

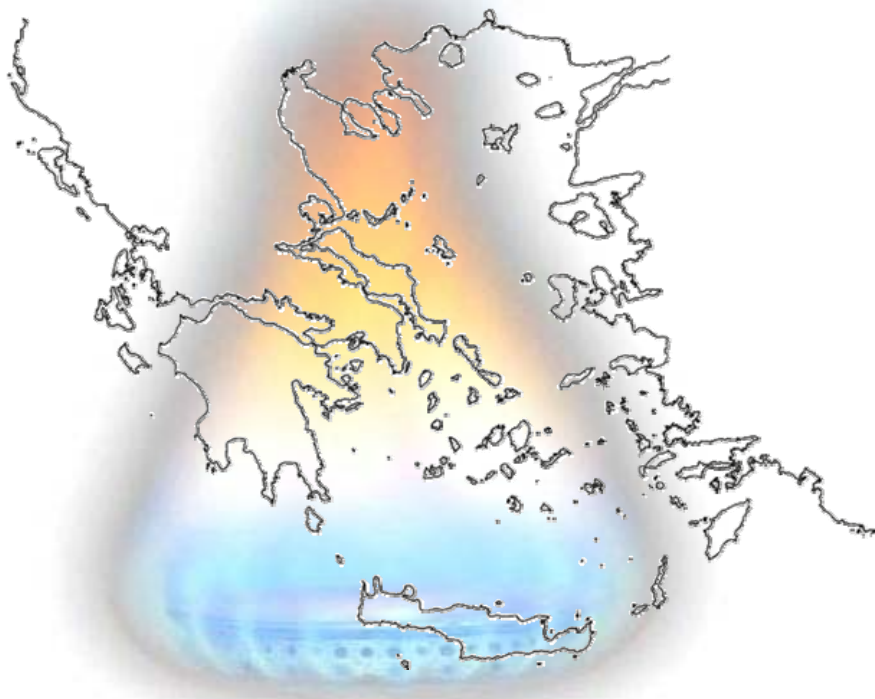


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανάπτυξη και αξιοποίηση φυσικού
αερίου στην Ελλάδα»**



Φοιτήτρια: Αρετή Παπαδοπούλου (2000020022)

Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγητής Βασίλειος Περδικάτσης (Επιβ. Καθηγητής)

Αναπληρωτής Καθ. Κ. Κορνίτσας

Λέκτορας Ν. Πασσαδάκης

Χανιά, Μάρτιος 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Διάκριση αερίων	1
1.2 Το φυσικό αέριο	3
1.3 Ιστορική αναδρομή	4
1.4 Ο σχηματισμός του φυσικού αερίου	8
1.5 Φυσικές και χημικές ιδιότητες	26
1.6 Κατανάλωση και αποθέματα	33
1.7 Κύκλος του φυσικού αερίου	36
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ, ΕΞΟΡΥΞΗ & ΠΑΡΑΓΩΓΗ Φ.Α.	 38
2.1 Αναζήτηση	38
2.2 Εξόρυξη	47
2.3 Παραγωγή	55
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ & ΔΙΑΝΟΜΗ Φ.Α.	 70
3.1 Μεταφορά	70
3.2 Αποθήκευση	89
3.3 Διανομή	96
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΧΡΗΣΕΙΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	 102
4.1 Χρήσεις	102
4.2 Περιβάλλον	124
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	 133
5.1 Η δομή του ελληνικού ενεργειακού τομέα	133
5.2 Διαχείριση του φυσικού αερίου	137
5.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος φυσικού αερίου	139
5.4 Κατανάλωση	148

5.5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	155
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	158
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	163

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, έχουμε αρχίσει να διανύουμε στην Ελλάδα τη δεκαετία του φυσικού αερίου. Η δεκαετία αυτή διακρίνεται από την επέκταση των δικτύων μεταφοράς και διανομής στους τελικούς καταναλωτές (βιομηχανίες, βιοτεχνίες, επαγγελματικοί χώροι και οικιακή χρήση) του φυσικού αερίου, τη διάδοση των χρήσεων φυσικού αερίου, ενώ ταυτόχρονα διακρατικές συμφωνίες με ευρύτερες γεωπολιτικές διαστάσεις υπογράφονται, αλλάζοντας το διεθνές ενεργειακό χάρτη.

Το φυσικό αέριο, που χαρακτηρίζεται και "ευγενές" καύσιμο, παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα στους χρήστες του και στο περιβάλλον. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην ανασκόπηση του κύκλου του φυσικού αερίου, από την αναζήτηση έως την κατανάλωσή του καθώς και της σημερινής και μελλοντικής κατάστασης διείσδυσης του φυσικού αερίου στην Ελλάδα.

Συγκεκριμένα, στο 1^ο κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγική παρουσίαση του φυσικού αερίου, η γένεση υδρογονανθράκων και ο τρόπος σχηματισμού του, οι ιδιότητές του καθώς και μια ιστορική αναδρομή του συμβατικού αυτού ορυκτού καυσίμου σε παγκόσμια κλίμακα. Στο 2^ο κεφάλαιο, ο αναγνώστης αποκτά μια γνώση για τις σύγχρονες διαδικασίες αναζήτησης, εξόρυξης και παραγωγής του φυσικού αερίου, ενώ στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεταφορά, αποθήκευση και διανομή του, ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο του φυσικού αερίου.

Οι σημερινές και μελλοντικές χρήσεις του φυσικού αερίου καθώς και οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον αναλύονται εκτενώς στο 4^ο κεφάλαιο. Μια ανάλυση της ιστορίας εισαγωγής του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, η σημερινή κατάσταση διείσδυσής του καθώς και οι προοπτικές του δίνονται στο 5^ο κεφάλαιο, όπου γίνονται αντιληπτά από τον αναγνώστη, η σημαντικότητα και τα οφέλη του φυσικού αερίου τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία της χώρας μας. Τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας δίνονται στο 6^ο κεφάλαιο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την ενεργή βοήθεια κάποιων ατόμων. Θα ήθελα λοιπόν να τους αναφέρω, ως ελάχιστο φόρο ευγνωμοσύνης και τιμής. Θα ήθελα λοιπόν, να ευχαριστήσω θερμά τον Διπλ. Μηχανολόγο Μηχανικό ΕΜΠ, κ. Ευάγγελο Δελλή και τον μεταπτυχιακό φοιτητή του τμήματος των Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ “Συστήματα διαχείρισης ενέργειας και προστασίας περιβάλλοντος”, κ. Ευάγγελο Δελλή για την παροχή πολύτιμων συμβουλών και τεχνικών στοιχείων όσον αφορά στις εγκαταστάσεις φυσικού αερίου

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Βασίλειο Περδικάτση, όχι μόνο για την επιστημονική του βοήθεια αλλά και για την ηθική του συμπαράσταση και παραίνεση.

Χανιά, 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Διάκριση αερίων

Πριν αναφερθούμε στο φυσικό αέριο, κρίνεται σκόπιμη μια αναφορά στην διάκριση των αερίων. Όλα τα αέρια, θα μπορούσε να δεχθεί κανείς, είναι μίγματα καυσίμων και αδρανών (μη καυσίμων) αερίων. Από παλαιότερα τα διακρίναμε, είτε όσον αφορά στην προέλευση, είτε όσον αφορά στην σκοπούμενη χρήση τους, είτε και όσον αφορά στις ιδιότητες τους. Παλαιότερα το DIN¹ 1340 (9.75) πρότεινε διάκριση με βάση την περιοχή, που βρίσκεται η ανώτερη θερμογόνα δύναμη τους, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1-1.

Πίνακας 1-1. Διάκριση καυσίμων αερίων κατά DIN 1940 (9.75) [5]

Ομάδα	Ανωτ. Θερμ. Δύναμη (H _o)		Κύρια συστατικά	Παραδείγματα
	MJ/m _n ³	kcal/m _n ³		
1	≤10	>2400	N ₂ , CO, H ₂	Αέριο υψικαμίνων, αέριο εξαεριώσεως
2	10-30	2400 έως 7150	CO, H ₂ , CH ₄ , N ₂	Υδαταέριο, αέριο πόλεως, τηλαέριο
3	30-60	7150 έως 14300	CH ₄ , C _n H _m	Φυσικό αέριο, αέριο ραφινερίας
4	>60	>14300	C _n H _m	Προπάνιο, βουτάνιο

Υπήρχαν όμως και άλλες διακρίσεις όπως

- Πτωχά ή Ασθενή αέρια (H_o ≤ 9 MJ/mn³ = 2150 kcal/mn³)
- Μέσα αέρια (H_o = 9 έως 15 MJ/mn³ = 2150 έως 3600 kcal/mn³)
- Ισχυρά αέρια (H_o = 15 έως 23 MJ/mn³ = 3600 έως 5500 kcal/mn³)
- Πλούσια αέρια (H_o = 23 MJ/mn³ = 5500 kcal/mn³)

Μια τέτοια διάκριση μας δίνει εικόνα για την περιεκτικότητα σε H₂ και την πυκνότητα του αερίου. Η διάκριση με βάση την προέλευση, όπως π.χ. αέριο υψικαμίνου, υδαταέριο, αέριο κοκερίας κ.λπ. δεν δίδει ικανοποιητικά σαφή εικόνα, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά, που έχουν ενδιαφέρον για την χρήση των αερίων.

Σήμερα, διακρίνουμε τα αέρια σε τρεις οικογένειες, που κατά κάποιο τρόπο συνδέουν την προέλευση με τις ιδιότητες, που ενδιαφέρουν την χρήση. Κατά το φύλλο εργασίας G260

¹ Deutsches Institut für Normung, (Ελ. Γερμανικός Οργανισμός Τυποποίησης).

