

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**στην
ΝΑΥΤΙΑ**

**ΕΞΟΡΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΟΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΧΩΡΟ.
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ**

Δημήτριος Κίτσος

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

30 ΙΟΥΝΙΟΥ 2022

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ/ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

«Ο κάτωθι υπογεγραμμένος που εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Δημήτριος Κίτσος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- κ. Ερνεστοσπυρίδων Τζανάτος (Επιβλέπων)
- κ. Τσελεπίδη Αν.
- κα. Σακελλαριάδου Φ.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.»

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον καθηγητή μου και επιβλέποντα κ. ΕΡΝΕΣΤΟ ΤΖΑΝΑΤΟ για την άνευ όρων υποστήριξη του, καθώς και όλο το προσωπικό του πανεπιστημίου για την βοήθεια. Καθοριστική και πολύτιμη ήταν η συμβολή της οικογένειάς μου που με στήριξε σε όλη την προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ζούμε σε μια εποχή όπου ένα από τα κύρια και παγκόσμια ζητήματα είναι η αναζήτηση πηγών ενέργειας. Ένας από τους βασικούς πυλώνες της αναζήτησης αυτής είναι τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων. Ένα πρώτο βασικό βήμα είναι ο εντοπισμός τους κυρίως με σεισμικές μεθόδους. Μόλις εντοπιστεί το κοιτάσμα, ακολουθεί το κομμάτι της γεώτρησης για την εξόρυξη του φυσικού αερίου, είτε χερσαία είτε θαλάσσια. Φυσικά, για την επίτευξη της όλης διαδικασίας υπάρχει ένα αυστηρό νομικό πλαίσιο και διεθνείς συμβάσεις. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ως παγκόσμιο φαινόμενο απαιτεί τη συνεργασία και δέσμευση της παγκόσμιας κοινότητας. Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για την ποιότητα της ατμόσφαιρας και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Για τη διασφάλιση των παραπάνω υπάρχουν συμβάσεις και πρωτόκολλα που ισχύουν για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με ιδιαίτερη και αυστηρή εφαρμογή. Η παρακολούθηση, η διαχείριση και η απογραφή των αέριων εκπομπών είναι ένα σημαντικό κεφάλαιο στην εξόρυξη υδρογονανθράκων. Η συνεχής παρακολούθηση μέσω διάφορων μέσων είναι απαραίτητη έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η απογραφή αέριων μαζών όπως και η γρήγορη και αποτελεσματική αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	9
1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	10
1.3 ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΕΡΙΑ	12
1.3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	15
1.4 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	18
1.4.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	21
2.1 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ.....	21
2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ	21
2.2.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ 3D	23
2.2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ 2D	24
2.3 ΕΞΟΡΥΞΗ	25
2.3.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	26
2.3.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ	32
3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	33
3.1.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	33
3.1.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ-ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	37
3.1.3 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ.....	41
3.1.4 ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	45
3.2 ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	47
3.2.1 Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΚΕΛΩΝΗΣ	48
3.2.2 Η ΣΥΜΒΑΣΗ OSPAR	49
3.2.3 Η ΣΥΜΒΑΣΗ HELCOM (ή Ελσίνκι).....	51
3.2.4 Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (ESPOO)	52
3.2.5 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ...53	
3.2.6 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ	57
4.1 ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ (UPSTREAM)	60
4.1.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΚΑΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ	62
4.1.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ..	65
4.1.3 ΔΙΑΧΥΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ	65
4.1.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (EMISSION COMPONENTS)	66
4.1.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	73
4.1.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΓΡΑΦΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2005-2014 ΣΤΗ ΝΟΡΒΗΓΙΑ	78
4.1.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟ ΤΕΞΑΣ ΕΤΟΣ 2005	81
4.1.8 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΓΡΑΦΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	82
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	87
4.2.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ	89
4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	92
4.2.3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΑΕΡΑ	95
4.2.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ	100
Βιβλιογραφικές Αναφορές	103

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

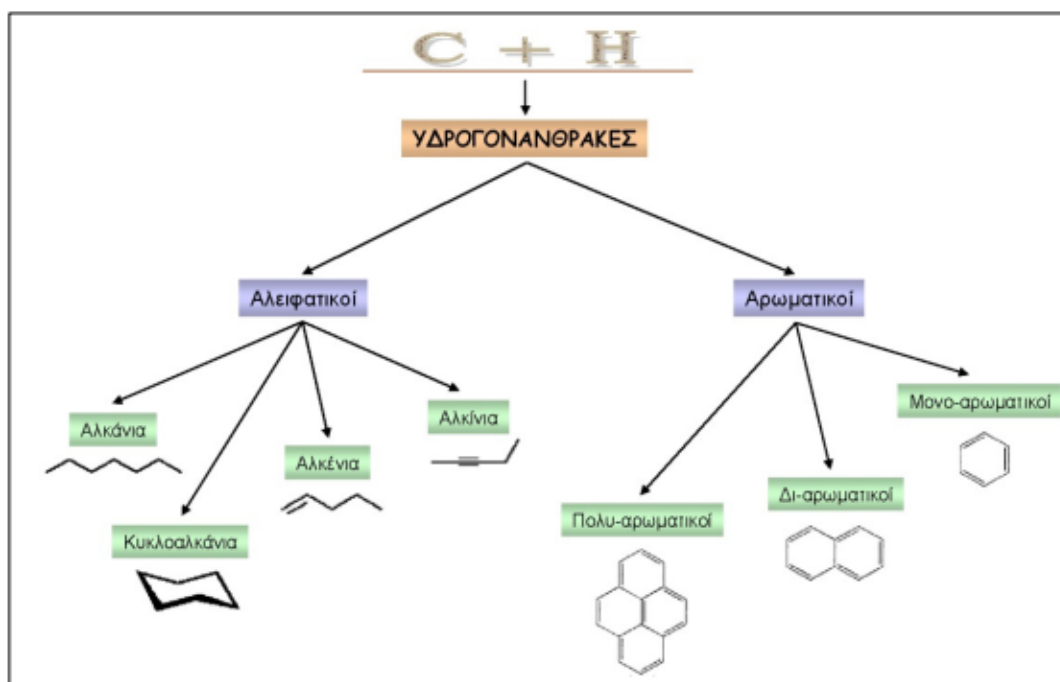
1.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Ο όρος «υδρογονάνθρακες» παραπέμπει στις οργανικές ενώσεις, που περιέχουν μόνο υδρογόνο (H) και άνθρακα (C). Έχουν γενικό μοριακό τύπο C_xH_y . Οι μονοσθενείς ρίζες, που προκύπτουν από ένα μόριο υδρογονάνθρακα αν του αφαιρέσουμε ένα άτομο υδρογόνου, έχουν γενικό τύπο C_xH_{y-1} και ονομάζονται αλκυλομάδες. Η πλειονότητα των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους στη Γη, βρίσκεται στα φυσικά αποθέματα του αργού πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Στα κοιτάσματα αυτά περιέχεται ένα μείγμα διαφόρων υδρογονανθράκων οι οποίοι προήλθαν από την αποσύνθεση και τον ανασχηματισμό της οργανικής ύλης που παρέμεινε θαμμένη στο υπέδαφος για πολλά χρόνια. Οι υδρογονάνθρακες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους αλειφατικούς (aliphatics) και τους αρωματικούς (aromatics) υδρογονάνθρακες (Εικ. 1) (Παπαγεωργίου, 2005).

Οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες διαχωρίζονται περαιτέρω σε τέσσερις κύριες ομάδες, τα αλκάνια (alkanes), τα αλκένια (alkenes), τα αλκίνια (alkines) και τα κυκλοαλκάνια (cycloalkanes). Ωστόσο υπάρχουν και κάποιες δευτερεύουσες μικρότερες ομάδες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία, τα κυκλοαλκένια, τα κυκλοαλκίνια κ.α. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες χωρίζονται στους μονοαρωματικούς (monoaromatics), τους διαρωματικούς (diaromatics) και τους πολυαρωματικούς (polyaromatics, PAHs) υδρογονάνθρακες. Πιο αναλυτικά:

- Αλκάνια (Κορεσμένοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες) με γενικό τύπο C_nH_{2n+2} με $n \geq 1$ και χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό, ούτε δακτύλιο.
- Αλκένια (Ακόρεστοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες) με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n} με $n \geq 2$ με 1 διπλό δεσμό και κανένα δακτύλιο.
- Αλκίνια με (Ακόρεστοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες) με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n-2} με $n \geq 2$ με 1 τριπλό δεσμό και κανένα δακτύλιο.
- Κυκλοαλκάνια με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n} με $n \geq 3$, χωρίς κανέναν διπλό ή τριπλό δεσμό και ένα δακτύλιο.
- Κυκλοαλκένια με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n-2} με $n \geq 3$, με 1 διπλό δεσμό και ένα δακτύλιο.

- Κυκλοαλκίνα με γενικό μοριακό τύπο C_nH_{2n-4} με $n \geq 3$, με 1 τριπλό δεσμό και ένα δακτύλιο.
- Αρωματικοί υδρογονάνθρακες που περιέχουν ένα αρωματικό σύστημα. Τυπικά συμπεριλαμβάνονται και σε κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες απλών κυκλικών και ακόρεστων υδρογονανθράκων, αλλά οι επιπλέον ιδιότητες που αποκαλούνται «αρωματικός χαρακτήρας» επιβάλλουν την ξεχωριστή κατάταξη και εξέτασή τους (Παπαγεωργίου, 2005).



Εικόνα 1: Ταξινόμηση υδρογονανθράκων. Πηγή : Παπαγεωργίου, 2005

1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

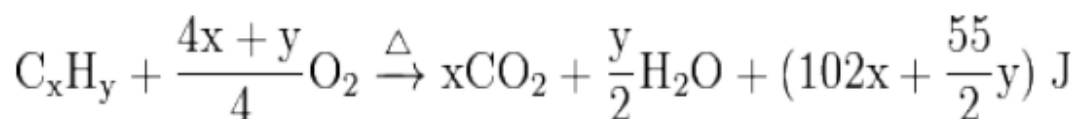
Σε επίπεδο μορίου, οι αλειφατικές και αρωματικές ενώσεις διαφέρουν κυρίως ως προς το είδος των δεσμών μεταξύ των γειτονικών ατόμων άνθρακα. Στα αρωματικά μόρια παρατηρούνται επίπεδες, κυκλικές, ακόρεστες, πλήρως συζυγιακές δομές, που φέρουν κατάλληλο αριθμό π-ηλεκτρονίων. Λόγω του φαινομένου του συντονισμού, τα π-ηλεκτρόνια μοιράζονται εξίσου μεταξύ όλων των ατόμων άνθρακα του αρωματικού δακτυλίου γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερη σταθερότητα στα μόρια αυτά. Αντίθετα, στις ακόρεστες αλειφατικές ενώσεις τα π-ηλεκτρόνια μοιράζονται μόνο μεταξύ γειτονικών ατόμων άνθρακα. Επίσης, τα κορεσμένα, μη κυκλικά, αλειφατικά μόρια είναι ουσιαστικά ελεύθερα να περιστραφούν γύρω από

τους δεσμούς των ατόμων άνθρακα γεγονός που εξηγεί τις πολλές διαφορετικές στερεοχημικές διατάξεις που μπορούν να αποκτήσουν.

Σε κάθε δομική κατηγορία και υπο-κατηγορία υδρογονανθράκων, υπάρχουν ομόλογες σειρές. Κάθε μέλος των ομόλογων σειρών ονομάζεται ομόλογο και διαφέρει από τα γειτονικά του στην ίδια σειρά κατά μια επαναλαμβανόμενη μονάδα, π.χ. $-CH_2$ ομάδα (μεθυλενομάδα). Σε κάθε ομόλογη σειρά, οι ενώσεις παρουσιάζουν ανάλογη χημική συμπεριφορά και διαφέρουν ως προς τις φυσικές τους ιδιότητες, οι οποίες μεταβάλλονται με την αύξηση και την αλλαγή της μορφής της ανθρακικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, υπάρχει αύξηση στο σημείο βρασμού κατά περίπου 20 °C για κάθε άτομο άνθρακα που προστίθεται σε μια αλυσίδα αλκανίου (Silberberg, 2004).

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των υδρογονανθράκων είναι ότι έχουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό ισομερών. Τα ισομερή είναι ενώσεις που έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά παρουσιάζουν διαφορές στις χημικές και φυσικές τους ιδιότητες. Η ισομέρεια οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο διάταξης των ατόμων του μορίου στο επίπεδο (συντακτική ισομέρεια) ή στο χώρο (στερεοϊσομέρεια). Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ατόμων άνθρακα, ο αριθμός των πιθανών ισομερών αυξάνεται ραγδαία. Ένα αλκάνιο με 6 άτομα άνθρακα έχει 5 πιθανά ισομερή ενώ σε ένα αλκάνιο με 10 άτομα άνθρακα, ο αριθμός των πιθανών ισομερών αυξάνεται στα 17 (Silberberg, 2004).

Οι υδρογονάνθρακες είναι γενικά υδρόφοβοι σαν τα λιπίδια. Κάποιοι υδρογονάνθρακες είναι άφθονοι στο ηλιακό μας σύστημα ενώ λίμνες από υγρό μεθάνιο και αιθάνιο βρέθηκαν στον Τιτάνα, το μεγαλύτερο δορυφόρο του πλανήτη Κρόνου. Οι υδρογονάνθρακες είναι ακόμη άφθονοι και σε νεφελώματα, όπου σχηματίζουν πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Υπάρχουν αέριοι, υγροί και χαμηλού σημείου τήξης στερεοί υδρογονάνθρακες. Οι μέθοδοι παρασκευής των υδρογονανθράκων, όπως και οι ιδιότητές τους ποικίλλουν, κυρίως ανάλογα με την ταξινόμησή τους. Η μόνη κοινή ιδιότητα όλων τους είναι η καύση (Βάρβογλης, 2005):



Οι χρήσεις τους επίσης ποικίλλουν ανάλογα. Η πιο συνηθισμένη χρήση τους είναι ως καύσιμα για παραγωγή ενέργειας, αλλά υπάρχουν και άλλες που περιλαμβάνουν διαλυτικά, βερνίκια, λιπαντικά, κεριά, εντομοαπωθητικά, καθώς και παραγωγή πολυμερών και άλλων πετροχημικών (Βάρβογλης, 2005).

1.3 ΚΑΥΣΙΜΑ ΑΕΡΙΑ

Καύσιμα λέγονται οι ουσίες οι οποίες όταν ενώνονται με το οξυγόνο παράγουν θερμότητα (καίγονται με εξώθερμη αντίδραση). Τα καύσιμα χρησιμοποιούνται σε μια πληθώρα τεχνικών εφαρμογών για την παραγωγή ενέργειας, πιο ειδικά θερμικής ενέργειας (θερμότητας). Η κατάταξη των καυσίμων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Μια βασική διάκριση είναι τα "Φυσικά καύσιμα" και τα "Τεχνητά καύσιμα", όπου τα μεν πρώτα χρησιμοποιούνται απ' ευθείας από τη φύση, τα δε δεύτερα μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

- Φυσικά καύσιμα είναι: οι λιθάνθρακες, το ακατέργαστο πετρέλαιο ή νάφθα, το μεθάνιο κ.λπ.,
- Τεχνητά καύσιμα είναι: το κωκ, οι πλινθίδες (μπρικέττες), το πετρέλαιο λεβήτων, το πετρέλαιο ντήζελ, η βενζίνη, το οινόπνευμα, το φωταέριο κ.λπ. Επίσης μια άλλη διάκριση γίνεται ανάλογα με την κατάσταση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται, όπου και διακρίνονται σε: στερεά, υγρά και αέρια.
- Στερεά καύσιμα είναι: ο λιγνίτης, ο λιθάνθρακας, ο ανθρακίτης, το κωκ κ.λπ.
- Υγρά καύσιμα είναι: το φωτιστικό πετρέλαιο, το πετρέλαιο ντίζελ, το βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ), το οινόπνευμα, η βενζίνη κ.λπ.
- Αέρια καύσιμα είναι: το υγραέριο, το βιοαέριο, το φυσικό αέριο.

Τα καύσιμα αέρια χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στην αρχαία Κίνα περίπου το 900 π.Χ., όπου εξάγονταν από το έδαφος και μεταφέρονταν με αγωγούς από μπαμπού. Στην Ευρώπη η χρήση τους σηματοδοτείται τον 17ο αιώνα στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στον φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Για αυτόν το λόγο χαρακτηρίστηκαν με τη γενική ονομασία «φωταέριο». Το γνωστό φωταέριο με το οποίο τροφοδοτούνταν τα παλιά χρόνια και η Αθήνα, παραγόταν από την ξηρά απόσταξη στερών καυσίμων. Η επιτυχής χρήση του φωταερίου, οδήγησε στην

προσπάθεια αξιοποίησης και δημιουργίας και άλλων καυσίμων αερίων. Αν και τα καύσιμα αέρια έχουν κοινό χαρακτηριστικό την καλή ποιότητα καύσης, διαφέρουν σημαντικά ως προς τις υπόλοιπες ιδιότητές τους (Speight, 2014).

Το υγραέριο αποτελείται βασικά από προπάνιο (C_3H_8) και βουτάνιο (C_4H_{10}) και παράγεται από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου, δηλαδή στα διωλιστήρια. Επίσης λαμβάνεται και από τις γεωτρήσεις πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Η ονομασία του οφείλεται στην ιδιότητα των βασικών συστατικών του να υγροποιούνται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος όταν βρίσκονται υπό πίεση. Αυτή η ιδιότητά του αξιοποιείται για τη διανομή του, κυρίως σε φιάλες, ή στην αποθήκευσή του σε σταθερές δεξαμενές. Βασικό χαρακτηριστικό του είναι η μεγάλη πτητικότητα. Η πυκνότητά του είναι μικρότερη από αυτήν του αέρα και για αυτό σε τυχόν διαφυγή του οδεύει προς τα κάτω, με κίνδυνο την δημιουργία εκρήξεων. Η χρήση του απαιτεί την αυστηρή τήρηση των κανονισμών εγκατάστασης και χρήσης του.

Το βιοαέριο (βιοκαύσιμο) προέρχεται από την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών απορριμμάτων και κάθε είδους βιομάζας. Το αναερόβιο (δηλαδή χωρίς αέρα) επιτυγχάνεται με το σκέπασμα των σκουπιδιών με χώμα. Βασικό συστατικό του βιοαερίου είναι το μεθάνιο (CH_4), όπως και στο φυσικό αέριο. Ωστόσο, το βιοαέριο περιλαμβάνει επίσης μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε ποσοστό περίπου 35%. Για αυτό το λόγο, μπορεί να αξιοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο, αρκεί να απομακρυνθεί το διοξείδιο του άνθρακα. Με τον όρο φυσικό αέριο χαρακτηρίζουμε εκείνο το άχρωμο και άοσμο μίγμα αερίων, το οποίο εξάγεται από υπόγειες κοιλάτες υπό υψηλή πίεση και μεταφέρεται στους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας. Το φυσικό αέριο αποτελεί την καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, και σε σχέση με το πετρέλαιο μια πολύ ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση για την Ελλάδα. Το μέγεθος των εκπεμπόμενων ρύπων είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ ο συνεχώς βελτιωμένος βαθμός απόδοσης του μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση (Maugeri, 2005).

Αποτελείται από μείγμα αερίων ενώσεων, κυρίως μεθάνιο και αιθάνιο ενώ περιέχονται και άλλα συστατικά σε μικρότερη αναλογία όπως προπάνιο, βουτάνιο

κ.λ.π. (Εικ. 2) Η σύσταση του δεν είναι σταθερή καθώς μεταβάλλεται ανάλογα με την προέλευση του. Στην Ελλάδα το φυσικό αέριο προέρχεται από:

- τη Ρωσία (Gazexport) μέσω αγωγών μεταφοράς με σημείο παραλαβής τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα.
- την Αλγερία, σε υγροποιημένη μορφή (LNG), με ειδικό δεξαμενόπλοιο στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης της Ρεβυθούσας.

Μέσω αγωγών μεγάλης διαμέτρου, το φυσικό αέριο μεταφέρεται στις διάφορες περιοχές. Σε όλο το μήκος του δικτύου υπάρχουν εξειδικευμένοι σταθμοί μέτρησης, ελέγχου και ρύθμισης διάφορων παραμέτρων ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια και η σωστή λειτουργία του δικτύου.



Εικόνα 2: Σύσταση Φυσικού Αερίου. Πηγή:
http://images.slideplayer.gr/8/2017166/slides/slide_20.jpg

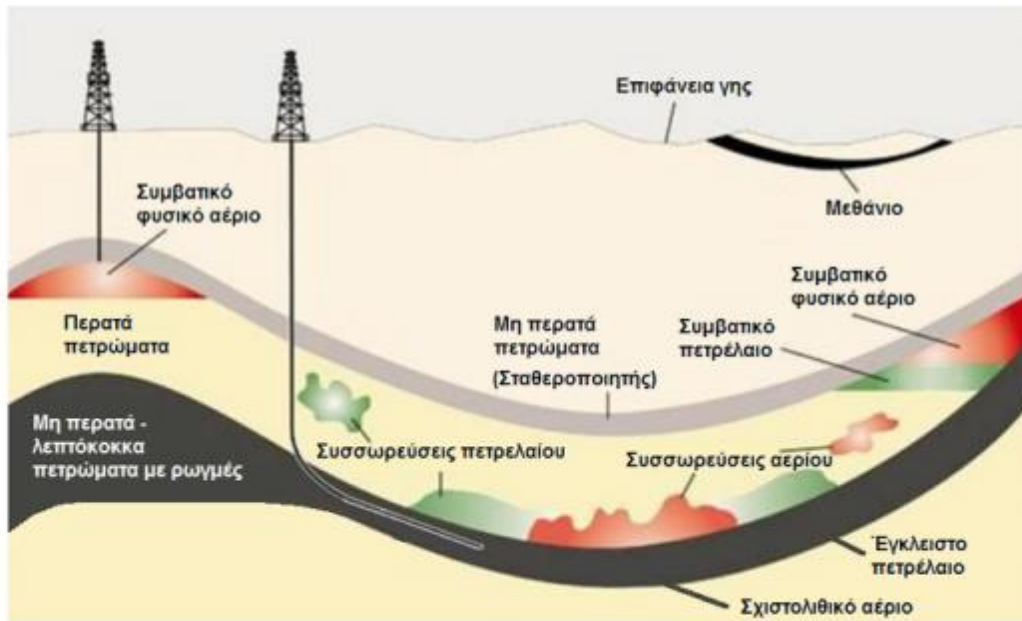
Το φυσικό αέριο είναι ένα αέριο το οποίο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και λόγω της σύνθεσης του είναι φιλικό προς το περιβάλλον καθώς κατά την καύση του δεν παράγονται βλαβεροί ρύποι. Λόγω όμως της αέριας φάσης στην οποία βρίσκεται σε κανονικές συνθήκες πρέπει να δείχνεται ιδιαίτερη σημασία σε θέματα ασφαλείας,

διότι η αυξημένη συγκέντρωση φυσικού αερίου σε κλειστό χώρο παρουσία αέρα μπορεί να καταστήσει το μείγμα εκρηκτικό.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα αερίων υδρογονανθράκων (μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο) με κυμαινόμενες ποσότητες άλλων αερίων, που θεωρούνται προσμίξεις (ακαθαρσίες). Βρίσκεται συνήθως συνδυασμένο με υγρούς υδρογονάνθρακες (συμπυκνώματα ελαφρών υδρογονανθράκων και αργό πετρέλαιο). Επιπλέον, περιλαμβάνει κάποιες ποσότητες βαρύτερων υδρογονανθράκων και κυμαινόμενες ποσότητες αερίων μη υδρογονανθράκων όπως άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο.

1.3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές θεωρίες ως προς την προέλευση των ορυκτών καυσίμων (Εικ. 3). Η πιο ευρέως αποδεκτή θεωρία υποστηρίζει ότι τα ορυκτά καύσιμα σχηματίζονται, όταν η οργανική ύλη (όπως τα υπολείμματα των φυτών και των ζώων) συμπιέζεται κάτω από τη γη, σε πολύ υψηλές πιέσεις για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό αναφέρεται ως θερμογόνο (θερμογενετικό) μεθάνιο. Όπως και το πετρέλαιο, το θερμογόνο μεθάνιο σχηματίζεται από οργανικά μέρη που καλύπτονται στη λάσπη και άλλα ιζήματα. Με την πάροδο του χρόνου, όλο και περισσότερα οργανικά υπολείμματα, ιζήματα και λάσπη συσσωρεύονται και επικάθονται στην υπάρχουσα οργανική ύλη. Αυτά τα νέα ιζήματα ασκούν μεγαλύτερη πίεση στην υπάρχουσα οργανική ύλη, η διαρκώς οποία συμπιέζεται



Εικόνα 3: Τρόποι σχηματισμού φυσικού αερίου. Πηγή:
http://images.slideplayer.gr/8/2017166/slides/slide_20.jpg

Αυτή η συμπίεση, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στο υπέδαφος της γης, διασπά τους δεσμούς άνθρακα της οργανικής ύλης. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος κάτω από το φλοιό της γης τόσο η θερμοκρασία γίνεται υψηλότερη. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, δηλαδή σε μικρό βάθος συσσώρευσης της οργανικής ύλης, παράγεται περισσότερο πετρέλαιο απ' ό τι φυσικό αέριο. Ωστόσο, σε υψηλότερες θερμοκρασίες δημιουργείται περισσότερο φυσικό αέριο σε αντίθεση με το πετρέλαιο. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η ύπαρξη του φυσικού αερίου συνδέεται συνήθως με το πετρέλαιο σε εναποθέσεις οργανικής ύλης 2-3 Km κάτω από το φλοιό της γης. Σε μεγαλύτερα βάθη συνήθως παρατηρούνται πηγές κυρίως φυσικού αερίου και σε πολλές περιπτώσεις καθαρού μεθανίου (Hyne et al 2014).

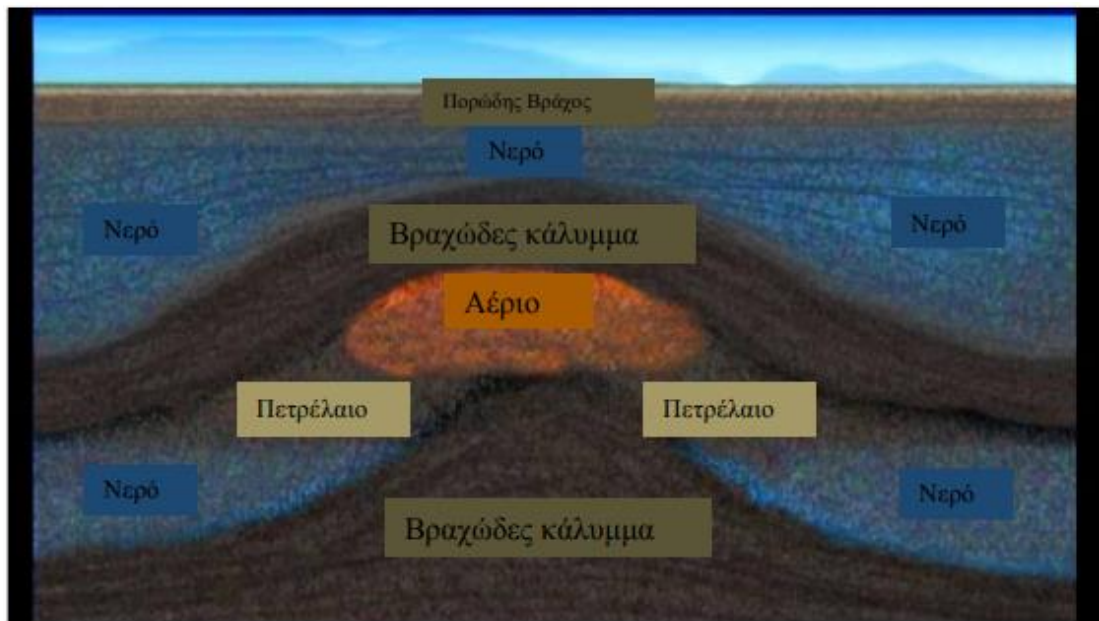
Το φυσικό αέριο μπορεί επίσης να σχηματιστεί με τη βοήθεια ειδικών μικροοργανισμών οι οποίοι διασπών την οργανική ύλη προκειμένου να παράγουν μεθανίου. Το είδος του μεθανίου που παράγεται με αυτόν το τρόπο αναφέρεται ως βιογενετικό μεθάνιο. Οι μικροοργανισμοί αυτοί βρίσκονται συνήθως σε περιοχές κοντά στην επιφάνεια της γης όπου επικρατούν συνθήκες έλλειψης οξυγόνου καθώς επίσης και στο εντερικό σύστημα των περισσότερων ζώων, συμπεριλαμβανομένου και των ανθρώπων. Συνεπώς η παραγωγή μεθανίου με αυτό τον τρόπο γίνεται κοντά στην επιφάνεια της γης και έτσι το μεθάνιο που παράγεται συνήθως χάνεται στην

ατμόσφαιρα. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις το μεθάνιο μπορεί να παγιδευτεί στο υπέδαφος και να συλλεχθεί σαν φυσικό αέριο. Παραγωγή βιογενετικού αερίου συμβαίνει συνήθως στις χωματερές. Εκεί υπάρχουν συγκεκριμένα απόβλητα υλικά τα οποία αποσυντίθενται παράγοντας μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου. Η εξέλιξη της τεχνολογίας πλέον επιτρέπει την συλλογή και χρησιμοποίηση αυτού του είδους του φυσικού αερίου.

Ένας τρίτος τρόπος με τον οποίο μπορεί να σχηματιστεί μεθάνιο (και φυσικό αέριο) είναι μέσω αβιογενετικών διαδικασιών. Εξαιρετικά βαθιά κάτω από το φλοιό της γης, υπάρχουν αέρια πλούσια σε υδρογόνο και άνθρακα. Καθώς αυτά τα αέρια αρχίζουν να ανέρχονται προς την επιφάνεια της γης, μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τα ανόργανα συστατικά που υπάρχουν στο υπέδαφος απουσία οξυγόνου. Αυτή η αλληλεπίδραση οδηγεί στο σχηματισμό στοιχείων και ενώσεων που παρατηρούνται στο έδαφος όπως άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, αργό και νερό. Όταν τα αέρια αυτά ,καθώς κινούνται προς την επιφάνεια της γης, βρεθούν κάτω από πολύ υψηλές πιέσεις είναι πιθανό να σχηματίσουν μεθάνιο, παρόμοια με το θερμογενετικό μεθάνιο. Έτσι λοιπόν, το φυσικό αέριο κατά κύριο λόγο βρίσκεται σε υπόγειες συσσωρεύσεις, παρόμοιες με εκείνες του φυσικού πετρελαίου όπου συναντάται είτε μόνο του, είτε συνυπάρχει με κοιτάσματα πετρελαίου.

Οι τύποι συσσωρεύσεων που μπορούμε να βρούμε το φυσικό αέριο είναι τρεις:

- Συσσωρεύσεις από τις οποίες παράγεται οικονομικά μόνο αέριο και οι οποίες ονομάζονται μη συνδυασμένες.
- Συσσωρεύσεις που παράγουν πολύ αέριο συνοδευόμενο από μικρές ποσότητες ελαφρών υγρών υδρογονανθράκων οι οποίες ονομάζονται συμπυκνωμένα αποθέματα.
- Συσσωρεύσεις στις οποίες το φυσικό αέριο βρίσκεται υπό πίεση, διαλυμένο μέσα στους υγρούς υδρογονάνθρακες του φυσικού (αργού) πετρελαίου. Όταν η ποσότητα των αερίων είναι αρκετά μεγάλη, καταλαμβάνει το ανώτερο τμήμα της συσσωρεύσεως του πετρελαίου υπό μορφή «σκούφου» (gas-cap) (Εικ. 4). Το αέριο στις περιπτώσεις αυτές ονομάζεται συνδυασμένο



Εικόνα 4: Συσσώρευση αερίου και πετρελαίου (gas-cap). Πηγή:
<http://i.ytimg.com/vi/pe71rV92GY8/maxresdefault.jpg>

Από τον τελευταίο τύπο συσσωρεύσεων δεν παράγεται ποτέ αέριο καθώς η ενέργεια του αερίου αυτού, το οποίο βρίσκεται υπό πίεση, χρησιμοποιείται για την αυτόματη μεταφορά του πετρελαίου από τα έγκατα της γης στην επιφάνεια. Έτσι στις περιπτώσεις αυτές η παραγωγή του φυσικού αερίου εξαρτάται από την παραγωγή πετρελαίου, ενώ στην περίπτωση των μη συνδυασμένων αποθεμάτων η παραγωγή αερίου γίνεται κατά βούληση. Στην περίπτωση που εξαντληθεί η συσσώρευση του πετρελαίου και δεν μπορεί να παραχθεί πετρέλαιο με οικονομικό τρόπο, τότε μπορεί να γίνει μόνο παραγωγή αερίου από τις συσσωρεύσεις αυτές (Maugeri, 2005).

1.4 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το πετρέλαιο είναι γνωστό από τους αρχαίους χρόνους σχεδόν από την αρχή της ζωής του ανθρώπου. Με τον όρο αργό πετρέλαιο περιγράφεται ένα φυσικό, ελαιώδες και εύφλεκτο υλικό. Οι αρχικές ύλες απ' όπου δημιουργήθηκε το πετρέλαιο προέρχονται από το ζωοπλαγκτόν και το φυτοπλαγκτόν που έζησε σε παλαιότερες θάλασσες καθώς και σε μεγάλες λίμνες. Υπάρχει ο θρύλος που αναφέρει, ότι οι πρωτόγονοι άνθρωποι οι οποίοι ζούσανε πρωτόγονη και νομαδική ζωή στις όχθες της Κασπίας και της Ερυθράς θάλασσας έβλεπαν με τρόμο μυστηριώδεις και χωρίς να σβήνουν πότε φλόγες, να αναπηδούν από τη χερσόνησο που σήμερα είναι το Μπακού, καθώς και από άλλες γειτονικές περιοχές. Η παλαιά Διαθήκη αναφέρει πως

ο θεός είπε στο Νώε να επαλείψει την κιβωτό εσωτερικά και εξωτερικά με άσφαλο. Τα τείχη της Ιεριχούς καθώς και ο Πύργος της Βαβέλ, όπως αναφέρεται στην Αγία Γραφή, είχαν σαν συνδετική ύλη άσφαλο αντί λάσπης.

