινδυνότητας για το Σύστημα Καθοδικής Προστασίας

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος Καθοδικής προστασίας είναι απαραίτητο, κατά τον Κανονισμό (ΦΕΚ 1712/23.11.2006 παρ. 11.2), να προσδιοριστούν οι δείκτες επικινδυνότητάς του. Οι δείκτες επικινδυνότητας αντιπροσωπεύουν την πιθανότητα διάβρωσης σε σύντομο χρονικό διάστημα των σωληνώσεων του ΣΚΠ και προσδιορίζονται μέσω μετρήσεων συγκεκριμένων παραμέτρων που διεξάγονται στα χαρακτηριστικά σημεία μέτρησης του ΣΚΠ.

Ο Δείκτης Επικινδυνότητας πρέπει να καθορίζεται τουλάχιστον κάθε 4 έτη. Σε περίπτωση που οι απαιτούμενες μετρήσεις ή στοιχεία για τον προσδιορισμό του Δείκτη Επικινδυνότητας δεν είναι διαθέσιμα, αυτός θα προσδιορίζεται βάσει των υπαρχόντων στοιχείων. Εντός 12 μηνών ο δείκτης πρέπει να υπολογίζεται εκ νέου βάσει πραγματικών δεδομένων.

5.1.1 Παράμετροι Δείκτη Επικινδυνότητας

Οι παράμετροι αυτοί που επηρεάζουν τον δείκτη επικινδυνότητας είναι:

- Α) Συχνότητα Βλαβών (Κδ1)
- Β) Μέση ηλεκτρική Μόνωση των σωληνώσεων του δικτύου (Κδ2)
- Γ) Μεταβλητότητα του Ηλεκτρικού πεδίου (Κδ3)
- Δ) Επιρροές εναλλασσόμενων ρευμάτων (Κδ4)

Οι δείκτες επικινδυνότητας ταξινομούνται σε τρείς κατηγορίες βάσει της μεταβλητότητας του ηλεκτρικού πεδίου, της αντίστασης της μόνωσης των σωληνώσεων, των διαστημάτων που παραμένει η εγκατάσταση χωρίς προστασία ή με ελλιπή προστασία και των επιρροών από εναλλασσόμενα ρεύματα, ως εξής:

- Κίνδυνος Κ1 – Ελάχιστος για συνολική βαθμολογία < 50
- Κίνδυνος Κ2 – Ενδιάμεσος για συνολική βαθμολογία > 50 και < 90
- Κίνδυνος Κ3 – Υψηλός για συνολική βαθμολογία > 90

Ο δείκτης επικινδυνότητας προσδιορίζεται τουλάχιστον κάθε 4 έτη. Ωστόσο όταν δεν υπάρχουν στοιχεία ο κανονισμός απαιτεί να δίνεται ένας αρχικός δείκτης και να γίνεται ο εκ νέου προσδιορισμός του εντός 12 μηνών. Η συχνότητα ελέγχου των εγκαταστάσεων και των Χαρακτηριστικών Σημείων ενός Συστήματος Καθοδικής Προστασίας είναι συνάρτηση του Δείκτη Επικινδυνότητας.

5.1.2 Συχνότητα Βλαβών

Υποδεικνύει τη συχνότητα δυσλειτουργιών στα μεμονωμένα συστήματα, όπως, για παράδειγμα, τη συχνή διακοπή του ανορθωτή καθοδικής προστασίας (τροφοδοτικού) λόγω πτώσης του μικροαυτόματου διακόπτη, καθώς και κάθε άλλη Βλάβη που προκαλεί την παύση λειτουργίας της καθοδικής προστασίας, ή μέρος αυτής. Οι δυσλειτουργίες που διαπιστώνονται κατά την Λειτουργία των εγκαταστάσεων καθοδικής προστασίας συνιστούν τη δημιουργία του αρχείου των βλαβών. Η αποτίμηση των Βλαβών γίνεται σε ετήσια βάση. Στον ακόλουθο πίνακα No.2 αναφέρονται οι βαθμολογίες που αντιστοιχούν στον ετήσιο αριθμό διαπιστωμένων Βλαβών:

Πίνακας Α

ΑΡΙΘΜΟΣ ΒΛΑΒΩΝ / ΕΤΟΣ (ΑΒ)	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
$AB \leq 5$	5
$5 < AB \leq 10$	15
$AB > 10$	25

Η μέση ηλεκτρική μόνωση του Συστήματος υπολογίζεται βάσει των τελευταίων μετρήσεων μόνωσης που διεξάγονται στους δακτυλίους και στα μεμονωμένα τμήματα του Δικτύου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν πρόσφατες μετρήσεις, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει βάσει της αποδιδόμενης ποσότητας ρεύματος από τους ανορθωτές καθοδικής προστασίας (τροφοδοτικά) για την επίτευξη του προκαθορισμένου δυναμικού, που αναφέρεται στη συνολική επιφάνεια των σωληνώσεων του Συστήματος Καθοδικής Προστασίας.

Στον ακόλουθο πίνακα No.3, δίνονται οι βαθμολογίες που αντιστοιχούν στις διάφορες τιμές αντίστασης μη πορώδους μόνωσης Ri:

Πίνακας Β

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΜΟΝΩΣΗΣ (Ri)	**ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ**
Ri ≥ 10.000 kΩm^2	**5**
1.000 kΩm^2 ≤ Ri < 10.000 kΩm^2	**10**
100 kΩm^2 ≤ Ri < 1.000 kΩm^2	**15**
Ri < 100 kΩm^2	**25**

Η μεταβλητότητα του ηλεκτρικού πεδίου εξαρτάται από την ένταση των περιπλανώμενων ρευμάτων (stray currents) και προσδιορίζεται με σειρά προκαταρκτικών μετρήσεων, που διεξάγονται στα Χαρακτηριστικά Σημεία του εξεταζόμενου Συστήματος Καθοδικής Προστασίας. Αποδίδεται, έτσι, μία βαθμολογία:

- α) για Χαμηλή Μεταβλητότητα: 5
- β) για Ενδιάμεση Μεταβλητότητα: 25
- γ) για Υψηλή Μεταβλητότητα: 50

Οι επιρροές από εναλλασσόμενα ρεύματα εκτιμούνται με την μέτρηση της επαγόμενης εναλλασσόμενης τάσης AC στον αγωγό και την πυκνότητα του AC ρεύματος, που έχει μετρηθεί σε αισθητήρια πόλωσης ή δοκίμια διάβρωσης (polarization probes/ corrosion coupons) γυμνής επιφάνειας μετάλλου περί το ένα cm^2. Στους παρακάτω πίνακες 4 και 5 αναφέρονται οι βαθμολογίες που αντιστοιχούν στις μετρήσεις της επαγόμενης τάσης AC στον αγωγό και της πυκνότητας ρεύματος AC:

Πίνακας 4

AC τάση σε όλο τον αγωγό σε κάθε χρονική στιγμή	**Βαθμολογία**
< 10V ή < 4V όταν η τοπική ειδική αντίσταση εδάφους < 25 Ωm	**5**
≥ 10V ή ≥ 4V όταν η τοπική ειδική αντίσταση εδάφους < 25 Ωm	**25**

Πίνακας 5

AC πυκνότητα ρεύματος	Βαθμολογία
$i_{AC} \leq 30\ A/m^2$	**0**
$30\ A/m^2 < i_{AC} \leq 100\ A/m^2$	**25**
$i_{AC} > 100\ A/m^2$	**50**

Όταν υπάρχουν μετρήσεις για τα στοιχεία και των δύο πινάκων τότε αθροίζεται η βαθμολογία που προκύπτει από τους δύο παραπάνω πίνακες και το άθροισμα αυτό εισάγεται στη συνολική βαθμολογία για τον προσδιορισμό του Δείκτη Επικινδυνότητας.

5.2 Στοιχεία αγωγών και δικτύων

Το σύστημα καθοδικής προστασίας εφαρμόζετε στο δίκτυο μέσης Πίεσης της ΕΔΑΘΕΣΣ, στο νομό Θεσσαλονίκης που εκτείνεται σε μήκος περίπου 140 Km. Το αρχικό δίκτυο κατασκευάστηκε από την ΔΕΠΑ στα έτη 1995-1997 (περίπου 86 Km), μετέπειτα η ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και στην συνέχεια η ΕΔΑΘΕΣΣ κατασκεύασε τις απαιτούμενες επεκτάσεις (ΕΔΑΘΕΣΣ, 2018).