του DVGW² τα αέρια διακρίνονται σε τρεις οικογένειες και κατά περίπτωση σε δύο ομάδες, όπως φαίνεται στο πίνακα 1-2.

Πίνακας 1-2. Οικογένειες αερίων. [5]

Οικογένεια	Σύμβολο	Είδος αερίου	Ομάδα
1	S	Αέριο πόλεως, τηλαέριο	A. Αέριο πόλεως B. Αέριο κοκερίας τηλαέριο
2	N	Φυσικό αέριο	L: Πτωχό φυσικό αέριο H: Πλούσιο φυσικό αέριο και τα εναλλάξιμα προς αυτά
3	F	Υγραέριο	- Προπάνιο, Βουτάνιο - Μίγματα αυτών

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε όρους και συμβολισμούς, που έχουν επιβληθεί διεθνώς:

- Cryogenetics: αέρια, που υγροποιούνται σε θερμοκρασίες μικρότερες των -150°C
- LNG: Liquefied Natural Gas = υγροποιημένο δια ψύξεως φυσικό αέριο
- LPG: Liquefied Petroleum Gas = υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο ήτοι υγραέριο, όπως βουτάνιο ή προπάνιο
- SNG: Substitute (or synthetic) Natural Gas = υποκατάστατο (ή συνθετικό) φυσικό αέριο

Επίσης πρέπει να σημειώσουμε, ότι οι διάφοροι κανονισμοί προτείνουν όρια για τις διάφορες προσμίξεις, που συνοδεύουν τα αέρια. Για παράδειγμα, για το συνολικό θείο τίθενται όρια για μεν την πρώτη οικογένεια τα 200 mg/mn^3 , για δε την δεύτερη τα 150 mg/mn^3 , ενώ και για τις δύο οικογένειες η περιεκτικότητα σε οξυγόνο δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 3% κατ' όγκο. Αντίστοιχα όρια τίθενται και για άλλες προσμίξεις, όπως για την ομίχλη πισσελαίων [5], τους υδρατμούς, την γλυκόλη, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, την αμμωνία, το υδροκυάνιο κ.ο.κ. Για την μείωση των εξ αερίων κινδύνων επιβάλλεται η πρόσδοση οσμής (DVGW - G 280).

Περισσότερα στοιχεία για τις δύο πρώτες οικογένειες (1 & 2) μας δίνει ο πίνακας 1-3, που περιλαμβάνει και στοιχεία για μίγματα εν γένει υδρογονανθράκων και αέρα (κυρίως υγραερίου και αέρα και φυσικού αερίου και αέρα). Επίσης, στον πίνακα 1-4 περιλαμβάνονται στοιχεία για την οικογένεια 3. Συνήθως τα μίγματα αποτελούνται από 70-90% προπάνιο και 10-30% βουτάνιο. Σημειώνεται, ότι σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το βουτάνιο δυσχεραίνει την εξάτμιση, γι' αυτό πρέπει να προσμιγνύεται σε μικρές αναλογίες. [5]

² Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches, (Ελ. Γερμανική Τεχνικοεπιστημονική Ένωση για το Αέριο και Νερό).

Πίνακας 1-3. Στοιχεία για τις οικογένειες 1 και 2 και μίγματα υδρογονανθράκων και αέρα κατά DVGW - G260 (1.73). [5]

Χαρακτηριστικός αριθμός	Μονάδα	1 ^η Οικογένεια (S)		2 ^η Οικογένεια (N)		Μίγματα με αέρα	
		A	B	L	H	Υγραέριο και αέρας	Φυσικό αέριο και αέρας
Wo.n	Κύρια περιοχή	23.86 έως 27.21	27.21 έως 31.82	41.87 έως 47.73	47.73 έως 55.68	*	*
	Συνολική περιοχή	22.61 έως 28.05	26.38 έως 33.08	41.03 έως 48.57	46.89 έως 56.52	24.49 έως 25.12	25,12
	Επιτρ. τοπική διακύμανση	± 1.25	± 1.25	± 2.09	± 2.09	*	± 0,42
Ho.n	Κύρια περιοχή	17.58	19.68	31.82 έως 47.31		*	*
	Συνολική περιοχή	16.75 έως 19.68	18.00 έως 20.93	*		27.00	21.77 έως 23.03
	Επιτρ. τοπική διακύμανση	+ 0.84 έως -0.42		*		± 0.84	*
D	Σχετική πυκνότητα	-	0.4 έως 0.6	0.35 έως 0.55	0.55 έως 0.70	1.15 έως 1.22	0.75 έως 0.85
Pe	Πίεση στην συσκευή	mbar	≥ 7.5		≥ 18		12...18
H2b	Περιεκτικότητα σε υδρογόνο	%	40...60	45...67	*		*
	Επιτρ. τοπική διακύμανση	%	± 5	± 5	*		*

* Δεν αναφέρεται

Πίνακας 1-4. Στοιχεία για την οικογένεια 3 κατά DVGW - G260 (1.73). [5]

Είδος αερίου	Σύμβολο	Κύρια συστατικά κατά DIN 51622 (11.73)
Προπάνιο	C ₃ H ₈	95% κατά μάζα (C ₃ H ₈ + C ₃ H ₆) περισσότερο C ₃ H ₈
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	95% κατά μάζα (C ₄ H ₁₀ + C ₄ H ₈) περισσότερο C ₄ H ₁₀
Μίγμα αυτών	C ₃ H ₈ + C ₄ H ₁₀	60% κατά μάζα (max) υδρογονάνθρακες C ₄
Πίεση προ των συσκευών Pe = 50 mbar		

1.2. Το φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα καύσιμο αέριο μίγμα απλών υδρογονανθράκων, που συνήθως απαντάται σε βαθιούς υπόγειους ταμιευτήρες που δημιουργούνται σε πορώδη πετρώματα. Μπορεί να βρεθεί μόνο του ή με αργό πετρέλαιο και συμπυκνώματα υδρογονανθράκων - αερίων που υγροποιούνται σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση και μοιάζουν αρκετά με κηροζίνη.

Με αργό ρυθμό, με την πάροδο 200 έως 400 εκατομμυρίων ετών, η πίεση και η θερμότητα από την γη μετέτρεψαν τα υπολείμματα φυτών και μικρών θαλάσσιων ζώων που θάφτηκαν κάτω από ιζήματα σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Αν και το φυσικό αέριο έχει μακρά ιστορία χρήσης ως πηγή ενέργειας, σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του έρχεται από τις ΗΠΑ και την Ρωσία.

Το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο (CH_4). Μικρά ποσά άλλων αερίων, συμπεριλαμβανομένου του αιθανίου, προπανίου, βουτανίου και πεντανίου μπορούν όμως επίσης να βρεθούν.

Το φυσικό αέριο είναι μια σημαντική συνιστώσα στην παγκόσμια προσφορά ενέργειας. Είναι μια από τις πιο καθαρές, ασφαλείς και χρήσιμες ενεργειακές πηγές. Το φυσικό αέριο ως αέριο είναι άχρωμο και άοσμο στην καθαρή μορφή του. Είναι όμως αρκετά σημαντικό καθώς είναι καύσιμο και όταν καίγεται παράγει μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Σε αντίθεση με άλλα ορυκτά καύσιμα, ωστόσο, το φυσικό αέριο καίγεται καθαρά παράγοντας κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και μικρά ποσά οξειδίων του αζώτου. Ως αποτέλεσμα, η χρήση του φυσικού αερίου θα πρέπει να αυξηθεί μελλοντικά κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για το περιβάλλον. Με την ρυθμιστική εποπτεία των κρατικών φορέων και διεθνών οργανισμών, οι τιμές του φυσικού αερίου θα μπορούσαν να παραμείνουν σχετικά σταθερές.

Η αυξανόμενη απαίτηση για περισσότερη ενέργεια για θέρμανση, οικιακή χρήση και παραγωγή ενέργειας είναι αυτή που κάνει τελικά τόσο επιτακτική την χρήση του φυσικού αερίου. [2] [3]

1.3. Ιστορική αναδρομή

Πριν κατανοηθεί τι ακριβώς ήταν το φυσικό αέριο, το κάλυπτε ένα μυστήριο. Κάποιες φορές, αστραπές και κεραυνοί μπορούσαν να αναφλέξουν το φυσικό αέριο που διέφευγε κάτω από τον εξωτερικό φλοιό της γης. Αυτό δημιουργούσε μια φωτιά που ανάβλυζε από την γη, καίγοντας το φυσικό αέριο που έβγαινε από το υπέδαφος. Αυτές οι φωτιές προβλημάτισαν τους πρωτόγονους πολιτισμούς και αποτέλεσαν τη βάση για πολλούς μύθους και προκαταλήψεις. Μία από τις πιο διάσημες τέτοιες φωτιές συναντάμε στην αρχαία Ελλάδα, στο όρος Παρνασσό, περίπου στο 1000 π.Χ. Ένας αιγοβοσκός βρήκε κάτι που έμοιαζε με «φλεγόμενο πίδακα», μια φλόγα που ανάβλυζε από μια σχισμή στο βράχο. Οι αρχαίοι Έλληνες, πιστεύοντας ότι επρόκειτο για θεϊκή παρέμβαση, έχτισαν ένα ναό πάνω στη φλόγα. Ο ναός αυτός στέγαζε μια ιέρεια η οποία ήταν γνωστή ως Μάντης των Δελφών, και έδινε προφητείες που υποστήριζε ότι εμπνέονταν από την φλόγα.