Οι Αιγύπτιοι μεταχειρίζονταν την άσφαλο για την ταρίχευση των νεκρών, και οι ερυθρόδερμοι της Βορείου Αμερικής τη θεωρούσαν σαν θεραπευτικό μέσο, καθώς επίσης ο Ιπποκράτης και ο Γαληνός. Υπάρχουν επίσης πολλές ενδείξεις ότι το 'υγρόν πυρ' ή 'Ελληνικόν πυρ' σαν κύριο συστατικό είχε το πετρέλαιο. Το πετρέλαιο είναι ίσως η πιο σημαντική ουσία που καταναλώνεται στον σύγχρονο κόσμο άλλα και μια από τις μεγαλύτερες ρύπανσης του περιβάλλοντος.

1.4.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Οι πιο παραδεκτοί χώροι για τη γένεση του πετρελαίου είναι οι χώροι στους οποίους έχουμε μεγάλη ιζηματογένεση. Έχουν προταθεί δύο ειδών θεωρίες για να εξηγήσουν αφ' ενός την πρώτη ύλη και αφ' ετέρου τον τρόπο μέσω του οποίου προήλθε το πετρέλαιο (Νικολάου, 2000).

A) Θεωρίες Ανόργανου Προελεύσεως Οι θεωρίες αυτές στηρίζονται στο γεγονός ότι με την επίδραση ύδατος επί ανθρακασβεστίου λαμβάνεται ο υδρογονάνθρακας ακετυλένιο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη φυσική ύπαρξη εντός της γής και άλλων ανθρακομεταλλικών ενώσεων, ειδικά ανθρακούχου σιδήρου, οδήγησε στη θεωρία της ανόργανου προελεύσεως του πετρελαίου. Το πετρέλαιο όμως είναι συχνά οπτικά ενεργός ουσία, δηλαδή στρέφει το επίπεδο του πολωμένου φωτός, φαινόμενο που παρατηρείται σε οργανικής προέλευσης ουσίες. Ωστόσο οι θεωρίες περί ανόργανης προέλευσης του πετρελαίου δεν ισχύουν στην σημερινή εποχή, για τους εξής λόγους (Στουρνάς και συνν., 2000):

1) Το πετρέλαιο βρίσκεται συνήθως σε πετρώματα θαλάσσια ιζηματογενή και σπάνια σε εκρηξιγενή. Όπου γίνεται αναφορά ότι δεν είναι γνωστό πως απομακρύνεται το πετρέλαιο από το πέτρωμα γένεσεως. Στην αρχική φάση η κίνηση των υδρογονανθράκων ρυθμίζεται από τις δυνάμεις συνοχής, που προσπαθούν να σταθεροποιήσουν τα μόρια των υδρογονανθράκων στην οργανική ύλη, και από τις δυνάμεις της τριβής, που εξασκούνται από την ενδιάμεση κίνηση του νερού και τείνουν να τα αποσπάσουν. Η απομάκρυνση των υδρογονανθράκων από τα

πετρώματα συνδέεται αφενός με τις διαγενετικές μεταμορφώσεις του κηρογόνου και αφετέρου με την πρόοδο της διαγενέσεως των ίδιων των πετρωμάτων.

2) Δεν παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητας του πετρελαίου των πετρωμάτων του στερεού φλοιού της γης ανάλογα με το βάθος.

Όμως η άποψη περί της οργανικής προελεύσεως του πετρελαίου είναι η επικρατέστερη σύμφωνα με τους μηχανικούς και τους επιστήμονες.

Β) Θεωρίες Οργανικής Προέλευσης Ένα μεγάλο μέρος του πλαγκτού καταπίπτει στον πυθμένα της θάλασσάς και δημιουργείται με την λάσπη Σαπροπηλός. Αυτό το υλικό κατά τη διάρκεια των γεωλογικών περιόδων υπό την επίδραση φυσικών δυνάμεων μετατράπηκε σε υγρούς και αέριους υδρογονάνθρακες.

Η ποιότητα και η ποσότητα των βασικών κλασμάτων, στα οποία περιέχονται στους διάφορους τύπους αργού πετρελαίου, είναι καθοριστικής σημασίας για τα τελικά προϊόντα, αλλά και για την επιλογή των ενδιάμεσων διεργασιών, στις οποίες πρέπει να υποβληθεί το αργό πετρέλαιο μέχρι την παραγωγή των τελικών προϊόντων.

Οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του καθορίζονται από το είδος και την αναλογία των διαφόρων συστατικών, τα οποία υπάρχουν σ' αυτά. Συγχρόνως μπορεί να γίνει διαχωρισμός μεταξύ ιδιοτήτων που αφορούν την παραγωγή, την μεταφορά, την αποθήκευση και την γενική συμπεριφορά των προϊόντων και εκείνων που είναι ενδιαφέρουσες για τον καθορισμό της παραπέρα πορείας επεξεργασίας τους (Χριστοφορίδη, 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΕΞΟΡΥΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

2.1 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων είναι ένα ολοκληρωμένο ενιαίο θερμοδυναμικό και ρευστοδυναμικό σύστημα, αποτελούμενο από τα αποταμιευτήρια στρώματα και τα αδιαπέραστα πετρώματα που το περιβάλλουν (υπόβαθρο, κάλυμμα). Ένα κοιτάσμα μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα αποταμιευτήρια στρώματα, των οποίων το πάχος μπορεί να κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα, η έκταση να είναι από μερικά εκτάρια μέχρι αρκετά τετραγωνικά χιλιόμετρα. Οι υδρογονάνθρακες βρίσκονται μέσα σε ιζηματογενή αποταμιευτήρια πετρώματα και η ηλικία τους είναι από την Κάμβριο εποχή μέχρι την Τεταρτογενή. Ειδικότερα το πετρέλαιο, τα αέρια και το μίγμα πετρέλαιο-αέρια μέσα στο κοιτάσμα μπορούν να βρίσκονται σε διάφορες μορφές εξαρτώμενες από την σύνθεση τους και τις υπάρχουσες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας

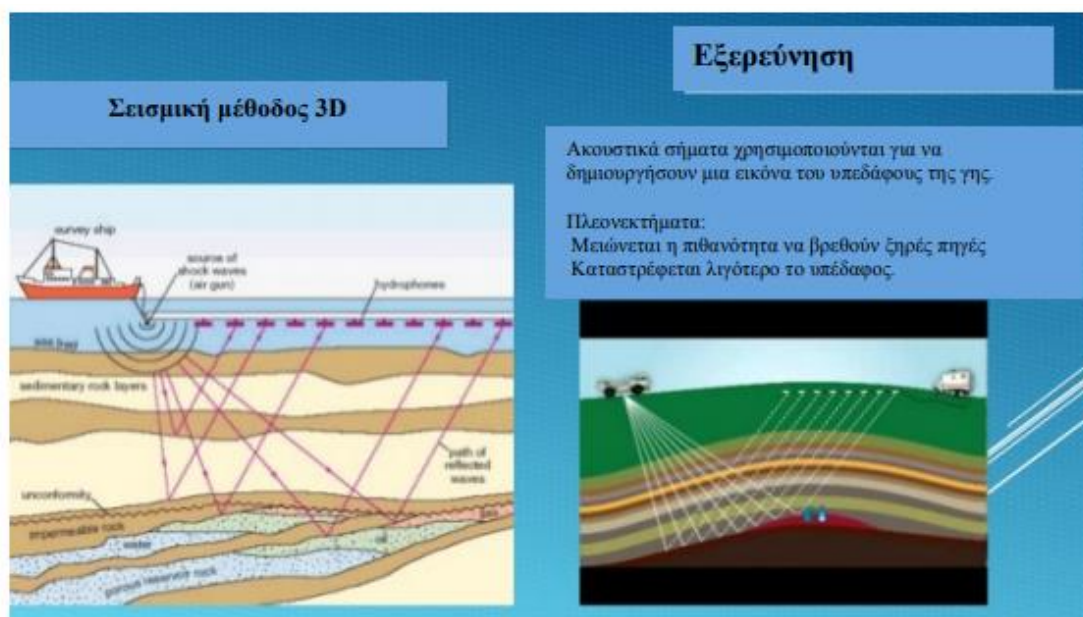
2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

Οι τεχνικές για τον εντοπισμό του φυσικού αερίου έχουν εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια με την έλευση της εξαιρετικά προηγμένης τεχνολογίας. Αρχικά ο μόνος τρόπος για τον εντοπισμό των κοιτασμάτων του φυσικού αερίου ήταν οι πιθανές ενδείξεις στις επιφάνειες υπόγειων σχηματισμών. Όμως το χαμηλό ποσοστό διαρροής κοιτασμάτων φυσικού αερίου καθιστούσε ιδιαίτερα δύσκολη τη διαδικασία της εξερεύνησης. Καθώς η ζήτηση για ορυκτά καύσιμα αυξήθηκε δραματικά τα τελευταία χρόνια, δημιουργήθηκε και η ανάγκη για πιο ακριβείς μεθόδους εντοπισμού μεγάλων κοιτασμάτων. Η έρευνα ξεκινά συνήθως από τους γεωλόγους και από την εξέταση της δομής της επιφάνειας της γης (και υποθαλάσσια) και τον καθορισμό περιοχών όπου μπορεί να υπάρχουν συσσωρεύσεις φυσικού αερίου. Μόλις μια τέτοια περιοχή καθοριστεί γίνονται περαιτέρω δοκιμές για να υπάρξουν λεπτομερή στοιχεία σχετικά με την πιθανή περιοχή κοιτάσματος (χαρτογράφηση υπόγειων πετρωμάτων).

Κύριες μέθοδοι έρευνας είναι η μαγνητική και η σεισμική. Κατά τη μαγνητική μέθοδο προσδιορίζονται διαφοροποιήσεις από την κανονική κατανομή του μαγνητικού πεδίου, που μπορούν να καθορισθούν από αεροπλάνο ή ελικόπτερο. Αναμφισβήτητο το μεγαλύτερο επίτευγμα στην εξόρυξη φυσικού αερίου ήρθε όμως

μέσα από τη χρήση της σεισμολογίας. Η σεισμολογία εστιάζει στη μελέτη του πώς η ενέργεια, με τη μορφή σεισμικών κυμάτων, κινείται μέσα από το φλοιό της γης και αλληλεπιδρά διαφορετικά με τους διάφορους τύπους των υπόγειων σχηματισμών. Η μέθοδος περιλαμβάνει την πρόκληση τεχνητών ταλαντώσεων του εδάφους, που έχουν διαφορετικό χρόνο διέλευσης για διαφορετικό πάχος στρωμάτων. Τα σεισμικά κύματα ανακλώνται μερικώς στις επιφάνειες των διαφόρων στρωμάτων και οι ταλαντώσεις που επιστρέφουν καταγράφονται από ειδικά όργανα, τα γεώφωνα. Οι πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται κατάλληλα και δίνουν πλήρη εικόνα του υπεδάφους χωρίς όμως να προσδιορίζουν αν αυτές οι δομές του υπεδάφους περιέχουν ή όχι υδρογονάνθρακες (Εικ. 5).

Αυτό μπορεί να προσδιορισθεί μόνο με γεωτρήσεις. Αυτές κατά μέσο όρο έχουν βάθος από 2.500 έως 3.000 m, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις γεωτρήσεων που φθάνουν τα 6.000 m. Η επιτυχής έκβαση αυτών (εύρεση υδρογονανθράκων) είναι της τάξεως του 10% έως 20%.



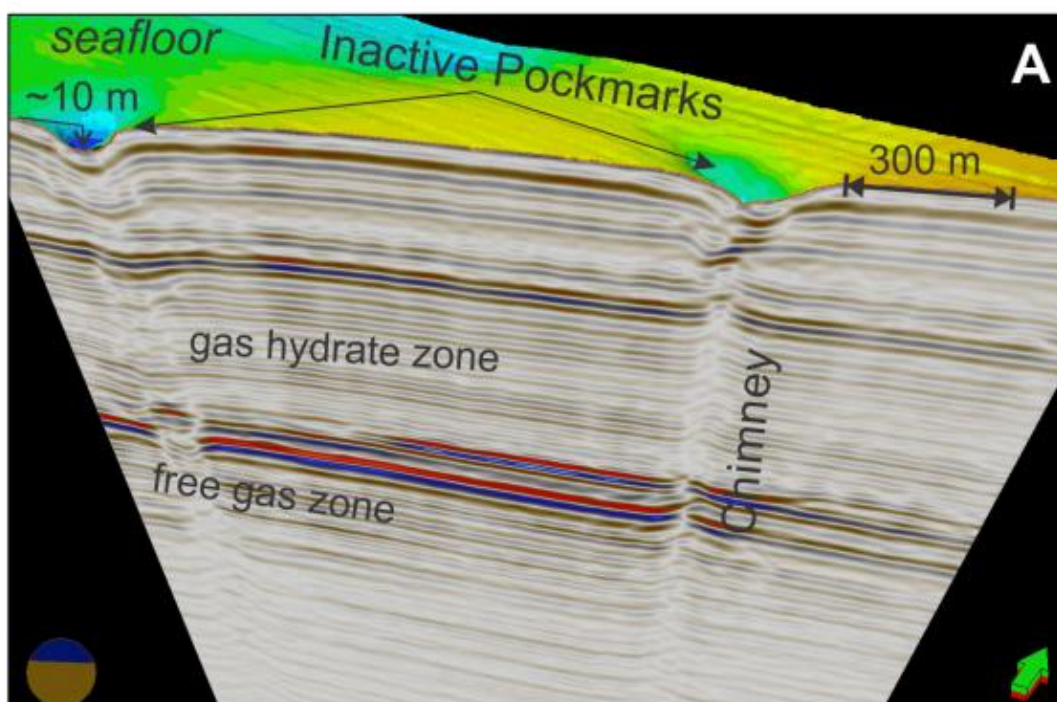
Εικόνα 5: Σεισμική μέθοδος εντοπισμού φυσικού αερίου. Πηγή:
<http://image.slidesharecdn.com/technology150308191121-conversion-gate01/95/environmenttechnology-oil-gasindustry-6-638.jpg?cb=1425841990>

Κατά την εξερεύνηση για φυσικό αέριο κάτω από τον βυθό της θάλασσας, χρησιμοποιούνται ειδικά πλοία τα οποία λαμβάνουν τα σεισμικά δεδομένα από τα σεισμικά κύματα κάτω από το νερό. Αυτά τα πλοία είναι εξοπλισμένα με υδρόφωνα

τα οποία ρυμουλκούνται πίσω από σκάφη σε διάφορα σχήματα ανάλογα με τις ανάγκες των γεωφυσικών. Αντί να χρησιμοποιούν δυναμίτη (προς αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων στο βυθό της θάλασσας) τα πλοία χρησιμοποιούν ένα μεγάλο όπλο αέρα και απελευθερώνουν ριπές πεπιεσμένου αέρα κάτω από το νερό. Έτσι δημιουργούνται σεισμικά κύματα που μπορούν να ταξιδέψουν μέσα από το φλοιό της γης και να παράγουν τις σεισμικές αντανάκλασεις που είναι αναγκαίες.

2.2.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ 3D

Μια από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις ήταν η ανάπτυξη της σεισμικής απεικόνισης σε τρεις διαστάσεις (3D) με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (Εικ. 6). Η 3D απεικόνιση χρησιμοποιεί ένα πεδίο σεισμικών δεδομένων για να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη εικόνα των υπόγειων σχηματισμών και των γεωλογικών χαρακτηριστικών. Με αυτόν τον τρόπο οι γεωφυσικοί και οι γεωλόγοι μπορούν να έχουν μια σαφή εικόνα για τη σύνθεση του φλοιού της γης σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η τεχνολογία αυτή οδήγησε στην αύξηση του ποσοστού επιτυχίας των προσπαθειών εξερεύνησης. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση, έχει εκτιμηθεί πως αυξάνεται η πιθανότητα επιτυχούς προσδιορισμού κοιτάσματος κατά 50%. (Giamouridis et al. 2011).

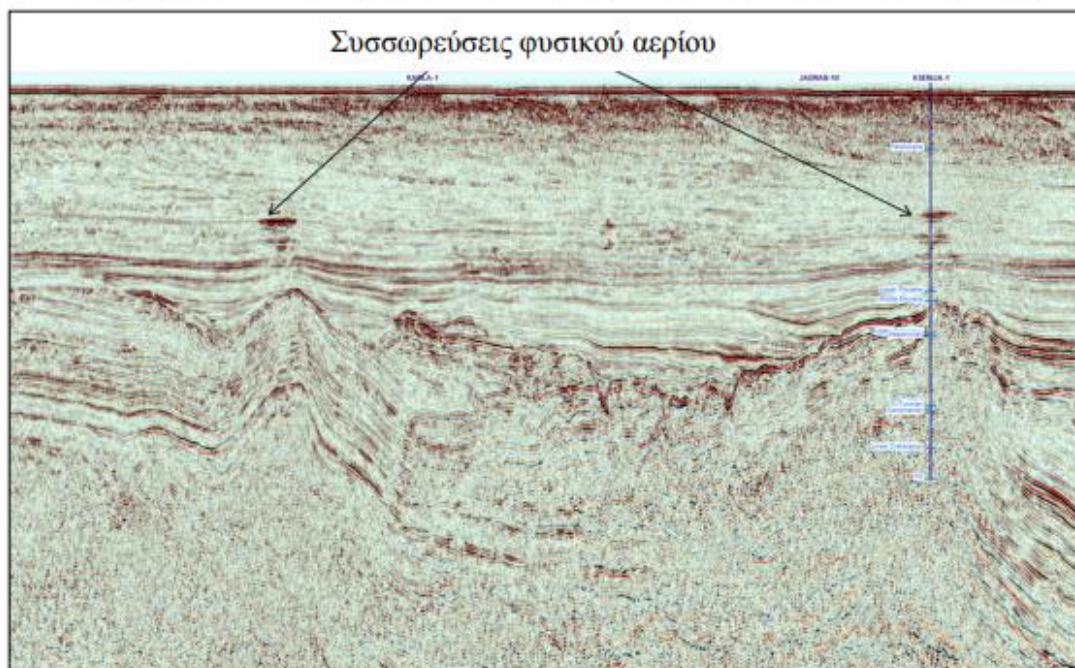


Εικόνα 6: Σεισμική απεικόνιση σε τρεις διαστάσεις (3D). Πηγή: <https://cage.uit.no/wp-content/uploads/Sediments.jpg>

Αν και αυτή η τεχνολογία είναι πολύ χρήσιμη, είναι επίσης και πολύ δαπανηρή. Για την κατασκευή των τρισδιάστατων εικόνων πρέπει να γίνει συλλογή δεδομένων από αρκετές περιοχές, σε αντίθεση με την απεικόνιση των δύο διαστάσεων η οποία απαιτεί μόνο μερικά σημεία δεδομένων. Επιπλέον η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι πολύ πιο περίπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία και γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές εξερεύνησης. Για παράδειγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί δύο διαστάσεων απεικόνιση για να καθοριστεί εάν υπάρχουν πιθανότητες παρουσίας φυσικού αερίου και η τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση να χρησιμοποιηθεί μόνο σε εκείνες τις περιοχές που εμφανίζουν τις υψηλότερες πιθανότητες.

2.2.2 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ 2D

Η σεισμική απεικόνιση δύο διαστάσεων (2D) με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή περιλαμβάνει τη δημιουργία μίας εικόνας της υπόγειας γεωλογίας (Εικ. 7). Με τη βοήθεια της τεχνολογίας των υπολογιστών μπορούμε να δημιουργήσουμε λεπτομερείς χάρτες χρησιμοποιώντας χρωματιστές γραφικές απεικονίσεις και τονίζοντας έτσι τα γεωλογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Παρόλο που η σεισμική απεικόνιση δύο διαστάσεων είναι λιγότερο πολύπλοκη και λιγότερο λεπτομερής από την τρισδιάστατη απεικόνιση, οι τρισδιάστατες τεχνικές απεικόνισης αναπτύχθηκαν πριν από τις τεχνικές των δύο διαστάσεων. Η απλούστερη τεχνική απεικόνισης των δύο διαστάσεων ήταν στην πραγματικότητα μια επέκταση της τρισδιάστατης τεχνικής και όχι το αντίστροφο. Επειδή η απεικόνιση δύο διαστάσεων είναι απλούστερη, είναι και πολύ φθηνότερη και πραγματοποιείται πιο εύκολα και πιο γρήγορα από την τρισδιάστατη απεικόνιση. Εξαιτίας αυτού, η τεχνική αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές που είναι λιγότερο πιθανό να περιέχουν κοιτάσματα φυσικού αερίου (Αχιλιάς και συν., 2011).



Εικόνα 7: Σεισμική απεικόνιση σε δύο διαστάσεις (2D). Πηγή:
<http://www.azu.hr/portals/0/Images/figure2-enggasplay.png>

2.3 ΕΞΟΡΥΞΗ

Μόλις εντοπιστεί το κοίτασμα φυσικού αερίου από την ομάδα εντοπισμού (γεωλόγοι και γεωφυσικοί), εναπόκειται σε μια ομάδα εμπειρογνομόνων γεώτρησης να φτάσουν στο σημείο όπου το φυσικό αέριο θεωρείται ότι υπάρχει. Παρά το γεγονός ότι η διαδικασία της γεώτρησης φαίνεται επίπονη και δαπανηρή, η αντίστοιχη βιομηχανία έχει αναπτύξει μια σειρά από καινοτομίες και τεχνικές, που συμβάλλουν τόσο στη μείωση του κόστους όσο και στην αύξηση της αποτελεσματικότητας μιας γεώτρησης για την εξόρυξη του φυσικού αερίου. Η απόφαση για το αν η γεώτρηση θα πραγματοποιηθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου και των οικονομικών ωφελειών που θα αποδώσει το υποτιθέμενο κοίτασμα φυσικού αερίου. Η εξόρυξη και η παραγωγή του φυσικού αερίου είναι πολύ δαπανηρή και πάντα υπάρχει ο κίνδυνος το φυσικό αέριο να μην βρεθεί.

Η ακριβής τοποθέτηση του τρυπανιού εξαρτάται κυρίως από τη φύση του σχηματισμού που θα διανοιχτεί, από τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους καθώς και από το βάθος και το μέγεθος του κοιτάσματος. Στη συνέχεια η ομάδα των γεωφυσικών προσδιορίζει τη καλύτερη θέση. Είναι απαραίτητο για την εταιρεία γεωτρήσεων να διασφαλίσει ότι πληρεί όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις, ώστε να

μπορεί νόμιμα να πραγματοποιήσει την γεώτρηση στη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει την εξασφάλιση των απαραίτητων αδειών για τις εργασίες γεώτρησης και την εγκατάσταση ενός νομικού μηχανισμού για την εξαγωγή και πώληση των φυσικών πόρων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη συγκεκριμένη περιοχή. Αν η πηγή που έχει διατηρηθεί είναι σε άμεση επαφή με κοιτάσματα φυσικού αερίου, τότε οι διαδικασίες προχωράνε ώστε η εξαγωγή του να γίνει άμεσα. Μια τέτοια πηγή χαρακτηρίζεται «παραγωγική πηγή». Αντίθετα αν τελικά η διάτρηση ήταν λανθασμένη ή αν η εκτίμηση για την ποσότητα του φυσικού αερίου δεν ήταν σωστή η πηγή χαρακτηρίζεται «ξηρή πηγή» και η περαιτέρω διαδικασία δεν προχωράει (Speight, 2014).

2.3.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ

Οι γεωτρήσεις στην επιφάνεια της γης για την εύρεση πολύτιμων φυσικών πόρων δεν είναι κάτι νέο. Στην πραγματικότητα, το σκάψιμο για την ύδρευση και την άρδευση χρονολογείται από την αρχή της ιστορίας. Στην αρχή, αυτά τα φρεάτια σκάφτηκαν με το χέρι ενώ στη συνέχεια με τη βοήθεια ακατέργαστης πέτρας ή με τη βοήθεια ξύλινων εργαλείων. Αργότερα η μεταλλουργία έφερε στο προσκήνιο τη χρήση των εργαλείων από σίδηρο και χαλκό για τις έρευνες κάτω από την επιφάνεια της γης. Η πρώτη αξιόλογη καταγεγραμμένη περίπτωση γεώτρησης στο έδαφος ήρθε περίπου γύρω στο 600 π.Χ., όταν οι Κινέζοι ανέπτυξαν μια τεχνική με βάση την οποία ξύλα από μπαμπού καλυμμένα με μεταλλικά κομμάτια χρησιμοποιήθηκαν για την διάτρηση του εδάφους. Αυτή η τεχνολογία ήταν ο πρόδρομος της «κρουστικής διάτρησης», μέθοδος που είναι ακόμη σε χρήση. Υπάρχουν δύο τύποι χερσαίας γεώτρησης (Εικ. 8).

Ο πρώτος τύπος περιλαμβάνει κρουστικό γεωτρήπανο που φέρει αιχμηρό μέταλλο για την διάνοιξη της τρύπας κάτω από την επιφάνεια της γης. Αυτός ο τύπος γεώτρησης χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις επιφανειακών κοιτασμάτων που βρίσκονται υπό χαμηλή πίεση. Η δεύτερη μέθοδος γεώτρησης είναι γνωστή ως περιστροφική διάτρηση και αποτελείται από μια περιστρεφόμενη μεταλλική κεφαλή που χρησιμοποιείται για τη διάνοιξη του φλοιού της Γης. Αυτό το είδος της γεώτρησης χρησιμοποιείται κυρίως για βαθύτερες πηγές που μπορεί να βρίσκονται κάτω από υψηλή πίεση (Hyne, 2014).



Εικόνα 8:Εγκαταστάσεις χερσαίας γεώτρησης. [36]

2.3.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ

Οι θαλάσσιες γεωτρήσεις για το φυσικό αέριο θέτουν μια σειρά από διαφορετικές προκλήσεις απ' ό,τι οι γεωτρήσεις στην ξηρά. Ο πραγματικός μηχανισμός γεωτρήσεων που χρησιμοποιούνται για να τρυπήσουν τον πυθμένα της θάλασσας είναι σχεδόν ο ίδιος σε μια χερσαία εγκατάσταση. Μια θαλάσσια γεώτρηση στο βυθό της θάλασσας μπορεί μερικές φορές να πρέπει να γίνει πολύ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ως εκ τούτου, ενώ στις χερσαίες γεωτρήσεις το έδαφος αποτελεί μια πλατφόρμα με βάση την οποία γίνεται η διάτρηση, στη θάλασσα πρέπει να κατασκευαστεί μια τεχνητή πλατφόρμα γεωτρήσεων (υπεράκτια εξέδρας γεώτρησης). Αυτή η τεχνητή πλατφόρμα μπορεί να λάβει πολλές μορφές, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι υπεράκτιων γεωτρύπανων που χρησιμοποιούνται στις θαλάσσιες γεωτρήσεις. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται αυτά που μπορούν να μετακινούνται από τόπο σε τόπο, επιτρέποντας έτσι την διεξαγωγή γεωτρήσεων σε πολλές περιοχές. Στην άλλη ανήκουν οι εξέδρες που είναι μονίμως τοποθετημένες σε μια θέση. Οι κινητές εξέδρες συχνά χρησιμοποιούνται για διερευνητικούς σκοπούς ενώ μόλις βρεθούν μεγάλα κοιτάσματα υδρογονανθράκων, κατασκευάζεται μια μόνιμη πλατφόρμα για να επιτρέψει την εξαγωγή τους.

Οι φορτηγίδες διάτρησης χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για αβαθείς γεωτρήσεις σε λίμνες, βάλτους, ποτάμια και διώρυγες. Πρόκειται για πλωτές εξέδρες, οι οποίες πρέπει να ρυμουλκούνται από τοποθεσία σε τοποθεσία. Παρόλο που είναι κατάλληλες για ρηχά, στάσιμα νερά, δεν ενδείκνυνται για συνθήκες κίνησης νερού και για ανοικτές θάλασσες. Τα αυτό - ανυψώμενα γεωτρύπανα είναι παρόμοια με τις φορτηγίδες διάτρησης με μια διαφορά. Μόλις ένα ανυψώμενο γεωτρύπανο βρεθεί στο σημείο της γεώτρησης τρεις ή τέσσερις πυλώνες ελευθερώνονται έως ότου ακουμπήσουν στο βυθό της θάλασσας. Αυτό επιτρέπει στην πλατφόρμα να ανυψωθεί και να παραμείνει πάνω από την επιφάνεια του νερού, σε αντίθεση με μια πλωτή φορτηγίδα διάτρησης. Αυτές οι εξέδρες είναι συνήθως ασφαλέστερες επειδή η εξέδρα είναι πιο πάνω από τη στάθμη του νερού.

Οι υποβρύχιες εξέδρες, επίσης κατάλληλες για ρηχά νερά, είναι σαν εξέδρες ανυψώμενων γεωτρύπανων, δεδομένου ότι έρχονται σε επαφή με τον πυθμένα της θάλασσας ή της λίμνης. Αυτό το είδος της εξέδρας έχει το πλεονέκτημα της κινητικότητας στο νερό. Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες είναι ο πιο κοινός τύπος των υπεράκτιων γεωτρύπανων που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των υποβρυχίων εξέδρων με την ικανότητα να τρυπούν σε βαθιά νερά (Εικ. 25). Σε αυτή την περίπτωση η εξέδρα δεν βυθίζεται στο βυθό της θάλασσας, είναι μερικώς βυθισμένη, αλλά εξακολουθεί να επιπλέει πάνω από το σημείο διάτρησης. Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες συγκρατούνται στη θέση τους από τις μεγάλες άγκυρες που διαθέτουν. Αυτές οι άγκυρες, σε συνδυασμό με το βυθισμένο τμήμα της εξέδρας, εξασφαλίζουν τη σταθερότητα της πλατφόρμας και την ασφάλεια για να χρησιμοποιηθεί σε υπεράκτια ύδατα (Maugeri, 2005).

Τα πλωτά γεωτρύπανα είναι πλοία που έχουν σχεδιασθεί για την εκτέλεση γεωτρήσεων και μεταφέρουν εξέδρες γεώτρησης σε τοποθεσίες μεγάλου βάθους. Ένα τυπικό πλωτό γεωτρύπανο είναι εξοπλισμένο με μια πλατφόρμα γεώτρησης και έναν πύργο γεώτρησης. Τα πλωτά γεωτρύπανα χρησιμοποιούνται συχνά για τη διάνοιξη σε πολύ βαθιά νερά, τα οποία μπορεί συχνά να μην είναι ήρεμα.

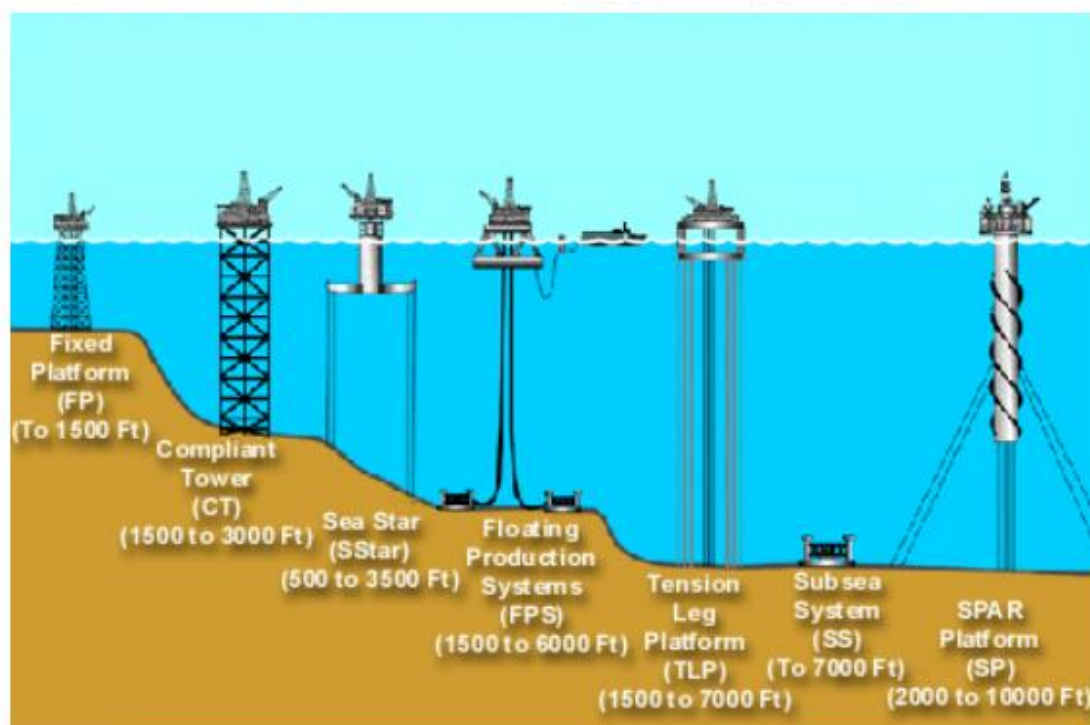


Εικόνα 9: Ημι-υποβρύχια εξέδρα. Πηγή:
http://www.cimc.com/res/products_en/ocean/rig/semi_submersible/200912/P0_20091228689673803935.jpg

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι κινητές εξέδρες χρησιμοποιούνται συνήθως για διερευνητικούς σκοπούς. Στην περίπτωση που οι διερευνητικές γεωτρήσεις βρίσκουν εμπορικά βιώσιμα κοιτάσματα φυσικού αερίου κατασκευάζεται μια μόνιμη πλατφόρμα προκειμένου να γίνει η εξόρυξη. Αυτές οι μεγάλες, μόνιμες πλατφόρμες είναι εξαιρετικά ακριβές και γενικά απαιτούν μεγάλα κοιτάσματα υδρογονανθράκων ώστε η κατασκευή τους να είναι κερδοφόρα (Εικ. 10). Το κύριο πλεονέκτημα είναι η σταθερότητά τους, καθώς είναι στερεωμένες στον πυθμένα της θάλασσας και έτσι υπάρχει περιορισμένη κίνηση σε περίπτωση ανέμου και υδάτινων δυνάμεων. Ωστόσο, αυτές οι πλατφόρμες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βαθιά νερά, γιατί απλά δεν είναι οικονομικό, να κατασκευάζονται πόδια - πυλώνες για μεγάλο βάθος νερών (Hyne, 2014).