Το χαλύβδινο δίκτυο αποτελείται από αγωγούς ονομαστικής διαμέτρου 10'',8'',6'',4'' και τμήματα εξαεριστικών αγωγών 2'',1 ½'',1'',3/4''. Το δίκτυο κατασκευάστηκε βάση των προδιαγραφών της ΔΕΠΑ και της Italgas και στη συνέχεια βάση του εθνικού κανονισμού ΦΕΚ 1552 24/10/2006. Λόγω της εκτεταμένης ανάπτυξης των δικτύων Μέσης Πίεσης στην περιοχή της Θεσσαλονίκης έχουν εγκατασταθεί 5 ανεξάρτητα συστήματα καθοδικής προστασίας που τροφοδοτούνται από αντίστοιχα τροφοδοτικά συνεχούς τάσης. Τα συστήματα αυτά και τα στοιχεία τους περιγράφονται παρακάτω:

Εικόνα No.11 – Μετασχηματιστής/Ανορθωτής - FIAM SPE 8

Σύστημα Καθοδικής Προστασίας TR01 (Σίνδος)

- Μήκος Αγωγών (m): 67.106,80
- Προστατευμένη Εξωτερική Επιφάνεια (m2): 51.620,92
- Αριθμός Μονωτικών Συνδέσμων (IJ): 163
- Αριθμός Μετρητικών Σταθμών Καθοδικής (CPTP): 237
- Αριθμός Σταθμών Μέτρησης Ρύθμισης (GRM19): 36
- Αριθμός Περιφερειακών Ρυθμιστικών Σταθμών (IRI): 17

Σύστημα Καθοδικής Προστασίας TR02 (Παραλία)

- Μήκος Αγωγών (m): 23.476,88
- Προστατευμένη Εξωτερική Επιφάνεια (m2): 18.175,46
- Αριθμός Μονωτικών Συνδέσμων (IJ): 60
- Αριθμός Μετρητικών Σταθμών Καθοδικής (CPTP): 71
- Αριθμός Σταθμών Μέτρησης Ρύθμισης (GRM19): 2
- Αριθμός Περιφερειακών Ρυθμιστικών Σταθμών (IRI): 18

Σύστημα Καθοδικής Προστασίας TR04 (Καυτατζόγλειο)

- Μήκος Αγωγών (m): 26.085,43
- Προστατευμένη Εξωτερική Επιφάνεια (m2): 20.065,63
- Αριθμός Μονωτικών Συνδέσμων (IJ): 56
- Αριθμός Μετρητικών Σταθμών Καθοδικής (CPTP): 72
- Αριθμός Σταθμών Μέτρησης Ρύθμισης (GRM19): 0
- Αριθμός Περιφερειακών Ρυθμιστικών Σταθμών (IRI): 9

Σύστημα Καθοδικής Προστασίας TR05 (Εξοχή)

- Μήκος Αγωγών (m): 2.307,67
- Προστατευμένη Εξωτερική Επιφάνεια (m^2): 1.906,16

- Αριθμός Μονωτικών Συνδέσμων (IJ): 6
- Αριθμός Μετρητικών Σταθμών Καθοδικής (CPTP): 10
- Αριθμός Σταθμών Μέτρησης Ρύθμισης (GRM19): 1
- Αριθμός Περιφερειακών Ρυθμιστικών Σταθμών (IRI): 1

Σύστημα Καθοδικής Προστασίας TR06 (IKEA)

- Μήκος Αγωγών (m): 16.387,35
- Προστατευμένη Εξωτερική Επιφάνεια (m^2): 13.273,49
- Αριθμός Μονωτικών Συνδέσμων (IJ): 54
- Αριθμός Μετρητικών Σταθμών Καθοδικής (CPTP): 66
- Αριθμός Σταθμών Μέτρησης Ρύθμισης (GRM19): 5
- Αριθμός Περιφερειακών Ρυθμιστικών Σταθμών (IRI): 10

Εικόνα No.12 – TR Unit Σίνδου

5.3 Δραστηριότητες Λειτουργίας της Καθοδικής Προστασίας

5.3.1 Συντήρηση Καθοδικής Προστασίας

Εντός του 2018 πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένη και έκτακτη συντήρηση στο σύστημα καθοδικής προστασίας του δικτύου διανομής μέσης πίεσης της περιοχής Θεσσαλονίκης.