Αυτοί οι τύποι πηγών κατείχαν εξέχουσα σημασία στις θρησκείες της Ινδίας, Ελλάδας και Περσίας. Ανίκανοι να εξηγήσουν την προέλευση των φλογών αυτών, συχνά θεωρούνταν θεϊκές ή υπερφυσικές. Το 500 π.Χ. όμως οι Κινέζοι ανακάλυψαν την δυνατότητα εκμετάλλευσης των φλογών αυτών. Αφού έβρισκαν σημεία στο έδαφος όπου διέφευγε αέριο, κατασκεύαζαν πρόχειρους αγωγούς με καλάμια μπαμπού για να μεταφέρουν το αέριο, όπου

το χρησιμοποιούσαν για το βρασμό και την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού και την μετατροπή του σε πόσιμο.

Η σύγχρονη ιστορία των αερίων καυσίμων - στα οποία συγκαταλέγονται και τα φυσικά αέρια - αρχίζει με την παραγωγή καυσίμου αερίου με ξηρή απόσταξη από στερεά καύσιμα, που χρησίμευσε για φωτισμό και για τον λόγο αυτό εκλήθη "φωταέριο". Η Βρετανία ήταν η πρώτη χώρα που εμπορευματοποίησε την χρήση του φωταερίου. Γύρω στο 1785, το φυσικό αέριο που παράγονταν από το κάρβουνο χρησιμοποιούνταν για τον φωτισμό των σπιτιών και των δρόμων (σχήμα 1.1). Ο πρώτος, που φαίνεται, ότι χρησιμοποίησε το φωταέριο για συνεχή φωτισμό ήταν ο Minkelers περί τα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Επίσης, το 1791 ο Lebon προσπάθησε να χρησιμοποιήσει στο Παρίσι αέριο που παρήγαγε από ξύλα για φωτισμό. Ασφαλώς όμως χρησιμοποιούσε για φωτισμό φωταέριο ο Merdoc, που το 1792 φώτισε το εργαστήριό του και την κατοικία του. Η επιτυχία του αυτή τον οδήγησε στην ίδρυση του πρώτου εργοστασίου φωταερίου στον κόσμο στο Μπίρμινγκχαμ, το 1798. Αυτό αποτέλεσε σπουδαίο γεγονός στην ιστορία του τεχνικού πολιτισμού.



Σχήμα 1.1. Φωτισμός δρόμου με φυσικό αέριο.

Μεγάλη όμως συμβολή στην ανάπτυξη του φωταερίου είχε ο Samnuel Cleg - παλαιός συνεργάτης του Merdoc - που εφεύρε όλα τα βοηθητικά κατ' αρχήν μηχανήματα για τον καθαρισμό, την συλλογή και αποθήκευση, την ρύθμιση της παραγωγής, αλλά και την μέτρηση του φωταερίου. Έδωσε επίσης ώθηση στην εξέλιξη των μηχανημάτων παραγωγής του. Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποίησε για την παραγωγή του φωταερίου, με το οποίο φώτισε το 1813 για πρώτη φορά στην ιστορία τους δρόμους του Λονδίνου. Βέβαια, πολύ σύντομα το φωταέριο χρησιμοποιήθηκε - σαν ευγενές καύσιμο, που είναι - για θερμαντικούς σκοπούς στην οικιακή και εμπορική οικονομία όπως για μαγείρεμα, για θέρμανση νερού, για θέρμανση χώρων ή και για ειδικές ακόμη κατεργασίες.

Από τα διάφορα στερεά καύσιμα για την παραγωγή του φωταερίου γρήγορα επιβλήθηκαν οι λιθάνθρακες και ιδιαίτερα οι λιθάνθρακες φωταερίου, που έδιναν συγχρόνως κατάλληλης ποιότητας κοκ για πολλές χρήσεις. Ενδιαφέρουσα είναι και η ανάπτυξη των κλιβάνων παραγωγής φωταερίου. Ο πίνακας 1-5 δίνει την ιστορική εξέλιξη των κλιβάνων παραγωγής φωταερίου.

Πίνακας 1-5. Εξέλιξη των κλιβάνων παραγωγής φωταερίου. [5]

ΕΤΟΣ	ΚΛΙΒΑΝΟΙ
1804	Κλίβανος 6 αποστακτικών κεράτων μήκους 3 m με εστία με εσχάρα για καύση κοκ.
1878	Κλίβανος 9 αποστακτικών κεράτων μήκους 3 m με εστία αερίου εξαεριώσεως με αέρα.
1884	Κλίβανος 9 αποστακτικών κεράτων μήκους 5 m.
1905	Κατακόρυφος κλίβανος με 12 αποστακτικά κέρατα μήκους 5 m.
1907	Κλίβανος με 3 κεκλιμένους θαλάμους.
1909	Κλίβανος με οριζόντιους θαλάμους πλάτους 450-500 mm.
1913	Ομοίως με πλάτος θαλάμων 350 mm.
1919	Κλίβανος κατακόρυφων θαλάμων με περιοδική λειτουργία.
1920	Κλίβανος κατακόρυφων θαλάμων συνεχούς λειτουργίας.

Η επιτυχία από την εφαρμογή και χρήση του φωταερίου στους διάφορους τομείς οδήγησε στην αξιοποίηση κάθε αερίου, που παράγονταν ή θα μπορούσε να παραχθεί κατά κάποιον τρόπο. Έτσι εισερχόμαστε σε μια νέα εποχή, αυτή των βιομηχανικών αερίων. Ως πρώτο βιομηχανικό αέριο μπορούμε να θεωρήσουμε το αέριο των υψικαμίνων, που κατ' αρχήν καιγόταν μη αξιοποιούμενο. Από αυτό το γεγονός συνέλαβε ο Bischof την ιδέα του δι' αέρος αεριογόνου (εμφύσηση αέρα ανεπαρκούς για καύση δια διάπυρου στρώματος κοκ), που παρήγαγε επίσης ένα πτωχό αέριο. (Luftgas, gaz du generateur) το 1839. Ακολούθησε η παραγωγή υδαταερίου (Wassergas, gaz a l' eau), που παράγεται δια της προσδόσεως (υπέρθερμου) υδρατμού σε διάπυρο κοκ (ή και λιθάνθρακα) 1000°C.

Όσον αφορά στο πετρέλαιο, κατά την κλασματική απόσταξή του, παράγονται διάφορα αέρια. Από αυτά το προπάνιο και το βουτάνιο έχουν την ιδιότητα υπό μικρή πίεση να υγροποιούνται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Έτσι αναπτύχθηκε και η κατηγορία των "υγραερίων".

Το είδος αερίου, που αξιοποιήθηκε στην συνέχεια ήταν το φυσικό αέριο. Αυτό είχε πρωτοανακαλυφθεί στην Αμερική το 1626 όταν Γάλλοι εξερευνητές συνάντησαν ιθαγενείς να αναφλέγουν αέρια που ανάβλυζαν μέσα και γύρω από την λίμνη Erie. Η Αμερικάνικη βιομηχανία φυσικού αερίου ξεκίνησε από αυτή την περιοχή.

Το 1821, η πρώτη πηγή ειδικά για την εξόρυξη φυσικού αερίου ανοίχθηκε στην Fredonia, New York, από τον William Hart. Ο Hart, αφού παρατήρησε φουσαλίδες αερίου να ανέρχονται στην επιφάνεια σε ένα ρυάκι, έσκαψε μια πηγή 8.2m - αρκετά ρηχή για τα σημερινά δεδομένα των 9km βάθους - ώστε να μπορέσει να αντλήσει περισσότερη ποσότητα αερίου. Ο Hart θεωρείται από πολλούς ο «πατέρας» του φυσικού αερίου στην Αμερική. Επεκτείνοντας την δουλειά του Hart, ιδρύθηκε το 1858 η Fredonia Gas Light Company, η οποία αποτέλεσε και την πρώτη Αμερικάνικη εταιρία φυσικού αερίου.

Το 1859, ο Colonel Edwin Drake έσκαψε σε βάθος 21m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και βρήκε πετρέλαιο μαζί με το οποίο ανέθρωσσε και ένα αέριο, που αποτελούνταν κατά βάση από μεθάνιο (σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2. Μια ανακατασκευή της πρώτης πηγής του 'Colonel' Drake's στο Titusville, Pa.

Οι περισσότεροι στην βιομηχανία χαρακτηρίζουν αυτή την πηγή ως την έναρξη της βιομηχανίας φυσικού αερίου στην Αμερική. Ένας αγωγός διαμέτρου 5 cm κατασκευάστηκε και διένυε 8.8km από την πηγή στο χωριό Titusville, στην Pennsylvania. Η κατασκευή του αγωγού αυτού απέδειξε ότι το φυσικό αέριο μπορούσε να μεταφερθεί ασφαλώς και με σχετική ευκολία από την υπόγεια πηγή για πρακτική χρήση.

Κατά την διάρκεια του 19^{ου} αιώνα το φυσικό αέριο χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για φωτισμό. Χωρίς την υποδομή αγωγών, ήταν δύσκολο να μεταφερθεί το αέριο σε μακρινές αποστάσεις ή σε σπίτια για χρήση σε θέρμανση ή μαγείρεμα. Το περισσότερο από το φυσικό αέριο που παράγονταν αυτή την εποχή προέρχονταν από το κάρβουνο αντί να μεταφέρονταν από πηγή. Κοντά στο τέλος του 19^{ου} αιώνα, με την άνοδο του ηλεκτρισμού, ο φωτισμός με φυσικό αέριο αντικαταστάθηκε με ηλεκτρικό φωτισμό. Αυτό οδήγησε τους παραγωγούς φυσικού αερίου να αναζητήσουν νέες χρήσεις του προϊόντος τους.