Οι συμβατικοί πύργοι (compliant towers) (Εικ. 10) είναι πολύ σταθεροί, όπως οι πλατφόρμες. Κάθε ένας αποτελείται από ένα στενό πυλώνα, που συνδέεται σε μία βάση πάνω στον πυθμένα της θάλασσας και καταλήγει μέχρι την πλατφόρμα. Αυτός ο πυλώνας είναι ευέλικτος σε αντίθεση με τους άκαμπτους πυλώνες της σταθερής πλατφόρμας, γεγονός που επιτρέπει να χρησιμοποιείται σε πολύ βαθύτερα νερά. Η πλατφόρμα seastar (seastar platform) (Εικ. 10) αποτελείται από μια πλωτή εξέδρα,

σαν τον τύπο ημι-υποβρύχιας εξέδρας. Οι πυλώνες που διαθέτει διατηρούνται υπό σταθερή τάση και δεν επιτρέπουν οποιαδήποτε προς τα επάνω ή προς τα κάτω κίνηση της. Η ευελιξία της επιτρέπει την πλευρική κίνηση και γι' αυτό θεωρείται ανθεκτική στην δύναμη του ωκεανού και του ανέμου. Οι πλατφόρμες seastar χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρότερα κοιτάσματα που βρίσκονται σε βαθιά νερά, όταν δεν είναι οικονομικό να κατασκευαστεί μια μεγαλύτερη πλατφόρμα.



Εικόνα 10: Μόνιμες εξέδρες. Πηγή:

http://naturalgas.org/wpcontent/uploads/2013/09/offshore_drill_platform.gif

Τα υποθαλάσσια συστήματα παραγωγής (Subsea System) είναι κατασκευές που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας και όχι στην επιφάνεια της θάλασσας. Το φυσικό αέριο εξάγεται στο βυθό, και στη συνέχεια συνδέεται σε μια ήδη υπάρχουσα πλατφόρμα παραγωγής. Γίνεται η διάτρηση του κοιτάσματος από μία κινητή εξέδρα και αντί για την κατασκευή μιας πλατφόρμας παραγωγής για αυτό το κοιτάσμα, το εξαγόμενο φυσικό αέριο μεταφέρεται με σωλήνες σε μια κοντινή πλατφόρμα παραγωγής. Αυτό επιτρέπει σε μια πλατφόρμα παραγωγής να εξυπηρετεί πολλά κοιτάσματα σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή. Αυτά τα υποθαλάσσια συστήματα δεν έχουν την ικανότητα γεώτρησης αλλά μόνο την ικανότητα εξαγωγής και μεταφοράς (Maugeri, 2005).

Οι spar πλατφόρμες (spar platforms) (Εικ. 10) είναι από τις μεγαλύτερες εξέδρες που χρησιμοποιούνται σε ανοικτή θάλασσα. Αυτές οι τεράστιες πλατφόρμες αποτελούνται από ένα μεγάλο κύλινδρο που υποστηρίζει μια τυπική σταθερή εξέδρα. Ο κύλινδρος δεν εκτείνεται σε όλη τη διαδρομή προς το θαλάσσιο πυθμένα, αλλά είναι συνδεδεμένος με το πυθμένα με μια σειρά καλωδίων και σωληνώσεων. Ο μεγάλος κύλινδρος εξυπηρετεί στο να σταθεροποιεί την πλατφόρμα μέσα στο νερό και να επιτρέπει την κίνηση της απορροφώντας τη δύναμη των τυφώνων (Egin, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ

Η χρήση των προϊόντων που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα έχει σαν αναπόφευκτο αποτέλεσμα την έκλυση ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία συνεισφέρουν στην παγκόσμια υπερθέρμανση και στην συνακόλουθη κλιματική αλλαγή. Αναγνωρίζουμε ότι τα καύσιμα που περιέχουν άνθρακα, δηλαδή τα προϊόντα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, σήμερα καλύπτουν το 80% των πρωτογενών ενεργειακών αναγκών, και για τα επόμενα 30 – 40 χρόνια θα αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή για την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Ως εκ τούτου, οι εταιρείες που παράγουν ενέργεια, έχουν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά τη συνεισφορά τους στη διαμόρφωση πολιτικών, οικονομικών εξελίξεων, στην ανάπτυξη και εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα τεχνολογικών και εμπορικών λύσεων, τόσο για τα ορυκτά καύσιμα όσο και για άλλες πηγές ενέργειας.

Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής ως παγκόσμιου φαινομένου, που ξεπερνά τα φυσικά ή πολιτικά σύνορα, απαιτεί τη συνεργασία και δέσμευση της παγκόσμιας κοινότητας, όπως αυτή εκφράζεται μέσω των κρατών, των διαφόρων διεθνών και τοπικών οργανισμών, των εταιρειών και βιομηχανιών, αλλά και των καταναλωτών σε όλα τα επίπεδα. Η χαρτογραφική απεικόνιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπικό επίπεδο αποτελεί ένα εργαλείο για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Η κυβερνητική πολιτική και η θέσπιση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας πρέπει να γίνεται με γνώμονα την αγορά δηλαδή να στοχεύει στην ενθάρρυνση της εφαρμογής των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνολογιών.

Οι διεθνείς προδιαγραφές εφαρμόζονται από τις εθνικές αρχές μέσω του πρωτογενούς (αστικού) δικαίου. Αυτό συχνά υποστηρίζεται από ένα σύνολο υποδεέστερων κανονισμών και κατευθυντήριων γραμμών τα οποία παρέχουν πιο λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με ειδικές απαιτήσεις. Τυπικά, οι παράγοντες που απαιτούνται για την αποτελεσματική εφαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας περιλαμβάνουν:

- κατάλληλες διεθνείς και εθνικές νομοθετικές, κανονιστικές και κατευθυντήριες γραμμές

- νομοθεσία με σαφώς καθορισμένες αρμοδιότητες και κατάλληλες υποχρεώσεις
- συνεκτικές διαδικασίες για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα έργα / δραστηριότητες
- εκτελεστές προδιαγραφές για τις πράξεις
- κατάλληλες διαδικασίες και πρωτόκολλα παρακολούθησης
- εκθέσεις επιδόσεων
- επαρκή χρηματοδότηση και επιβολή κινήτρων
- εποπτικές αρχές
- ύπαρξη επαρκούς διαβούλευσης και διαδικασίες προσφυγής
- κυρώσεις και πολιτική βούληση για την επιβολή τους.

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για την ποιότητας ατμόσφαιρας και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με τις αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, απαιτεί τη συστηματική παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών. Η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στους ανθρώπους, στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του, περιγράφεται ως ατμοσφαιρική ρύπανση. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτεί να γνωρίζουμε, τα αίτια, τη σύσταση και τις επιπτώσεις που επιφέρει στο περιβάλλον. Σήμερα η ελληνική νομοθεσία έχει εναρμονιστεί με την αντίστοιχη Ευρωπαϊκή όσο αναφορά τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ρύπων, την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και της κλιματικής αλλαγής για τη προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλον.

3.1.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους που σχετίζονται με τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου (όπως, διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του αζώτου, όζον, μονοξείδιο του άνθρακα)

εναρμονισμένα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων (Πίνακας 3).

Πίνακας 1: Νομοθετημένα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας

 Ozone	Όρια: ενημέρωσης κοινού 180 mg/m ³ - συναγερμού 240 mg/m ³ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση
 Nitrogen Dioxide	Όρια: ενημέρωσης συναγερμού 400 mg/m ³ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση
 Sulfur Dioxide	Όρια: ενημέρωσης συναγερμού 500 mg/m ³ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση
 Sulfur Dioxide	Όριακή τιμή 125 mg/m ³ (να μην υπερβαίνεται από 3 φορές το έτος) Οι μετρήσεις γίνονται σε 24ωρη βάση
 Carbon Monoxide	Όριακή τιμή 10 mg/m ³ Οι μετρήσεις γίνονται σε 8ωρη βάση
 Particulate Matter	Όριακή τιμή 50 mg/m ³ να μην υπερβαίνει περισσότερες από 35 φορές το έτος Οι μετρήσεις γίνονται σε 24ωρη βάση

Πηγή: (<http://www.ypeka.gr/>)

Οι κυριότερες Νομοθετικές ρυθμίσεις που έχουν εκδοθεί στην Ελλάδα και αφορούν ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι οι παρακάτω:

- Εναρμόνιση της Οδηγίας 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 1999/30/ΕΚ για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μόλυβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ125/Α/ 5-6-02).

- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/69/EK για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405B/27.2.05).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2002/3/EK σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334B/21.9.05).
- Εναρμόνιση της Οδηγίας 2004/107/EK σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/E103, ΦΕΚ 920B/8.6.07).
- Οδηγία 2008/50/EK για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, η οποία συσσωματώνει την 96/62/EK και τις τρεις θυγατρικές της (1999/30/EK, 2000/69/EK και 2002/3/EK), όπως και την απόφαση 97/101/EK για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα.

Η σύσταση των αέριων εκπομπών της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων, στην Ελλάδα αναμένεται να παρουσιάζει σημαντικό ποσοστό σε H₂S λόγω των ηφαιστειογενών πετρωμάτων, όπως το κοιτάσμα του Πρίνου στο κόλπο της Καβάλας, όπου η μέση περιεκτικότητα του ρευστού σε H₂S είναι σημαντική. Επομένως υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου, οι οποίες περιλαμβάνονται στην απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης με ΦΕΚ 125Α/5-6-2002 και παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Οριακές τιμές του διοξειδίου του θείου (ΦΕΚ 125Α/5-6-2002)

	Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης προς την οριακή τιμή
Οριαία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	1 ώρα	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές ανά ημερολογιακό έτος	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43%) κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας Οδηγίας μειούμενο από 1ης Ιανουαρίου 2001 και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό ώστε να φθάσει το 0 % την 1η Ιανουαρίου 2005	1η Ιανουαρίου 2005.
Ημερήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 3 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Κανένα	1η Ιανουαρίου 2005
Οριακή τιμή για την προστασία των οικοσυστημάτων	Ημερολογιακό έτος χειμώνα (1η Οκτωβρίου έως 31 Μαρτίου)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Κανένα	19 Ιουλίου 2001

Το όριο συναγερού για το διοξείδιο του θείου είναι 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μετρούμενο επί τρεις συνεχείς ώρες σε αντιπροσωπευτικές για τη ποιότητα αέρα θέσεις σε περιοχή έκτασης τουλάχιστον σε 100 km^2 . Σύμφωνα όμως με τα όρια που προβλέπονται στη Κ.Υ.Α. Η.Π. 14122/549/Ε 103/2011 με θέμα, «Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής ένωσης της 21ης Μαΐου 2008, πρέπει να λαμβάνονται ανώτερα και τα κατώτερα όρια εκτίμησης SO_2 (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Ανώτερα και κατώτερα όρια εκτίμησης SO_2 του τμήματος Α' του παραρτήματος II

	Προστασία της υγείας	Προστασία της βλάστησης
Ανώτερο όριο εκτίμησης	60% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	60% του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	40% του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου (8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Συγκεκριμένα το Άρθρο 5 (Εκτίμηση Ποιότητας Ατμοσφαιρικού Αέρα) αναφέρει ότι: «όσον αφορά το διοξείδιο του θείου, ισχύουν τα ανώτερα και κατώτερα όρια

εκτίμησης του τμήματος Α' του παραρτήματος ΙΙ (πίνακας 5), ωστόσο, η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος μπορεί να αναθεωρεί τις κατατάξεις συχνότερα σε περιπτώσεις σημαντικών μεταβολών των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις συγκεντρώσεις, στον περιβάλλοντα αέρα, διοξειδίου του θείου» [14] . Τα όρια συναγερμού για το διοξείδιο του θείου και του αζώτου ελέγχονται σε αντιπροσωπευτικές για τη ποιότητα αέρα θέσεις, σε περιοχή έκτασης τουλάχιστον σε 100 km², με αποτέλεσμα οι υπεράκτιες (εξέδρες παραγωγής αργού πετρελαίου) αλλά και οι χερσαίες εγκαταστάσεις του Πρίνου οι οποίες βρίσκονται περίπου 8 χιλιόμετρα δυτικά της ακτής Πρίνου της νήσου Θάσου και 18 χιλιόμετρα νότια της πόλης της Καβάλας, να είναι υποχρεωμένες εφαρμογής των ορίων αέριων εκπομπών σχετικά με τη ποιότητα της ατμόσφαιρας στα οποία έχουμε αναφερθεί αλλά και περιέχονται στην Ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία σχετικά με τη διασφάλιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας.

3.1.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ-ΑΕΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα αέρια του θερμοκηπίου παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα της Γης, ακριβώς όπως το γυαλί στο θερμοκήπιο κρατά ζεστό αέρα στο εσωτερικό. Σήμερα η ανθρώπινη δραστηριότητα αυξάνει την ποσότητα των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αυξάνοντας παράλληλα τη θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης, κυρίως από την καύση ορυκτών φυσικών πόρων, με αποτέλεσμα η στάθμη της θάλασσας να αυξάνεται και οι πάγοι της Αρκτικής να λιώνουν. Αυτό έχει ως συνέπεια αλλαγές στο κλίμα, όπως πιο έντονες καταιγίδες και κύματα καύσωνα. Όλα αυτά έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, την οικονομία και την ανθρώπινη υγεία (Government of Canada, Environment of Climate Change, 2016).

Η Ελλάδα ως ισότιμο μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης εναρμονίζεται με τις αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου. Στη σύνοδό του στις 23-24 Οκτωβρίου 2014, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο συμφώνησε σχετικά με το στρατηγικό πλαίσιο για το κλίμα και την ενέργεια έως το 2030 για την ΕΕ. Το Συμβούλιο καθόρισε σημαντικούς στόχους όπως:

- μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% τουλάχιστον έως το 2030, σε σύγκριση με το 1990. Ο στόχος αυτός αναφέρεται σε έξι αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου, υδροφθοράνθρακες, πλήρως φθοριομένοι υδρογονάνθρακες και εξαφθοριούχο θείο)

- κατανάλωση τουλάχιστον κατά 27% ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το 2030
- βελτίωση τουλάχιστον κατά 27% της ενεργειακής απόδοσης το 2030 (European Commission, 2016)

Ένας από τους μηχανισμούς που αναμένεται να συμβάλλει στην επίτευξη του δεσμευτικού στόχου της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου είναι το σύστημα «εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου» που καθιερώθηκε με την Οδηγία 2003/87/EK. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός αποτελεί εκπλήρωση των δεσμεύσεων της Κοινότητας και των κρατών μελών της, ώστε να μειώσουν τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, βάσει του πρωτοκόλλου του Κιότο (σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών) για τις κλιματικές μεταβολές, το οποίο εγκρίθηκε με την απόφαση 2002/358/EK του Συμβουλίου, της 25ης Απριλίου 2002. Σύμφωνα με το Άρθρο 6 «Προϋποθέσεις και περιεχόμενο της άδειας» της Οδηγίας 2003/87/EK η αρμόδια αρχή εκδίδει άδεια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου με την οποία επιτρέπονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από ολόκληρη την εγκατάσταση ή τμήμα της, εφόσον κρίνει ότι ο φορέας εκμετάλλευσης είναι ικανός να παρακολουθεί τις εκπομπές και να υποβάλλει εκθέσεις γι' αυτές. Κάθε κράτος μέλος αποφασίζει τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων που θα κατανείμει για την εν λόγω περίοδο στο φορέα εκμετάλλευσης της κάθε εγκατάστασης (άρθρο11) (European Commission, 2009).

Η Επιτροπή καθορίζει κατευθυντήριες γραμμές για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 23 παράγραφος 2, έως τις 30 Σεπτεμβρίου 2003, οι εκθέσεις περί των εκπομπών, που απαιτούνται βάσει της εκδιδόμενης άδειας εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, φυλάσσονται από την αρμόδια αρχή και τίθενται στη διάθεση του κοινού από την εν λόγω αρχή, με την επιφύλαξη των περιορισμών του άρθρου 3 παράγραφος 3 και του άρθρου 4 της οδηγίας 2003/4/EK (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2003).

Βάση της Οδηγίας 2003/87/EK καταρτίστηκε το εθνικό σχέδιο κατανομής δικαιωμάτων για την περίοδο 2005-2007 και εγκρίθηκε με την ΚΥΑ 36028/1604/2006(ΦΕΚ 1216/Β'/01.09.2006), ενώ αυτό της περιόδου 2008-2012 με την ΚΥΑ 52115/2970/Ε103/2008 (ΦΕΚ 2575/Β'/19.12.2008). Μέχρι το τέλος του

2012 είχε δημοσιευθεί ο Εθνικός Κατάλογος Κατανομής Δικαιωμάτων σε Σταθερές Εγκαταστάσεις (ΕΚΚΣΕ), ενώ ο προσωρινός ΕΚΚΣΕ για τη περίοδο 2013-2020 ετοιμάστηκε σύμφωνα με την 2011/278/ΕΕ Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Κάθε κράτος μέλος οφείλει να μειώσει, έως το 2020, τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά το ποσοστό που του καθορίζεται στο παράρτημα ΙΙ της ανωτέρας απόφασης, σε σχέση με τις εκπομπές του κατά το έτος 2005. Η Ελλάδα θα πρέπει να μειώσει σε ποσοστό 4% των εκπομπών σύμφωνα με τη παραπάνω απόφαση. Επίσης, σύμφωνα με το Άρθρο 6 απαιτείται υποβολή εκθέσεων, αξιολόγηση της προόδου, τροποποιήσεις και ανασκόπηση των ετήσιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίων που είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής του άρθρου 3 «Επίπεδα εκπομπών για την περίοδο 2013-2020». Στο Άρθρο 9 της οδηγίας 2009/29/ΕΚ «Κοινοτική ποσότητα δικαιωμάτων» η κοινοτική ποσότητα των εκχωρητέων κάθε χρόνο δικαιωμάτων, αρχής γενομένης από το 2013 μειώνεται γραμμικά με βάση τον μέσο όρο της περιόδου 2008 έως 2012. Συγκεκριμένα η ποσότητα μειώνεται κατά γραμμικό συντελεστή 1,74 %, σε σύγκριση με τη μέση ετήσια συνολική ποσότητα των δικαιωμάτων που είχαν εκχωρήσει τα κράτη μέλη, για την περίοδο 2008 έως 2012 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009).

Στο Άρθρο 10 της οδηγίας 2009/29/ΕΚ «Πλειστηριασμός δικαιωμάτων» αναφέρεται ότι από το 2013 και μετά, τα κράτη μέλη μπορούν να θέτουν σε πλειστηριασμό όλα τα δικαιώματα τα οποία δεν κατανέμονται δωρεάν, αποκομίζοντας έτσι σημαντικά έσοδα από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων. Ένας από σκοπούς των εσόδων είναι η ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενεργείας, με στόχο την τήρηση της δέσμευσης της ΕΕ για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενεργείας σε ποσοστό 20% έως το 2020, καθώς και την ανάπτυξη άλλων τεχνολογιών που συμβάλλουν στη μετάβαση προς μια ασφαλή και βιώσιμη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα και τη συμβολή στην τήρηση της δέσμευσης της Κοινότητας, για αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% μέχρι το 2020. Όσο αναφορά για τις καθ' υπέρβαση εκπομπές που σχετίζεται με δικαιώματα που εκχωρούνται από την 1η Ιανουαρίου 2013 και μετά το πρόστιμο αυξάνεται σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό δείκτη τιμών καταναλωτή. Κάθε χρόνο, κάθε κράτος μέλος μπορεί να μεταβιβάζει σε άλλο κράτος μέλος το αχρησιμοποίητο τμήμα της ετήσιας ποσότητας που ισούται με το 3 % αφού πληροί τις προϋποθέσεις που περιγράφονται στην συγκεκριμένη απόφαση (European Commission, 2016). Τη τρέχουσα περίοδο είναι υπό-διαπραγματεύση στην

ΕΕ η 4η φάση του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (για την περίοδο 2021-2030). Το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ (EU ETS) αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και βασικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών βιομηχανικών αερίων του θερμοκηπίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Είναι το πρώτο (και εξακολουθεί να είναι μακράν το μεγαλύτερο) διεθνές σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (ETS) της ΕΕ, αφού καλύπτει πάνω από 11.000 σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανικές εγκαταστάσεις σε 31 χώρες. Μετά από κάθε χρονιά, η κάθε εταιρεία πρέπει να υποβάλλει στην αρμόδια αρχή αρκετά δικαιώματα ώστε να καλύπτονται όλες οι μελλοντικές εκπομπές της, διαφορετικά της επιβάλλονται μεγάλα πρόστιμα. Αντίθετα αν μια εταιρεία μειώνει τις εκπομπές της, μπορεί να κρατήσει εφεδρικά τα δικαιώματα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί, ως αποζημίωση για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών της ή αλλιώς μπορεί να τα πωλήσει σε μια άλλη εταιρεία η οποία έχει μικρό αριθμό δικαιωμάτων. Η ευελιξία της διαπραγμάτευσης των δικαιωμάτων εξασφαλίζει ότι η μείωση των εκπομπών, κοστίζει λιγότερο αρκεί οι εταιρείες να το πράξουν (European Commission, 2016).

Το κοινοτικό σύστημα εμπορίας ξεκίνησε την 1η Ιανουαρίου 2005 και κάλυπτε εκπομπές μόνο διοξειδίου του άνθρακα από μεγάλες σταθερές πηγές. Η πρώτη φάση ολοκληρώθηκε το 2007 ενώ η δεύτερη αφορά την περίοδο 2008-2012 και η τρίτη φάση αφορά τα έτη 2013-2020. Συνοψίζοντας οι σχετικές Οδηγίες της ΕΕ σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου είναι οι εξής: 2003/87/ΕΕ, 2004/101/ΕΕ (Πρωτόκολλο του Κιότο), 2008/101/ΕΕ (ένταξη των αεροπορικών δραστηριοτήτων στο σύστημα εμπορίας), 2009/29/ΕΕ (βελτίωση και επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων) (Legislation Government UK, 2016).

Οι ετήσιες απογραφές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αερίων αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής μιας χώρας, διότι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη των εθνικών εκπομπών ανά έτος και συνεισφέρουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων μέτρων που σχετίζονται με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η ακριβής και πραγματική δήλωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τον φορέα εκμετάλλευσης στις σχετικές εκθέσεις είναι θεμελιώδους σημασίας για την εφαρμογή της οδηγίας 2003/87/ΕΚ. Ο κανονισμός με αριθμό 600/2012

(περιλαμβάνει 78 άρθρα) της ευρωπαϊκής επιτροπής ενισχύει τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται για την επαλήθευση των εκθέσεων που αφορούν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και τα τονοχιλιόμετρα αλλά και τη διαπίστευση των ελεγκτών. Η παρακολούθηση και η υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατ' εφαρμογή της οδηγίας 2003/87/EK θεωρείται πολύ σημαντική, για αυτό το λόγο θεσπίστηκε ο κανονισμός με αριθ. 601/2012 (77 άρθρα) ώστε να περιγράφει ο τρόπος κατάταξης των εγκαταστάσεων και των ροών πηγής, να γίνεται ο καθορισμός των βασικών μεθοδολογιών παρακολούθησης, να οριστούν τα κριτήρια επιλογής της μεθοδολογίας παρακολούθησης όπως και οι συντελεστές υπολογισμού εκπομπών, (οι οποίοι μπορούν είτε να έχουν προκαθορισμένη τιμή είτε να προσδιορίζονται από εργαστηριακή ανάλυση), να ληφθούν υπόψη οι πηγές αβεβαιότητας ώστε τελικά να διασφαλίζεται η ποιότητα των δεδομένων[24,25] .

Στο τομέα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων οι μηχανές καύσεις που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας αποτελούν σημαντική πηγή αέριων εκπομπών. Η ΕΕ έχει θεσπίσει ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για τη λειτουργία τους το οποίο εφαρμόζεται στην Ελληνική επικράτεια και περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

3.1.3 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

Οι Μονάδες Καύσης θεωρούνται σημαντικές, πρωτογενείς πηγές των ατμοσφαιρικών εκπομπών, που προκύπτουν από τις λειτουργίες του μηχανολογικού εξοπλισμού των εγκαταστάσεων εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων στα κοιτάσματα του Πρίνου είναι 17,67 MW ισχύ με δυνατότητα παραγωγής αργό πετρέλαιο ποσότητας 27.000 (bbl/d), φυσικό αέριο: 333.000 (Nm³/d).και θείο: 478 (MT/d) [26]. Οι συγκεκριμένες μονάδες δεν έχουν συνολική θερμική ισχύ μεγαλύτερη από 50MW και υπάγονται στη Οδηγία 2010/75/ΕΕ όπως έχει συμπεριληφθεί στο εθνικό δίκαιο με την ΚΥΑ 36060/1155/Ε.103/2013. Για την καπνοδόχο των λεβήτων παραγωγής ατμού με καύσιμο φυσικό αέριο , από 1η Ιανουαρίου 2016 ισχύουν τα παρακάτω :

- Εκπομπές NO_x (μετρούμενες ως NO₂) : 100mg/Nm³
- Εκπομπές SO₂ : 35mg/Nm³
- Εκπομπές σκόνης : 5 mg/Nm³
- Εκπομπές CO: 100 mg/Nm³

Λοιπές μονάδες και διατάξεις :

- Αεριοστρόβιλοι : Εκπομπές NO_x (μετρούμενες ως NO₂) στις εξόδους των καπνοδόχων : 200 mg/Nm³ . Η οριακή τιμή αφορά μηνιαίες τιμές με βάση τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας σε συνθήκες ISO σε φορτίο πλέον του 70%.
- Λοιπές μονάδες καύσης (στις εξόδους των καπνοδόχων, καύσιμο φυσικό αέριο, περιεκτικότητα σε O₂ 3% μέσες μηνιαίες τιμές :
 - Εκπομπές NO_x (μετρούμενες ως NO₂) : 300 mg/Nm³
 - Εκπομπές SO₂ : 35mg/Nm³
- Καπνοδόχος συγκροτήματος ανάκτησης θείου :
 - Εκπομπές υδρόθειου (H₂S) : 10 mg/Nm³
- Μονάδα κοκκοποίησης θείου :
 - Εκπομπές σωματιδίων : 150 mg/Nm³ (1180/81 - ΦΕΚ 293Α) (ΥΠΕΚΑ, 2013)

Γενικά η Οδηγία 2010/75/ΕΕ περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης) εφαρμόζεται σήμερα σε όλες τις εγκαταστάσεις. Το άρθρο 30 «Οριακές τιμές εκπομπών» αναφέρει ότι όλες οι άδειες για εγκαταστάσεις με μονάδες καύσης οι οποίες δεν καλύπτονται από την παράγραφο 2 (δηλαδή νέες εγκαταστάσεις) περιλαμβάνουν όρους με τους οποίους εξασφαλίζεται ότι οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα από τις εν λόγω μονάδες δεν υπερβαίνουν τις οριακές τιμές εκπομπών που καθορίζονται στο μέρος 2 του Παραρτήματος V. Οι οριακές τιμές εκπομπών υπολογίζονται σε θερμοκρασία 273,15 K, πίεση 101,3 kPa και αφού διορθωθούν για τους περιεχόμενους στα απαέρια υδρατμούς, εξαιρουμένων των αεριοστρόβιλων και των αεριοκίνητων μηχανών που χρησιμοποιούν υγρά και αέρια καύσιμα (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2010). Για παράδειγμα οι οριακές τιμές εκπομπών SO₂ (mg/Nm³) για μονάδες καύσης που χρησιμοποιούν στερεά ή υγρά καύσιμα εξαιρουμένων των αεριοστρόβιλων και των αεριοκίνητων μηχανών με συνολική θερμική ισχύ ίση με 50MW είναι 350 mg/Nm³ (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Οριακές τιμές εκπομπών SO₂ (mg/Nm³) για μονάδες καύσης που χρησιμοποιούν στερεά ή υγρά καύσιμα

Συνολική ονομαστική θερμική ισχύς (MW)	Άνθρακας και λιγνίτης και άλλα στερεά καύσιμα	Βιομάζα	Τύρφη	Υγρά καύσιμα
50-100	400	200	300	350
100-300	200	200	300	200
> 300	150 200 στην περίπτωση καύσης σε κυκλοφορούσα ή υπό πίεση ρευστο-στερεά κλίνη	150	150 200 στην περίπτωση καύσης σε ρευστο-στερεά κλίνη	150

Ενώ οι οριακές τιμές εκπομπών SO₂ (mg/Nm³) για μονάδες καύσης που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα εξαιρουμένων των αεριοστρόβιλων και των αεριοκίνητων μηχανών, είναι 35 mg/Nm³ (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Οριακές τιμές εκπομπών SO₂ (mg/Nm³) για μονάδες καύσης που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα

Γενικά	35
Υγροποιημένο αέριο	5

Η Οδηγία 2010/75 στο άρθρο 32 «Μεταβατικό σχέδιο» αναφέρει ότι το ανώτατο όριο για το έτος 2016 υπολογίζεται βάσει των σχετικών οριακών τιμών εκπομπών που ορίζονται στα Παραρτήματα III έως VII της Οδηγίας 2001/80/EK ή, κατά περίπτωση, βάσει των ποσοστών αποθείωσης του Παραρτήματος III της Οδηγίας 2001/80/EK με εξαίρεση τους αεριοστρόβιλους. Τα ανώτατα όρια για τα έτη 2017 και 2018 υπολογίζονται με γραμμική μείωση των ανώτατων ορίων μεταξύ 2016 και 2019. Επιπλέον η Οδηγία 2010/75/EE καταργεί από την 1η Ιανουαρίου 2016 την Οδηγία 2001/80/EK για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ρύπων που προέρχονται από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης (ΥΠΕΚΑ, 2016).

Επίσης η αρμόδια αρχή οφείλει να καθορίζει οριακές τιμές εκπομπών που διασφαλίζουν, ότι οι εκπομπές υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν υπερβαίνουν τα επίπεδα εκπομπών που συνδέονται με τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (BAT), όπως καθορίζονται στις αποφάσεις για τα συμπεράσματα BAT, που αναφέρονται στο άρθρο 13 παράγραφος 5 της οδηγίας 2010/75/EE. Παρεκκλίσεις προβλέπονται μόνο στις περιπτώσεις που το κόστος της επίτευξης επιπέδων εκπομπών που συνδέονται με τις BAT είναι δυσανάλογα υψηλό σε σύγκριση με τα περιβαλλοντικά οφέλη, λόγω

της γεωγραφικής θέσης, των τοπικών περιβαλλοντικών συνθηκών ή των τεχνικών χαρακτηριστικών της οικείας εγκατάστασης. Οι περιλαμβανόμενες στις άδειες απαιτήσεις παρακολούθησης που αναφέρονται στο άρθρο 14 παράγραφος 1 στοιχείο (γ) της οδηγίας πρέπει να στηρίζονται στα συμπεράσματα επί της παρακολούθησης, όπως περιγράφονται στα συμπεράσματα ΒΔΤ (άρθρο 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 2010/75/ΕΕ) (ΥΠΕΚΑ, 2016) .

Οι αρχές ουσιαστικά, νομοθετούν ,ελέγχουν και θεσπίζουν τα επιτρεπτά όρια των αέριων ρύπων στις μηχανές καύσης των βιομηχανικών εγκαταστάσεων λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα των ΒΔΤ. Ένας από τους βασικούς στόχους της οδηγίας είναι οι οριακές εκπομπές να μειωθούν τα επόμενα χρόνια μέσα από την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών. Σήμερα υπάρχει πρόταση σε διαβούλευση για οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων και την τροποποίηση της οδηγίας 2003/35/ΕΚ (Πίνακας 6). Είναι ξεκάθαρο ότι η πολιτική της Ευρωπαϊκής ένωσης είναι η μείωση όλων των σημαντικών αέριων ρύπων και όχι μόνο των αέριων των θερμοκηπίου αναδεικνύοντας το πόσο σημαντικό είναι ο έλεγχος και η παρακολούθηση των αέριων εκπομπών των μονάδων καύσεων αλλά και όλων των διεργασιών που εμπλέκονται στην εξερεύνηση και παραγωγή υδρογονανθράκων.

Πίνακας 6: Εθνικές δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών

Κράτος μέλος	Μείωση SO ₂ σε σύγκριση με το 2005		Μείωση NO _x σε σύγκριση με το 2005		Μείωση VOC εκτός του μεθανίου σε σύγκριση με το 2005	
	Για τα έτη μεταξύ 2020 και 2029	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα	Για τα έτη μεταξύ 2020 και 2029	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα	Για τα έτη μεταξύ 2020 και 2029	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα
Ελλάδα	74%	92%	31%	72%	54%	67%
Κράτος μέλος	Μείωση NH ₃ σε σύγκριση με το 2005		Μείωση PM _{2,5} σε σύγκριση με το 2005		Μείωση CH ₄ σε σύγκριση με το 2005	
	Για τα έτη μεταξύ 2020 και 2029	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα	Για τα έτη μεταξύ 2020 και 2029	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα	Για τα έτη από το 2030 και έπειτα
Ελλάδα	7%	26%	35%	72%		40%

Πηγή:

(http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/com2013_920/COM_2013_920_F1_ANNE X%20EL.pdf)

Ο τομέας εξόρυξης και παραγωγής των υδρογονανθράκων αναμένεται να αναπτυχθεί τα επόμενα χρόνια, οπότε αναμένεται να αυξηθούν τα ποσοστά των εκπομπών συμμετοχής του στις συνολικές Εθνικές εκπομπές. Λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές δεσμεύσεις της Ελλάδος για μείωση των αέριων εκπομπών θα απαιτηθεί εφαρμογή νέων τεχνολογιών από τις εταιρείες εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων ώστε να ανταποκριθούν στη πολιτική που πρόκειται να εφαρμοσθεί, επιβαρύνοντας το κόστος κατασκευής των εγκαταστάσεων και τη λειτουργίας τους.