Μετρήσεις ON-OFF σε όλα τα χαρακτηριστικά σημεία. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση διακόπτη ακριβείας (Time Switch) μοντέλο GPS-Syntakt και συγχρονισμένα καταγραφικά (Data Logger) μοντέλο MiniLog2 του οίκου Weilekes.

Εικόνα No.*13 – Minilog 2 data logger*

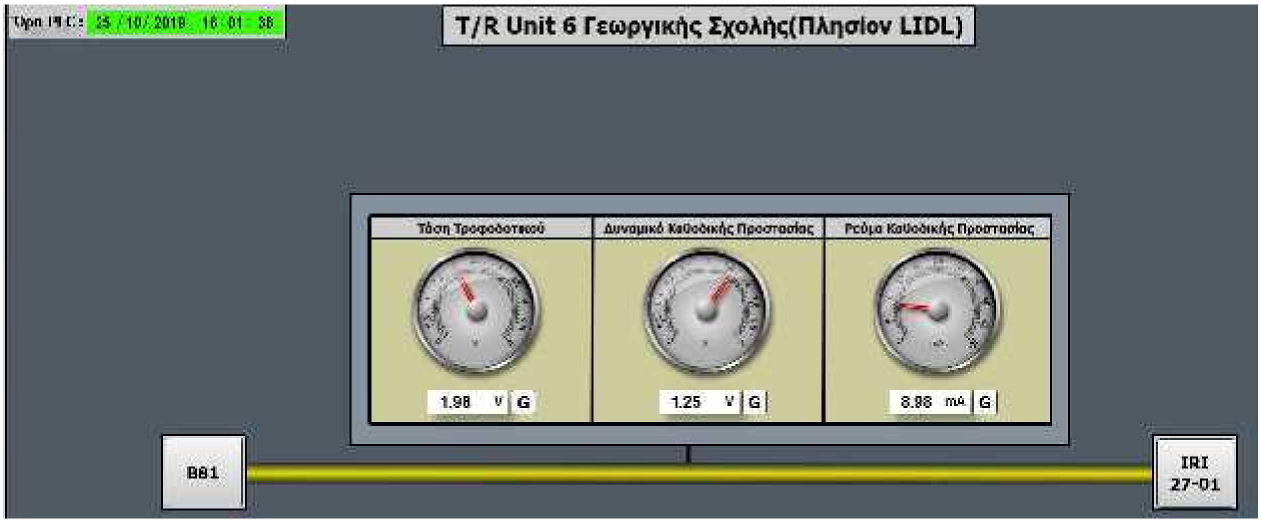
Επίσης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ρέματος σε όλα τα επιλεγμένα σημεία μέτρησης του συστήματος διανομής. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν μετά από έξι μήνες για τα σημεία μέτρησης του συστήματος προστασίας που έχει χαρακτηριστεί με δείκτη κινδύνου Κ2. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν και έκτακτες μετρήσεις ON-OFF και ρεύματος καθώς και μακροχρόνιες καταγραφές με ψηφιακά καταγραφικά (Data Log) σε συγκεκριμένα σημεία του συστήματος προστασίας Σίνδου.

Επιπλέων στους 5 Σταθμούς Επιβαλλόμενου Ρεύματος πραγματοποιήθηκαν 12 προγραμματισμένοι μηνιαίοι έλεγχοι καθώς και η ετήσια προγραμματισμένη συντήρηση.

Τέλος πραγματοποιήθηκαν πλήθος έκτακτων παρεμβάσεων συντήρησης όπως διερεύνηση και επίλυση προβλημάτων αύξησης του ρεύματος προστασίας, αποκατάσταση εκδορών σε τμήματα αγωγού από παρεμβάσεις τρίτων και αποκατάσταση στηλών μέτρησης καθοδικής προστασίας.