Το 1885, ο Robert Bunsen εφηύρε αυτό που σήμερα είναι γνωστό ως καυστήρας Bunsen (σχήμα 1.3). Κατόρθωσε να κατασκευάσει μια συσκευή που αναμίγνυε φυσικό αέριο με αέρα σε σωστές αναλογίες, δημιουργώντας μια φλόγα που μπορούσε με ασφάλεια να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και μαγείρεμα. Η εφεύρεση του καυστήρα Bunsen άνοιξε νέες ευκαιρίες για την χρήση του φυσικού αερίου στην Αμερική αλλά και σε όλο τον κόσμο.

Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και αφού η ασφαλής και αξιόπιστη μεταφορά του φυσικού αερίου ήταν πλέον δυνατή, ανακαλύφθηκαν νέες χρήσεις του. Αυτές περιλάμβαναν την χρήση φυσικού αερίου για την θέρμανση οικιών και την λειτουργία συσκευών όπως θερμοσίφωνες και φούρνοι. Η βιομηχανία άρχισε να χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο σε εργοστάσια κατασκευών και διεργασιών. Επίσης, το φυσικό αέριο χρησιμοποιήθηκε για την θέρμανση νερού με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η υποδομή των αγωγών έχει

πλέον κάνει το φυσικό αέριο εύκολο στην απόκτησή του και εξελίσσεται σε μια αυξανόμενα δημοφιλή μορφή ενέργειας.



Σχήμα 1.3. Ένας τυπικός καυστήρας Bunsen.

Πρόδρομος του φυσικού αερίου στην Ελλάδα ήταν το Φωταέριο. Το διέθεσε στην αγορά, για πρώτη φορά το 1857, η Γαλλική Εταιρία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στον Δήμο Αθηναίων. Η Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο μέχρι το 1984. Τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α.) και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1997. Το αέριο αυτό προέρχονταν από σχάση νάφθας και εμπλουτιζόνταν με LPG. Η νάφθα είναι κλάσμα πετρελαίου ελαφρότερο της κηροζίνης και χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο προϊόν για την παραγωγή βενζινών και ως πρώτη ύλη στην πετροχημική βιομηχανία.

Το 1983 είναι η χρονιά που καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το φυσικό αέριο στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε Δημοσίας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και το 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την προμήθεια φυσικού αερίου. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την ρωσική Sojuzgazexport, σήμερα Gazexport, και με την Sonatrach της Αλγερίας. Το Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως θυγατρική εταιρία της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου, ενώ το Δεκέμβριο του 1997 ενσωματώνει στο δυναμικό της και το δίκτυο της ΔΕΦΑ.

Σήμερα, η ΔΕΠΑ έχει επιφορτιστεί με την ευθύνη μιας μεγάλης ενεργειακής επένδυσης, αναλαμβάνοντας την εισαγωγή, τη μεταφορά και την εκμετάλλευση του εθνικού συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα. [2] [4] [5]

1.4. Ο σχηματισμός του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο είναι ένα ορυκτό καύσιμο, όπως και το πετρέλαιο και το κάρβουνο, που ουσιαστικά είναι τα υπολείμματα των φυτών, ζώων και μικροοργανισμών που έζησαν

εκατομμύρια χρόνια πριν. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη αλλά περιεκτική αναφορά στην διαδικασία γένεσης των υδρογονανθράκων.

1.4.1. Προέλευση της οργανικής ύλης

Υπάρχουν τέσσερις βασικές ομάδες οργανισμών που αποτελούν την πηγή της οργανικής ύλης: τα βακτήρια, το φυτοπλαγκτόν, το ζωοπλαγκτόν και τα χερσογενή ανώτερα φυτά.

Βακτήρια

Είναι οι πλέον πρωτόγονοι οργανισμοί. Είναι εξαιρετικά προσαρμόσιμοι και έχουν ποικίλη χημική σύνθεση. Αποτελούνται από 50% πρωτεΐνες, 20% υλικό των τοιχωμάτων του πυρήνα (μεμβράνες) και 10% λιπίδια. Το υπόλοιπο είναι ριβονουκλεϊκά και δεσοξυριβονουκλεϊνικά οξέα.

Φυτοπλαγκτόν

Είναι η κυριότερη πηγή οργανικής ύλης όσον αφορά το υδρόβιο περιβάλλον. Το κλάσμα των λιπιδίων του έχει ποικίλη χημική σύνθεση. Περιέχει λιπαρά οξέα, μη σαπωνοποιημένες ενώσεις, αλκοόλες και υδρογονάνθρακες.

Ζωοπλαγκτόν

Δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για την ακριβή χημική σύνθεσή του εξ' αιτίας της πολυπλοκότητάς της. Πάντως, αφού το ζωοπλαγκτόν τρέφεται με φυτοπλαγκτόν, υπάρχουν ομοιότητες στη χημική σύνθεση του κλάσματος των λιπιδίων του.

Χερσογενή ανώτερα φυτά

Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των ανώτερων φυτών, ειδικά θάμνοι και δέντρα, συντίθεται κυρίως από λιγνίνη και κυτταρίνη που αποτελούν το 50-70%. Τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες είναι ποσοτικά δευτερεύουσας σημασίας.

1.4.2. Χημεία της οργανικής ύλης

Προτού συζητηθούν οι μεταβολές που παθαίνει η οργανική ουσία κατά την διάρκεια της ταφής της είναι σκόπιμο να γνωρίζουμε την χημική σύσταση της βιομάζας. Τέσσερα είναι τα βασικά συστατικά της χλωρίδας και της πανίδας: υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιγνίνη και λιπίδια.

Υδατάνθρακες

Υδατάνθρακες ονομάζονται τα σάκχαρα και τα πολυμερή τους. Το όνομα προέρχεται από τα συνθετικά άνθρακας και νερό, αφού μπορούν να περιγραφούν με τον γενικό τύπο $(CH_2O)_n$, όπου το n είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 4.

Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες, που αποτελούν βασικό συστατικό των ιστών των φυτών και των ζώων, είναι μεγάλα πολυμερή, που σχηματίζονται από τον συνδυασμό 20 περίπου διαφορετικών αμινοξέων.

Λιγνίνη

Η λιγνίνη υπάρχει σε αφθονία στην φύση, μαζί με την κελλουλόζη, αποτελούν σημαντικό συστατικό του στηρικτικού ιστού των φυτών.

Λιπίδια

Τα λιπίδια είναι μια μεγάλη ομάδα οργανικών ενώσεων που είναι αδιάλυτες στο νερό ενώ διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες όπως το χλωροφόρμιο και ο αιθέρας.

1.4.3. Μηχανισμός συσσώρευσης της οργανικής ύλης στα ιζήματα

Η συσσώρευση της οργανικής ύλης περιορίζεται πρακτικά σε ιζήματα που αποτίθενται σε υδατικό περιβάλλον, το οποίο πρέπει να λαμβάνει ένα ορισμένο ελάχιστο ποσοστό απ' αυτή. Από εμπειρίες ως χαμηλότερο ποσοστό οργανικού άνθρακα σε πετρώματα, για να μπορούν αυτά να θεωρηθούν μητρικά πετρώματα γένεσης πετρελαίου, ορίζεται για τα ψαθυρά προσχλωσιγενή το 3.0%, ενώ για τα ανθρακικά και εβαποριτικά ιζηματογενή πετρώματα το 2.0%. Η οργανική ύλη που αποτίθεται, μπορεί να είναι είτε αυτόχθονη είτε ετερόχθονη ως προς το περιβάλλον στο οποίο αποτίθεται και διακρίνεται σε διαλυτή και (dissolved) αδιάλυτη ή λεπτοτεμαχισμένη (particulate) οργανική ουσία. Σαν διαλυτός οργανικός άνθρακας, που συνεπάγεται διαλυτή οργανική ουσία, (D.O.C.), καθορίζεται από τους ωκεανογράφους η οργανική ουσία που διέρχεται από κόσκινα τα οποία έχουν οπές διαμετρήματος 0.4 έως 0.8 μm .

Υπάρχουν τρεις παράγοντες που επηρεάζουν τον εμπλουτισμό των ιζημάτων σε οργανική ύλη. Οι παράγοντες αυτοί είναι: η παραγωγικότητα, η διατήρηση, η πολυσυμπύκνωση και η αραίωση. Ο παράγοντας της διατήρησης μπορεί να θεωρηθεί σαν ο πιο σημαντικός.

Παραγωγικότητα

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα του οργανικού υλικού είναι η διαθεσιμότητα της τροφής (θρεπτικών ουσιών για τους οργανισμούς), η ένταση του φωτός, η θερμοκρασία, ο εφοδιασμός σε ανθρακικά, η προσβολή από οργανισμούς και η χημεία του νερού.

Η διαθεσιμότητα σε τροφή είναι κρίσιμη παράμετρος για την παραγωγικότητα. Τα ρηχά θαλάσσια περιβάλλοντα, στα οποία υπάρχει τοπική ανακύκλωση των τροφών από οργανισμούς σε αποσύνθεση και ροή φρέσκων τροφών από χερσαίες πηγές, είναι πολύ

περισσότερο παραγωγικά από τον ανοιχτό ωκεανό.