3.1.4 ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Γενικά η ελληνική και η ευρωπαϊκή νομοθεσία δεν εστιάζει με σαφήνεια τις οριακές αέριες εκπομπές των υποσυστημάτων στις υπεράκτιες εγκαταστάσεις αλλά και δεν ορίζει ποσοτικά το όριο των παραγόμενων εκπομπών τους, δηλαδή έμμεσα ισχύουν όλα αυτά που έχουμε περιγράψει στα προηγούμενα κεφάλαια σχετικά με τη ποιότητα της ατμόσφαιρας, τη κλιματική αλλαγή και τις μονάδες καύσης που συμπεριλαμβάνονται στο μηχανολογικό εξοπλισμό λειτουργίας τους. Οι αεριοστρόβιλοι και αεροκινητήρες όμως που χρησιμοποιούνται σε εξέδρες ανοικτής θάλασσας ως μονάδες καύσης δεν υπάγονται στη Οδηγία 2010/75/ΕΕ όπως έχει συμπεριληφθεί στο εθνικό δίκαιο με την ΚΥΑ 36060/1155/Ε.103/2013 (με συνολική θερμική ισχύ ίση με 50MW). Η Ελληνική νομοθεσία σχετικά με την εξόρυξη και παραγωγή υδρογονανθράκων απεικονίζεται στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7).

Πίνακας 7: Νομικό πλαίσιο εφαρμογής για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις έως το 2011(www.et.gr/)

<p><u>Οδηγία 94/22/ΕΚ 1994</u></p>	<p>Τα κράτη μέλη μπορούν να επιβάλουν προϋποθέσεις και απαιτήσεις για την άσκηση των δραστηριοτήτων που αναφέρονται στο άρθρο 2 παράγραφος 1, εφόσον αυτό απαιτείται για λόγους εθνικής ασφάλειας, δημόσιας ασφάλειας, δημόσιας υγείας, ασφάλειας των μεταφορών, προστασίας του περιβάλλοντος, προστασίας των βιολογικών πόρων και εθνικών θησαυρών που έχουν καλλιτεχνική, ιστορική ή αρχαιολογική αξία, ασφάλειας των εγκαταστάσεων και των εργαζομένων, προγραμματισμένης διαχείρισης των πόρων σε υδρογονάνθρακες (όπως π.χ. ο ρυθμός εξάντλησης των υδρογονανθράκων ή η βέλτιστη ανασύστασή τους) ή εξασφάλισης φορολογικών εσόδων.²⁹</p>
<p><u>Νόμος 2289 / 1995</u></p>	<p>Ο ανάδοχος θα πρέπει να χρησιμοποιεί τα ενδεδειγμένα τεχνικά μέσα και μεθόδους, σύμφωνα με τους κανόνες επιστήμης και τέχνης της εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων.^[30]</p>
<p><u>Νόμος 4001 / 2011 Κεφάλαιο Β Άρθρο 164 παράγραφος</u></p>	<p>Ο ανάδοχος οφείλει να λαμβάνει όλα τα αναγκαία μέτρα έτσι ώστε να περιορίσει στο ελάχιστο κάθε περιβαλλοντική ρύπανση ή ζημία στα νερά στο έδαφος ή στην ατμόσφαιρα που μπορεί να προκληθεί σε σχέση με τις δραστηριότητες υδρογονανθράκων^[31]</p>

Στην κύρωση της Σύμβασης Μίσθωσης που υπογράφηκε στις 14 Μαΐου 2014 μεταξύ της Ελληνικής Δημοκρατίας και των εταιριών Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε., Edison International S.p.A. και Petroceltic Resources plc για την παραχώρηση του δικαιώματος έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ (Δυτικά), το άρθρο 12 «περιβαλλοντική προστασία» αναφέρει ότι ο μισθωτής υποχρεούται :

- να διεξάγει όλες τις Εργασίες Πετρελαίου κατά τρόπο που να διασφαλίζει την προστασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με τους Κανόνες Επιστήμης και Τέχνης Έρευνας και Εκμετάλλευσης Υδρογονανθράκων
- να εκτελεί όλες τις Εργασίες Πετρελαίου σε πλήρη συμμόρφωση με την Περιβαλλοντική Νομοθεσία , την εγκεκριμένη Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, την Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων και κάθε τυχόν πρόσθετο Σχέδιο Περιβαλλοντικής Δράσης (Νόμος 4299, 2014).

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο άρθρο (12) θα πρέπει να διασφαλίζεται ταυτόχρονα ότι οι εργασίες αυτές παρακολουθούνται καταλλήλως. Χαρακτηριστικό της σύμβασης είναι ότι δεν γίνεται καμία συγκεκριμένη αναφορά σε νόμους ή υπουργικές αποφάσεις σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή αλλά ζητείται απλά να εφαρμοστεί η περιβαλλοντική νομοθεσία. Πρόσφατα δημοσιεύθηκε η Οδηγία 2013/30/ΕΕ για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου τροποποιώντας την οδηγία 2004/35/ΕΚ. Η συγκεκριμένη οδηγία θεσπίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για την πρόληψη σοβαρών ατυχημάτων κατά τη διάρκεια υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου, με στόχο τον περιορισμό των συνεπειών τέτοιων ατυχημάτων. Σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος πρέπει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό των συνεπειών τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, και να διασφαλίζεται ότι οι υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου και φυσικού αερίου εκτελούνται βάσει συστηματικής διαχείρισης κινδύνου (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013).

3.2 ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Αυτή η ενότητα περιγράφει το κανονιστικό πλαίσιο που υπάρχει σύμφωνα με τα διεθνές (περιφερειακά και παγκόσμια) καθεστάτα, και έχουν υιοθετηθεί από τα αντίστοιχα εθνικά καθεστάτα, αλλά ο ρυθμιστικός έλεγχος και η επιβολή τους είναι αυστηρά ευθύνη των αρμόδιων εθνικών αρχών τους. Παγκόσμιες και περιφερειακές συνθήκες και συμβάσεις είναι, κατά αρχήν, δεσμευτικές σε πρώτο βαθμό από τις εθνικές κυβερνήσεις, οι οποίες υποχρεούνται να εφαρμόζουν τις ρυθμίσεις αυτές μέσω της εθνικής νομοθεσίας. Η ταχύτητα και το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής παρουσιάζει μεταβλητότητα ανάλογα με τις πρωτοβουλίες της κάθε χώρας. Απαραίτητη προϋπόθεση στην εξερεύνηση και παραγωγή υδρογονανθράκων είναι η διασφάλιση ότι η πρόθεση αυτών των συνθηκών είναι σεβαστή, ανεξάρτητα από το αν ή όχι εκείνη τη στιγμή μια συγκεκριμένη χώρα που δραστηριοποιείται έχει θεσπίσει τη σχετική νομοθεσία. Αυτό εξασφαλίζει ότι οι ενδεχόμενες αλλαγές στη νομοθεσία για την αντιμετώπιση διεθνών εθνικών απαιτήσεων μπορούν να γίνουν πλήρως σεβαστές. Οι περιφερειακές περιβαλλοντικές συμβάσεις είναι πολύ σημαντικές διότι βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε κοινά κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα, όπου περιφερειακές περιβαλλοντικές συμβάσεις και στόχοι τους έχουν γίνει αποδεκτές και υλοποιούνται μέσω της εθνική νομοθεσίας των κρατών μελών της (UNEP, 1997).

3.2.1 Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΚΕΛΩΝΗΣ

Η Σύμβαση της Βαρκελώνης 21 αφορά την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών της Μεσογείου για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος, η οποία τροποποιήθηκε στις 10 Ιουνίου 1995 και άρχισε να ισχύει στις 9 Ιουλίου 2004. Η Ελλάδα υπέγραψε το κείμενο της Σύμβασης στις 14/10/1994. Η αρχική σύμβαση υπεγράφη το 1976 από 22 κράτη: Τα Συμβαλλόμενα μέρη της Σύμβασης είναι : Αλβανία, Αλγερία, Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Κροατία, Κύπρος, Αίγυπτος, Γαλλία, Ελλάδα, Ισραήλ, Ιταλία, Λίβανος, Λιβύη, Μάλτα, Μονακό, Μαρόκο, Σερβία και Μαυροβούνιο, Σλοβενία, Ισπανία, Συρία, Τυνησία, Τουρκίας και η ΕΕ. Επτά Πρωτόκολλα έχουν θεσπιστεί για αντιμετώπιση συγκεκριμένων πτυχών της προστασίας του περιβάλλοντος της Μεσογείου με στόχο την ολοκλήρωση του νομικού πλαισίου τα οποία είναι :

1. Απόθεση αποβλήτων (Dumping) από πλοία και αεροσκάφη.
2. Πρόληψη και περιστατικά έκτακτης ανάγκης (ρύπανση από τα πλοία και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης).
3. Χερσαίες πηγές και οι δραστηριότητες αυτών.
4. Ειδικά Προστατευόμενες Περιοχές και η Βιοποικιλότητα.
5. Παράκτιες εγκαταστάσεις και οι δραστηριότητες τους (Offshore Protocol) δηλαδή προστασία από ρύπανση που προέρχεται από την εξερεύνηση και εκμετάλλευση των φυσικών πόρων.
6. Επικίνδυνων Αποβλήτων.
7. Ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών (Convention for the Protection, 2008).

Τα συμβαλλόμενα μέρη λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη, μείωση και καταπολέμηση της ρύπανσης της περιοχής της Μεσογείου καθώς την προστασία και την ενίσχυση του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην περιοχή τους. Το άρθρο 7 προβλέπει την πρόληψη, μείωση και καταπολέμηση της ρύπανσης της περιοχής της Μεσογείου που προκαλείται από την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση του υφαλοκρηπίδας, το βυθό και το υπέδαφος της. Η ΕΕ κατέστη

συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης της Βαρκελώνης με την απόφαση του Συμβουλίου (Convention for the Protection, 2008).

Το πρωτόκολλο που καθορίζει τις διατάξεις για την προστασία της Μεσογείου από τη ρύπανση που προέρχεται από την εξερεύνηση και την εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας, του βυθού και του υπέδαφος (Protocol Offshore) ορίζει ότι τα συμβαλλόμενα μέρη λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη, την καταπολέμηση και τον έλεγχο της ρύπανσης στην περιοχή του, που προκύπτουν από τις δραστηριότητες (σχετικά με την εξερεύνηση ή/ και εκμετάλλευση των φυσικών πόρων), μεταξύ άλλων, με τη διασφάλιση ότι οι βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές, χρησιμοποιούνται για περιβαλλοντικό και οικονομικό σκοπό κατά περίπτωση, και διασφαλίζει ότι λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε οι δραστηριότητες δεν προκαλούν ρύπανση.

Η σύμβαση της Βαρκελώνης δεν μπαίνει σε λεπτομέρειες όσο αναφορά τον έλεγχο και τη παρακολούθηση των αέριων εκπομπών παρά μόνο αναφέρει ότι κάθε αρχή θα πρέπει να εγκαταστήσει εθνικό σύστημα παρακολούθησης, ώστε να έχει τη δυνατότητα παρακολούθησης των εγκαταστάσεων σε τακτικά διαστήματα, ελέγχοντας τον αντίκτυπο στο περιβάλλον σε κάθε θέση που αναπτύσσονται δραστηριότητες εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων. Επίσης κάθε μέλος θα πρέπει να εναρμονίσει τη νομοθεσία και τους κανονισμούς του με τους διεθνείς κανόνες, πρότυπα και πρακτικές που ισχύουν. Το ζητούμενο της σύμβασης, είναι η ύπαρξη σύγκλισης, που μπορεί να προέλθει από την προσπάθεια να αποκτήσουν οι χώρες μέλη στενούς εμπορικούς δεσμούς, μέσα από τη βιώσιμη ανάπτυξη της εξερεύνησης και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων στη Μεσόγειο.

3.2.2 Η ΣΥΜΒΑΣΗ OSPAR

Η σύμβαση OSPAR του 1992 λειτουργεί ως, ο μηχανισμός με τον οποίο 15 κυβερνήσεις και η ΕΕ συνεργάζονται για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο Βόρειο Ανατολικό Ατλαντικό ωκεανό. Η σύμβαση αυτή υπεγράφη το 1992 από: Βέλγιο, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Νορβηγία, Πορτογαλία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η ΕΕ. Σύμφωνα με τη Σύμβαση OSPAR, τα συμβαλλόμενα μέρη λαμβάνουν όλα τα δυνατά μέτρα για την πρόληψη, την εξάλειψη της ρύπανσης και την προστασία της θαλάσσιας ζώνης από τις αρνητικές επιπτώσεις

των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ανθρώπινη υγεία και να πετυχαίνεται η διατήρηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Επίσης, όταν είναι εφικτό, να γίνεται η αποκατάσταση των θαλάσσιων περιοχών που έχουν αρνητικά επηρεαστούν. Το άρθρο 3 της Σύμβασης, επιβάλλει περαιτέρω συγκεκριμένες υποχρεώσεις όπως :

1. Κάθε απόρριψη αποβλήτων ή άλλων υλικών από εγκαταστάσεις ανοικτής θαλάσσης απαγορεύεται.

2. Η απαγόρευση αυτή δεν αφορά τις απορρίψεις ή τις εκπομπές από υπεράκτιες πηγές.

3. Η απαγόρευση που αναφέρεται στην παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου δεν ισχύει για ροές ρευμάτων διοξειδίου του άνθρακα από διεργασίες δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα για αποθήκευση του, με την προϋπόθεση ότι ισχύουν τα παρακάτω :

- η διάθεση να είναι σε ένα γεωλογικό σχηματισμό υπό το έδαφος
- οι κατεργασμένες ροές να αποτελούνται κατά κύριο λόγο από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και μπορούν να περιέχουν ίχνη συναφών ουσιών που προέρχονται από την πρώτη ύλη και τη δέσμευση, κατά τη διαδικασία μεταφοράς και αποθήκευσης τους
- δεν υπάρχουν απόβλητα ή άλλα υλικά που προστίθενται με σκοπό τη διάθεση των εν λόγω αποβλήτων ή άλλων υλικών
- να διατηρούνται σε αυτούς τους σχηματισμούς μόνιμα ώστε να αποφεύγονται σημαντικές δυσμενείς συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και άλλες θεμιτές χρήσεις της η θαλάσσια περιοχή.

4. Τα συμβαλλόμενα μέρη να εξασφαλίζουν ότι δεν πρέπει να διατίθενται στην υπόγεωλογικούς σχηματισμούς περιοχή χωρίς άδεια ή ρύθμιση από τις αρμόδιες αρχές τους κατεργασμένες ροές που αναφέρονται στην παράγραφο 3 (Convention for the Protection, 2008).

Η Σύμβαση OSPAR εστιάζει στη μείωση των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου (CO₂) στις θαλάσσιες εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής υδρογονανθράκων επιτρέποντας τεχνικές αποθήκευσης του διοξειδίου του

άνθρακα στο υπέδαφος με στόχο να ελαχιστοποιηθούν οι παραγόμενες εκπομπές του. Η ΕΕ κατέστη συμβαλλόμενο μέρος στη Σύμβαση OSPAR με την απόφαση του Συμβουλίου 98/249 / ΕΚ του Συμβουλίου, της 7ης Οκτωβρίου 1997 σχετικά με τη σύναψη της σύμβασης για την προστασία των θαλάσσιου περιβάλλοντος του Βορειοανατολικού Ατλαντικού (Convention for the Protection, 2008).

3.2.3 Η ΣΥΜΒΑΣΗ HELCOM (ή Ελσίνκι)

Η Σύμβαση HELCOM (επίσης γνωστή ως Σύμβαση Ελσίνκι) αφορά την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στη Βαλτική Θάλασσα. Αρχικά υπογράφηκε το 1974 ενώ ένα νέο, αναθεωρημένο κείμενο υπογράφηκε το 1992. Συμβαλλόμενα μέρη είναι η Δανία, η Εσθονία, η Φινλανδία, η Γερμανία, η Λετονία, Η Λιθουανία, η Πολωνία, η Ρωσική Ομοσπονδία, η Σουηδία και η ΕΕ. Σύμφωνα με τη σύμβαση HELCOM, τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να λάβουν όλα τα κατάλληλα νομοθετικά, διοικητικά ή άλλα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη και την εξάλειψη της ρύπανσης, ώστε να προωθηθεί η οικολογική αποκατάσταση της Βαλτικής Θάλασσας και η διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Επίσης περιλαμβάνει ως αρχή της πρόληψης και προστασίας, ότι «ο ρυπαίνων» πληρώνει ενώ παράλληλα προωθεί τη χρήση της βέλτιστης περιβαλλοντικής πρακτικής και της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας (Ευρωπαϊκή Επίτροπή, 2008).

Το παράρτημα VI της σύμβασης ασχολείται ειδικά με την πρόληψη της ρύπανσης από τις υπεράκτιες δραστηριότητες. Μεταξύ άλλων, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, πριν επιτραπεί η λειτουργία της δραστηριότητας καθώς και ότι πρέπει να συμπεριλαμβάνεται ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης για αντιμετώπιση της ρύπανσης από απρόβλεπτες καταστάσεις και όχι μόνο. Η ΕΕ κατέστη συμβαλλόμενο μέρος της αναθεωρημένης Σύμβασης HELCOM μέσω του Συμβουλίου, σύμφωνα με την απόφαση 94/157 / ΕΚ (21ης Φεβρουαρίου 1994) για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος της περιοχής της Βαλτικής Θάλασσας (Σύμβαση Ελσίνκι όπως αναθεωρήθηκε το 1992). Η Σύμβαση HELCOM εστιάζει στην πρόληψη της αέριας ρύπανσης από τη χρησιμοποίηση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών, αλλά εάν διαπιστωθεί ρύπανση στο περιβάλλον από τις δραστηριότητες εξόρυξης και παραγωγής υδρογονανθράκων κάθε μέλος οφείλει να επιβάλλει χρηματικές ποινές στους φορείς εκμετάλλευσης.

3.2.4 Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΑΣΥΝΟΡΙΑΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (ESPOO)

Η Σύμβαση της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (ΟΕΕ/ΗΕ) του 1991 για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε διασυνοριακό πλαίσιο (σύμβαση του Espoo), βασιζόμενη στην υφιστάμενη νομοθεσία που διέπει την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ), καθιέρωσε διαδικασίες διαβουλεύσεων με τα μέρη τα οποία ενδέχεται να θιγούν από διασυνοριακές περιβαλλοντικές επιπτώσεις προτεινόμενων έργων. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε τη Σύμβαση στις 26 Φεβρουαρίου 1991 και την κύρωσε στις 24 Ιουνίου 1997. Οι κυριότερες διατάξεις της τίθενται σε εφαρμογή με την οδηγία 97/11/ΕΚ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2008).

Η Σύμβαση ορίζει ότι στις υποχρεώσεις των συμβαλλομένων μερών είναι να προβαίνουν σε εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων δραστηριοτήτων στο πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού. Ορίζει επίσης την γενική υποχρέωση των κρατών να κοινοποιούν και να διαβουλεύονται μεταξύ τους για όλα τα μεγάλα έργα, που είναι πιθανόν να έχουν σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέρα από τα σύνορα. Η εκμετάλλευση και η παραγωγή υδρογονανθράκων σε υπεράκτιες περιοχές είναι μία από τις δραστηριότητες που αναφέρεται ρητά στη σύμβαση. Η ΕΕ είναι συμβαλλόμενο μέλος της σύμφωνα με την απόφαση έγκρισης 2008/871 / ΕΚ του Συμβουλίου, της 20ής Οκτωβρίου 2008, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του Πρωτοκόλλου για τη στρατηγική περιβαλλοντική εκτίμηση το 1991. Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της σύγχρονης περιβαλλοντικής πολιτικής. Τόσο η διεθνής και κοινοτική, όσο και οι περισσότερες εθνικές νομοθεσίες περιλαμβάνουν σχετικούς κανόνες και διαδικασίες για την προστασία του περιβάλλοντος. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έργων και δραστηριοτήτων κρίνεται ως απαραίτητη κυρίως για τη συνεπή εφαρμογή της αρχής της πρόληψης. Η Σύμβαση του Espoo για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΕΠΕ) σε διασυνοριακά πλαίσια, στοχεύει στην εφαρμογή των κανόνων και διαδικασιών της ΕΠΕ, και σε εκείνες τις περιπτώσεις, όπου έργα ή δραστηριότητες σε μία χώρα μέρος της Σύμβασης, ενδέχεται να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ενός άλλου (συνήθως, αλλά όχι αναγκαστικά, γειτονικού) κράτους μέρους. Η πιστή εφαρμογή της Σύμβασης στις διακρατικές περιβαλλοντικές σχέσεις της Ελλάδας με τα γειτονικά της καταρχήν κράτη μέρη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση (Conventions and Protocols 2008) .

Στην Ελλάδα απαιτείται Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων για την εξερεύνηση και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων αφού είναι συμβαλλόμενο μέλος της ΕΕ.

3.2.5 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΤΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ

Οι κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization), παρέχουν μια προσέγγιση για τη διαχείριση σημαντικών πηγών εκπομπών, και συμπεριλαμβάνουν ειδικές οδηγίες για την αξιολόγηση και παρακολούθηση των επιπτώσεων. Επίσης παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις προσεγγίσεις των εκπομπών διαχείρισης σε έργα που βρίσκονται σε περιοχές με κακή ποιότητα αέρα, όπου μπορεί να είναι αναγκαίο να θεσπιστούν ειδικά όρια εκπομπών για την εξεύρεση και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων. Οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων μπορούν να προκύψουν από μια ευρεία ποικιλία δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια της κατασκευής, λειτουργίας και φάση παροπλισμού του έργου. Οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τα χωρικά χαρακτηριστικά της πηγής, των συμπεριλαμβανομένων σημειακών πηγών, των πρόσκαιρων πηγών, τις κινητές πηγές, αλλά και των διαδικασιών, όπως καύση, αποθήκευση, ή άλλες ειδικές διεργασίες.

Σημαντικές πηγές των σημειακών και διάχυτων εκπομπών θεωρούνται, για παράδειγμα, αυτές που συμβάλουν στην καθαρή αύξηση των εκπομπών ενός ή περισσότερων ρύπων, σε μια δεδομένη περιοχή όπου η ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται με συνεκτικό τρόπο σε σχέση με την διασπορά των ρύπων και η οποία μπορεί να οριστεί γεωγραφικά ή διοικητικά (airshed) έχοντας τα παρακάτω ποσοτικά χαρακτηριστικά:

- PM_{10} : 50 τόνους ανά έτος
- NO_x : 500 τόνων ανά έτος
- SO_2 : 500 τόνων ανά έτος ή όπως έχει καθιερωθεί μέσω της εθνικής νομοθεσίας

και πηγές καύσης με ισοδύναμη θερμική ισχύ 50 MWe ή μεγαλύτερη (European Commission, 2000).

Επομένως δραστηριότητες με σημαντικές πηγές αέριων εκπομπών, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, θα

πρέπει να εμποδίζονται ή να απαιτείται η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων εξασφαλίζοντας ότι, δεν οδηγούν σε συγκεντρώσεις ρύπων που προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τις σχετικές κατευθυντήριες γραμμές της ποιότητας του περιβάλλοντος των εθνικών κανονισμών, ή ελλείπει αυτών, των εγκεκριμένων κατευθυντήριων γραμμών του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization), ή άλλο διεθνώς αναγνωρισμένου οργανισμό.

3.2 6 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Οι χώρες μέλη της Σύμβασης Πλαισίου για την Κλιματική Αλλαγή αποφάσισαν ότι έπρεπε να δώσουν ιδιαίτερη βαρύτητα στη σύμβαση συμφωνώντας σε αυστηρότερες απαιτήσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η Σύμβαση τέθηκε σε ισχύ το 1994, και από το 1995 οι κυβερνήσεις είχαν αρχίσει διαπραγματεύσεις για ένα πρωτόκολλο δηλαδή μια διεθνή συμφωνία που θα συνδέονταν με την υπάρχουσα συνθήκη. Το κείμενο του πρωτοκόλλου του Κιότο, αποτελεί μία σημαντική διεθνή συμφωνία που υιοθετήθηκε ομόφωνα το 1997 (εικόνα 11) και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005.



Εικόνα 11: Εκπρόσωποι υπογράφουν την έγκριση του Πρωτοκόλλου το 1997

Πηγή: http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/items/2879.php

Το κύριο χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου είναι ότι έχει υποχρεωτικούς στόχους για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των κορυφαίων οικονομιών του κόσμου. Οι στόχοι αυτοί κυμαίνονται σε ποσοστά από -8 % έως +10% των επιπέδων εκπομπών του 1990 μεμονωμένα για τη κάθε χώρα, μειώνοντας τις συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 5% κάτω από τα υφιστάμενα επίπεδα του 1990 κατά την περίοδο δέσμευσης 2008-2012, ενώ για τα επόμενα χρόνια απαιτείται καινούργια διαπραγμάτευση (United Nations, 2016) .

Υποχρεώσεις που απορρέουν από το Πρωτόκολλο ποικίλλουν από χώρα σε χώρα. Ο συνολικός στόχος του 5% για τις ανεπτυγμένες χώρες θα πρέπει να επιτευχθεί μέσω μειώσεων (από τα επίπεδα του 1990) σε ποσοστό 8% στην Ευρωπαϊκή Ένωση , την Ελβετία, και τα περισσότερα κράτη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης, 6% στον Καναδά 7 % στις Ηνωμένες Πολιτείες (αν και οι ΗΠΑ έχουν αποσύρει την υποστήριξή της στο Πρωτόκολλο), και 6 % για Ουγγαρία, Ιαπωνία, και την Πολωνία. Νέα Ζηλανδία, Ρωσία και Ουκρανία πρέπει να σταθεροποιήσουν τις εκπομπές τους, ενώ η Νορβηγία μπορεί να αυξήσει τις εκπομπές έως 1%, η Αυστραλία μέχρι 8% (στη συνέχεια απέσυρε την υποστήριξή στο Πρωτόκολλο), και η Ισλανδία κατά 10%. Η ΕΕ έχει κάνει τη δική της εσωτερική συμφωνία για να επιτύχει το στόχο μείωσης κατά 8% ανά κατανέμοντας διαφορετικά ποσοστά στα κράτη μέλη της. Οι στόχοι αυτοί κυμαίνονται από μια μείωση 28% για το Λουξεμβούργο, μείωση 21% για τη Δανία και τη Γερμανία έναντι σε αύξηση 25% για την Ελλάδα και αύξηση 27% για τη Πορτογαλία. Για να αντισταθμιστούν τυχόν υπερβολές των «δεσμευτικών στόχων», η συμφωνία προσφέρει ευελιξία στο πώς οι χώρες μπορούν να επιτύχουν τους στόχους τους. Για παράδειγμα, ο πρωτόκολλο του Κιότο προβλέπει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς, οι οποίοι βασίζονται στη λειτουργία της οικονομίας της αγοράς (United Nations, 2016) :

- το εμπόριο εκπομπών. (emission trading) αλλά μόνο συμπληρωματικά των εθνικών δράσεων τους
- το μηχανισμό κοινής εφαρμογής (joint implementation) με τη προϋπόθεση ότι οι δραστηριότητες αυτές επιφέρουν επιπλέον μείωση εκπομπών στην χώρα εφαρμογής
- και το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης (clean development mechanism) όπου απαραίτητη προϋπόθεση είναι η πιστοποίηση επιπλέον μείωσης εκπομπών,

και υπαρκτά οφέλη για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών στην αναπτυσσόμενη χώρα (ΥΠΕΚΑ, 2016).

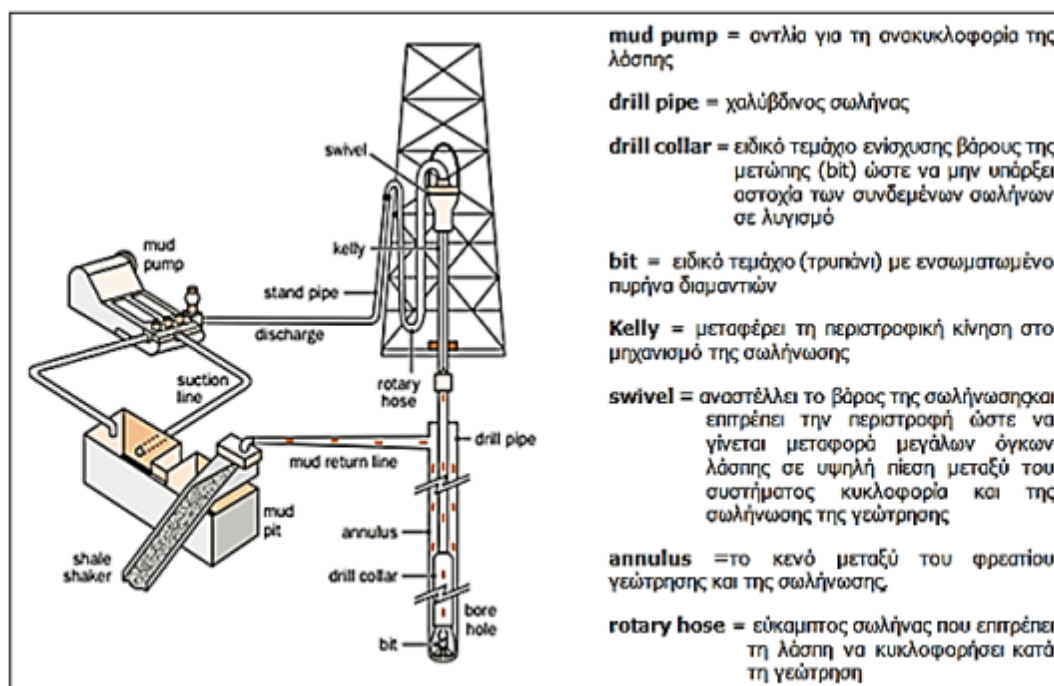
Μερικοί μηχανισμοί του πρωτοκόλλου είχαν αρκετή υποστήριξη και εφαρμόστηκαν πριν από την έναρξη της ισχύς του. Ο μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης, για παράδειγμα μέσω του οποίου οι βιομηχανικές χώρες μπορούν να καλύψουν εν μέρει δεσμευτικών στόχων των εκπομπών τους, κέρδισε επιδοτήσεις σε προγράμματα μείωσης αερίων του θερμοκηπίου που εκτελέστηκαν στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα κράτη μέλη της Ε.Ε. και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ κύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο 2002. Η Ελλάδα το κύρωσε με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117). Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, η ΕΕ και τα κράτη μέλη της έχουν υποχρέωση μείωσης των εκπομπών κατά 8% κατά τη περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τις εκπομπές του έτους βάσης 1990. Η Ελλάδα σύμφωνα με την απόφαση αυτή, δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% για το διάστημα 2008-2012, προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της ΕΕ για 8% μείωση των εκπομπών της για αυτό το διάστημα (ΥΠΕΚΑ, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΞΟΡΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΩΝ

Η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου χωρίζεται σε τρεις τομείς:

- το τομέα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων «Upstream»
- το τομέα που ασχολείται με τη διύλιση και εκμετάλλευση των προϊόντων αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου «Midstream»,
- και τη διανομή και εμπορία τους «Downstream».

Οι δραστηριότητες εξερεύνησης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου έχουν τη δυνατότητα μιας ποικιλίας επιπτώσεων στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις εξαρτώνται από τα στάδια της διαδικασίας, το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του έργου, τη φύση και την ευαισθησία του περιβάλλοντα χώρο, και την αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού για την πρόληψη της ρύπανσης. Προκειμένου να γίνει εκτίμηση της προέλευσης των πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον, από τον τομέα της παραγωγής και εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων είναι σημαντικό να γίνει κατανόηση των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται.

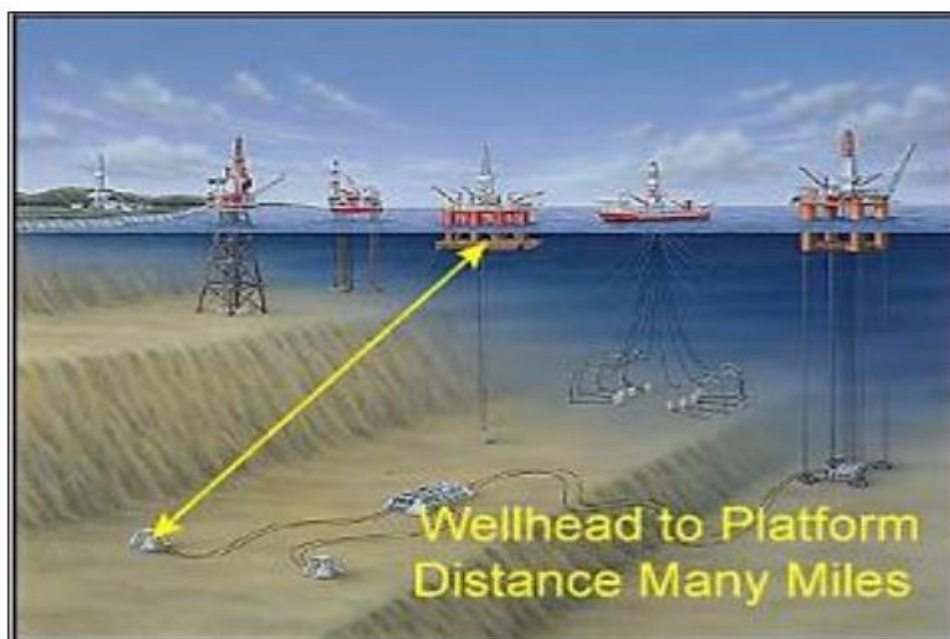


Εικόνα 12: Τυπική διάταξη εξοπλισμού γεώτρησης

Πηγή: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms>

Η επιστημονική έρευνα για την παραγωγή, με τη σύγχρονη έννοια, άρχισε το 1912, όταν γεωλόγοι συμμετείχαν για πρώτη φορά στην ανακάλυψη του κοιτάσματος Cushing της Οκλαχόμας, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (UNEP, 1997) . Τα θεμελιώδη της διαδικασίας παραμένουν ίδια έως σήμερα (Εικόνα 12), αλλά η σύγχρονη τεχνολογία και η μηχανική έχουν βελτιώσει πάρα πολύ τις αποδόσεις της παραγωγής και την ασφάλειά της. Σήμερα η τεχνική που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πετρελαίου είναι κατά κανόνα η περιστροφική γεώτρηση. Βασική της αρχή είναι η διάρρηξη και ο θρυμματισμός των πετρωμάτων με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου γεωτρύπανου που φέρει οδοντωτούς τροχούς ή αδαμάντινες κεφαλές (bit), ώστε να αυξάνεται η σκαπτική του ικανότητα.