5.3.2 Χρήση Τηλεελέγχου για τον εντοπισμό δυσλειτουργιών

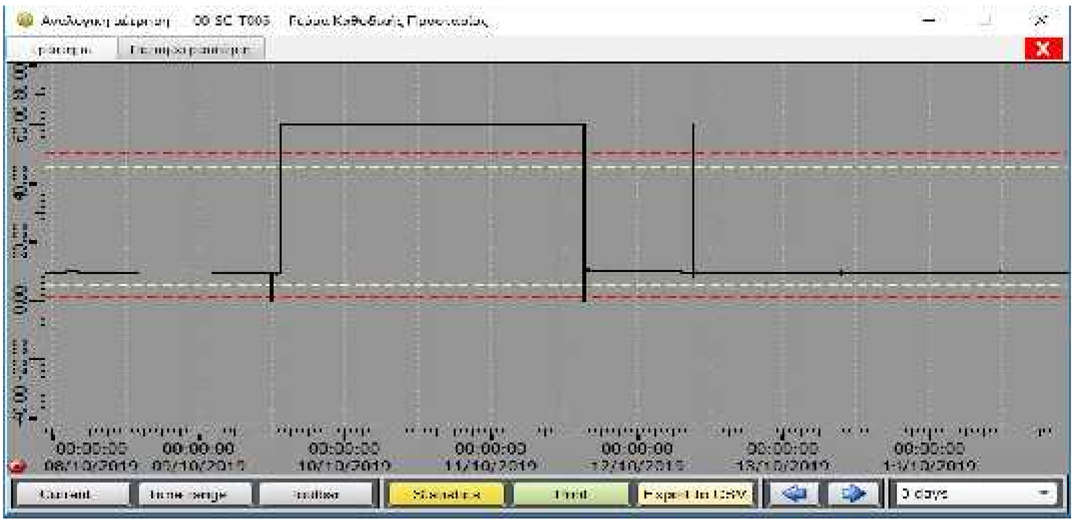
Με την εφαρμογή των συστημάτων τηλεελέγχου (SCADA) μπορούμε να ελέγχουμε βασικά στοιχεία της καθοδικής προστασίας ανά πάσα ώρα και στιγμή. Οι στιγμιαίες τιμές του δυναμικού και του ρεύματος της καθοδικής προστασίας, η τάση του τροφοδοτικού καθώς και ιστορικό των συγκεκριμένων μεγεθών είναι στη διάθεση του χρήστη για ανάλυση των δεδομένων και εκτίμηση της λειτουργίας της καθοδικής προστασίας του συστήματος.



Εικόνα No.14 – SCADA T/R Unit

Ορίζοντας όρια στα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν, έχουμε την δυνατότητα ειδοποίησης σε περίπτωση επικίνδυνων τιμών. Μία απότομη αύξηση της τιμής του ρεύματος καθοδικής προστασίας, μπορεί να προέρχεται από πιθανή φθορά στην μόνωση του αγωγού και διαρροή ρεύματος προς την γη. Η άμεση ειδοποίηση του χρήστη από το σύστημα τηλεελέγχου διασφαλίζει την έκτακτη εποπτεία του δικτύου για πιθανή φθορά του αγωγού από εξωτερικό παράγοντα (φυσικές καταστροφές, εργασίες άλλων φορέων).

Στην εικόνα φδσγσγ καταγράφηκε αύξηση της τιμής του ρεύματος καθοδικής προστασίας που οφειλόταν σε εργασίες τοποθέτησης μπαρών προστασίας σε αυτοκινητόδρομο, όπου «χτυπήθηκε» ο αγωγός μέσης πίεσης με αποτέλεσμα την φθορά της μόνωσης αλλά του ίδιου του αγωγού.