Σε θαλάσσια περιβάλλοντα χωρίς σχετικά μεγάλη κινητικότητα υδάτινων μαζών, ο εφοδιασμός σε τροφές είναι μικρός και κατά συνέπεια και η παραγωγικότητα. Το νερό στρωματοποιείται, ανάλογα με την πυκνότητα, με προτίμηση την οριζόντια κίνηση του νερού μέσα στο κάθε στρώμα. Οι ευδιάλυτες στο νερό τροφές, δε βρίσκονται κάτω από τη φωτεινή ζώνη του υδατικού περιβάλλοντος (αν δηλαδή βρίσκονται σε ζώνη νερού στην οποία δεν φτάνει η ηλιακή ακτινοβολία). Τούτο συμβαίνει γιατί κάτω από κανονικές συνθήκες, δε μπορούν να μεταφερθούν πάνω στη ζώνη φωτός και να μετάσχουν στη φωτοσύνθεση. Μόνο όπου υπάρχει μαζική μεταφορά του νερού της επιφάνειας σε μακρινές περιοχές, μπορούν αυτές οι τροφές να γυρίσουν στη ζώνη φωτός. Το φαινόμενο καλείται *upwelling* (ανάβρυση) και σύμφωνα μ' αυτό, βαθύτερα στρώματα νερού μπορούν να αντικαταστήσουν ρηχότερα.

Η κύρια πηγή οργανικού υλικού στα θαλάσσια ιζήματα θεωρείται το θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν, ενώ σε μερικές περιοχές με ρηχά νερά και αρκετό φως για την φωτοσύνθεση, σαν βασική πηγή θεωρούνται τα θαλάσσια φυτά και οι μικροοργανισμοί, που ζουν σε κάποιο βάθος (*phytobenthos*). Και στις δυο περιπτώσεις, τα βακτήρια που επιδρούν στους νεκρούς οργανισμούς, θεωρούνται σαν μια επιπλέον σημαντική πηγή οργανικού άνθρακα.

Διατήρηση

Κάτω από τις γεωλογικές συνθήκες που κυριαρχούν στην επιφάνεια της γης, όλο το οργανικό υλικό είναι ασταθές. Η συντήρηση του οργανικού υλικού υποβοηθείται, από μια σειρά παραγόντων. Η έντονη παραγωγικότητα οργανικής ουσίας έχει την τάση να διαμορφώνει περιβάλλοντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο ($E_h < +100$ mV) ή με έλλειψη οξυγόνου που συνοδεύεται από παραγωγή υδρόθειου, H_2S ($E_h < 0$ mV) η οποία οφείλεται σε βακτήρια που ανάγουν τα θειικά. Η αποσύνθεση του οργανικού υλικού και η μετατροπή του σε CO_2 , ευθύνονται για αυτήν την ελάττωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία προκαλεί συχνά μια ελάχιστη περιεκτικότητα οξυγόνου στον πυθμένα της ευφωτικής ζώνης του θαλασσινού νερού.

Οι χαμηλές περιεκτικότητες οξυγόνου ή η απουσία οξυγόνου και η παρουσία H_2S ελαττώνουν τον ρυθμό αποδομής της οργανικής ουσίας. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η οργανική ουσία, δεν οξειδώνεται κατευθείαν προς CO_2 , και παρά το ότι η αποδομή της μπορεί να συνεχίζεται, πάντα ο ρυθμός αποδομής από αναερόβια, ετερότροφα βακτήρια είναι μικρότερος.

Ο χρόνος τον οποίο ένα οργανικό σωματίδιο παραμένει σε μια στήλη νερού που περιέχει οξυγόνο, είναι επίσης σημαντικός. Έτσι σε ρηχά νερά, βάθους μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα, οι συνθήκες συσσώρευσης της οργανικής ουσίας, είναι καλύτερες από αυτές που επικρατούν σε πολύ βαθιά νερά. Μια παρόμοια επίδραση μπορεί να ξεκινά από

την στρωμάτωση στα βαθύτερα νερά, η οποία οφείλεται είτε στην διαφορά θερμοκρασίας, είτε στην διαφορά πυκνότητας, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η ανταλλαγή οξυγόνου, στα χαμηλότερα επίπεδα. Η έλλειψη του οξυγόνου εμποδίζει την αποδομή της οργανικής ουσίας από αερόβιους, ετερότροφους οργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να δρουν σε περιοχές βοσκής και βιοανακύκλωσης. Η προσβολή της οργανικής ουσίας από ετερότροφους οργανισμούς είναι ένας σημαντικός παράγοντας καταστροφής της οργανικής ουσίας. Η προσρόφηση διαλυμένου ή λεπτοτεμαχισμένου οργανικού υλικού, σε επιφάνειες ορυκτών, συντελεί στην αύξηση της σταθεροποίησης του υλικού αυτού με δυο τρόπους. Πρώτον, το οργανικό υλικό, προστατεύεται καλύτερα από την βιολογική αποδομή και δεύτερον, κατακάθεται ταχύτερα μέσα στην στήλη του νερού.

Το λιπιδικό κλάσμα της οργανικής ουσίας, που είναι εξαιρετικά σπουδαίο για τα πετρώματα γένεσης πετρελαίου, συμπεριφέρεται, κατά την διαδικασία καθίζησης, κάπως διαφορετικά από το μη λιπιδικό υλικό. Το μεγαλύτερο μέρος του λιπιδικού κλάσματος είναι έντονα δυσδιάλυτο στο νερό, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του μη λιπιδικού υλικού όπως οι υδατάνθρακες, οι πρωτεϊνικές ενώσεις και τα παράγωγά τους διαλύονται στο νερό ή υδρολύονται. Επιπλέον, πολλά πολύ ανθεκτικά τμήματα των οργανισμών, όπως μεμβράνες, επιδερμίδες, κηρώδη καλύμματα, σπέρματα, γύρη και φελλοί, είναι εμπλουτισμένα με συστατικά που έχουν λιπιδικό χαρακτήρα.

Πολυσυμπύκνωση

Το κύριο μέρος της οργανικής ουσίας στα πρόσφατα ιζήματα δεν υδρολύεται ούτε εκχυλίζεται από τους οργανικούς διαλύτες. Αυτό το υλικό είναι το χουμικό υλικό. Αυτές οι οργανικές ενώσεις που είναι είτε ελεύθερες είτε συνδεδεμένες με τα ορυκτά απαντώνται στο νερό, στα πρόσφατα ιζήματα και στο έδαφος.

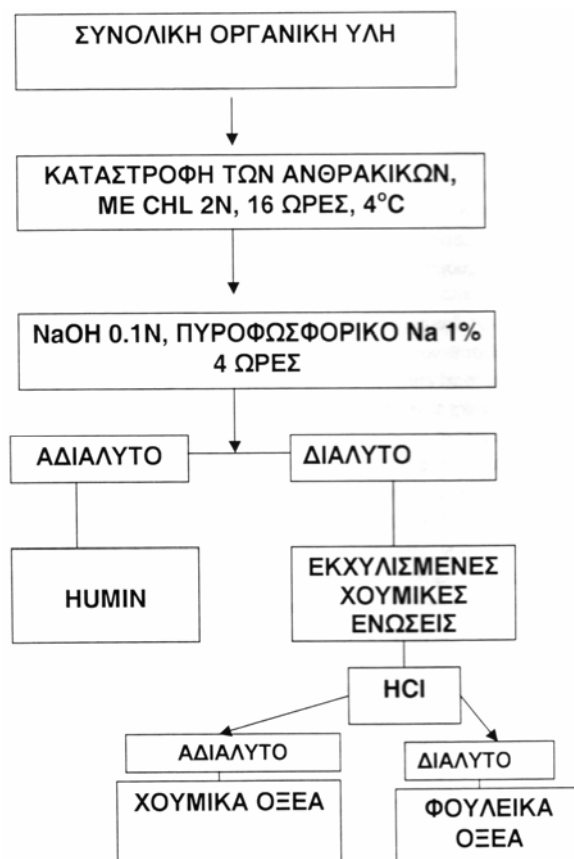
Το χουμικό υλικό στα αεριζόμενα εδάφη προέρχεται από την αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων ιδιαίτερα της λιγνίνης και της κυταρίνης. Αυτή η χουμική ουσία συνίσταται από πολυσυμπυκνωμένους αρωματικούς ναφθενικούς ή ετεροκυκλικούς δακτυλίους που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς οξυγόνου, θείου, πεπτιδίων ή μεθυλενικούς δεσμούς. Η σχέση H/C του χουμού που προέρχεται από χερσογενή φυτά κυμαίνεται μεταξύ 0.50-1.00.

Ο χουμός των υδροβίων ιζημάτων παράγεται κυρίως από πολυσυμπύκνωση υλικού που προέρχεται κυρίως από το φυτοπλαγκτόν. Το υλικό μπορεί επίσης να είναι και αλλόχθονο χερσογενές ήτοι να προέρχεται από την ξηρά. Η δομή των χουμικών ουσιών που σχηματίζονται στα υδρόβια (θαλάσσια ή λιμναία) ιζήματα είναι διαφορετική από αυτή των χουμικών ενώσεων που απαντώνται στα εδάφη με βασικό χαρακτηριστικό ότι οι φαινόλες είναι πολύ λιγότερες. Η αναλογία H/C στον χουμό των υδροβίων ιζημάτων κυμαίνεται από 1.00 έως 1.50. Η διαφοροποίηση προκύπτει από την σχετική αφθονία των αλειφατικών και

αλικριλικών δακτυλίων στα θαλάσσια χουμικά οξέα. Επιπροσθέτως είναι εμφανής σ' αυτά η αύξηση της περιεκτικότητας σε θείο και των καρβολουζικών ομάδων.

Η χουμική ουσία επεξεργαζόμενη με 0.1 N NaOH και 1% πυροφωσφορικό νάτριο ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) διαχωρίζεται σε μία αδιάλυτη ουσία που αποκαλείται χουμίνη (Humín) και μία διαλυτή ουσία. Αν επεξεργαστούμε την διαλυτή ένωση με υδροχλωρικό οξύ (HCl) τότε κατακρημνίζεται μία ουσία που την αποκαλούμε χουμικό οξύ ενώ η ουσία που παραμένει σε διασπορά την ονομάζουμε φουλβικό οξύ.