Στις θαλάσσιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ο όρος «πλατφόρμα πετρελαίου» ο οποίος δηλώνει μια μεγάλη δομή μηχανολογικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων που απαιτούνται για να παραγάγουν πετρέλαιο και φυσικό αέριο στον ωκεανό παρέχοντας τη δυνατότητα στέγασης στους εργαζομένους. Ανάλογα με τις περιστάσεις, η πλατφόρμα μπορεί να συνδεθεί με το βυθό, ως ένα τεχνητό νησί ή θα επιπλέει.



Εικόνα 13: Διάφορα είδη θαλάσσιων εγκαταστάσεων σε σχέση με το βάθος άντλησης. Πηγή: http://www.peer.caltech.edu/basin_model.htm.

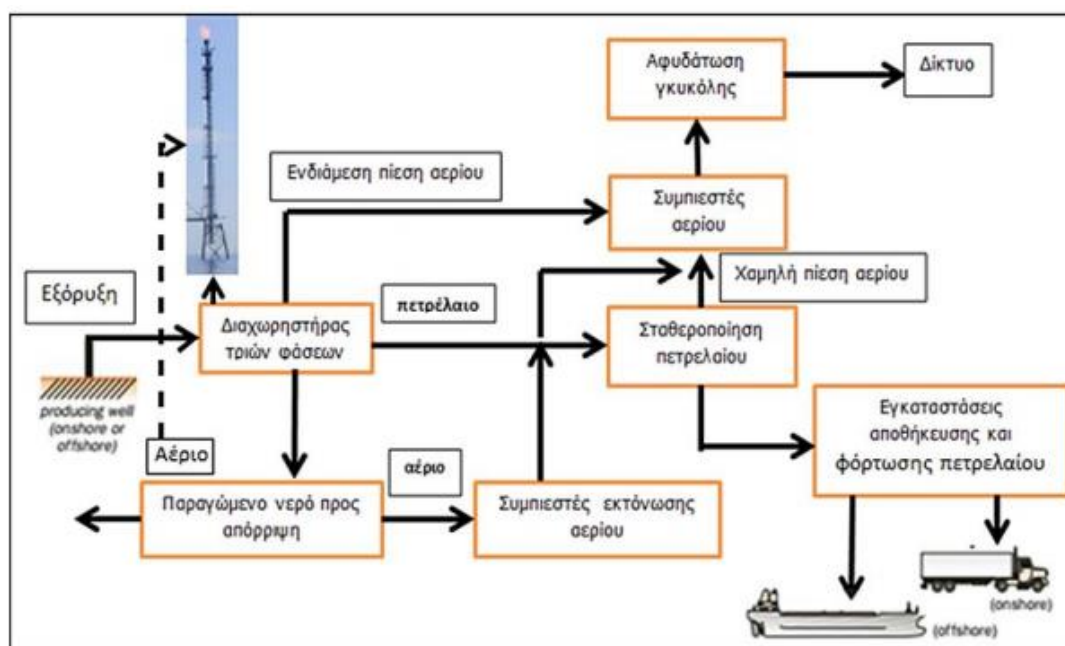
Μια χαρακτηριστική πλατφόρμα μπορεί να έχει περίπου τριάντα κεφαλές διάτρησης, ακόμα και σε θέσεις μέχρι 5 μίλια (8 χιλιόμετρα) απόσταση από την θέση κατασκευής της. Πολλές πλατφόρμες επίσης συνδέουν τις μακρινές κεφαλές διάτρησης με συνδέσεις καλωδίου, για να πετυχαίνετε παραγωγή σε πολλαπλά πηγάδια (Εικόνα 14). Επίσης, σήμερα υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής θαλάσσιων εγκαταστάσεων τεραστίου διαστάσεων με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγωγικής ικανότητας και εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων (Εικόνα 15) (Offshore Technology, 2018).



Εικόνα 14: Χαρακτηριστικά μιας πλατφόρμα τεράστιων διαστάσεων στον Καναδά Πηγή: www.offshoretechnology.com/projects/hibernia/

Στα περισσότερα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου αρχικά το υγρό ή αέριο ρέει προς την επιφάνεια εξαιτίας της πίεσης που ασκείται κάτω από το έδαφος. Ο ρυθμός ροής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι ιδιότητες του πετρώματος του ταμιευτήρα, οι πιέσεις, το ιξώδες του ρευστού, και την αναλογία πετρελαίου / φυσικού αερίου (oil/ gas ratio). Αυτοί οι παράγοντες, όμως, δεν είναι σταθεροί κατά τη διάρκεια της εμπορικής ζωής ενός κοιτάσματος. Συγκεκριμένα όταν το υγρό δεν μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια, τότε απαιτείται η ανάπτυξη τεχνικών όπως η έγχυση αερίου ή νερού υπό πίεση ώστε να διατηρηθεί η πίεση στο ταμιευτήρα του κοιτάσματος. Σήμερα θεωρείται αρκετά συνηθισμένο η έγχυση αερίου, ή ατμού στο ταμιευτήρα (reservoir) προκειμένου να αυξηθεί ο ρυθμός παραγωγής και να γίνει η ανάκτηση του πετρελαίου και του αερίου. Επίσης η υδραυλική ρηγμάτωση (hydraulic fracturing) και η έκχυση όξινων αερίων (acid treatment) ιδιαίτερα σε

ασβεστολιθικά πετρώματα είναι οι πιο κοινές μέθοδοι που εφαρμόζονται για την αύξηση των ροών των υδρογονανθράκων προς το φρεάτιο της γεώτρησης.



Εικόνα 15: Τυπική διαδικασία επεξεργασίας του αργού πετρελαίου
Environmental management in oil and gas exploration and production . Πηγή:
UNEP IE /E&P forum 1997

Όταν οι υδρογονάνθρακες φτάσουν στην επιφάνεια, οδηγούνται στη κεντρική μονάδα παραγωγής, η οποία συγκεντρώνει και διαχωρίζει το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το νερό. Το πετρέλαιο πρέπει να είναι ελεύθερο του διαλυμένου αερίου (associated gas) πριν την εκμετάλλευσή του. Παρομοίως, το αέριο πρέπει να σταθεροποιείται και να είναι απαλλαγμένο από υγρά και ανεπιθύμητα συστατικά όπως υδρόθειο και διοξείδιο του άνθρακα. Κάθε νερό που παράγεται επεξεργάζεται πριν από την απόρριψη του. Η παραγωγή και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων είναι μία πολύπλοκη διαδικασία που υποστηρίζεται από ποικιλία διεργασιών (Εικόνα 15) από όπου εκλύονται σημαντικές αέριες εκπομπές στην ατμόσφαιρα.

4.1 ΑΕΡΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ (UPSTREAM)

Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου καθορίζει τρία βασικά είδη αέριων εκπομπών:

- αέρια καύσης τα οποία περιέχουν διοξείδιου του άνθρακα (CO₂) και μικρές ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα (CO), οξείδιο του αζώτου (N₂O), διοξείδιο του θείου (SO₂),σωματίδια (PM₁₀ & PM_{2.5}) και άκαυστους υδρογονάνθρακες (μεθάνιο και πτητικές οργανικές ενώσεις)
- διάχυτες εκπομπές, δηλαδή υδρογονάνθρακες που αποτελούνται από μεθάνιο και κυρίως αλειφατικές πτητικές οργανικές ενώσεις (αλκένια) οι οποίοι είτε εξαερώνονται στην ατμόσφαιρα, ή διαφεύγουν μέσω των διαδικασιών παραγωγής υδρογονανθράκων
- αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες (Halons) και χλωροφθορανθράκες από τη χρησιμοποίηση τους ως υγρά στα συστήματα πυρόσβεσης και ψύξης.

Οι κύριες πηγές εκπομπών των διεργασιών και του μηχανολογικού εξοπλισμού που συμμετέχουν στη παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι:

- αεροστρόβιλοι, κινητήρες και λέβητες με καύσιμο φυσικό αέριο για παραγωγή ενέργειας
- αεροστρόβιλοι (turbines), κινητήρες (engines) και λέβητες (boilers) με καύσιμο πετρέλαιο (diesel) για παραγωγή ενέργειας
- πυρσός καύσης (flaring) για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος
- διεργασίες δοκιμών καλής λειτουργίας και συντήρησης της γεώτρησης με καύσιμο φυσικό αέριο και πετρέλαιο (well testing)

Άλλες πηγές αερίων υδρογονανθράκων εκπομπών (CH₄ και nmVOC) είναι:

- εξαερισμός (gas venting), μικρής σημασίας μεμονωμένων διαρροών και διάχυτες εκπομπών
- εξάτμιση αερίων υδρογονανθράκων κατά τη διαδικασία φόρτωσης αργού πετρελαίου από στις δεξαμενές αποθήκευσης των θαλάσσιων εξεδρών (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).

Οι υδρογονάνθρακες χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε υγρή ή αέρια φάση. Οι εκπομπές ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και τη διαδικασία της καύσης Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φυσικού αερίου και ντίζελ ως καύσιμο αποτελεί την κύρια πηγή εκπομπών CO₂, NO_x και SO_x. Το επίπεδο αυτών των εκπομπών εξαρτάται από την κατανάλωση και την ενεργειακή απόδοση των εγκαταστάσεων. Ο διαχειριστής οφείλει να παρακολουθεί και να ελέγχει τα ρεύματα

των αέριων ροών στις καπνοδόχους, την ατμόσφαιρα σε περιοχή έκτασης τουλάχιστον 100 km², και να υπολογίζει τις ποσότητες των ουσιών που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, για αυτό το λόγο απαιτείται ο προσδιορισμός των δεδομένων της κάθε διεργασίας

4.1.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΚΑΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

4.1.1.1 Καύση φυσικού αερίου

Το αέριο καύσιμο χρησιμοποιείται για αεριοστρόβιλους (gas turbines), λέβητες άμεσης καύσης (direct-fired boilers) και κινητήρες αερίου (gas engines). Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές και το επίπεδο του εξοπλισμού. Λόγω των διαφορών στους συντελεστές εκπομπών της κάθε εγκατάστασης του εξοπλισμού, ο διαχειριστής πρέπει να καθορίζει την ποσότητα του αερίου καυσίμου που πηγαίνει προς τα επιμέρους υποσυστήματα (γεννήτριες, λέβητες, μηχανές) και γενικά σε κάθε εγκατάσταση του εξοπλισμού που έχουν διαφορετικούς συντελεστές εκπομπών. Αυτό μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση χωριστών μετρητών για κάθε υποσύστημα, ή με τον υπολογισμό της κατανομής καυσίμου αερίου στα υποσυστήματα με βάση την ενεργειακή ζήτηση (demand). Για παράδειγμα μετρημένο καύσιμο αέριο ενώ προβλεπόταν να χρησιμοποιηθεί μόνο ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας, τελικά ένα μέρος οδηγήθηκε στο πυρσό καύσης για λόγους ασφαλείας. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι οι ποσότητες αυτές του φυσικού αερίου δεν έχουν επιμετρηθεί δύο φορές (π.χ. μετριέται το αέριο καύσιμο ενώ διέρχεται του μετρητή παραγωγής ενέργειας, αλλά για κάποιο λόγο στάλθηκε στο πυρσό και καταγράφετε ξανά στον αντίστοιχο μετρητή). Η καύση του φυσικού αερίου στους αεριοστρόβιλους είναι η κύρια πηγή εκπομπών CO₂ και NO_x στην ατμόσφαιρα (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).

4.1.1.2 Καύση αργού πετρελαίου

Το αργό πετρέλαιο χρησιμοποιείται καύσιμο για τους κινητήρες, και σε ορισμένες περιπτώσεις σε λέβητες πετρελαίου. Σε σταθερές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται επίσης σε αεριοστρόβιλους διπλού καυσίμου (dual fuel), π.χ. όταν διακόπτεται η παραγωγή φυσικού αερίου ή μπορεί να συμβεί κάποιο πρόβλημα στη συμπίεση του αερίου. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς εκτός από καύσιμο. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αφαιρείται η αντίστοιχη ποσότητα από τους συνολικούς υπολογισμούς της εγκατάστασης. Είναι σημαντικό το

γεγονός ότι η κατανάλωση του τύπου καυσίμου για κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα είναι καθορισμένη, με δεδομένου ότι οι συντελεστές του υπολογισμού των εκπομπών για τα NO_x, nmVOC και CH₄ έχουν διαφορετικές τιμές εξαιτίας της ποικιλίας του εξοπλισμού. Οι συντελεστές εκπομπών επίσης ποικίλουν ανάλογα με την πυκνότητα του αργού πετρελαίου. Αυτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό των εκπομπών σε μία εγκατάσταση⁵⁰. Η καύση του αργού πετρελαίου στις μηχανές γεώτρησης είναι η κύρια πηγή εκπομπών NO_x, SO_x, CO₂, CO, PM₁₀ και PM_{2.5}.

4.1.1.3 Πυρσός καύσης (flare)

Όλες οι πλατφόρμες παραγωγής και εκμετάλλευσης έχουν εγκατεστημένο πυρσό καύσης για την καύση φυσικού αερίου. Ο πυρσός καύσης (Flare) χρησιμοποιείται για την εκκένωση ή την εκτόνωση μεγάλων ποσοτήτων παραγόμενων υδρογονανθράκων σε μία εγκατάσταση, εξαιτίας μιας απρόβλεπτης κατάστασης (έκτακτη ανάγκη). Ακόμη και αν η εγκατάσταση προβλέπει ειδικό εξοπλισμό για κλειστό πυρσό καύσης, μια φλόγα πρέπει πάντα να καίει (πυρσός). Η σύνθεση του αερίου (gas flare) που οδηγείται στο πυρσό καύσης μπορεί να διαφέρει από τη σύνθεση του αερίου που χρησιμοποιείται ως καύσιμο (fuel gas) για αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται ξεχωριστή αναφορά στο αέριο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικοί συντελεστές εκπομπών της κάθε εγκατάστασης πρέπει να είναι διαθέσιμοι για τον υπολογισμό των εκπομπών από τον πυρσό καύσης. Οι τιμές των συντελεστών CO₂, NO_x, CH₄ και nmVOC ποικίλουν ανάλογα με την σύνθεση του καιόμενου αερίου. Από το 2007 στη Νορβηγία η σταθερή τιμή του συντελεστή που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό των εκπομπών οξειδίων του αζώτου NO_x είναι 1,4 g NO_x / Sm³ καιόμενου αερίου που οδηγείται στον πυρσό καύσης (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).



Εικόνα 16: Εγκαταστάσεις πυρσών καύσης σε περιοχή του Νότιου Ιράκ (SPE-177861-MS, Challenges & Complexity of World's Largest Flares Reduction Project)

Η καύση του φυσικού αερίου (gas flaring) αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Εικόνα 16). Εκτιμάται ότι 700 εκατομμύρια κυβικά πόδια (scf) οδηγούνται ετήσια στους πυρσούς καύσης ως υποπροϊόντα της παραγωγής πετρελαίου (Howell et al., 2015).

4.1.1.4 Δοκιμή λειτουργίας γεώτρησης (well test)

Αρχικά πρέπει να υπολογίζεται το πετρέλαιο που καίγεται και στη συνέχεια το φυσικό αέριο και το αργό πετρέλαιο που παράγεται. Αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση της ποσότητας του αργού πετρελαίου που χρησιμοποιήθηκε στην αρχή της δοκιμής για την ισοσκέλιση της λειτουργίας της γεώτρησης. Τυπικά ο συντελεστής εκπομπών που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χυμένου πετρελαίου στις θαλάσσιες εγκαταστάσεις κατά τη καύση των δοκιμαστικών ελέγχων και τον καθαρισμό είναι της τάξεως του 0,05% του αντίστοιχου παραγόμενου σε ίση χρονική διάρκεια της δοκιμής. Η καύση αργού πετρελαίου και κίνησης κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούνται σημαντικές εκπομπές από πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), διοξίνες και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

4.1.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Οι εκπομπές υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα σχετίζονται με τη διεργασία της μεταφόρτωσης αργού πετρελαίου από τις δεξαμενές αποθήκευσης των υπεράκτιων εξεδρών. Οι εκπομπές εκλύονται κατά τη φόρτωση αργού πετρελαίου σε δεξαμενόπλοια αλλά και κατά τη διαδικασία της αποθήκευσης σε πλοία μεταφοράς ή παραγωγής. Οι εκπομπές περιλαμβάνουν μεθάνιο (CH₄) και υδρογονανθράκων πλην μεθανίου (nmVOC) αναμεμιγμένου με αδρανές αέριο.

4.1.3 ΔΙΑΧΥΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

Αφορά τις άμεσες εκπομπές του φυσικού αερίου εξαιτίας των διαφυγών του, από το μηχανολογικό εξοπλισμό των εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου (διαρροές κατά τη λειτουργία). Οι εκπομπές μπορούν να προέρχονται από όλα τα συστήματα που εμπλέκονται στην παραγωγή των υδρογονανθράκων. Οι εκπομπές είναι μεθάνιο (CH₄) και υδρογονάνθρακες πλην μεθανίου (nmVOC), και ως πηγές εκπομπών μπορούν να συμπεριληφθούν οι παρακάτω :

- Εξαερισμός (Cold Vent) συνήθως κατά την κατασκευή της εγκατάστασης και σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να υπολογιστούν με βάση τα στοιχεία σχεδιασμού και τα δεδομένα του κατασκευαστή (Εικόνα17).
- Μικρές διαρροές κατά τη λειτουργία. Αυτές είναι περισσότερο ή λιγότερο συνεχής και αναπόφευκτες εκπομπές που είναι δύσκολο να εκτιμηθούν (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Εξαερισμός και διαρροή κατά τη λειτουργία

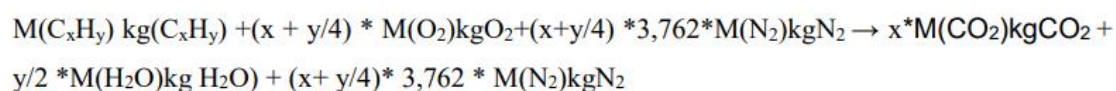
Οι πιθανές πηγές των διάχυτων εκπομπών δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι, σε πολλές εγκαταστάσεις το αέριο από μερικές πηγές, στέλνεται στο πυρσό καύσης, οπότε δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται και στην αναφορά των διάχυτων εκπομπών.

Οι συντελεστές πολλαπλασιάζονται με το συνολικό ποσό του αερίου που συμμετέχει στη διαδικασία σε μια εγκατάσταση, συμπεριλαμβανομένων και του αερίου που χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της παραγωγής (gas lift). Η επιλογή των συντελεστών εκπομπών που θα χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς των εκπομπών στις εγκαταστάσεις παραγωγής υδρογονανθράκων αποτελεί σημαντική πρόκληση της βιομηχανίας πετρελαίου, αλλά και των εποπτικών αρχών.

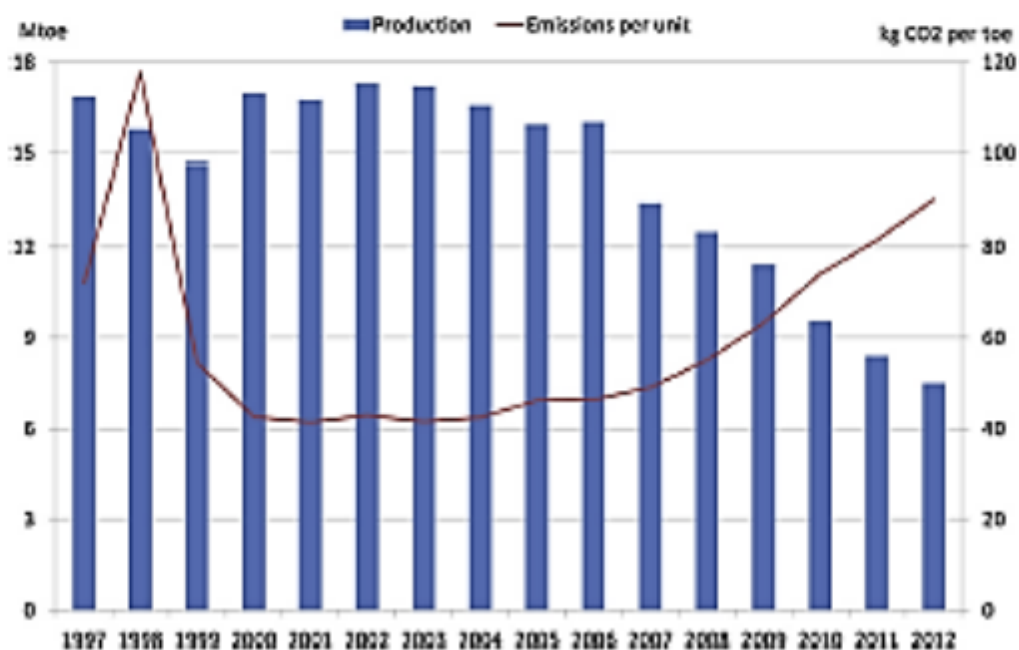
4.1.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (EMISSION COMPONENTS)

4.1.4.1 Εκπομπές CO₂

Προκύπτουν από όλες τις διεργασίες καύσης. Οι πιο σημαντικές εκπομπές προκύπτουν από τη χρήση αεροστρόβιλων (gas turbines) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εκπομπές CO₂ υπολογίζονται σε συνάρτηση των αριθμών ατόμων του άνθρακα του καυσίμου της σύνθεσης (composition) που χρησιμοποιείται. Η χρησιμοποίηση ειδικών συντελεστών εκπομπών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών «Εκπομπή Αερίων Θερμοκηπίου» και το εγκεκριμένο πρόγραμμα παρακολούθησης της σχετική εγκατάστασης είναι απαραίτητη προϋπόθεση εκτίμησης των εκπομπών. Για το πετρέλαιο κίνησης (diesel), ο συντελεστής υπολογισμού εκπομπής του Νορβηγικού κανονισμού είναι 3,17 kg CO₂ ανά κιλό πετρελαίου (Norwegian Oil and Gas Association., 2016), ενώ ο αντίστοιχος στο κοίτασμα Shah Deniz 2 στη Κασπία θάλασσα είναι 3,2 kg CO₂ ανά κιλό πετρελαίου. Για πετρέλαιο κίνησης πλοίων, καύσιμο αεριοθεωμένων και αργού πετρελαίου που εμπλέκονται στην εξόρυξη και παραγωγή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος συντελεστής, αν δεν υπάρχει κάποιος αντίστοιχος που να αφορά ειδικό εξοπλισμό της εγκατάστασης (BP, 2016). Η χημική εξίσωση καύσης (θεωρώντας ότι αέρας έχει 78% O₂ και 21% N₂) είναι :



Σε ένα από τα μεγαλύτερα οικόπεδα στη Νορβηγία (Ekofisk field) προβλέπεται παραγωγή υδρογονανθράκων έως το 2050. Η μέγιστη παραγωγική ικανότητα (peak) καταγράφηκε το χρονικό διάστημα 2002-2003. Από το 2006 ενώ η παραγωγή υδρογονανθράκων είχε μειωτικές τάσεις, οι εκπομπές CO₂ αντίθετα παρουσίαζαν αύξηση (εικόνα 18).



Εικόνα 18: Συνολική παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου (Mtoe) Ekofisk οικόπεδο για την περίοδο 1997 -2012 (Norwegian Environmental Agency and the Norwegian Petroleum Directorate)

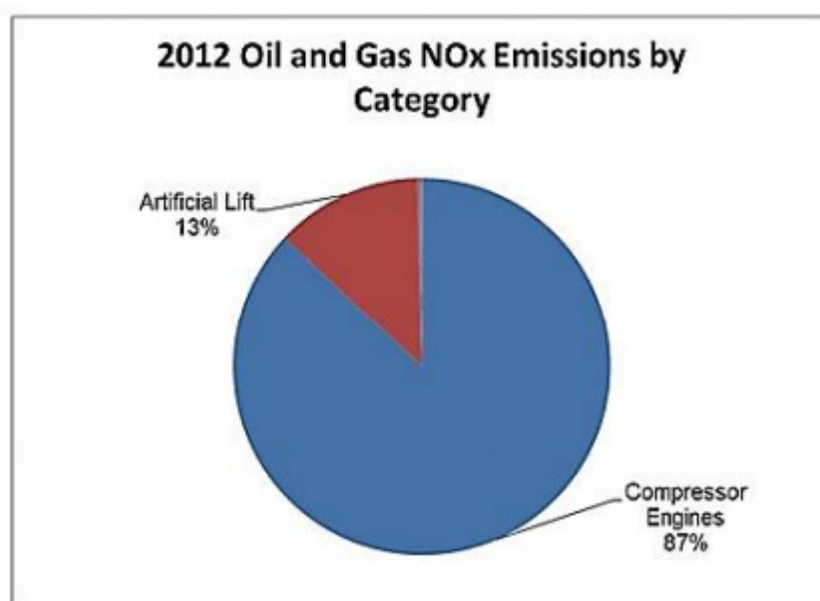
Αυτό εξηγείται γιατί καθώς η παραγωγή πετρελαίου μειώνεται αντίθετα η παραγωγή του νερού αυξάνεται, με αποτέλεσμα να απαιτείται επιπλέον επεξεργασία του ρευστού δηλαδή περισσότερη ενέργεια. Επίσης η φυσική πίεση παραγωγής του κοιτάσματος πέφτει άρα απαιτείται επιπλέον ενέργεια για την βελτίωση της παραγωγικής ικανότητας. Στο συγκεκριμένο κοιτάσμα την περίοδο 2002-2003 που ήταν το μέγιστο της παραγωγής οι εκπομπές CO₂ ήταν λίγο πάνω από 40 kg/toe. Το 2012 η παραγωγή μειώθηκε κατά 50% αλλά οι εκπομπές αυξήθηκαν σε 90 kg/toe δηλαδή είχαμε αύξηση 100%. Ως εκ τούτου διαπιστώνεται αύξηση των εκπομπών CO₂ ενώ έχουμε μείωση της παραγωγής (Skjerpen et al., 2015). Επομένως είναι πολύ σημαντικό να εξετάζονται οι ποσότητες του νερού που παράγονται παράλληλα με την

εξόρυξη των υδρογονανθράκων, διότι επηρεάζουν σημαντικά τις εκπομπές CO₂ που πρόκειται να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.

4.1.4.2 Εκπομπές NO_x Προέρχονται από όλες τις διεργασίες καύσης.

Τα οξείδια του αζώτου που σχηματίζονται μέσω διαφόρων μηχανισμών όπως:

- οξείδωση του δεσμευμένου αζώτου στο καύσιμο (π.χ. $N_2+O \rightarrow NO+N$)
- οξείδωση του αζώτου στον αέρα καύσης



Εικόνα 19: Αέριες εκπομπές NO_x (2012) στη περιοχή του βορειοανατολικό Τέξας στις ΗΠΑ
(http://www.netac.org/UserFiles/file/NETAC/5_21_15/ETCOG_EI_review_011515_task%202.pdf)

Στις βορειοανατολικές περιοχές της πολιτείας του Τέξας οι συνεισφορές των αέριων εκπομπών από την παραγωγή υδρογονανθράκων στις χερσαίες εγκαταστάσεις ανά κατηγορία πηγής απεικονίζονται στην εικόνα 13. Οι μεγαλύτερες πηγές εκπομπών NO_x είναι οι μηχανές συμπίεσης (87%, compressor engines), και οι μηχανές της τεχνητής υποστήριξης για βελτίωση της παραγωγής (13%, artificial lift) (ENVIRON, 2013).

Η ποσότητα των NO_x που σχηματίζονται εξαρτάται από είδος των μηχανών καύσης. Κάποιες εκπομπές NO_x είναι σημαντικά υψηλότερες στους κινητήρες

πετρελαίου σε σχέση με τους αεριοστρόβιλους (gas turbines), λέβητες (boiler), κινητήρες (engines), πυρσό καύσης (flaring) και διεργασίες δοκιμής λειτουργίας της γεώτρησης (well testing). Συγκεκριμένα οι εκπομπές NOx που εκλύονται από τους αεριοστρόβιλους αυξάνονται παράλληλα με το αυξημένο διερχόμενο ενεργειακό φορτίο. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Νορβηγικού Οργανισμού, οι συνολικές εκπομπές NOx για το 2014 της βιομηχανίας πετρελαίου ήταν 147.811 ton ποσοστό 36% επί των συνολικών. Ο μεγαλύτερες πηγές ήταν οι αεριοστρόβιλοι με ποσοστό 58% (gas turbines), και οι κινητήρες (engines) με ποσοστό 40%. Οι συνολικές εκπομπές ανερχόταν σε 0,24kg/scm οε (standard cubic meter in oil equivalent) (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).

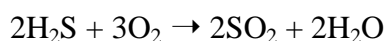
Η νέα τεχνολογία καύσης για αεριοστρόβιλους (Low NOx, ή DLE), δίνει 80-90% χαμηλότερες εκπομπές NOx όταν δουλεύει κοντά σε πλήρες φορτίο, για αυτό το λόγο έχει εισαχθεί σε πολλά οικόπεδα στη Βόρεια Θάλασσα κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Η συγκεκριμένη τεχνολογία NOx σε κινητήρες ντίζελ αυτή τη περίοδο βρίσκεται υπό ανάπτυξη και στοχεύει σε μείωση των εκπομπών έως και 50% σε σύγκριση με τη συμβατική τεχνολογία πετρελαίου (diesel), παρόλα αυτά οι εκπομπές NOx από τους κινητήρες ντίζελ χαμηλής εκπομπής NOx εξακολουθούν πάλι να εκλύουν περισσότερες ποσότητες από τους συμβατικούς αεριοστρόβιλους (gas turbines). Μία άλλη εναλλακτική λύση είναι η χρήση καταλυτών που μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές στους κινητήρες ντίζελ και αερίου έως και 90% (Selective Catalytic Reduction, ή SCR) (EPA, 2000).

4.1.4.3 Εκπομπές SOx

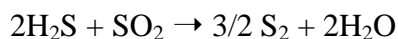
Όλα τα αέρια, ντίζελ και το πετρέλαιο περιέχουν ποσότητες θείου (π.χ. υπό τη μορφή υδρόθειου, H₂S). Οι ποσότητες των εκπομπών σχετίζονται άμεσα με την περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο. Οι εκπομπές SOx από το αέριο υπολογίζονται με βάση την περιεκτικότητα σε H₂S του αερίου, σε ppm (part per million) και την περιεκτικότητα σε θείο του πετρελαίου ντίζελ / καυσίμου σε ποσοστό επί τις εκατό (%). Οι εκπομπές SOx προέρχονται κυρίως από την καύση των υδρογονανθράκων που περιέχουν θείο, όταν όμως το φυσικό αέριο έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, τότε το πετρέλαιο κίνησης (ντίζελ) είναι η κύρια πηγή εκπομπών τους. Το θείο που περιέχεται στο καύσιμο θα καεί εκλύοντας εκπομπές SOx, που θα οδηγήσει στο σχηματισμό της όξινης βροχής ($SO_2 + 1/2 O_2 \rightarrow SO_3$ & $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$). Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Νορβηγικού Οργανισμού, οι συνολικές

εκπομπές SO_x για το 2014 της βιομηχανίας πετρελαίου ήταν 868 ton ποσοστό 5.2% επί των συνολικών. Οι μεγαλύτερες πηγές ήταν οι κινητήρες (engines) με ποσοστό 53,9%, ο πυρσός καύσης με 12,6% (flaring) και οι αεριοστρόβιλοι (turbines) με ποσοστό 8,5% (.Norwegian Oil and Gas Association, 2016).