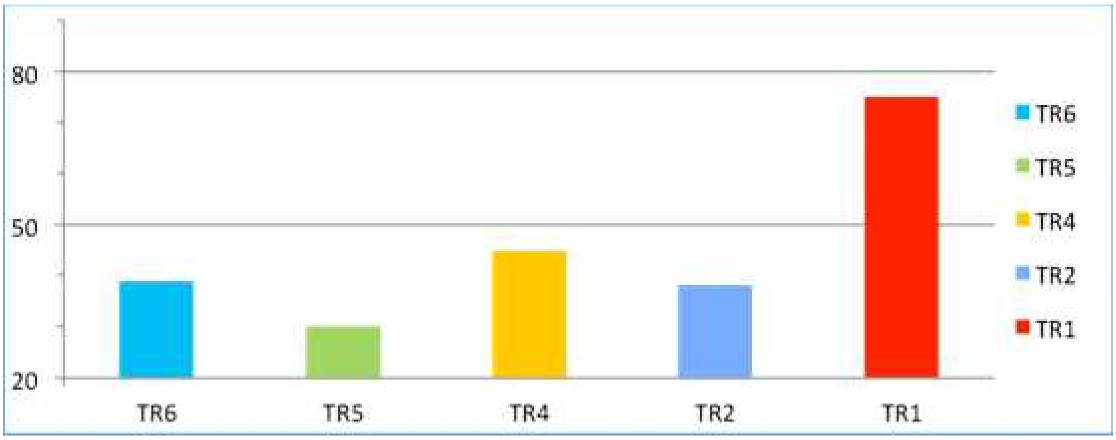


Εικόνα No.15 – Απότομη αύξηση τιμής ρεύματος Κ.Π.

5.4 Προσδιορισμό του Δείκτη Επικινδυνότητας

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1712/2006, παρ. 11.2 πραγματοποιήθηκε καταγραφή της λειτουργίας των Συστημάτων Καθοδικής Προστασίας, διάγνωση και αξιολόγηση τυχόν προβλημάτων και προγραμματίστηκαν ενέργειες επίλυσης τους, βασισμένες σε μετρήσεις δυναμικών ON-OFF, έντασης ρευμάτων και σύνθετων αντιστάσεων στα χαρακτηριστικά σημεία των επιμέρους συστημάτων προστασίας του δικτύου μέσης πίεσης της ΕΔΑ ΘΕΣΣ.

Σύμφωνα με τη μελέτη οι μέσοι όροι δεικτών κινδύνου των επιμέρους συστημάτων προστασίας καταγράφονται στην παρακάτω γραφική απεικόνιση:



Παρατηρούμε ότι τα τέσσερα από τα πέντε συστήματα προστασίας συγκεντρώνουν βαθμολογία μικρότερη των 50 συνεπώς κατατάσσονται στο μικρότερο δείκτη επικινδυνότητας Κ1 ενώ το σύστημα προστασίας TR01 Σίνδου συγκεντρώνει βαθμολογία 75 και κατατάσσετε στο δείκτη επικινδυνότητας Κ2. Σύμφωνα με τη μελέτη από τα κυριότερα προβλήματα του σύστημα προστασίας TR01 είναι αφενός η ac επίδραση που προέρχεται από την κίνηση των ηλεκτρικών τρένων. Στον δείκτη υψηλού κινδύνου Κ3 δεν εντάσσεται κανένα υποσύστημα.

Επίσης πραγματοποιήθηκαν και έκτακτες μετρήσεις ON-OFF και ρεύματος καθώς και μακροχρόνιες καταγραφές με ψηφιακά καταγραφικά (Data Log) σε συγκεκριμένα σημεία του συστήματος προστασίας Σίνδου.

Ενδεικτικές μετρήσεις Ρεύματος από το T/R Unit 2 (Παραλία) :