Η εξέλιξη των χουμικών συστατικών στα πρόσφατα ιζήματα σε συνάρτηση με το βάθος ταφής παρουσιάζεται στο σχήμα 1.4. Με αυξανόμενο το βάθος ενταφιασμού τόσο τα φουλβικά όσο και τα χουμικά οξέα μετατρέπονται σε αδιάλυτη χουμίνη (Humín) η οποία θεωρείται από τους γεωχημικούς του πετρελαίου σαν πρόδρομο του κηρογόνου.



Σχήμα 1.4. Διάγραμμα ροής του χουμικού υλικού. [46]

Αραίωση

Υπάρχει μια προφανής, αλλά όχι αναγκαία σχέση, ανάμεσα στην ποσότητα της οργανικής ουσίας που παρέχεται σε μια περιοχή απόθεσης, και στην συγκέντρωση της οργανικής ουσίας που αποτίθεται στο ίζημα. Τυπικά, κέντρο απόθεσης, θεωρείται μια περιοχή

όπου αποτίθεται, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, το ίζημα που μεταφέρεται από έναν ποταμό. Η ταχύτητα απόθεσης ιζήματος, έχει έναν ρόλο κλειδί σε όλη την διαδικασία καθίζησης, και επομένως και στην διατήρηση και την συγκέντρωση της οργανικής ουσίας. Αν υποθέσουμε μια σταθερή παροχή οργανικής ουσίας, τότε η συγκέντρωση της στο ιζηματογενές πέτρωμα θα είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον ρυθμό απόθεσης των ορυκτών.

Η αραίωση, επίσης, επιδρά σημαντικά στην διαδικασία καθίζησης. Ο συσχετισμός πάντως, των δυο αυτών επιδράσεων, δεν είναι τόσο απλός γιατί διαφοροποιείται από άλλους παράγοντες, όπως είναι το μέγεθος των κόκκων των ορυκτών σωματιδίων, το ύψος της στήλης νερού και ο χρόνος παραμονής σε αυτήν, και η προσβολή της οργανικής ουσίας από ετερότροφους οργανισμούς. Οι εμπειρικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι όταν αυξάνεται ο ρυθμός της απόθεσης, η συγκέντρωση της οργανικής ουσίας φτάνει σε ένα μέγιστο, και μόνο στους υψηλότερους ρυθμούς απόθεσης η αραίωση έχει επιδράσει.

Έτσι παρ'όλο που οι, σχετικά, υψηλοί ρυθμοί ιζηματογένεσης, εντείνουν την διατήρηση της οργανικής ύλης, σε πολύ μεγάλους ρυθμούς συσσώρευσης, η αραίωση που μπορεί να γίνει, έχει μεγαλύτερο αποτέλεσμα από την διατήρηση. Η αραίωση διασπείρει το οργανικό υλικό σε μεγαλύτερο όγκο πετρώματος μειώνοντας έτσι το ποσοστό που διατηρείται με αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών του συνολικού οργανικού άνθρακα.

1.4.4. Κηρογόνο

Σαν κηρογόνο χαρακτηρίζεται το μέρος της οργανικής ουσίας που βρίσκεται σε ιζηματογενή πετρώματα και είναι αδιάλυτο στους συνηθισμένους οργανικούς διαλύτες. Το διαλυτό μέρος ονομάζεται βιτουμένιο.

Η αδυναμία διάλυσης του κηρογόνου μπορεί να αποδοθεί κατευθείαν στο μεγάλο μέγεθος των μορίων που το αποτελούν, τα οποία έχουν μοριακά βάρη με τιμές πολλών χιλιάδων ή και περισσότερων.

Κάθε μόριο κηρογόνου είναι μοναδικό γιατί έχει μια δομή που δημιουργείται από την τυχαία σύνδεση πολλών μικρών μοριακών κλασμάτων. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κηρογόνου επηρεάζονται έντονα από τον τύπο των βιογενών μορίων που αποτελούν το κηρογόνο, καθώς και από τις διαγενετικές μεταβολές των οργανικών αυτών μορίων.

Η σύσταση του κηρογόνου επηρεάζεται επίσης από την θερμική ωρίμανση (καταγένεση, μεταγένεση) που αλλάζει την μορφή του. Η αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται με την αύξηση του βάθους ταφής, προκαλεί χημικές αντιδράσεις οι οποίες διασπούν το κηρογόνο, δίνοντας υγρά ή αέρια προϊόντα. Το κηρογόνο που μένει, παθαίνει επίσης σημαντικές αλλαγές οι οποίες αντικατοπτρίζονται στις φυσικοχημικές του ιδιότητες.

Το κηρογόνο είναι πολύ σημαντικό γιατί είναι η πηγή των περισσότερων υγρών και αερίων που χρησιμοποιούνται σαν καύσιμα. Το διαγενετικό και καταγενετικό ιστορικό του κηρογόνου καθώς και η φύση της οργανικής ουσίας από την οποία προέρχεται, επηρεάζουν έντονα την ικανότητα του να γεννά πετρέλαιο ή αέριο. Η μελέτη επομένως του σχηματισμού του κηρογόνου και των μεταβολών που παθαίνει στο ίζημα καθώς αυξάνεται το βάθος ταφής, είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση του τρόπου γένεσης των υδρογονανθράκων, καθώς και για τον εντοπισμό του τόπου γένεσης τους, της ποιότητας και της ποσότητας τους.

Ο όρος κηρογόνο στην αρχή χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή της οργανικής ουσίας, που βρίσκεται στους βιτουμενιούχους σχιστόλιθους που παράγουν όταν αποσταχθούν πετρέλαιο. Σήμερα χρησιμοποιείται για να περιγράψει το αδιάλυτο οργανικό υλικό στους γαιάνθρακες και στους αργιλικούς σχιστόλιθους, καθώς και στην διάσπαρτη οργανική ουσία στα ιζηματογενή πετρώματα. Είναι γνωστό ότι η ποσότητα της οργανικής ουσίας που έχει την μορφή του κηρογόνου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που υπάρχει στους ζωντανούς οργανισμούς ή αυτήν που υπάρχει στα οικονομικά εκμεταλεύσιμα κοιτάσματα γαιανθράκων πετρελαίου και φυσικού αερίου.

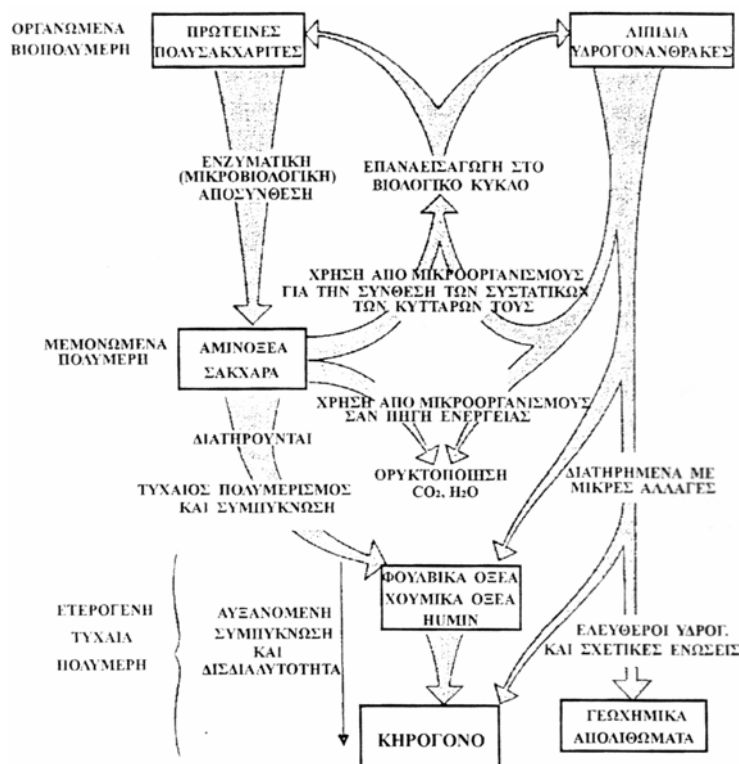
Οι γαιάνθρακες είναι μια υποκατηγορία του κηρογόνου. Οι χουμικοί γαιάνθρακες θεωρούνται κηρογόνο που σχηματίζεται κυρίως από φυτά χωρίς συναπόθεση μεγάλης ποσότητας ανόργανου υλικού. Οι γαιάνθρακες που προέρχονται από την συσσώρευση φυκών, σχηματίζονται σε περιβάλλοντα όπου το φυτοπλαγκτόν στερείται ασβεστολιθικών και πυριτικών συστατικών.