Η σύνθεση των υδρογονανθράκων εξαρτάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της κάθε περιοχής και είναι ο παράγοντας που καθορίζει τις εκπομπές SO_x. Δύο παρακείμενοι ταμιευτήρες μπορεί να παράγουν αργό πετρελαίου διαφορετικής σύνθεσης, η οποία μπορεί να ποικίλει σημαντικά σε σχέση ακόμη και με το βάθος. Το ποσοστό του στοιχειακού θείου συνήθως που περιέχεται στη σύνθεση του αργού πετρελαίου είναι 0,06-8 %. Όταν περιέχει όμως H₂S σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10% χαρακτηρίζεται ως όξινο αέριο (sour gas) και απαιτείται επεξεργασία του, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα το H₂S μετατρέπεται σε θείο μέσα από διεργασίες σε μονάδες Claus. Στην πρώτη φάση, ένα μέρος του H₂S μετατρέπεται σε SO₂ σε μια θερμική αντίδραση:



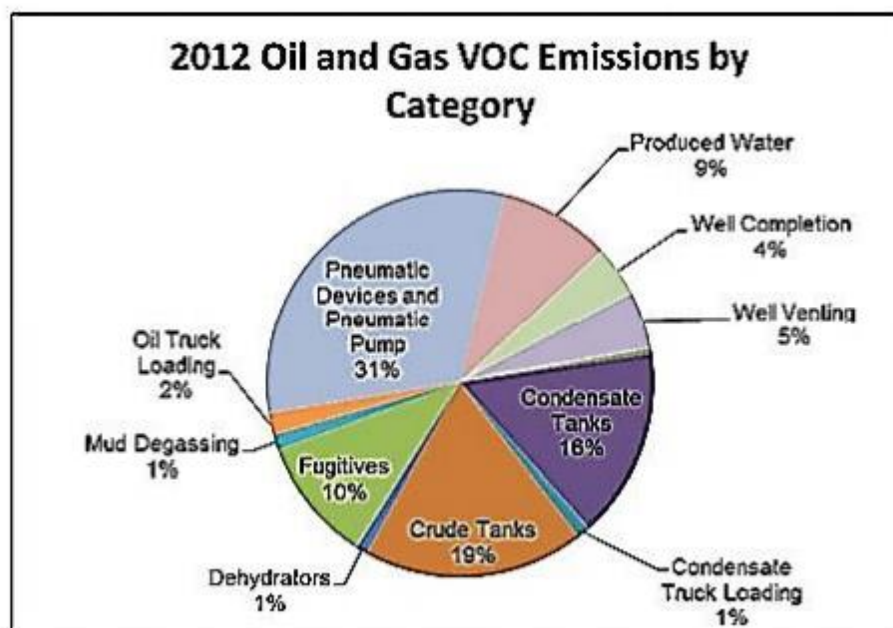
Το SO₂ στη συνέχεια έρχεται σε επαφή με το υπόλοιπο τμήμα του H₂S για μια αντίδραση Claus δίδοντας θείο:



Με αυτήν την επιλογή, σημαντική ενέργεια που απαιτείται για την τροφοδοσία των μονάδων γλυκού αερίου (sweet gas) μπορούν γενικά να ανακτηθούν. Επίσης παρέχεται αναλογία H₂S /CO₂ αρκετά υψηλή με αποτέλεσμα το όξινο αέριο (acid gas) στη συνέχεια να οδηγείται σε μονάδα παραγωγής θείου, όπου το υδρόθειο μετατρέπεται σταδιακά σε στοιχειακό θείο. Μια άλλη επιλογή πολλά υποσχόμενη από πολλούς φορείς είναι η έγχυση υπό πίεση όξινου αερίου (inject acid gas) απευθείας στα πετρώματα των ταμιευτήρων (κυρίως ασβεστολιθικά) μειωμένης παραγωγής, λόγω ελάττωση της πίεσης. Η μέθοδος αυτή πετυχαίνει την βελτίωση της παραγωγής από την αύξηση της διαπερατότητας του πετρώματος (Enhanced Oil Recovery) (Total, 2006) .

4.1.4.4 Εκπομπές μεθανίου (CH₄) και πτητικών οργανικών ενώσεων (nmVOC εκτός CH₄)

Οι υδρογονάνθρακες από μόνοι τους στην ατμόσφαιρα δεν παρουσιάζουν σημαντική τοξικότητα, αλλά λόγω της υψηλής φωτοχημικής τους δραστηριότητας παρουσία ηλιακού φωτός και οξειδίων του αζώτου παράγουν όζον. Επειδή το μεθάνιο έχει πιο μικρή φωτοχημική δραστηριότητα μετράτε χωριστά από τους άλλους υδρογονάνθρακες.



Εικόνα 20: Αέριες εκπομπών VOC(2012) στην περιοχή του βορειοανατολικό Τέξας στις ΗΠΑ
http://www.netac.org/UserFiles/file/NETAC/5_21_15/ETCOG_EI_review_011515_task%202.pdf

Στις βορειοανατολικές περιοχές της πολιτείας του Τέξας οι συνεισφορές των αέριων εκπομπών από την παραγωγή υδρογονανθράκων στις χερσαίες εγκαταστάσεις ανά κατηγορία πηγής απεικονίζονται στην εικόνα 14. Οι μεγαλύτερες πηγές εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων είναι οι πνευματικές συσκευές και οι αντλίες (31%, pneumatic devices and pumps), οι δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαίου (19%, crude tanks), και οι δεξαμενές αποθήκευσης αέριου συμπυκνώματος (16%, condensate tanks) (ENVIRON, 2013).

Οι πιο σημαντικές πηγές εκπομπών CH₄ και nmVOC στις υπεράκτιες πλατφόρμες εξόρυξης προκύπτουν από την αποθήκευση και τη φόρτωση αργού πετρελαίου. Κατά τη διάρκεια της πλήρωσης της δεξαμενής, οι πτητικοί

υδρογονάνθρακες εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα όπου για λόγους ασφαλείας και για να εξαλειφθεί ο κίνδυνος έκρηξης προστίθεται κάποιο αδρανές αέριο (inert gas). Τέτοιου είδους εκπομπές παρουσιάζονται όταν το μίγμα έρχεται σε επαφή με αέρα από την μετατόπιση του, εξαιτίας της νέας παραγωγής αργού πετρελαίου που διοχετεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης. Οι μεγαλύτερες πηγές του CH₄ προκύπτουν από τον εξαερισμό (Cold Vent) και τις διάχυτες εκπομπές από φλάντζες, βαλβίδες και διάφορα είδη εξοπλισμού. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Νορβηγικού Οργανισμού, οι συνολικές εκπομπές CH₄ για το 2014 της βιομηχανίας πετρελαίου ήταν 30.048 ton ποσοστό 13,7% επί συνόλου. Οι εκπομπές CH₄ από εξαερισμό (Cold Vent) και τις διάχυτες εκπομπές ήταν 23.737,29 ton ποσοστό 79% της βιομηχανίας παραγωγής υδρογονανθράκων.

Πίνακας 8: Εκτίμηση των ετήσιων εκπομπών CH₄ της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Κροατία (Atmospheric emissions from sources of air pollution in Petroleum Industry-Emission Inventory, SPE 61509)

Source Category	STEP 1 A Activity	STEP 2 B Emission Factor	STEP 3 C CH ₄ Emissions (kg CH ₄) C=(AxB)	STEP4 D Emission CH ₄ (Gg CH ₄) D=(C/10 ³)
OIL				
Exploration	No. of wells drilled 41	Kg CH ₄ /well drilled 72	2952.0	0.0029520
Production	PJ oil produced 112.89	Kg CH ₄ /PJ 4670	527196,3	0.5271963
Transport	PJ oil loaded in tanker 174.09	Kg CH ₄ /PJ 745	129697.1	0.1296971
Refining	PJ oil refined 286.98	Kg CH ₄ /PJ 1400	401773.6	0.4017736
Storage	PJ oil refined 286.98	Kg CH ₄ /PJ 250	71745.0	0.0717450
TOTAL CH₄ FROM OIL				1.1333640
GAS				
Production/ Processing	PJ gas produced 67.40	Kg CH ₄ /PJ 288000	19410681.6	19.4106816
Transmission and Distribution	PJ gas consumed 91.34	Kg CH ₄ /PJ 118000	10778639.2	10.7786392
Other Leakage	PJ non-residential gas 78.45 PJ residential gas 12.90	Kg CH ₄ /PJ 175000 Kg CH ₄ /PJ 87000	13728435.0 1121969.4	13.728435 1.1219694
TOTAL CH₄ FROM GAS				45.0397252
Venting/Flaring from Oil/Gas Production	PJ oil produced 112.89 Pj gas produced 67.40	Kg CH ₄ /PJ 3000 Kg CH ₄ /PJ 30000	338669.7 2021946.0	0.3386697 2.0219460
TOTAL CH₄ FROM VENTING/FLARING				2.3606157
TOTAL CH₄ FROM OIL AND GAS ACTIVITIES				48.5337049

Στη Κροατία στο τομέα της βιομηχανίας πετρελαίου, αντίθετα οι μεγαλύτερες εκπομπές CH₄ οφείλονται στις διεργασίες που σχετίζονται με τη παραγωγή,

μεταφορά και διανομή του φυσικού αερίου δηλαδή 45,0397252 Gg (45039 ton) ποσοστό 92,80% επί του συνόλου (πίνακας 12), ενώ οι διεργασίες σχετικά με τη παραγωγή πετρελαίου παρουσιάζουν πολύ μικρό ποσοστό εκπομπών CH₄ περίπου 3% (Romi et al., 2000).

Οι εκπομπές CH₄ από την καύση ντίζελ και άλλα πετρέλαια είναι αμελητέες, ενώ μειώνονται σημαντικά στις μηχανές εσωτερικής καύσης αερίου εάν αυξηθεί το φορτίο κατανάλωσης. Από την άλλη πλευρά οι εκπομπές nmVOC είναι ένας γενικός όρος για όλους τους αέριους υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου. Οι εκπομπές εμφανίζονται σε όλες τις διαδικασίες καύσης αλλά και στη μη-καύση υδρογονανθράκων. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Νορβηγικού Οργανισμού, οι συνολικές εκπομπές nmVOC για το 2014 της βιομηχανίας πετρελαίου ήταν 33.313 ton από τις οποίες το 65% προερχόταν από διεργασίες φόρτωσης (loading) ενώ το 27% από διάχυτες εκπομπές και εξαερισμό (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).

4.1.4.5 Εκπομπές PAH, PCB και διοξινών

Οι ενώσεις αυτές είναι πολύπλοκες αρωματικές και χλωριωμένες οργανικές ενώσεις, οι οποίες ανιχνεύονται σε εκπομπές κατά τη δοκιμή καλής λειτουργίας της γεώτρησης.

4.1.5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Ο συντελεστής εκπομπών είναι μια αντιπροσωπευτική τιμή, η οποία αφορά την ποσότητα του ρύπου που εκλύεται στην ατμόσφαιρα σε μια διεργασία που σχετίζεται με την εν λόγω εκπομπή. Οι συντελεστές αυτοί συνήθως εκφράζουν το βάρος των ρύπων διαιρούμενο με το βάρος της μονάδας, τον όγκο, την απόσταση, ή τη διάρκεια της δραστηριότητας που εμπλέκεται στην έκλυση των σχετικών εκπομπών (π.χ. χιλιόγραμμα των σωματιδίων που εκπέμπονται ανά χιλιόγραμμο του άνθρακα που καίγεται). Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι απλώς μέσοι όροι όλων των διαθέσιμων δεδομένων αποδεκτής ποιότητας, και γενικά θεωρούνται ότι οι τιμές τους είναι οι αντιπροσωπευτικές των μακροπρόθεσμων μέσων όρων όλων των εγκαταστάσεων σε μια συγκεκριμένη κατηγορία πηγών. Ο συντελεστής εκπομπών χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών από μια πηγή ως εισροή (input) για την απογραφή των εκπομπών (Government of Canada, 2011).

Η εκτίμηση των αέριων εκπομπών καθορίζεται από την ποσότητα του καυσίμου αερίου και του πετρελαίου (ντίζελ) που χρησιμοποιείται από το μηχανολογικό εξοπλισμό του κάθε υποσυστήματος της εγκατάστασης. Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπομπών βασίζονται σε δεδομένα τυποποιημένων στοιχείων των προμηθευτών των υποσυστημάτων (πίνακας 13), που αναφέρονται στις προδιαγραφές του μηχανολογικού εξοπλισμού και έχουν λάβει έγκριση από τον εθνικό οργανισμό περιβάλλοντος, ή είναι αναγνωρισμένοι από τη διεθνή κοινότητα (πίνακας 9, ή έχουν προκύψει από ανάθεση σε εξειδικευμένα εργαστήρια (EPA, 2016).

Πίνακας 9: Συγκριτικές τιμές συντελεστών εκπομπών (g/kwh) των προδιαγραφών της Caterpillar 3512C, των δεδομένων USEPA ,CARB and AP-42 (SPE-174766-MS, A comparison of Air Estimation Protocols for Drilling Rigs, Stuver S., Texas A&M University

Emission Factors/Standards	NMHC NOX	NOX	VOC	PM	CO
Caterpillar 3512C Emission Factor	5.3	5.04	0.27	0.14	1.6
CARB Caterpillar 3512C Emission Standard - USEPA	6.4	6.08	0.32	0.2	3.5
AP42 Controlled Engine greater than 750 hp		7.91	0.43	0.43	3.35
AP42 Uncontrolled Engine greater than 750 hp		14.6	0.43	0.43	3.35

Πίνακας 10: Συντελεστές εκπομπών εγκεκριμένοι από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος ΗΠΑ 2015 (www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/emission-factors_nov_2015.pdf)

Fuel Type	Heating Value mmBtu per short ton	CO ₂ Factor kg CO ₂ per mmBtu	CH ₄ Factor g CH ₄ per mmBtu	N ₂ O Factor g N ₂ O per mmBtu	CO ₂ Factor kg CO ₂ per short ton	CH ₄ Factor g CH ₄ per short ton	N ₂ O Factor g N ₂ O per short ton	Unit
Natural Gas								
Natural Gas (per scf)	0.001026	53.06	1.0	0.10	0.05444	0.00103	0.00010	scf
Crude Oil	0.138	74.54	3.0	0.60	10.29	0.41	0.08	gallon

Η γενική εξίσωση που αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος ΗΠΑ (USEPA) για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι η παρακάτω

$$E=A \times EF \times (1-ER/100)$$

Όπου: E= ποσότητα αέριων εκπομπών

A= ποσότητα ροής ρευστού ή αερίου της εμπλεκόμενης διεργασίας

EF= συντελεστής εκπομπών

ER= ποσοστό μείωσης απόδοσης των εκπομπών (μειωτικός συντελεστής)

Επομένως απαιτείται λεπτομερής περιγραφή των υποσυστημάτων που συμμετέχουν στη λειτουργία των εγκαταστάσεων, διότι οι υπολογισμοί των εκπομπών συνδέονται με τη κατανάλωση της ποσότητας του καυσίμου του κάθε υποσυστήματος των εγκαταστάσεων που ευθύνεται για τις ποσότητες των αντίστοιχων αέριων εκπομπών. Η σωστή εκτίμηση του συντελεστή εκπομπών (emission factor) που θα εφαρμοσθεί στους υπολογισμούς της κάθε διεργασίας ξεχωριστά, είναι σημαντικός παράγοντας για αξιόπιστες απογραφές.

Επίσης ο χαρακτηρισμός του καυσίμου είναι πολύ σημαντικός, για παράδειγμα πρέπει να γνωρίζουμε εάν το καύσιμο που καταλήγει στο πυρσό καύσης είναι φυσικό αέριο, αργό πετρέλαιο, ή καύσιμο κίνησης (diesel). Οι εκπομπές από τα υπολείμματα της καύσης (περίσσεια αέρα, άζωτο και υδρατμοί) δεν συμπεριλαμβάνονται στην καταχώρηση της εκπομπής. Γενικά πάρα πολλές χώρες όπως Καναδάς, ΗΠΑ, Αυστραλία, Νορβηγία κ.α. παρέχουν οδηγίες και απαιτήσεις στον τρόπο υπολογισμού των αέριων εκπομπών των υπεράκτιων εγκαταστάσεων παραγωγής υδρογονανθράκων. Στην Ευρώπη, η Νορβηγία είναι η χώρα που παράγει σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου και πετρελαίου η οποία έχει θεσπίσει αυστηρούς κανόνες προκειμένου να εξασφαλίσει υγιές περιβάλλον για όλους.

Πίνακας 11: Προτεινόμενοι συντελεστές των εκπομπών Νορβηγικού Κανονισμού για διεργασίες καύσης που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως καύσιμο, όταν δεν διατίθενται εγκεκριμένοι συντελεστές της εγκατάστασης(www.norskoljeoggass.no/en/Publica/Environmental-reports/Environmental-report-2014/)

Emissions	Unit	Turbine	Engines	Boilers	Flaring	Well testing
CO ₂	Ton/1000 Sm ³	Field-specific	Field-specific	Field-specific	3.73	2.34
NO _x	Ton/1000 Sm ³	Field-specific*	Field-specific*	Field-specific	0.0014	0.012
CO	Ton/1000 Sm ³	0.0017	Field-specific	Field-specific	0.0015	0.0015
N ₂ O	Ton/1000 Sm ³	0.000019	Field-specific	Field-specific	0.000020	0.000020
CH ₄	Ton/1000 Sm ³	0.00091	Field-specific	Field-specific	0.00024	0.00024
nmVOC	Ton/1000 Sm ³	0.00024	Field-specific	Field-specific	0.00006	0.00006
SO _x	Ton/1000 Sm ³	Field-specific	Field-specific	Field-specific	Field-specific	Field-specific

Ο τομέας της εξόρυξης και παραγωγής υδρογονανθράκων έχει υποχρέωση να καταγραφεί τις αέριες εκπομπές αξιόπιστα και με ακρίβεια όπως έχουμε αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η απευθείας και συνεχής μέτρηση των αέριων εκπομπών από την έξοδο των σημειακών πηγών έχει αυξημένο κόστος, με αποτέλεσμα όλοι υπολογισμοί των αέριων απογραφών να βασίζονται στην εκτίμηση της ποσότητας του καύσιμου υλικού που καταναλώνεται εκτός από ειδικές περιπτώσεις.

Πίνακας 12: Προτεινόμενοι συντελεστές των εκπομπών Νορβηγικού Κανονισμού για διεργασίες καύσης που χρησιμοποιούν diesel ή άλλο είδος πετρελαίου ως καύσιμο

Emissions	Unit	Turbine	Engines	Boilers	Well testing
CO ₂	ton/ton	3,17	3,17	3,17	3,17
NO _x *	ton/ton	Field-specific*	0,07	0,016	0,0037
CO	ton/ton	0,0007	0,007	Field-specific	0,018
N ₂ O	ton/ton	Field-specific	0,0002	Field-specific	Field-specific
CH ₄	ton/ton	Field-specific	Field-specific	Field-specific	Field-specific
nmVOC	ton/ton	0,00003	0,005	Field-specific	0,0033
SO _x	ton/ton	0,0028	0,0028	0,0028	Field-specific

Οι συντελεστές εκπομπών των τυποποιημένων στοιχείων των μηχανών παραγωγής ενέργειας (παράδειγμα πίνακα 13) έχουν προκύψει λαμβάνοντας υπόψη ότι λειτουργούν σε απόδοση 100%. Πρακτικά αυτό δεν συμβαίνει, αφού σπάνια δουλεύουν σε τέτοιους ρυθμούς αλλά και οι διαχειριστές δεν καταγράφουν τις διακυμάνσεις των αποδόσεων ώστε να γίνει η ανάλογη εκτίμηση. Επιπλέον μεταβολές των συνθηκών λειτουργίας των μηχανών, όπως η θερμοκρασία καύσης επηρεάζουν σημαντικά τις παραγόμενες εκπομπές.

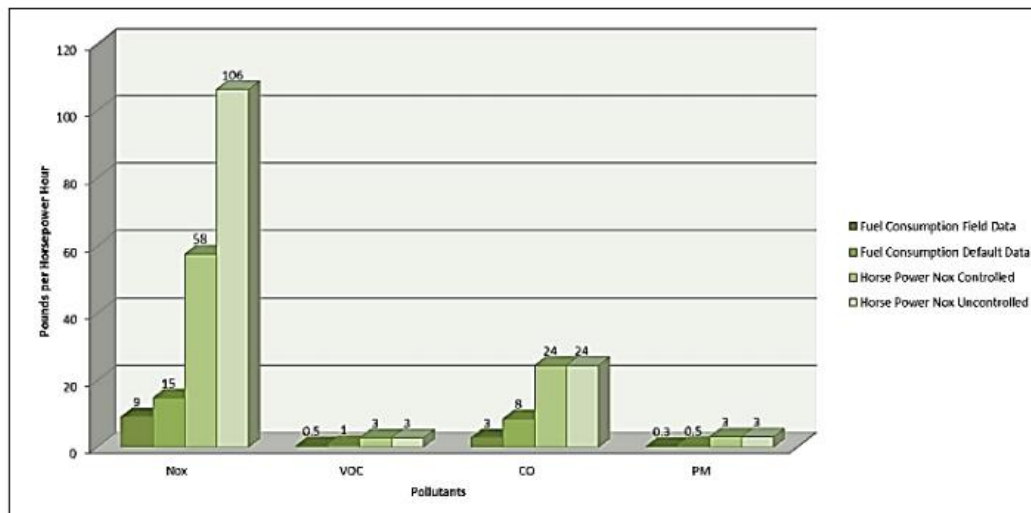
Σε έρευνα που έγινε για τον υπολογισμό των εκπομπών με καύσιμο το πετρέλαιο σε εγκαταστάσεις παραγωγής υδρογονανθράκων στην πολιτεία του Τέξας στις ΗΠΑ σε μηχανή παραγωγής ενέργειας των χαρακτηριστικών Caterpillar 3512 C, εξετάστηκαν διαφορετικά σενάρια στις ίδιες συνθήκες λειτουργίας. Συγκεκριμένα λαμβάνοντας υπόψη τιμή του συντελεστή εκπομπών NO_x (6,08) των δεδομένων Caterpillar 3512 C Emission Standard USEPA (πίνακας 13) και κάνοντας τους υπολογισμούς σύμφωνα με την κατανάλωση καυσίμου οι εκπομπές NO_x ανέρχονταν σε 14,74 lbNO_x/hr. Στη άλλη περίπτωση, οι εκπομπές NO_x υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την υποδύναμη της μηχανής δηλαδή 1476 ίππους και με συντελεστή 7,91 όπως αναφέρεται στους πίνακες AP-42 USEPA 1996 (πίνακας 13) και ανέρχονταν σε 57,64 lbNO_x/hr.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην περίπτωση που οι υπολογισμοί γινόταν λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση καυσίμου και όχι την ιπποδύναμη οι εκπομπές που υπολογιζόταν ήταν πολύ μικρότερες. Η μεγάλη διαφορά των δύο μεθόδων οφείλεται ότι οι δεύτεροι υπολογισμοί εκτίμησαν ότι η απόδοση του κινητήρα των 1476 ίππων ήταν σε ποσοστό 100% (default) πράγμα που είναι λάθος. Μόνο στη περίπτωση διεργασιών όπως υδραυλική ρηγμάτωση (hydraulic fracturing) και έκχυση όξινων αερίων (acid treatment) μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο κατάλληλη μέθοδος υπολογισμού των εκπομπών της δραστηριότητας (frac spread) η εφαρμογή συντελεστών που συνδέονται με την ιπποδύναμη, διότι τα δεδομένα της κατανάλωσης καυσίμου των μηχανών ενέργειας αποτελούν μεγάλη πρόκληση, επειδή τα καύσιμα συνήθως τροφοδοτούνται από 1, 2 ή και περισσότερα βυτιοφόρα (Εικόνα 21) και στη συνέχεια δρομολογείται ένας μεγάλος αριθμός σε σειρά δραστηριοτήτων ενός πολύπλοκου εξοπλισμού (Stuver, 2015).



Εικόνα 21: Εγκαταστάσεις που απαιτούνται για υδραυλική ρηγμάτωση του πετρώματος (frac spread) <http://info.drillinginfo.com/well-completion-well-stimulation/>

Δεδομένου ότι οι μηχανές γεωτρήσεων έχουν υψηλή μεταβλητότητα στην απόδοση του κινητήρα (engine load), η διενέργεια απογραφής ατμοσφαιρικών εκπομπών της παραγωγής υδρογονανθράκων στις εξέδρες γεωτρήσεων απαιτεί έναν νέο τρόπο υπολογισμού τους. Δηλαδή, ένας τρόπος ώστε να υπολογίζονται οι εκπομπές χωρίς να βασίζονται στο φορτίο του κινητήρα ως κύρια μεταβλητή, αλλά στα δεδομένα κατανάλωσης καυσίμου διότι είναι άμεσα διαθέσιμα και παρέχουν ακριβέστερη εκτίμηση των εκπομπών. Ωστόσο, για εργασίες που η κατανάλωση καυσίμου δεν είναι διαθέσιμη, μέθοδοι που χρησιμοποιούν την ιπποδύναμη και το φορτίο κινητήρα ως μεταβλητές μπορεί να ταιριάζουν καλύτερα.



Εικόνα 22: Σύγκριση διάφορων πρωτοκόλλων απογραφής αέριων εκπομπών για τις ίδιες διεργασίες γεώτρησης σε lb/hr-hr (A comparison of Air Estimation Protocols for Drilling Rigs, Stuver S., Texas A&M University)

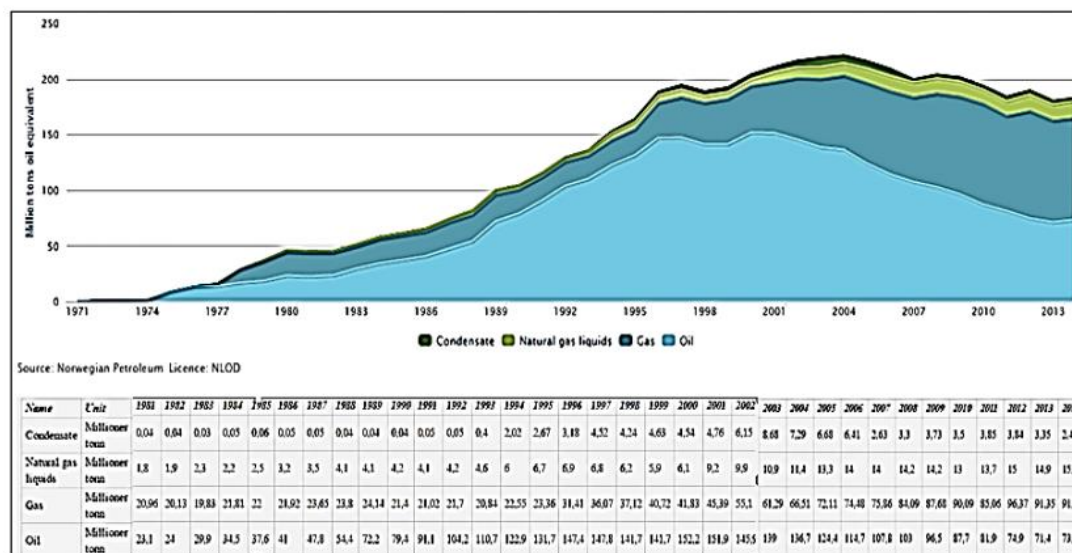
Τα αποτελέσματα των εκπομπών της απογραφής των αέριων εκπομπών μπορεί να διαφέρουν δραματικά ανάλογα από το είδος των υπολογισμών και των μεθόδων που επιλέγονται (Εικόνα 22). Για παράδειγμα οι υπολογισμοί εκπομπών NOx βάση της κατανάλωσης καυσίμου ως πεδίο αναφοράς (Fuel consumption Field Data) ανέρχονται σε 9 lbNOx/h ενώ με τη χρήση των συντελεστών της υποδύναμης του κινητήρα μη ελεγχόμενου ενεργειακού φορτίου οι εκπομπές ανέρχονται σε 106 lbNOx/h (Stuver, 2015). Είναι ξεκάθαρο ότι τα πιο ακριβή αποτελέσματα απογραφών προκύπτουν όταν χρησιμοποιούνται στοιχεία της κατανάλωσης του καυσίμου, εφαρμόζοντας τους αντίστοιχους συντελεστές εκπομπών.

4.1.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΓΡΑΦΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ 2005-2014 ΣΤΗ ΝΟΡΒΗΓΙΑ

Από βιβλιογραφική έρευνα και ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι πλήρη στοιχεία λεπτομερούς παραδείγματος καταγραφής παρουσιάζονται στις ετήσιες δημοσιεύσεις του Οργανισμού πετρελαίου και φυσικού αερίου της Νορβηγίας. Στο παρακάτω πίνακα απεικονίζονται αναλυτικά οι ποσότητες των αέριων εκπομπών ανά πηγή από το 2005 έως το 2014 στη Νορβηγία [68].

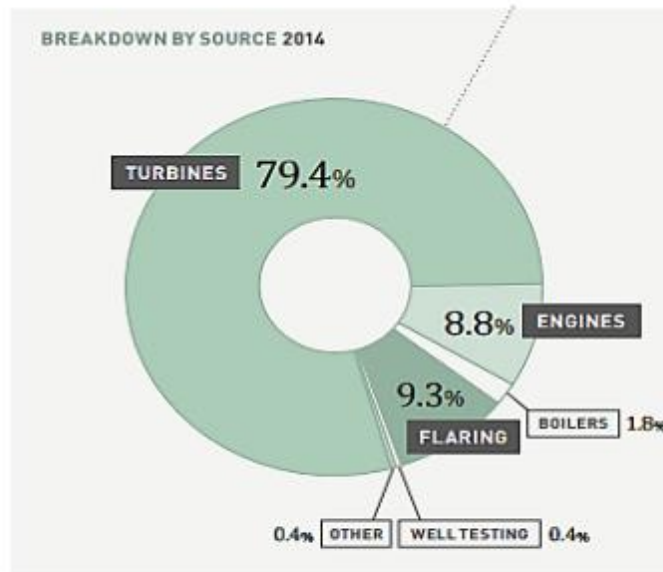
Η συνολική παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου στη νορβηγική υφαλοκρηπίδα ανήλθαν σε 214 εκατομμύρια Sm³ ισοδύναμα πετρελαίου το 2013. Η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου μειώθηκε σχεδόν κατά 5 τοις εκατό σε σύγκριση με το 2012. Για το 2014 η παραγωγή ανήλθε σε 2,45 εκατομμύρια αέριων

συμπυκνωμάτων (ισοδύναμου πετρέλαιο), 15,9 εκατομμύρια υγρό φυσικό αέριο (ισοδύναμου πετρέλαιο), 91,41 εκατομμύρια αέριο (ισοδύναμο πετρέλαιο), και 73,7 εκατομμύρια πετρέλαιο (Εικόνα 23) ενώ έως το 2020 θα παραμείνει σταθερή (Norwegian Oil and Gas Association, 2016).



Εικόνα 23: Στοιχεία παραγωγή; Υδρογονανθράκων στη Νορβηγία
[\(http://www.environment.no/topics/marineand-coastal-waters/oil-and-gas-activities/graf_cfc8eb5ce554156a445b891481b2a53/\)](http://www.environment.no/topics/marineand-coastal-waters/oil-and-gas-activities/graf_cfc8eb5ce554156a445b891481b2a53/)

Οι μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών αφορούν το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Συνολικά ανήλθαν σε 13,1 εκατ. τόνους το 2014, παρουσιάζοντας αύξηση σε σύγκριση με 12,3 εκατ. του προηγούμενο έτος. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην έναρξη λειτουργίας και πλήρους παραγωγής καινούργιων ταμειωτήρων όπως Skarv και Gudrun. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών CO₂ παράγεται από του αεριοστρόβιλους (79,4%), τους κινητήρες (8,8%) και τους πυρσούς καύσης (9,3%) (Εικόνα 18) (Norwegian Oil and Gas Association, 2016) .



Εικόνα 24: Εκπομπές CO₂ ανά πηγή επί συνόλου 13,1 εκατ. παραγόμενους τόνους 2014 (www.norskoljeoggass.no)

Η Νορβηγία, για να περιορίσει τις αέριες εκπομπές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή εισήγαγε πρώτη ένα φόρο για τις εκπομπές CO₂ το 1991. Ο φόρος αυτός το 1992 είχε οριστεί σε 0,80 NOK ανά Sm³ (3,20 USD / 1000 SCF) φυσικό αέριο χρήσης (ή ένα παρόμοιο φόρο που έπρεπε να καταβληθεί για το πετρέλαιο ως καύσιμο) (Geir Husdal, Novatech A.S, 1994). Το 2013 αποφάσισε να αυξήσει το ποσοστό φόρου στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της υπεράκτιας παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου από 28 € έως πάνω από 55 € (210 NOK σε 410 NOK) ανά τόνο CO₂ (IETA, 2013). Ο φορολογικός συντελεστής CO₂ κατά την 1η Ιανουαρίου 2015 ήταν 1,00 NOK ανά SCM αερίου ή λίτρων πετρελαίου ή συμπυκνώματος, που αντιστοιχεί σε 427 NOK ανά τόνο CO₂. Παράλληλα η Νορβηγία αποφάσισε να συμμετέχει στο σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ από το 2008 και μετά. Σύμφωνα με το διαδικτυακό ισότοπο Point Carbon (διεθνώς αναγνωρισμένο πρακτορείο ενημέρωσης συναλλαγών, 2013), το 2012 η Νορβηγία είχε συνολικά 52.900.000 τόνους εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ισοδυνάμου διοξειδίου (MtCO₂e) αύξηση κατά 5,1% από τα επίπεδα του 1990, από τους οποίους οι 12.508.000 τόνοι ποσοστό 23,65% επί του συνόλου προερχόταν από την υπεράκτια δραστηριότητα πετρελαίου και αερίου, έτσι, η νορβηγική κυβέρνηση αγόρασε 21.500.000 τόνους εκπομπών ως αντιστάθμιση για να ξεπεράσει το στόχο της συμφωνίας του Πρωτόκολλο του Κιότο (IETA, 2013).

Η επιθυμία όλων των εμπλεκόμενων αρχών είναι να οδηγηθεί ο τομέας της παραγωγής υδρογονανθράκων σε μηδενικές εκπομπές CO₂. Απαραίτητο εργαλείο επιβεβαίωσης της αποτελεσματικότητας τέτοιων πολιτικών είναι οι απογραφές των αέριων εκπομπών που προκύπτουν από τον έλεγχο και τη παρακολούθηση τους.

4.1.7 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΟ ΤΕΞΑΣ ΕΤΟΣ 2005

Η ομοσπονδία του Τέξας στις ΗΠΑ το 2007 δημοσίευσε πλήρη στοιχεία λεπτομερούς καταγραφής των αέριων εκπομπών ανά πηγή, σχετικά με την εξερεύνηση και παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου σε χερσαίες και θαλάσσιες εγκαταστάσεις.

Η μεγαλύτερη ποσότητα των εκπομπών CO (70,5%) προέρχεται από χερσαίες πηγές παραγωγής (κυρίως από τους κινητήρες συμπίεσης φυσικού αερίου). Οι εκπομπές NO_x επικρατούν στις χερσαίες εξερευνήσεις (54,1%) και στις χερσαίες εγκαταστάσεις παραγωγής (41,2%). Οι μηχανές γεώτρησης είναι η πιο σημαντική κατηγορία στην εξερεύνηση εκπομπών NO_x, ενώ οι κινητήρες συμπίεσης είναι κύρια πηγή NO_x που σχετίζονται με την παραγωγή των υδρογονανθράκων (Texas commission on Enviromental Quality, 2007).