		mA		mA
T/R Unit ΠΑΡΑΛΙΑ	→ ALL	42,40		
IRI 08-01 / 09-01	→08-01	0,01	→09-01	0,01
ΠΑΡΑΛΙΑ (B17)	→ B21	27,50	→ B14	23,00
IRI 05-01	OUT	0,01		
B14	→IRI	3,10		
IRI 13-01 / 14-02	→13-01	1,30	→14-02	0,30
Ν. ΠΑΡΑΛΙΑ (B21)	→ B24	17,10	→IRI 04-01 / 05-02	2,80
IRI 04-01 / 05-02	→04-01	0,01	→05-02	0,02
IRI 04-02 / 03-01	→04-02	0,01	→03-01	0,01
ΑΝΔΡΙΑΝΟΥΠΟΛΕΟΣ (B24)	→ B81	0,04	→ IRI 01-01 / 03-02	0,03
IRI 01-01 / 03-02	→01-01	0,01	→03-02	0,02
ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (B36)	→ B38	5,80		
CPTP 4" 130A (ΑΧΕΠΑ)	→ GRM	0,01		
ΟΛΥΜΠΙΑΔΟΣ (B38)	→ B40	4,90	→ IRI 11-01	0,01
IRI 11-01	OUT	0,01		
ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ (B40)	→ B42	2,10	→ IRI 10-02 / 15-03	2,50
IRI 10-02 / 15-03	→15-03	2,00	→10-02	0,40
IRI 12-02	OUT	0,01		
IRI 15-02	OUT	0,01		
ΛΑΓΚΑΔΑ (B42)	→ B43	1,40	→ IRI 15-01 / 12-01	0,50
IRI 15-01 / 12-01	→15-01	0,40	→12-01	0,01

Ενδεικτικές μετρήσεις ON – OFF από το T/R Unit 2 (Παραλία) :

Α/Α	No CPTP	Περιοχή	Δυναμικό ON	Δυναμικό OFF	Διαφορά	Άλλο Δυναμικό
1	CPTP 10" 37A	B14 pit	-1,283	-0,930	-0,354	-1194
2	CPTP 4" 37B	IRI 14-02 & 13-01	-1,290	-0,942	-0,348	
3	CPTP 10" 39	Οδός Κουντουριώτου	-1,390	-1,027	-0,363	-0,454
4	CPTP 10" 40	Οδός Λεωφόρος Νίκης-Οδό Ι.Δραγούμη	-1,482	-1,126	-0,356	-0,507
5	CPTP 10" 43	Οδός Λεωφόρος Νίκης	-1,489	-1,128	-0,361	-0,477
6	CPTP 10" 44	Νέα Παραλία, Θεσ/νίκη	-1,430	-1,067	-0,363	-587,6
7	CPTP 10" 45	Νέα Παραλία, Θεσ/νίκη	-1,440	-1,079	-0,361	-0,516
8	CPTP 10" 46	Νέα Παραλία, Θεσ/νίκη	-1,452	-1,087	-0,365	-0,528
9	CPTP 10" 47	Νέα Παραλία, Θεσ/νίκη	-1,247	-0,875	-0,372	-0,135
10	CPTP 10" 48	B17 pit	-1,285	-0,919	-0,366	

5.5 Προτάσεις για Αντιμετώπιση Προβλημάτων

Παρακάτω παρατίθενται προτάσεις αντιμετώπιση προβλημάτων υψηλής προτεραιότητας ανά σύστημα προστασίας σύμφωνα με τη μελέτη καθώς και οι ενέργειες επίλυσης τους που έχουν πραγματοποιηθεί η πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο άμεσο μέλλον. Στη Μελέτη στο Σύστημα Καθοδικής του ΔΕΣΦΑ υπάρχουν προτάσεις για τον εκσυγχρονισμό του συστήματος καθοδικής όπως:

- στεγανοποίηση φρεατίων με βισκοελαστικές μονώσεις Stopaq.
- σπινθηροδιάκενα στους μονωτικούς συνδέσμους.
- τοποθέτηση αισθητήρων διάβρωσης (corrosion coupons).
- εγκατάσταση ηλεκτρονικών διατάξεων για την μείωση της ac τάσης (εκτονωτές).
- διερεύνηση όπου είναι εφικτό με αναλυτικό έλεγχο για εντοπισμό επαφών με ξένες κατασκευές.
- εκ των έσω επιθεώρηση του αγωγού (In Line Inspection-ILI).
- εκσκαφή χιτώνιων που παρουσιάζουν ενδείξεις ανεπαρκούς απομόνωσης.
- έλεγχος και βελτίωση γειώσεων και ισοδυναμικών συνδέσεων σε σταθμούς ξεστροπαγίδων, σταθμούς GRM και IRI.
- βελτίωση των υφιστάμενων TR ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία τους από επαγόμενες ac τάσεις.