Οι γαιάνθρακες και οι βιτουμενιούχοι ιλιόλιθοι και σχιστόλιθοι σε αντίθεση, περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες ανόργανου υλικού. Οι γαιάνθρακες και οι βιτουμενιούχοι ιλιόλιθοι και σχιστόλιθοι επομένως, πρέπει να αντιμετωπίζονται απλά σαν ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν ειδικούς τύπους κηρογόνου, σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Σχηματισμός του κηρογόνου

Συνοπτικά, η διεργασία (σχήμα 1.5) που υφίσταται η οργανική ουσία με την σταδιακή ταφή της μέχρι να καταλήξει στον σχηματισμό του κηρογόνου είναι η εξής:

- Αποικοδόμηση της κυτταρικής ουσίας
- Σχηματισμός υδατοδιαλυτών συμπλόκων που περιέχουν αμινοξέα και υδατάνθρακες
- Σχηματισμός φουλβικών οξέων
- Σχηματισμός χουμικών οξέων
- Σχηματισμός χουμίνης
- Σχηματισμός κηρογόνου



Σχήμα 1.5. Μεταβολές της οργανικής ουσίας αμέσως μετά την απόθεση του ιζήματος και μέχρι τον σχηματισμό του κηρογόνου. [46]

Η διαδικασία σχηματισμού του κηρογονου αρχίζει, στην πραγματικότητα, όταν αρχίζει η βιολογική αποικοδόμηση και μετατροπή των οργανικών ιστών. Τα μεγάλα βιοπολυμερή όπως είναι οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες σπάζουν μερικά ή ολοκληρωτικά στα συστατικά τους και τα συστατικά αυτά, είτε αποικοδομούνται, είτε ενώνονται και σχηματίζουν τα γεωπολυμερή που είναι μεγάλα μόρια χωρίς καθορισμένη δομή. Τα γεωπολυμερή είναι οι πρόδρομοι του κηρογονου, αλλά δεν είναι το κανονικό κηρογόνο. Τα μικρότερα από αυτά τα πολυμερή ονομάζονται φουλβικά οξέα ενώ τα λίγο μεγαλύτερα ονομάζονται χουμικά οξέα και τα ακόμα μεγαλύτερα χουμίνη. Κατά την διάρκεια της διαγένεσης, τα γεωπολυμερή γίνονται πιο σύνθετα και αποκτούν λιγότερο κανονική δομή. Το αληθινό κηρογόνο που έχει πολύ υψηλό μοριακό βάρος σχηματίζεται μετά από ταφή εκατοντάδων μέτρων.

Η λεπτομερής χημική προσέγγιση του σχηματισμού του κηρογονου δεν θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα εδώ. Η διαγένεση έχει σαν αποτέλεσμα κυρίως την απώλεια νερού, διοξειδίου του άνθρακα και αμμωνίας από τα αρχικά γεωπολυμερή.

Αν παρατηρείται αναερόβια αναγωγή θειικών στα ιζηματογενή πετρώματα και τα πετρώματα αυτά δεν περιέχουν ιόντα βαριών μετάλλων (κάτι που είναι πολύ συνηθισμένο στην περίπτωση των βιογενών ιζημάτων, που είναι όμως σπάνιο στους βιτουμενιούχους ιλιόλιθους και σχιστόλιθους), μεγάλες ποσότητες θείου είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στη δομή του κηρογονου. Το ποσό του θείου που προέρχεται από την ίδια την οργανική ουσία

είναι πολύ μικρό. Διπλοί δεσμοί μεταξύ ατόμων άνθρακα που είναι πολύ ασταθείς, μετατρέπονται σε κυκλικές ή κορεσμένες δομές.

Ο σχηματισμός του κηρογόνου συναγωνίζεται την αποδομή της οργανικής ουσίας με οξειδωτικές διαδικασίες. Το μεγαλύτερο μέρος της οξείδωσης της οργανικής ουσίας σε ιζηματογενή περιβάλλοντα γίνεται από μικρόβια. Οι μικροοργανισμοί προτιμούν να προσβάλλουν μικρά μόρια τα γεωπολυμερή επομένως, είναι απρόσβλητα από την βακτηριακή δράση, γιατί τα ενζυμικά συστήματα των βακτηριδίων δεν γνωρίζουν πώς να τα προσβάλλουν. Σε ένα οξειδωτικό περιβάλλον πολλά από τα βιογενή μόρια προσβάλλονται από τα βακτήρια πριν αυτά να σχηματίσουν τα γεωπολυμερή. Σε ένα αναγωγικό περιβάλλον αντίθετα, η υποβαθμισμένη δράση των βακτηρίων αφήνει περισσότερο χρόνο για τον σχηματισμό των γεωπολυμερών και επιτρέπει έτσι την καλύτερη διατήρηση της οργανικής ουσίας.

Το κηρογόνο που σχηματίζεται σε αναγωγικές συνθήκες αποτελείται από κλάσματα πολλών ειδών βιογενών μορίων, ενώ αυτό που σχηματίζεται σε οξειδωτικές συνθήκες, περιέχει κυρίως τους πιο ανθεκτικούς τύπους βιογενών μορίων.

Σύσταση κηρογόνου

Επειδή κάθε μόριο κηρογόνου είναι μοναδικό, θα ήταν άσκοπο, να ασχοληθούμε με την χημική σύσταση του. Ακόμα κι αν κάτι τέτοιο ήταν εφικτό, δεν θα είχε μεγάλη και άμεση σημασία για τους γεωλόγους που ασχολούνται με τον εντοπισμό του πετρελαίου. Αυτό που είναι δυνατό και χρήσιμο είναι η ανάπτυξη μιας γενικής μεθόδου περιγραφής της συνολικής σύστασης του κηρογόνου και συσχέτισης της σύστασης αυτής με την ικανότητα γένεσης υδρογονανθράκων. Ένα χρήσιμο σχήμα περιγραφής του κηρογόνου που αναπτύχθηκε εδώ και δέκα χρόνια κατατάσσει το κηρογόνο σε τρεις βασικούς τύπους που ονομάζονται: τύπος I, II και III. Αργότερα, βρέθηκε άλλος ένας τύπος, ο IV.

Το κηρογόνο τύπου I, που έχει υψηλή ικανότητα γένεσης υδρογονανθράκων, είναι μάλλον σπάνιο γιατί προέρχεται κυρίως από λιμναία φύκη. Επειδή εντοπίστηκε σε κοιτάσματα μεγάλου ενδιαφέροντος, όπως στους ιλιόλιθους ή σχιστόλιθους του Green River του μέσου ηώκαινου που απαντώνται στις πολιτείες Wyoming, Utah και Colorado, του δόθηκε μεγαλύτερη σημασία απ'αυτήν που του αναλογεί. Η εμφάνιση αυτού του τύπου του κηρογόνου περιορίζεται σε λίμνες όπου επικρατούν ανοξικές συνθήκες και σε μερικά ασυνήθιστα θαλάσσια περιβάλλοντα.

Το κηρογόνο τύπου II προέρχεται από πολλές πολύ διαφορετικές πηγές. Μεταξύ αυτών είναι τα θαλάσσια φύκη, η γύρη τα σπέρματα, οι κηροί των επιδερμικών ιστών των φυτών, τα απολιθώματα ρεζινίτη και συνεισφορές από λιπίδια βακτηριδιακών κυττάρων. Τα περισσότερα κηρογόνα αυτού του τύπου βρίσκονται σε θαλάσσια ιζηματογενή πετρώματα

που έχουν αποτεθεί κάτω από αναγωγικές συνθήκες.

Το κηρογόνο τύπου III έχει πολύ μικρότερη ικανότητα γένεσης υδρογονανθράκων απ'αυτήν του κηρογόνου τύπου II και αν δεν περιέχει προσμίξεις τύπου II, δίνει κανονικά κυρίως αέριο. Ο τύπος αυτός σχηματίζεται από χερσαίο οργανικό υλικό που στερείται λιπαρά ή κηρώδη συστατικά και βασικά προέρχεται από κελλουλόζη και λιγνίνη.

Το κηρογόνο τύπου IV θεωρείται ότι στερείται ουσιαστικά της δυνατότητας γένεσης υδρογονανθράκων. Περιέχει κυρίως επεξεργασμένα και έντονα οξειδωμένα υλικά ποικίλων προελεύσεων.

Ωρίμανση του κηρογόνου

Όταν το κηρογόνο μένει για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε υψηλές θερμοκρασίες, παθαίνει μια σειρά σημαντικών αλλαγών που ονομάζονται ωρίμανση του κηρογόνου. Οι αντιδράσεις θερμικής αποσύνθεσης του, που ονομάζονται καταγένεση και μεταγένεση, διασπούν τα μικρά μόρια και αφήνουν ένα υπόλειμμα του περισσότερο ανθεκτικού κηρογόνου. Τα μικρά μόρια τελικά μετατρέπονται σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Κατά σύμβαση ο όρος καταγένεση χρησιμοποιείται για τα στάδια εκείνα κατά τα οποία παράγονται από την αποσύνθεση του κηρογόνου, πετρέλαιο και αέριο. Ο όρος μεταγένεση αντιπροσωπεύει την γέννηση ξηρού αερίου και σημειώνεται μετά από την καταγένεση. Η μεταγένεση παρά το όνομα της δεν έχει σχέση με τον μεταμορφισμό, γιατί αρχίζει πολύ πριν απ'αυτόν και συνεχίζει κατά την διάρκεια του.

Αν και οι όροι καταγένεση και γένεση πετρελαίου χρησιμοποιούνται συχνά σαν συνώνυμα, δεν είναι ακριβώς το ίδιο. Στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν διαφορετικά κομμάτια της ίδιας διαδικασίας. Η καταγένεση αναφέρεται στις μετατροπές των μορίων του κηρογόνου ενώ η γέννηση υδρογονανθράκων εντοπίζεται στα μικρότερα προϊόντα μόρια. Αν και κατ'αρχήν είναι διαφορετικές διαδικασίες, οι όροι εδώ δεν διαχωρίζονται.

Η διαδικασία της ωρίμανσης δεν είναι αντιστρεπτή διαδικασία και στην πραγματικότητα δεν σταματάει ποτέ ολοκληρωτικά ακόμα και όταν η θερμοκρασία ελαττώνεται δραστηκά. Στην πράξη, πάντως, σε θερμοκρασίες κάτω από τους 70°C ο ρυθμός της καταγένεσης δεν θεωρείται σημαντικός. Επιπλέον, πτώσεις στη θερμοκρασία μεγαλύτερες των 20° – 30°C, που μπορεί να οφείλονται σε υπόγειες μεταβολές ή σε διάβρωση, προκαλούν τέτοια ελάττωση στον ρυθμό της καταγένεσης, ώστε να θεωρείται, πρακτικά, ασήμαντος.