Για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC), οι πηγές από τις χερσαίες εγκαταστάσεις παραγωγής αποτελούν το 85,1% του συνόλου των πτητικών οργανικών ενώσεων και οι πηγές χερσαίας εξερεύνησης το 14,3%. Οι κύριες πηγές που συμβάλλουν στις εκπομπές VOC, είναι η διεργασία αφύγρανσης με γλυκόλη (26,9%), οι δεξαμενές αποθήκευσης συμπυκνώματος (22,9%), και οι κεφαλές ελέγχου των φρεάτων αερίου (12,6%). Οι μηχανές γεώτρησης στις χερσαίες εξερευνήσεις, εκλύουν το 98,4% των εκπομπών SO₂. Οι μηχανές γεώτρησης στις χερσαίες εξερευνήσεις και οι κινητήρες συμπίεσης (χερσαία παραγωγή) ευθύνονται για περίπου το 96,4% των εκπομπών των σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2.5}. Μία από τις μεγαλύτερες αβεβαιότητες σχετικά με την απογραφή των εκπομπών έχει να κάνει με τη δυνητική ύπαρξη του ελέγχου των εκπομπών στις χερσαίες πηγές που συμπεριλήφθηκαν. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για δύο από τις κατηγορίες που βρέθηκαν να είναι εξέχουσες πηγές εκπομπών VOC, την αφύγρανση με γλυκόλη και τις δεξαμενές αποθήκευσης αερίου συμπυκνώματος. Αν ένας σημαντικός αριθμός από αυτές τις μονάδες έχει σύστημα ελέγχου των VOC, τότε τα εκτιμώμενα αποτελέσματα απογραφής για VOC θα επηρεαστούν (IETA, 2013) .

Συνολικά η αβεβαιότητα στα δεδομένα των απογραφών των αέριων εκπομπών που προκύπτουν από τη δραστηριότητα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων είναι ένας συνδυασμός συστηματικών και τυχαίων σφαλμάτων. Όσο αναφορά τις πηγές σταθερής καύσης, στις αναπτυγμένες χώρες οι υπολογισμοί βασίζονται στα ισοζύγια εφοδιασμού καυσίμου και των παραδόσεων, που παρέχει έλεγχο στα συστηματικά σφάλματα. Οι ειδικοί πιστεύουν ότι η αβεβαιότητα που προκύπτει από το συνδυασμό των δύο λαθών είναι πιθανώς στην περιοχή των ± 5 τοις εκατό για τις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, ενώ σε χώρες με λιγότερο καλά ανεπτυγμένα συστήματα διαχείρισης δεδομένων, το σφάλμα θα μπορούσε να είναι σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό, πιθανώς περίπου ± 10 τοις εκατό (IPCC, 2006).

Επίσης διαφορετικές προσεγγίσεις του καθορισμού των παραμέτρων περιλαμβάνουν :

- την εκτίμηση ποσοστού αβεβαιότητας (αντιπροσωπευτικές τιμές τυπικής απόκλισης)
- παράγοντες αβεβαιότητας συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ή δεδομένα τομέα (που αναφέρονται στη βιβλιογραφία)
- κατανομές πιθανοτήτων από τις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων.

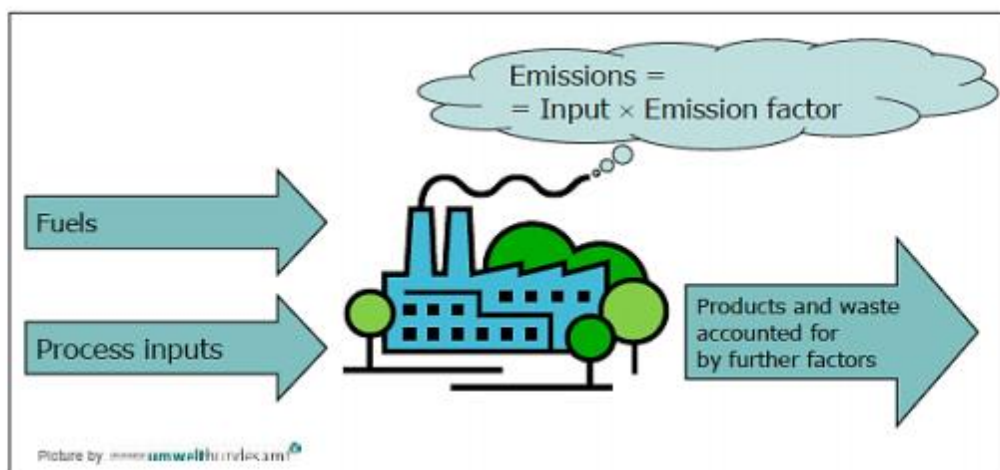
Γενικά η ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων καθορίζεται από επιτρεπτά όρια αβεβαιότητας των παραμέτρων που συμμετέχουν στην απογραφή των αέριων εκπομπών, δηλαδή τα στοιχεία των μετρήσεων, τα δεδομένα της δραστηριότητας και τους σχετικούς υπολογισμούς.

4.1.8 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΓΡΑΦΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Η βασική αρχή όλων των αρμόδιων αρχών είναι ότι «ένας τόνος εκπομπών πρέπει να είναι ένα τόνος». Για την παρακολούθηση των αέριων εκπομπών, εφαρμόζεται είτε η μεθοδολογία βασιζόμενη σε υπολογιστικά μοντέλα είτε η μεθοδολογία βασιζόμενη σε μετρήσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών σε όλη τη χρονική περίοδο των πηγών ροής της δραστηριότητας. Γενικά τα είδη των μεθοδολογιών που έχουν στη διάθεσή τους οι φορείς εκμετάλλευσης των υδρογονανθράκων για τον υπολογισμό της απογραφής των αέριων εκπομπών είναι τα παρακάτω:

1. υπολογισμός των εκπομπών βάση της τυπικής μεθοδολογίας

2. ισοζυγίου μάζας
3. μετρήσεις βασισμένες σε προσεγγίσεις
4. μεθοδολογίες που δεν βασίζονται σε βαθμίδες (tier)
5. συνδυασμοί προσεγγίσεων.



Εικόνα 25: Θεμελιώδη αρχή της τυπικής μεθοδολογίας για υπολογισμό εκπομπών καύσης (MRR Guidance document No. 1, Version of 16 July 2012)

Στο τομέα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων για τον υπολογισμό των εκπομπών καύσεων, συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της τυπικής μεθοδολογίας. Ο προσδιορισμός των εκπομπών της κάθε δραστηριότητας ανά ροή πηγής υπολογίζεται, εάν πολλαπλασιαστούν τα δεδομένα της δραστηριότητας που σχετίζονται με την κατανάλωση, τη Στο τομέα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων για τον υπολογισμό των εκπομπών καύσεων, συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της τυπικής μεθοδολογίας. Ο προσδιορισμός των εκπομπών της κάθε δραστηριότητας ανά ροή πηγής υπολογίζεται, εάν πολλαπλασιαστούν τα δεδομένα της δραστηριότητας που σχετίζονται με την κατανάλωση, τη διακίνηση ή την πραγματική παραγωγή εκφραζόμενη σε τόνους ή κανονικά κυβικά μέτρα με τον αντίστοιχο συντελεστή εκπομπών. Συγκεκριμένα η ποσότητα του καυσίμου (διαδικασία εισροής του καυσίμου) που καταναλώνεται πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή εκπομπών ώστε να προσδιοριστεί το σύνολο των αντίστοιχων εκπομπών (Εικόνα 25).

Οι επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν τους υπολογισμούς, είναι ο συντελεστής οξείδωσης για τις εκπομπές καύσης και ο συντελεστής μετατροπής των εκπομπών της κάθε διεργασίας. Και οι δύο χρησιμοποιούνται ως διορθωτικοί συντελεστές των ατελών χημικών αντιδράσεων. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία η εξίσωση που εφαρμόζεται για τις εκπομπές CO₂ από διεργασία καύσης είναι:

$$E_m = AD \cdot EF \cdot OF$$

Όπου:

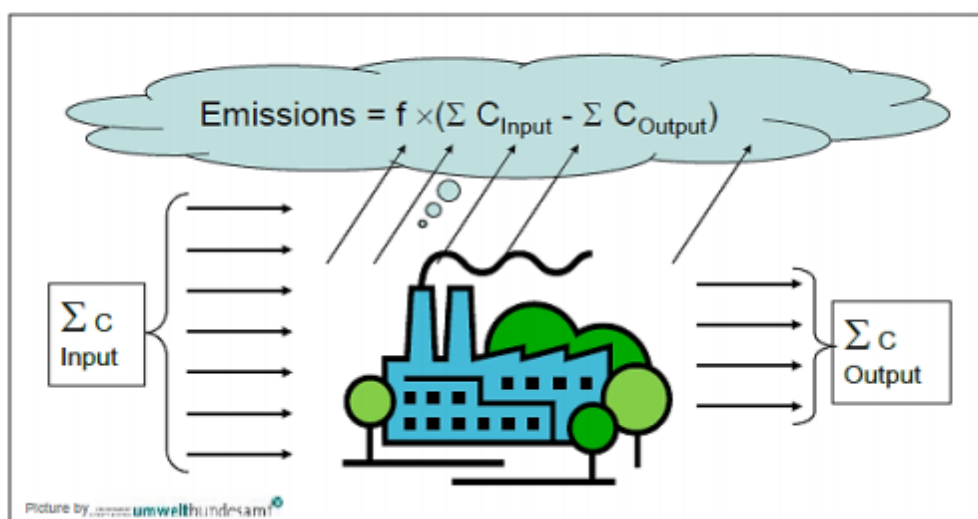
E_m = εκπομπές [tn CO₂]

AD = δεδομένα δραστηριότητας [TJ, t ή Nm³]

EF = συντελεστής εκπομπών [t CO₂/ TJ, t CO₂/ t, ή CO₂ /Nm³]

OF = συντελεστής οξείδωσης

Συντελεστές σε μονάδες tn συνήθως πρέπει να χρησιμοποιούνται για στερεά και ρευστά, ενώ μονάδες Nm³ χρησιμοποιούνται για αέρια καύσιμα. Προκειμένου να επιτευχθεί ο αριθμός του παρόμοιου μεγέθους, οι τιμές στην πράξη είναι σε 1000 Nm³.



Εικόνα 26: Θεμελιώδη αρχή ισοζύγιο μάζας για υπολογισμό εκπομπών καύσης (MRR Guidance document No. 1, Version of 16 July 2012)

Στη μεθοδολογία του ισοζύγιο μάζας, ο υπολογισμός των εκπομπών επιμερίζεται σε κάθε ροή πηγής, και εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου ένα καύσιμο ή υλικό είναι άμεσα σχετιζόμενο με τις εκπομπές (Εικόνα 26). Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπως η χαλυβουργία ή τμήματα της χημικής βιομηχανίας, είναι συχνά δύσκολο να συσχετιστούν οι άμεσες εκπομπές με τις επιμέρους εισροές, επειδή τα προϊόντα (και απόβλητα) περιέχουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (π.χ. αιθάλη). Έτσι, δεν είναι επαρκείς οι υπολογισμοί της ποσότητας του μη εκπεμπόμενου άνθρακα από τη χρήση του συντελεστή οξείδωσης ή κάποιου συντελεστή μετατροπής. Αντ' αυτού, η εφαρμογή ενός πλήρους ισοζυγίου του στοιχειακού άνθρακα που εισέρχεται και εξέρχεται από την εγκατάσταση ή την καθορισμένη θέση είναι πιο κατάλληλο. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία η εξίσωση που εφαρμόζεται για τις εκπομπές CO₂ στην καύση είναι :

$$Em_{MB} = \sum_i (f \cdot AD_i \cdot CC_i)$$

- Em_{MB}= Εκπομπές όλων των ροών, των πηγών που υπολογίζονται στο ισοζύγιο μάζας [t CO₂]
- F= Συντελεστής μετατροπής της μοριακής μάζας του άνθρακα σε CO₂. Η τιμή του f είναι 3.664t CO₂/t C
- i= δείκτης του καύσιμου που εξετάζεται
- AD_i= Τα δεδομένα δραστηριότητας (δηλαδή μάζα σε τόνους) του καυσίμου που εξετάζεται. Εισερχόμενες ροές ρευμάτων λαμβάνονται υπόψη ως θετικές, εξερχόμενων ροές καυσίμων θεωρούνται αρνητικά δεδομένων δραστηριότητας.
- CC_i= Η περιεκτικότητα σε στοιχειακό άνθρακα του συστατικού που εξετάζεται

Κατά την εφαρμογή όλων των μεθόδων, είναι σημαντικό να τηρείται η αρχή της πληρότητας των δεδομένων παρακολούθησης δηλαδή να μην σημειώνονται κενά ή διπλό εγγραφές όσον αφορά τις εκπομπές, και να λαμβάνονται υπόψιν όλα τα ρεύματα καυσίμων στους υπολογισμούς καύσεων των απογραφών ως εισερχόμενες ροές. Η επιλογή της κάθε μεθοδολογίας, καθορίζει τη σχετική βαθμίδα (tier) αβεβαιότητας, δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπτή αβεβαιότητα των υπολογισμών. Στους υπολογισμούς της βαθμίδας ένα απαιτούνται τα δεδομένα κατανάλωσης καυσίμου

ανά πηγή και μία προκαθορισμένη τιμή (default) του συντελεστή εκπομπών. Ο κάθε φορέας εκμετάλλευσης προσδιορίζει τους συντελεστές εκπομπών ως προκαθορισμένες τιμές, και χρησιμοποιεί μία από τις ακόλουθες τιμές :

- τους πρότυπους συντελεστές και τους στοιχειομετρικούς συντελεστές που περιλαμβάνονται στο παράρτημα VI του Κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 601/2012
- τους πρότυπους συντελεστές που χρησιμοποιούνται από κάθε κράτος μέλος για τον εθνικό κατάλογο απογραφής
- τις τιμές της βιβλιογραφίας που έχουν συμφωνηθεί με την αρμόδια αρχή
- τις τιμές τις οποίες ορίζει και εγγυάται ο προμηθευτής του μηχανολογικού εξοπλισμού, με τη προϋπόθεση ότι ο φορέας εκμετάλλευσης μπορεί να αποδείξει ικανοποιητικά ότι η περιεκτικότητα σε άνθρακα παρουσιάζει διάστημα εμπιστοσύνης 95 %
- τις τιμές που βασίζονται σε αναλύσεις του παρελθόντος, αρκεί να μπορεί να αποδειχθεί ικανοποιητικά, ότι οι τιμές αυτές είναι αντιπροσωπευτικές για τις μελλοντικές παρτίδες του ίδιου υλικού (IPCC, 2006).

Στη δεύτερη βαθμίδα για τους υπολογισμούς των εκπομπών δεν χρησιμοποιείται η προκαθορισμένη τιμή συντελεστή εκπομπών, αλλά ένας ειδικός συντελεστής που έχει αναπτυχθεί, αφού έχει ληφθεί υπόψη η σύνθεση των υδρογονανθράκων του κοιτάσματος της περιοχής μελέτης, δηλαδή η περιεκτικότητα του στοιχειακού άνθρακα του καυσίμου που χρησιμοποιείται στην καύση και τον αντίστοιχο συντελεστή οξείδωσης. Η τρίτη βαθμίδα απαιτεί περισσότερα στοιχεία σχετικά με την ποσότητα του καυσίμου που καίγεται ανά κατηγορία πηγής και ξεχωριστό συντελεστή εκπομπών για κάθε τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Απαιτεί ουσιαστικά διαχωρισμό των δεδομένων σχετικά με το είδος καυσίμου που χρησιμοποιείται, την τεχνολογία καύσης, συνθήκες λειτουργίας, τεχνολογία ελέγχου, καθώς και τη συντήρηση και την ηλικία του εξοπλισμού της κάθε πηγής εκπομπών ώστε οι χρησιμοποιούμενοι συντελεστές εκπομπών να σχετίζονται με τις διαφορές που προκύπτουν από κάθε πηγή εκπομπών (World Health Organization, 1999).

Πίνακας 13: Βαθμίδες για τα δεδομένα δραστηριότητας (μέγιστη επιτρεπτή αβεβαιότητα ανά βαθμίδα)

Τύπος δραστηριότητας/ροής πηγής	Παράμετρος στην οποία εφαρμόζεται η αβεβαιότητα	Βαθμίδα 1	Βαθμίδα 2	Βαθμίδα 3
Καύση καυσίμων και χρήση καυσίμων ως εισροών διεργασιών				
Τυπικά καύσιμα του εμπορίου	Ποσότητα καυσίμου, σε [t] ή [Nm ³]	± 7,5 %	± 5 %	± 2,5 %
Άλλα αέρια και υγρά καύσιμα	Ποσότητα καυσίμου, σε [t] ή [Nm ³]	± 7,5 %	± 5 %	± 2,5 %
Στερεά καύσιμα	Ποσότητα καυσίμου, σε [t]	± 7,5 %	± 5 %	± 2,5 %
Καύση σε πυρσό	Ποσότητα καίόμενου στον πυρσό αερίου, σε [Nm ³]	± 17,5 %	± 12,5 %	± 7,5 %

Όσο αναφορά τις εκπομπές του CO₂, για κάθε πηγή εκπομπών η οποία εκπέμπει περισσότερους από 5 000 τόνους ετησίως ή συμμετέχει με ποσοστό άνω του 10 % στις συνολικές ετήσιες εκπομπές μιας εγκατάστασης, ο φορέας εκμετάλλευσης πρέπει να εφαρμόζει την ανώτατη βαθμίδα. Σε περίπτωση που μπορεί να αποδειχθεί ότι η εφαρμογή της απαιτούμενης βαθμίδας δεν είναι τεχνικά εφικτή ή συνεπάγεται αδικαιολόγητο κόστος, τότε επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί η επόμενη χαμηλότερη βαθμίδα για τη σχετική πηγή εκπομπών (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κανονισμός 600/12) .

Είναι ξεκάθαρο ότι υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στην εκτίμηση των αέριων εκπομπών. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι ο συντελεστής εκπομπών που θα χρησιμοποιηθεί. Οι συντελεστές εκπομπών των κατευθυντήριων οδηγιών της IPCC, υποθέτουν ότι έχουμε πλήρη οξειδωση του άνθρακα που περιέχεται στο καύσιμο (συντελεστής οξειδωσης του άνθρακα ίσος προς 1), για αυτό το λόγο είναι καλή πρακτική να χρησιμοποιούνται οι συγκεκριμένες τιμές συντελεστών εκπομπών της κάθε χώρας, που έχουν προκύψει βάση ανάλυσης της σύνθεσης των υδρογονανθράκων ή άλλων καλά τεκμηριωμένων δεδομένων και όχι οι προκαθορισμένες τιμές συντελεστών εκπομπών. Η αξιοπιστία της κάθε μεθοδολογίας και όλων των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για την απογραφή των αέριων εκπομπών, στο τομέα της εξερεύνησης και παραγωγής υδρογονανθράκων, αξιολογείται από τις αρμόδιες αρχές από τον έλεγχο της έκθεσης επαλήθευσης αέριων εκπομπών, που οφείλει ο φορέας εκμετάλλευσης να προσκομίζει κάθε χρόνο.

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ

Οι μετρήσεις και η παρακολούθηση των αέριων εκπομπών αποτελούν υποχρέωση του τομέα παραγωγής και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων και είναι το κλειδί για τον ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Η

ποιότητα του αέρα, η καθιέρωση στρατηγικών ελέγχου της ρύπανσης, η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και τις οδηγίες που σχετίζονται με τις επιπτώσεις της ρύπανσης στην υγεία στηρίζονται στις πειραματικές μετρήσεις των αέριων εκπομπών. Οι βασικοί στόχοι της παρακολούθησης και ελέγχου των αέριων εκπομπών είναι :

- Αξιολόγηση των επιπτώσεων για την υγεία κατά την έκθεση του ανθρώπινου πληθυσμού.
- Προσδιορισμός των απειλών για τα φυσικά οικοσυστήματα.
- Καθορισμός της συμμόρφωσης με τα εθνικά ή διεθνή πρότυπα.
- Ενημέρωση του κοινού για την ποιότητα του αέρα και εγκατάσταση συστημάτων προειδοποίησης για τη προστασία του.
- Η παροχή πληροφοριών για τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα και το σχεδιασμό των χρήσεων γης.
- Ο εντοπισμός και η κατανομή των πηγών.
- Η ανάπτυξη πολιτικών και ο καθορισμός των προτεραιοτήτων για διαχείριση δράσεων.
- Ανάπτυξη και πιστοποίηση εργαλείων διαχείρισης, όπως μοντέλα και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.
- Ποσοτικοποίηση των τάσεων για τον εντοπισμό μελλοντικών προβλημάτων ή την πρόοδο στην επίτευξη των στόχων διαχείρισης ή ελέγχου [78] .

Η δειγματοληψία και οι μετρήσεις απαιτούν μεγάλη χρονική διάρκεια, εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικό τεχνικό εξοπλισμό οργάνων. Τα όργανα μέτρησης αέριας ρύπανσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των παραγόντων που συντελούν στη παραγωγή εκπομπών των υποσυστημάτων των εγκαταστάσεων. Λεπτομερή τεχνική ανάλυση της διαδικασίας και πρόσθετες μετρήσεις με τη χρήση οργάνων μέτρησης της ρύπανσης του αέρα, απαιτούνται για να καθορίσουν τις κατάλληλες τιμές των ρυθμών παραγωγής των αέριων εκπομπών. Οι εγκαταστάσεις εξόρυξης και παραγωγής υδρογονανθράκων υπόκεινται στην υποχρέωση άδειας αέριων εκπομπών και πρέπει να εφαρμόζουν σχέδιο παρακολούθησης , ώστε να αξιολογείται η συμμόρφωση τους με τα θεσπισμένα όρια εκπομπών. Τα όργανα μέτρησης αέριων εκπομπών έχουν τη δυνατότητα καταγραφών σε εξωτερικούς αλλά και εσωτερικούς χώρους, και ομαδοποιούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Συσκευές Μέτρησης Συγκέντρωσης (Concentration Measurement Instruments). Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει δειγματοληψία του ατμοσφαιρικού αέρα και σωματιδίων.
- Συστήματα συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών (Continuous Emission Monitoring Systems-CEMS). Η παρακολούθηση των αερίων ρευμάτων γίνεται σε πραγματικό χρόνο.
- Συσκευές μέτρησης αέρα (Air Measuring Devices). Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει μετρήσεις όγκου, ρυθμού και ταχύτητας.
- Συσκευές παρακολούθησης μετεωρολογικών μεταβολών, (meteorological instruments) οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ατμοσφαιρικών μεταβλητών (Balaji, 2012).

Όλα τα συστήματα πρέπει να έχουν ακρίβεια μέτρησης, πιστοποίηση του τρόπου μέτρησης (μεθοδολογία επιστημονικά τεκμηριωμένη), χρονική πληρότητα (συλλογή δεδομένων), χωρική αντιπροσωπευτικότητα και κάλυψη, σταθερότητα από θέση σε θέση με την πάροδο του χρόνου διεθνή αναγνώριση και εναρμόνιση. Το ΥΠΕΚΑ για τον έλεγχο της ποιότητας της ατμόσφαιρας χρησιμοποιεί δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τα χαρακτηριστικά του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 14: Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης ΥΠΕΚΑ
(<http://www.ypeka.gr>)

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	Χημειοφωταύγεια
Οζόν (O ₃)	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ -ΑΣ _{2,5})	Απορρόφηση β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)

4.2.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Ο δειγματολήπτης μέτρησης συγκέντρωσης διάχυτων εκπομπών με ονομασία Radiello ® χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση της παρουσίας πτητικών οργανικών ενώσεων, O₃, NO₂, SO₂ και H₂S.κ.α. Η συγκριμένη συσκευή είναι παθητικός δειγματολήπτης, το μικρό μέγεθος της (~ 20 εκατοστά), τη καθιστούν εύκολη στην εγκατάσταση και τα χαρακτηριστικά της επιτρέπουν να τοποθετείται σε περιοχές εκτός των ορίων των εγκαταστάσεων, χωρίς την ανάγκη παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, συντήρησης ,επιτήρησης, και δεν χρειάζεται να βαθμονομηθεί πριν από τη

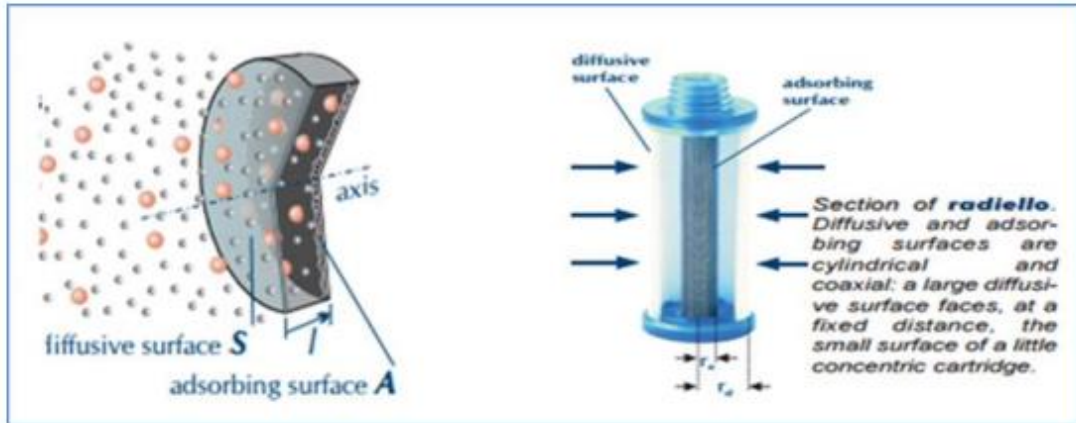
χρήση. Η κατασκευή του αποτελείται από μια προσροφητική κασέτα (adsorbing Cartridge) η οποία είναι τοποθετημένη σε ένα διάχυτο σώμα (diffusive body) στην κορυφή μιας βάσης στήριξης (Εικόνα 27). Κάθε κασέτα μπορεί να απορροφήσει μόνο μια συγκεκριμένη ουσία, ως εκ τούτου, για κάθε σημείο παρακολούθησης, πρέπει να τοποθετούνται και οι ανάλογες συσκευές. Μετά από συγκεκριμένο χρόνο οι κάψουλες συλλέγονται και αναλύονται σε εξειδικευμένο εργαστήριο



Εικόνα 27: Radiello ®και σημεία δειγματοληψίας.

Πηγή; <http://www.radiello.com/>

Ο δειγματολήπτης είναι ένα κλειστό κουτί (συνήθως κυλινδρικό), όπου τα αέρια μόρια αρχικά διασχίζουν τη «διαφανή» πλευρά, και στη συνέχεια απορροφούνται στην εσωτερική πλευρά. Η πρώτη πλευρά ορίζει την επιφάνεια διάχυσης, ενώ η δεύτερη την απορροφητική επιφάνεια (σημειώνονται με S και A αντίστοιχα στο σχήμα της εικόνας 28)



Εικόνα 28: Λειτουργία Radiello® και τμήμα της κατασκευής του
<http://www.radiello.com>

Τα αέρια μόρια διασχίζουν την επιφάνεια S διαχέονται και απορροφούνται στην επιφάνεια A κατά μήκος της διαδρομής l , παράλληλα προς τον άξονα του κυλινδρικού κουτιού καθορίζουν το ρυθμό συγκέντρωσης DC / dl . Τα μόρια, τα οποία έχουν παγιδευτεί από το απορροφητικό υλικό στην επιφάνεια A αποτυπώνονται στη παρακάτω εξίσωση (Radiello, 2015) :

$$\frac{dm}{dt} = D \cdot S \cdot \frac{dC}{dl}$$

όπου dm είναι η προσροφημένη μάζα κατά τη διάρκεια του χρόνου dt και D είναι ο συντελεστής διάχυσης Έστω C είναι η συγκέντρωση στην διάχυτη επιφάνεια και C_0 η συγκέντρωση στην απορροφητική επιφάνεια A , τότε ολοκληρώνοντας τη παραπάνω εξίσωση έχουμε :

$$\frac{m}{t} = D \frac{S}{l} (C - C_0)$$

Εάν η συγκέντρωση στην απορροφητική επιφάνεια είναι αμελητέα, τότε η εξίσωση κατά προσέγγιση γίνεται

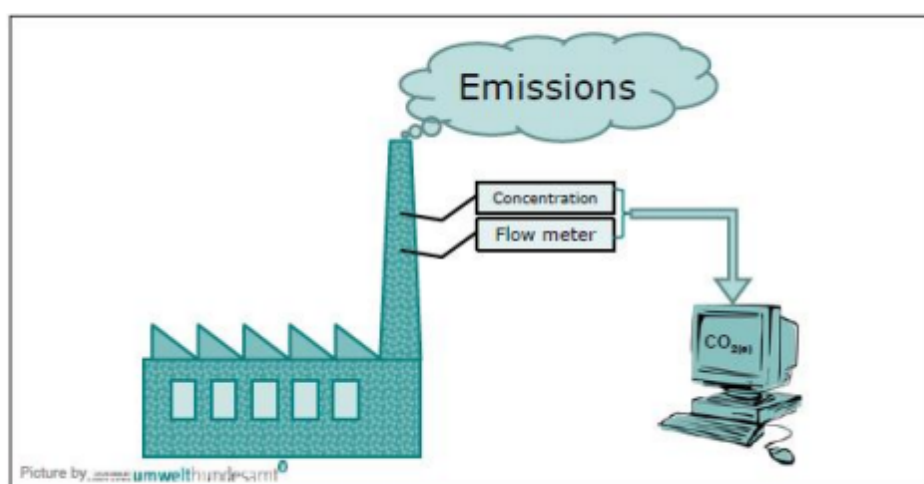
$$\frac{m}{tC} = D \frac{S}{l} = Q \rightarrow C = \frac{m}{tQ}$$

Q είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας και έχει τις διαστάσεις μιας αέριας ροής (εάν m εκφράζεται σε μg , t σε λεπτά και C σε $\mu\text{g l}^{-1}$, Q εκφράζεται σε $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$). Ως εκ τούτου, εάν το Q είναι σταθερό και μπορεί να μετρηθεί, τότε για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης στον ατμοσφαιρικό αέρα, χρειάζεται μόνο να ποσοτικοποιηθεί η μάζα της προς ανάλυση ουσίας που παγιδεύεται από το απορροφητικό υλικό, καταγράφοντας τη χρονική στιγμή της έκθεσης της διάχυσης του δειγματολήπτη. Βασικό πλεονέκτημα είναι η ακρίβεια των μετρήσεων διότι οι υπολογισμοί γίνονται εργαστηριακά σε ένα θάλαμο ελεγχόμενης ατμόσφαιρας με ευρεία μεγέθυνση της συγκέντρωσης, θερμοκρασίας, σχετικής υγρασία, την ταχύτητα του αέρα στις κατάλληλες συνθήκες και με ή χωρίς παρεμβολές. Επίσης έχει χαμηλά όρια ανίχνευσης, υψηλές ικανότητες προσρόφησης και επιτρέπει η χρονική διάρκεια έκθεσης να είναι από 15 λεπτά σε 30 ημέρες ενώ οι μετρήσεις της συγκέντρωσης είναι από 1 ppb σε πάνω από 1000ppm (European Commission, 2012).

4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Τέτοια τύπου συστήματα χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των αέριων εκπομπών σε καπνοδόχους απαερίων που προκύπτουν από την καύση των υδρογονανθράκων και απαιτούν δύο στοιχεία (Εικόνες 29& 30):

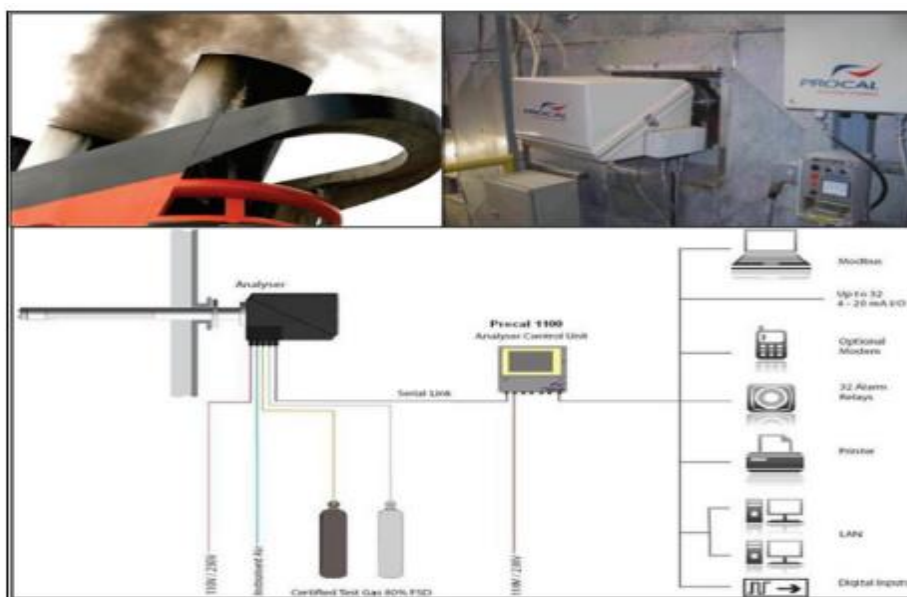
- τη μέτρηση της συγκέντρωσης του κάθε αέριου ρύπου
- και την ογκομετρική ροή του ρεύματος αερίου, όπου η μέτρηση πραγματοποιείται.