Εικόνα Νο.16 – Κυτίο για Μετρήσεις Καθοδικής Προστασίας στη Πόλη της Θεσσαλονίκης

Επίλογος – Συμπεράσματα

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση του Φυσικού αερίου, όπως έχουμε διαπιστώσει από την εμπειρία αιώνων, είναι πάρα πολλά, σημαντικά και συνεχώς αυξανόμενα. Πλήθος βιομηχανιών, κατοικιών, πλοίων, οχημάτων χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο πλέον το φυσικό αέριο ως το καλύτερο καύσιμο για τις ανάγκες τους. Οι μέθοδοι της συμπίεσης (CNG) και υγροποίησης (LNG) αυξάνουν τις δυνατότητες αξιοποίησης σε μεγαλύτερο αριθμό καταναλωτών. Στην Ελλάδα τα τελευταία δύο χρόνια περιοχές απομακρυσμένες από τον κύριο κορμό του δικτύου του Φυσικού αερίου, έχουν αποκτήσει πρόσβαση με τη χρήση σταθμών CNG, ανοίγοντας τον δρόμο για εφαρμογή της μεθόδου και σε απομακρυσμένες βιομηχανίες. Ήδη συνδέθηκε σε δίκτυο διανομής, που τροφοδοτείται με συμπιεσμένο φυσικό αέριο, η πρώτη βιομηχανία στην Ελλάδα, η οποία υπολογίζεται ότι θα μειώσει το ενεργειακό κόστος κατά 30%. Στο πέρασμα των χρόνων παρατηρήθηκε η ανάγκη προστασίας των χαλύβδινων αγωγών από τη διάβρωση. Το υψηλότατο κόστος αντικατάστασης των αγωγών, και όχι μόνο, οδήγησαν τους διαχειριστές των δικτύων στην εφαρμογή της Καθοδικής Προστασίας, μία μέθοδο που αυξάνει την διάρκεια ζωής των αγωγών. Μέσω της σωστής συντήρησης του συστήματος Καθοδικής Προστασίας, επιτυγχάνουμε τη σωστή λειτουργία, τον έλεγχο, την ανάλυση δεδομένων του δικτύου και την αποφυγή επικίνδυνων συνθηκών που είναι ικανά να προκαλέσουν μέχρι και θανατηφόρα ατυχήματα.

Βιβλιογραφία

- S. M. Bashi, N. F. Mailah, and M. A. M. Radzi, “Cathodic protection system,” in Proceedings of the National Power and Energy Conference (PECon ’03), pp. 366–370, IEEE, Bengi, Malaysia, December 2003
- I.-D. Kim and E.-C. Nho, “Module-type switching rectifier for cathodic protection of underground and maritime metallic structures,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 52, no. 1, pp. 181–189, 2005.
- J. Gopalakrishnan, G. Agnihotri, and D. M. Deshpande, “Virtual instrumentation corrosion controller for natural gas pipelines,” Journal of the Institution of Engineers B, vol. 93, no. 4, pp. 259–265, 2012
- J. Gopalakrishnan and G. Agnihotri D M Deshpande, “Auto tuned corrosion controller for natural gas pipelines,” in Proceedings of the National Conference on Electronic Technologies (NCET ’12), pp. 327–330, Goa, India, April 2012.
- Seamanship International, «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007
- Peabody A.W., (2001). Peabody’s Control of Pipeline Corrosion, 2nd Ed., NACE International.
- Baeckmann S., (1997). Handbook of Cathodic Corrosion Protection, 3rd Edition.
- Gummow, RA, (1999). Corrosion Control of Municipal Infrastructure Using Cathodic Protection. NACE Conference Oct
- Farah, P., (2015). Offshore Natural Gas Resources in the Eastern Mediterranean in the Relations to the European Union: A Legal Perspective through the Lenses of MedReg. *Journal of World Energy Law and Business*
- ΔΕΣΦΑ, (2018), Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου
- Παπανίκας Δ. Γ., (2009), Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG), Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ
- Νικόλαος Κιούπης, (2009). Επίδραση των επαγόμενων τάσεων στην καθοδική προστασία μεταλλικών αγωγών στο έδαφος