Εικόνα 29: Σχηματική απεικόνιση του συστήματος συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών (MRR Guidance document No. 1, Version of 16 July 2012)

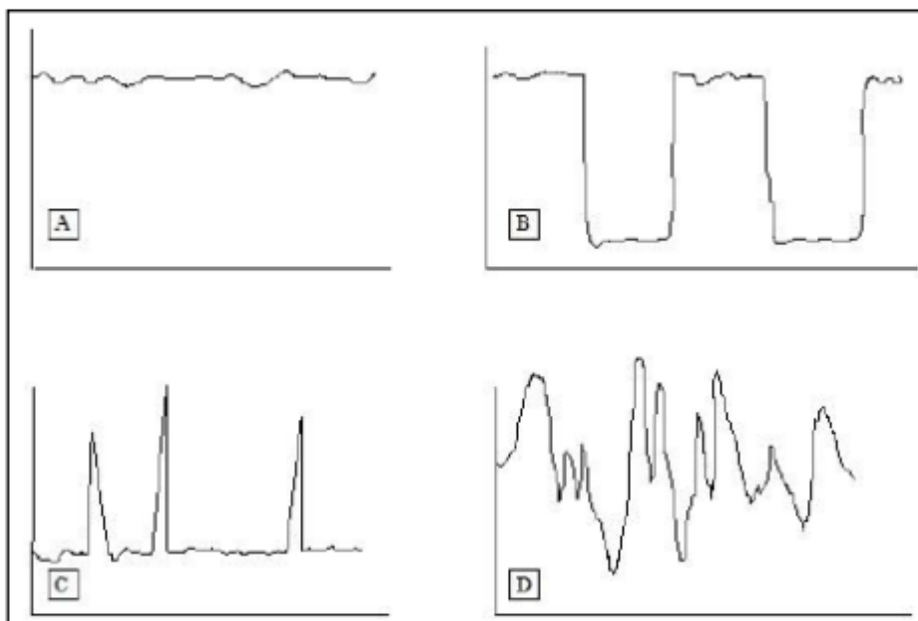
Οι εκπομπές καθορίζονται για κάθε ώρα μέτρησης, από την μέση ωριαία συγκέντρωση και τη μέση ωριαία παροχή. Στη συνέχεια όλες οι ωριαίες τιμές του έτους αναφοράς συνοψίζονται για τις συνολικές εκπομπές της συγκεκριμένης διεργασίας. Σε περίπτωση περισσότερων εκπομπών, οι θέσεις αντίστοιχα παρακολουθούνται και καταγράφονται (π.χ. δύο ξεχωριστές καπνοδόχοι ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) και τα δεδομένα τους αθροίζονται αφού έχει γίνει πρώτα για κάθε πηγή ξεχωριστός υπολογισμός, ώστε να προκύψει το σύνολο των εκπομπών (European Commission, 2012).

Τυπική συσκευή που χρησιμοποιείται είναι η συσκευή συνεχούς μέτρησης «PROCAL 2000 NDIR ANALYSER» (Εικόνα 30) που έχει δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης έως 5 αερίων, θερμοκρασία, πίεση και υγρασία. Η μέθοδος μέτρησης βασίζεται στη φασματογραφία NDIR (Non Dispersive Infra-Red spectroscopy–Gas Filter Correlation) και ο αναλυτής έχει ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης και πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος. (Κατασκευαστής: Kittiwake Portal Ltd – Maxwell Road, Peterborough, PE2 7HU – Μ. Βρετανία)



Εικόνα 30: Σύστημα in-situ ανάλυσης αερίων σε καμινάδες (www.enco.gr)

Τα καυσαέρια διαχέονται στο εσωτερικό του ανοξείδωτου σωλήνα μέτρησης μέσω των ειδικών φίλτρων (sinter filter) και μετρούνται εκεί μέσω απορρόφησης NDIR. Στον ίδιο σωλήνα τροφοδοτείται περιοδικά καθαρός, ξηρός αέρας, για την βαθμονόμηση μηδενός ενώ μπορεί να τροφοδοτείται και πρότυπο αέριο για τον έλεγχο κλίμακας (span verification).



Εικόνα 31: Παράδειγμα μεταβολών συγκέντρωσης αέριων εκπομπών σε συνάρτηση με το χρόνο (MON REF Reference Document on the General Principles of Monitoring, July 2003)

Στην παραπάνω εικόνα 31 απεικονίζονται μερικά παραδείγματα (Α, Β, Γ και Δ), σχετικά με το πώς οι αέριες εκπομπές μπορούν να ποικίλουν στη διάρκεια του χρόνου. Ο οριζόντιος άξονας (χ) καταγράφει τη χρονική στιγμή και ο κατακόρυφος άξονας (ψ) την αντίστοιχη ποσότητα των εκπομπών που εκλύονται. Το παράδειγμα Α αντιπροσωπεύει μια πολύ σταθερή διαδικασία. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι παραπλήσια, ανεξάρτητα της χρονικής στιγμής που τα δείγματα ελήφθησαν, επομένως περιοδικές μετρήσεις με ελάχιστη συχνότητα μπορεί να είναι επαρκής. Το παράδειγμα Β αντιπροσωπεύει ένα παράδειγμα με εναλλασσόμενα υψηλά και χαμηλά επίπεδα εκπομπών δηλαδή δύο διακριτά επίπεδα. Εάν πραγματοποιούνται συνεχείς μετρήσεις των εκπομπών, τότε η συνολική εκπομπή μπορεί να εκτιμηθεί ως ο μέσος όρος μεταξύ των δύο φάσεων εκπομπών. Επομένως διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας ή διαφορετικά προφίλ εκπομπών θα επηρεάσουν το καθεστώς παρακολούθησης και το σχεδιασμό του συστήματος της διαχείρισης των αέριων εκπομπών. Βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών συνεχούς παρακολούθησης είναι ότι καταγράφουν μετρήσεις όλων των αέριων εκπομπών σε πραγματικό χρόνο, μπορεί να γίνει ποσοτική εκτίμηση για συγκεκριμένη περίοδο χρόνου (30 λεπτά, 1 ώρα, 24 ώρες), υπάρχει πιστοποίηση του εξοπλισμού και η υπάρχει η δυνατότητα να ελέγχει σημαντικές μεταβολές των εκπομπών με χαμηλό κόστος (European Commission, 2013).

4.2.3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΑΕΡΑ

Ο σταθμός μέτρησης είναι εφοδιασμένος με αναλυτές συνεχούς μέτρησης και καταγραφής των αέριων εκπομπών μιας ευρύτερης περιοχής (Πίνακας 15). Συγκεκριμένα μετρούνται συνεχώς, οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου (SO₂), υδρόθειου (H₂S), ολικών υδρογονανθράκων (HCT), μεθανίου (CH₄) και μη μεθανιούχων υδρογονανθράκων (HCNM), αιωρούμενων σωματιδίων σύμφωνα με τα συστατικά των αέριων εκπομπών που ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από συγκεκριμένες πηγές.

Πίνακας 15: Χαρακτηριστικά στοιχεία μεθόδων μετρήσεων των ρύπων ενός τυπικού σταθμού μέτρησης

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξειδίο του άνθρακα (CO)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξειδία του αζώτου (NO,NO ₂)	1 ώρα	Χημοφωταύγεια
Οζόν (O ₃)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξειδίο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Καπνός (BS)	24 ώρες	Μέθοδος OECD
Μόλυβδος (Pb)	24 ώρες	Ατομική απορρόφηση
Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀ -PM _{2,5})	1 ώρα	Απορρόφηση β ακτινοβολίας
Βενζόλιο – Τολουόλιο – Αιθυλοβενζόλιο, m-p-o Ξυλόλιο (BTEX)	1 ώρα	Αέρια χρωματογραφία (GC)

Ένας από τους συνηθισμένους σταθμούς μέτρησης που χρησιμοποιείται για τη παρακολούθηση των αέριων εκπομπών που εκλύονται κατά την παραγωγή υδρογονανθράκων στα κοιτάσματα του Πρίνου περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά στοιχεία του πίνακα 15.



Εικόνα 32: Τυπικός σταθμός παρακολούθησης αέρα
(www.portoflosangeles.org/environment/air_quality.asp
,www.capetown.gov.za/en/Water/Pages/AirMonotoringLaboratory.aspx)

Οι πιο σημαντικές μετρήσεις σε ένα σταθμό συνεχούς μέτρησης (Εικόνα 32) στο τομέα της παραγωγής και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων αφορούν το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια.

4.2.3.1 Μέτρηση διοξειδίου του θείου (SO_2)

Ένας συνηθισμένος τύπος αναλυτή μέτρησης διοξειδίου του θείου βασίζεται στην αρχή του φθορισμού από υπεριώδη ακτινοβολία. Το δείγμα ακτινοβολείται με υπεριώδεις ακτίνες (220nm), με αποτέλεσμα τα μόρια του SO_2 να εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος διαφορετικά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η μέτρηση της έντασης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (φθορισμός) αποτυπώνει τη συγκέντρωση του SO_2 στο δείγμα. Το όργανο αυτό επιτρέπει λεπτομερή καταγραφή της συγκέντρωσης του SO_2 έως και ανά 10 λεπτά καθώς και υπό τη μορφή μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων. Δειγματοληψία και μέτρηση γίνονται συνεχώς με άντληση αέρα και προώθησή του στο εσωτερικό της συσκευής που

εκτελεί αυτόματα τη διαδικασία της μέτρησης. Το δείγμα ακτινοβολείται από λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας στα μήκη κύματος απορρόφησης του SO₂, έτσι ώστε το SO₂ μεταπίπτει σε διεγερμένη κατάσταση και αποδιεγείρεται μετά από φθορισμό και ενώ το ρεύμα διέρχεται μπροστά από ανιχνευτή που καταγράφει την ένταση της ακτινοβολίας φθορισμού και κατά τη συνέπεια τη συγκέντρωση του SO₂ (Γεντεκάκης, 2010) .



Εικόνα 33: Αναλυτής Διοξειδίου του Θείου της νέας σειράς Serinus, τύπος Serinus 50(<http://www.enco.gr>)

Στην αγορά ένας από του αναλυτές Διοξειδίου του Θείου είναι ο τύπος Serinus 50H (Εικόνα 33). Η αρχή λειτουργίας χρησιμοποιεί ανίχνευση με φθορισμό UV ακτινοβολίας (UVfluorescence), για τη συνεχή παρακολούθηση του Διοξειδίου του Θείου (SO₂), με όριο ανίχνευσης 0,3 ppb και μέγιστο εύρος 0–20 ppm. Ο αναλυτής παραδίδεται βαθμονομημένος από τον κατασκευαστή με πρότυπη διακριβωμένη μέθοδο, παρουσιάζοντας μεγάλη σταθερότητα που επιτρέπει χαμηλή συχνότητα βαθμονόμησης (Enco, 2010) .

4.2.3.2 Μέτρηση οξειδίου του αζώτου (NOX)

Η βασική μέθοδος μέτρησης και εδώ είναι η χημιφωταύγεια και οι μετρήσεις από τους διάφορους σταθμούς λαμβάνονται κάθε μια ώρα. Όταν το μονοξείδιο του αζώτου αντιδράσει με το όζον, οξειδώνεται σε διοξείδιο του αζώτου, τμήμα του οποίου βρίσκεται σε διέγερση και εκπέμπει ακτινοβολία όταν αποδιεγείρεται.



Εικόνα 34: Αναλυτής Οξειδίων του Αζώτου της νέας σειράς Serinus, τύπος Serinus 40 (www.enco.gr)

Στην αγορά ένας αναλυτής Οξειδίων του Αζώτου, είναι ο τύπος Serinus 40H (Εικόνα 34). Η αρχή λειτουργίας χρησιμοποιεί αντίδραση χημιφωταύγειας αέριας φάσης, για τη συνεχή παρακολούθηση των ολικών Οξειδίων του Αζώτου (NO_x), του Μονοξειδίου (NO) και του Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂), με όριο αντίδρασης 0,4 ppb και μέγιστο εύρος 0–20 ppm [86]. Αρχικά το δείγμα εισάγεται σε σημείο που υπάρχει παροχή όζοντος, ώστε με την αντίδραση του NO με το O₃ έχουμε παραγωγή NO₂ σε διεγερμένη κατάσταση, από την οποία επιστρέφει σε κανονική κατάσταση ενέργειας με την εκπομπή ακτινοβολίας. Η ένταση της ακτινοβολίας συσχετίζεται από το όργανο με τη συγκέντρωση του NO. Η συγκέντρωση του NO₂ υπολογίζεται αφού το προϊόν της προηγούμενης διαδικασίας διασπάται σε NO και ακολουθεί τη ίδια διαδικασία. Η διαφορά της συγκέντρωσης της δεύτερης από την πρώτη είναι συγκέντρωση του NO₂ που αναζητούμε (Γεντεκάκης, 2010).

4.2.3.3 Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5})

Η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων είναι η απορρόφηση της ακτινοβολίας β, η οποία εκπέμπεται από ραδιενεργούς πυρήνες ή μπορεί να παραχθεί με επιταχυντές σωματιδίων.



Εικόνα 35: Όργανο καταγραφής των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων DUST MONITOR FH 62
(www.instrumentcompaniet.no/files/THERMO_Datablad/FH62IR-english.pdf)

Ο διαχωρισμός των αιωρούμενων σωματιδίων του αέρα, πετυχαίνεται με διήθηση, χρησιμοποιώντας μια μεμβράνη της οποίας η ικανότητα απορρόφησης ακτινοβολίας β έχει μετρηθεί από πριν. Η διαφορά μέτρησης της μεμβράνης πριν και μετά τη διήθηση προσδιορίζει τη μάζα των σωματιδίων που έχουν κατακρατηθεί, η οποία σχετίζεται με τη μέτρηση του όγκου του αέρα που πέρασε από τη μεμβράνη. Έτσι επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (Γεντεκάκης, 2010).

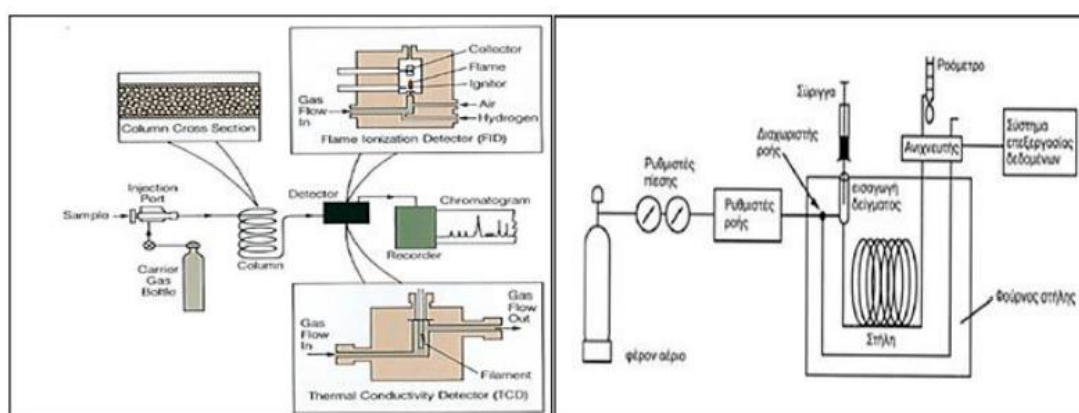
Ένα από τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι το DUST MONITOR FH 62 I ñ R (ESM Andersen Instruments GmbH, 2003), το οποίο παράλληλα πραγματοποιεί συνεχής μέτρηση του όγκου του αέρα που αναρροφάται, οπότε υπολογίζεται η συγκέντρωση των σωματιδίων (Εικόνα 35). Η υψηλή υγρασία το καλοκαίρι ή οι ημέρες με ομίχλη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν κατά την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων.

4.2.3.4 Μέτρηση των υδρογονανθράκων

Η ανάλυση των υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα συμπεριλαμβάνει τη συλλογή, το διαχωρισμό και τον ποσοτικό προσδιορισμό. Ο διαχωρισμός γίνεται με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας όπου για την ανάλυση των υδρογονανθράκων χρησιμοποιείται ένας ανιχνευτής φλόγας ιονισμού, ο οποίος προσδιορίζει ποσοτικά

τα συστατικά ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος (συλλογή). Το δείγμα μέσω ενός αδρανές αερίου οδηγείται σε στήλες από όπου ανάλογα με το χρόνο διέλευσης γίνεται η καταγραφή. Ο ανιχνευτής αποτελείται από μια φλόγα υδρογόνου, μέσω της οποίας οι υδρογονάνθρακες καίγονται και σχηματίζουν φορτισμένα άτομα άνθρακα. (Εικόνα 36). Τα συστατικά που διαχωρίστηκαν συγκρίνονται με αυτά ενός πρότυπου δείγματος αναφοράς, συγκεκριμένης σύστασης που διαχωρίστηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες και στον ίδιο χρωματογράφο [89] .

Η μέθοδος της αέριας χρωματογραφίας δεν είναι μια μέθοδος συνεχούς ανάλυσης αλλά μια μέθοδος ανάλυσης σύνθεσης υδρογονανθράκων.



Εικόνα 36: Λειτουργία της αέριας χρωματογραφίας
[\(http://nemertes.lis.upatras.gr/](http://nemertes.lis.upatras.gr/)
[,http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors89/jan89/1_pvt.p](http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors89/jan89/1_pvt.pdf)
df)

Το σύστημα της αέριας χρωματογραφίας χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό ουσιών που μπορούν να εξαερωθούν χωρίς να διασπαστούν. Η διαδικασία διαχωρισμού είναι ανάλογη της κλασματικής απόσταξης (TBP Distillation) και απαιτείται για το καθορισμό της χημικής σύστασης των μιγμάτων των υδρογονανθράκων, η οποία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση των αέριων εκπομπών. Σύμφωνα με τη σύνθεση προκύπτουν οι συντελεστές εκπομπών (emission factors) οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις υπολογισμού αέριων εκπομπών.

4.2.4 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ

Οι αέριοι ρύποι είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα και μεταφέρονται μακριά από την πηγή από τον οριζόντιο άνεμο, ο οποίος αποτελεί σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραίωσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις κατά

τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ χαμηλή (άπνοια) οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης περιστατικού ρύπανσης. Οι απευθείας επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης είναι τότε περισσότερο τοπικό πρόβλημα και οι επιδράσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες στις περιοχές κοντά στην πηγή. Σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου όμως η επίδραση της απόθεσης μπορεί να εξαπλωθεί σε πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα. Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις συνδέονται με έναν πολύπλοκο τρόπο με τις ποσότητες των αέριων εκπομπών που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Η παρακολούθηση τους σε συνάρτηση της μετεωρολογίας, της τοπογραφίας, του χρόνου, και της απόστασης μεταξύ των πηγών και των αποδεκτών είναι απαραίτητη. Η ταχύτητα (W_s ή U), η διεύθυνση ανέμου (WD), η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση (P), η σχετική Υγρασία (RH), η ηλιακή ακτινοβολία (SR), και μερικές φορές άλλα δεδομένα, όπως σύννεφα, καθίζηση (απόθεση) είναι οι παράμετροι που καταγράφονται σε ένα μετεωρολογικό σταθμό (Εικόνα 37) και χρησιμοποιούνται στα μοντέλα υπολογισμού διασποράς, για την πρόβλεψη των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων σε συγκεκριμένες περιοχές.

Ένα σύστημα μαθηματικών εξισώσεων έχει αναπτυχθεί για την περιγραφή της διασπορά και το μετασχηματισμό των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η εκτίμηση της διασποράς των αέριων ρύπων πετυχαίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πηγών, τη μετεωρολογία και τοπογραφία της κάθε περιοχής. Για παράδειγμα, οι μεγάλες μειώσεις των εκπομπών από μια καπνοδόχο που βρίσκεται σε ένα λόφο πάνω από μια κοινότητα μπορεί να έχουν πολύ μικρή επίδραση στην ποιότητα του αέρα της κοινότητας αφού το λοφίο είναι τόσο ψηλά και σπάνια φθάνει το επίπεδο του εδάφους, όπου οι εκπομπές θα μπορούσαν να είναι αναπνευστικές (Prabjit, 2012).

Επομένως η συγκέντρωση των ρύπων σε συγκεκριμένη τοποθεσία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις μετεωρολογικές συνθήκες του παρόντος και του παρελθόντος αφού μπορεί να επηρεαστεί από προηγούμενες εκπομπές σε άλλες θέσεις. Η ατμόσφαιρα δηλαδή δρα όχι μόνο σα δέκτης ρύπων αλλά και ως «χωρικός» και «χρονικός μετασχηματιστής» των επιπέδων ρύπανσης. Η αέρια ρύπανση δεν ξεχωρίζει σύνορα μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις από μία περιοχή σε άλλη, συνεπώς μετεωρολογικά δεδομένα και μοντέλα υπολογισμού διασποράς είναι απαραίτητα για τον έλεγχο και τη πρόγνωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπική, εθνική και παγκόσμια κλίμακα. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση της ποιότητας της

ατμόσφαιρας απαιτεί τη συνεχή καταγραφή όλων των παραμέτρων για τη λήψη προστατευτικών μέτρων αλλά και τη συλλογή στοιχείων για την ερμηνεία φαινομένων όπως η κλιματική αλλαγή ώστε να σχεδιάζεται η μελλοντική αντιμετώπισή τους. Μετρήσεις αέριων ρύπων, μετεωρολογικές μετρήσεις και μετρήσεις ακτινοβολίας απαιτούνται προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος.



Εικόνα 37: Ασύρματος Μετεωρολογικός Σταθμός Velleman WS1080(<http://www.intelcom.gr/>)

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. UNEP IE/E&P Forum, (1997), Environmental management in oil and gas exploration and production, (pp. 2) 2
2. BP Global. (2016). Retrieved from Outlook to 2035 - energy use to rise by a third: ανακτήθηκε από <http://www.bp.com>
3. Βαρώτσης Ν., (2010). Μηχανική Ταμειωτήρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
4. UNEP IE/E&P Forum, (1997), Environmental management in oil and gas exploration and production, Atmospheric impacts (pp. 12-13)
5. Υπουργείο Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος Κύπρου, (2016), Τμήμα Περιβάλλοντος, Κλιματική δράση ανάκτηση από: <http://www.moa.gov.cy>
6. THE WORLD BANK. (2012), Guidance Document, Flaring Estimates produced by satellite Observations. Ανάκτηση από: <http://siteresources.worldbank.org>
7. E& P Forum (December 1994), Atmospheric Emissions from the Offshore Oil and Gas Industry In Western Europe. Report No.2 66/216
8. UNEP IE/E&P Forum, Environmental management in oil and gas exploration and production. (1997)., (pp.13-14)
9. Oil & Gas UK, (2016), Environmental report – Oil & Gas UK 2015, ανακτήθηκε από : <http://oilandgasuk.co.uk/environment-report.cfm>
10. Government of Canada, Environment of Climate Change, (2016), Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector ανακτήθηκε από : <https://www.ec.gc.ca/indicateursindicators/default.asp?lang=en&n=54C061B5-1 r>
11. UNEP IE/E&P Forum, (1997), Environmental management in oil and gas exploration and production- Regulatory framework, institutional factors and infrastructure, (pp. 22)
12. ΥΠΕΚΑ, (2016), Περιβάλλον - Ποιότητα της ατμόσφαιρας, ανακτήθηκε από: <http://www.ypeka.gr/>
13. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 125Α/5-6-2002, Οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου, ανακτήθηκε από:

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=Zj1N3R81NtA%3D&tabid=493&...>

14. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, ΦΕΚ 488/30-3-2011, Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/EK, ανακτήθηκε από:
http://envrypoi.pkm.gov.gr/legisl_files/14122.pdf
15. Government of Canada, Environment of Climate Change, (2016), Change in Canada Greenhouse Emissions ανακτήθηκε από: [https://www.ec.gc.ca - Environment and Climate](https://www.ec.gc.ca-Environment_and_Climate)
16. European Commission, (2016), 2030 climate & energy framework, ανακτήθηκε από:
http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_en.htm
17. European Commission, Decision 406/2009/EE, (2009), The effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020, ανακτήθηκε από:
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:EN:PDF>
18. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Οδηγία 2003/87/EK, Σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας και την τροποποίηση της οδηγίας 96/61/EK του Συμβουλίου, ανακτήθηκε από <http://eurlex.europa.eu>
19. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ΟΔΗΓΙΑ 2003/4/EK, Για την πρόσβαση του κοινού σε περιβαλλοντικές πληροφορίες και για την κατάργηση της οδηγίας 90/313/ΕΟΚ του Συμβουλίου, ανακτήθηκε από:
http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/2003-4.1147779277090.pdf
20. ΥΠΕΚΑ,(2016), Κλιματική Αλλαγή- Μητρώο Αερίων Θερμοκηπίου, ανακτήθηκε από : <http://www.ypeka.gr/>
21. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Οδηγία 2009/29/EK, Τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/EK με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας ανακτήθηκε από: <http://www.ypeka.gr/>
22. European Commission, (2016), The EU Emissions Trading System (EU ETS) ανακτήθηκε από : http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

23. Legislation Government UK, (2016),The Offshore Combustion Installations (Pollution Prevention and Control) Regulations 2013, ανακτήθηκε από : <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2013/971/regulation/11/made>
24. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κανονισμός 600/12, Για την επαλήθευση των εκθέσεων που αφορούν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και τα τονοχιλιόμετρα και για τη διαπίστευση των ελεγκτών ανακτήθηκε από: <http://ec.europa.eu>
25. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Κανονισμός 601/12 ,Για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, <http://ec.europa.eu>
26. ΥΠΕΚΑ, (2013), Ανανέωση και τροποποίηση της υπ' αρ. 96213/17-9-2003 Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων των χερσαίων εγκαταστάσεων της εταιρείας ΚΑΒΑΛΑ OIL ΑΕ. Ανακτήθηκε από :<https://yperdiavgeia.gr/decisions/view/9720193>
27. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Οδηγία 2010/75/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 24ης Νοεμβρίου 2010, περί βιομηχανικών εκπομπών (ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχος της ρύπανσης) ανακτήθηκε από : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=URISERV%3Aev0027>
28. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Πρόταση σχετικά με τη μείωση των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων και την τροποποίηση της οδηγίας 2003/35/ΕΚ, ανακτήθηκε από : http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/com2013_920/COM_2013_920_F1_A_NNEX%20EL.pdf
29. Ευρωπαϊκή Επιτροπή ,Οδηγία 94/22/ΕΚ 1994, ανακτήθηκε από <http://www.ypeka.gr/>
30. Νόμος 2289 / 1995 ανακτήθηκε από: <http://www.et.gr/>
31. Νόμος 4001 / 2011 Κεφάλαιο Β Άρθρο 164 παράγραφος ανακτήθηκε από: <http://www.et.gr/>
32. Νόμος 4299, (2014), Κύρωση της Σύμβασης Μίσθωσης μεταξύ της Ελληνικής Δημοκρατίας και των εταιριών Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε., Edison International S.p.A. και PetrocelticResources plc για την παραχώρηση του δικαιώματος έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ (Δυτικά), ανακτήθηκε από : <http://www.et.gr/>

33. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Οδηγία 2013/30/ΕΕ, Για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ, ανακτήθηκε από <http://ec.europa.eu>
34. UNEP IE/E&P Forum, (1997), Environmental management in oil and gas exploration and production- Regulatory framework, institutional factors and infrastructure, (pp. 21-22)
35. Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution (Barcelona Convention), ανακτήθηκε από <http://www.unepmap.org/>
36. Convention for the Protection of the marine Environment of the North East Atlantic. ανακτήθηκε από : <http://www.ospar.org>
37. HELCOM Convention, ανακτήθηκε από: <http://www.helcom.fi/about-us/convention>
38. Ευρωπαϊκή Επιτροπή,(2008), Απόφαση σχετικά με την έγκριση, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του Πρωτοκόλλου για τη στρατηγική περιβαλλοντική εκτίμηση της Σύμβασης της ΟΕΕ/ΗΕ για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε διασυνοριακό πλαίσιο η οποία υπογράφηκε στο Espoo το 1991, ανακτήθηκε από :
http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a5da7cba-a2f8-4ea1-a2b7-dcec74e7143f.0007.02/DOC_3&format=PDF
39. Conventions and Protocols, Espoo convention ανακτήθηκε από:
<http://www.unece.org/env/treaties/welcome.html>
40. International Finance Corporation, (2007),General EHS Guidelines- Air Emissions and Ambient Air Quality, ανακτήθηκε από:
<http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/532ff4804886583ab4d6f66a6515bb18/1%2BAir%2BEmissions%2Band%2BAmbient%2BAir%2BQuality.pdf?MOD=AJPERES>
41. United States Environmental Protection Agency, Prevention of Significant Deterioration of Air Quality, 40 CFR Ch. 1 Part 52.21.
42. European Commission, (2000) “Guidance Document for EPER implementation, ανακτήθηκε από:
<http://ec.europa.eu/environment/ippc/eper/index.htm>
43. Australian Government.2004. “National Pollutant Inventory Guide.”, ανακτήθηκε από <http://www.npi.gov.au/handbooks/pubs/npiguide.pdf>

44. United Nations, (2016), Framework Convention on Climate Change – A summary of the Kyoto Protocol ανακτήθηκε από http://unfccc.int/kyoto_protocol/background/items/2879.php
45. ΥΠΕΚΑ, (2016), Ευέλικτοι Μηχανισμοί του Πρωτοκόλλο του Κιότο, ανακτήθηκε από www.ypeka.g
46. Schlumberger, (2016), Oilfield Glossary ανακτήθηκε από: www.slb.com
47. UNEP IE/E&P Forum, (1997), Environmental management in oil and gas exploration and production- Overview of the oil and gas exploration and production process, (pp. 4)
48. Offshore Technology.com,(2016), Hibernia, Canada ανακτήθηκε από: <http://www.offshoretechnology.com/projects/hibernia>
49. Norwegian Oil and Gas Association,(2016) Enviromental Report 2015- Emissions sources, (pp. 29) ανακτήθηκε από : www.norskoljeoggass.no/en/Publica/Environmental-reports/Environmental-report-2015
50. Norwegian Oil and Gas Association, (2016), 044 – Recommended guidelines for emission and discharge reporting, (pp.42), ανακτήθηκε από www.norskoljeoggass.no
51. Norwegian Oil and Gas Association, (2016), 044 – Recommended guidelines for emission and discharge reporting, (pp.43), ανακτήθηκε από www.norskoljeoggass.no
52. Howell C., Vincent A., Goel D., Hilleshiem A., (2015), Challenges & Complexity of World’s Largest Flares Reduction Project (SPE-177861-MS)
53. Norwegian Oil and Gas Association, (2016), 044 – Recommended guidelines for emission and discharge reporting, (pp.44), ανακτήθηκε από www.norskoljeoggass.no
54. BP, (2016), APPENDIX 5A Emissions Estimate Assumptions -BP Global, ανακτήθηκε : http://www.bp.com/content/dam/bp-ountry/en_az/pdf/ESIAs/SD2_Appendix_5A_Eng.pdf
55. Skjerpen T., Gavenas E., Rosendahl K. (2015), CO2- emissions from Norwegian oil and gas extraction
56. ENVIRON International Corporation, (2013), Bhat S., Cook S., Grant J., Parikh R., Ilan A., Yarwood G, EMISSIONS FROM NATURAL GAS EXPLORATION AND PRODUCTION ACTIVITY IN THE

- HAYNESVILLE SHALE, ανακτήθηκε από
http://www.etcog.org/UserFiles/file/NETAC/2013Reports/Updates/Haynesville_Shale_Final_Report_012413.pdf
57. Norwegian Oil and Gas Association, (2016) Environmental Report 2015- Emissions sources, (pp. 38)
www.norskoljeoggass.no/en/Publica/Environmentalreports/Environmentalreport-2015
58. EPA,(2000), Air pollution control technology fast sheet, ανακτήθηκε από :
<https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/fscr.pdf>
59. Norwegian Oil and Gas Association, (2016) Environmental Report 2015- Emissions sources, (pp.39),
www.norskoljeoggass.no/en/Publica/Environmental-reports/Environmental-report2015
60. Total, (2006), Sour Gas A History of Expertise, ανακτήθηκε από:
<http://www.total.com/sites/default/files/atoms/file/total-sour-gas-history-expertise>
61. Romi L. & S, vel-Cerove ki, INA –SSPA, (2000), Atmospheric emissions from sources of air pollution in Petroleum Industry-Emission Inventory,SPE 61509
62. Norwegian Oil and Gas Association, (2016) Environmental Report 2015- Emissions sources, (pp. 35-36)
63. Government of Canada, (2011) Integrated Monitoring Plan for the Oil Sands /Air quality component Canada, ανακτήθηκε από:
www.ec.gc.ca/pollution/EACB8951-1ED0-4CBBA6C9-84EE3467B211/Air%20Monitoring%20Plan_low_e.pdf
64. EPA, (2016) Climate Leadership - Emission Factors November 2015 ανακτήθηκε από: www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/emission-factors_nov_2015.pdf
65. EPA, (2016), Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors ανακτήθηκε από: www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/
66. Norwegian Norwegian Oil and Gas Association, Environmental Report 2014,
www.norskoljeoggass.no/en/Publica/Environmental-reports/Environmental-report-2014/

67. Stuver S., (2015), Texas A&M University, A comparison of Air Emissions Estimation Protocols for Drilling Rigs (SPE 174766 MS)
68. Norwegian Oil and Gas Association (2016), Enviromental Report 2015, Enviromental work by the Oil and Gas industry facts and development trends emissions to the air (page 61) ανακτήθηκε από: www.norskoljeoggass.no
69. Norwegian Enviroment Agency, (2014), Oil and Gas Activities, ανακτήθηκε από <http://www.environment.no/topics/marine-and-coastal-waters/oil-and-gas-activities/>
70. Norwegian Oil and Gas Association (2016), Environmental Report 2015, (pp. 32-33) ανακτήθηκε από www.norskoljeoggass.no
71. Geir Husdal, Novatech A.S, (1994). Air Emissions From Offshore Oil and Gas Production, Society of Petroleum Engineers, SPE 27127
72. Offshore technology, Norway to set high carbon tax on oil and gas production, ανακτήθηκε από <http://www.offshore-technology.com/news/newsnorway-high-carbon-tax-oil-gas>
73. IETA, (2013), Norway- The worlds Carbon Market: A case study Guide to Emssions Trading ανακτήθηκε από www.edf.org
74. IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Energy - ανακτήθηκε από <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
75. European Commision, (2012), The Monitoring and Reporting Regulation – General guidance for installations ανακτήθηκε από http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring/index_en.htm
76. Balaji Ramaswamy and Dr.Ashok Kumar, Department of Civil Engineering, University of Toledo, Toledo, Air Pollution Instrumentation, A Review of Web Sites on Air Pollution Instrumentation, Rishi Kumar, Global Education and Consulting Services, Missisauga, Ontario, Canada L5R2A1,OH (www.eng.utoledo.edu/~akumar/IAP1/instrumentation.htm/Air Pollution Instrumentation)