Υπάρχει μια περίπλοκη σχέση ανάμεσα στον τρόπο που επιδρά ο χρόνος και η θερμοκρασία στην ωρίμανση της οργανικής ουσίας. Γι' αυτό, δεν είναι δυνατό να οριστούν ακριβή και γενικά, όρια θερμοκρασίας για την καταγένεση. Είναι χαρακτηριστικό ότι

πετρώματα μεγάλης ηλικίας γεννούν υδρογονάνθρακες σε θερμοκρασίες πολύ πιο χαμηλές από τις αντίστοιχες θερμοκρασίες νεότερων πετρωμάτων. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα για την μελέτη της περίπλοκης επίδρασης της θερμοκρασίας και του χρόνου στην ωρίμανση.

Επιδράσεις της ωρίμανσης στο κηρογόνο

Κατά την διάρκεια της καταγένεσης και της μεταγένεσης, το κηρογόνο παθαίνει μια σειρά σημαντικών μεταβολών. Μερικές από αυτές τις μεταβολές μπορούν να μετρηθούν ποσοτικά, και επιτρέπουν έτσι να υπολογιστεί ο βαθμός ωρίμανσης του κηρογόνου. Ο πιο σημαντικός λόγος για τον οποίο μελετάται η καταγένεση, είναι ο προσδιορισμός της γένεσης των υδρογονανθράκων. Είναι γνωστό ότι πολλές μετρήσιμες μεταβολές που παθαίνει το κηρογόνο, σχετίζονται άμεσα με την γένεση του πετρελαίου, ενώ άλλες σχετίζονται ελάχιστα ή καθόλου. Παρακάτω αναφέρονται διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούν ιδιότητες του κηρογόνου, για να προσδιορίσουν την γέννηση των υδρογονανθράκων. Γίνεται αναφορά επίσης, στο πόσο στενά κάθε μια από αυτές τις ιδιότητες σχετίζεται με την γένεση των υδρογονανθράκων.

Είναι γνωστό ότι η πυρόλυση οποιασδήποτε οργανικής ουσίας απαιτεί υδρογόνο και όσο πιο πολύ υδρογόνο περιέχει, τόσο περισσότερους υδρογονάνθρακες μπορεί να αποδώσει όταν πυρολυθεί. Επειδή πολλά από τα ελαφριά προϊόντα είναι πλούσια σε υδρογόνο το υπόλειμμα του κηρογόνου, καθώς προχωράει η καταγένεση, γίνεται πιο φτωχό σε υδρογόνο και παράλληλα παρατηρείται αύξηση του αρωματικού του χαρακτήρα. Έτσι, αν είναι γνωστό το ποσοστό του υδρογόνου στην αρχή της καταγένεσης, σταθερή μείωση του υδρογόνου, που περιέχεται στο κηρογόνο, (μετρείται συνήθως σαν λόγος H/C) που παρατηρείται κατά την διάρκεια της θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένας δείκτης και για την καταγένεση και για την γένεση των υδρογονανθράκων.

Το άζωτο και το θείο απομακρύνονται επίσης από το κηρογόνο κατά την διάρκεια της καταγένεσης. Οι απώλειες του αζώτου παρατηρούνται κατά την διάρκεια της ύστερης καταγένεσης ή της μεταγένεσης όταν η απομάκρυνση του υδρογόνου έχει προχωρήσει αρκετά. Αντίθετα ένα μεγάλο μέρος του θείου χάνεται στα αρχικά στάδια της καταγένεσης.

Η πιο σημαντική πληροφορία που μπορούμε να πάρουμε από αυτές τις χημικές μεταβολές είναι ότι η ικανότητα γένεσης υδρογονανθράκων που παραμένει στο κηρογόνο, ελαττώνεται κατά την διάρκεια της καταγένεσης και της μεταγένεσης. Καθώς προχωράει η ωρίμανση, όλοι οι τύποι κηρογόνου γίνονται πιο φτωχοί σε υδρογόνο και οξυγόνο, ενώ αυξάνεται ο αρωματικός τους χαρακτήρας. Στα τελευταία στάδια της ωρίμανσης και οι τρεις τύποι κηρογόνου αποκτούν μια, χημικά, πολύ όμοια μορφή και τελικά δεν έχουν καθόλου ικανότητα γένεσης πετρελαίου.

Κατά την διάρκεια της καταγένεσης και της μεταγένεσης, τα σωματίδια του κηρογόνου γίνονται πιο σκούρα, ακολουθώντας μια σταθερή πορεία μεταβολής του χρώματος από κίτρινο σε χρυσό, πορτοκαλί, ανοικτό καφέ, σκούρο καφέ, μέχρι μαύρο. Η χρωματική αυτή μεταβολή είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων του πολυμερισμού και αρωματοποίησης που πραγματοποιούνται. Οι αντιδράσεις αυτές σχετίζονται στενά με σημαντικές χημικές μεταβολές στη δομή του κηρογόνου, αλλά δεν ταυτίζονται, αναγκαστικά, με την γένεση των υδρογονανθράκων. Δεν υπάρχει επομένως μια σχέση αιτίας αποτελέσματος ανάμεσα στην μεταβολή του χρώματος του κηρογόνου και στην γέννηση των υδρογονανθράκων, ούτε υπάρχει κάποια εγγύηση ότι ένα συγκεκριμένο χρώμα κηρογόνου, συνοδεύει πάντα την έναρξη της γένεσης του πετρελαίου.

Καθώς προχωράει η ωρίμανση του κηρογόνου και αυξάνεται ο αρωματικός του χαρακτήρας, η δομή του αποκτάει μεγαλύτερη τάξη εξαιτίας της επίπεδης δομής των αρωματικών μορίων. Αυτές οι ανακατατάξεις στη δομή του κηρογόνου, έχουν επιδράσεις στις φυσικές του ιδιότητες. Μια ιδιότητα που επηρεάζεται έντονα και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέτρο της έκτασης των ανακατατάξεων στην δομή, είναι η ικανότητα του κηρογόνου να ανακλά το φως που προσπίπτει πάνω του. Όσο μεγαλύτερη αταξία υπάρχει στη δομή του κηρογόνου τόσο μεγαλύτερη σκέδαση της φωτεινής ακτίνας παρατηρείται.

Γένεση των υδρογονανθράκων

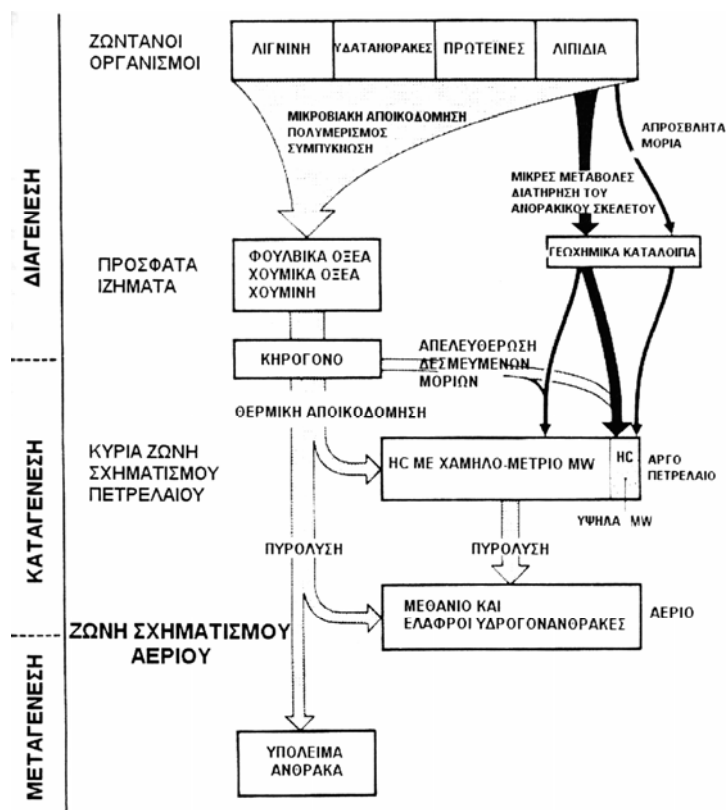
Κατά την καταγένεση πολλά μικρά μόρια, που μπορεί να είναι υδρογονάνθρακες ή ετεροενώσεις, απομακρύνονται από την μήτρα του κηρογόνου. Οι ενώσεις αυτές, στις οποίες δίνεται το γενικό όνομα βιτουμένιο, είναι πολύ πιο ευκίνητες από το κηρογόνο και μπορούν να θεωρηθούν οι άμεσοι πρόδρομοι του πετρελαίου.

Το βιτουμένιο σχηματίζεται κυρίως κατά την διάρκεια της καταγένεσης, ενώ κατά την μεταγένεση το κύριο προϊόν είναι το μεθάνιο. Αν δεν γινόταν ούτε αποβολή, από το πέτρωμα γένεσης του πετρελαίου, ούτε πυρόλυση του βιτουμενίου τότε θα είχαμε μία μεγάλη και συνεχή συσσώρευση του βιουμενίου στο πέτρωμα. Στην πραγματικότητα μέρος του βιτουμενίου αποβάλλεται από το πέτρωμα ενώ ένα άλλο κομμάτι πυρολύεται και σχηματίζει αέριο, με αποτέλεσμα να έχουμε τελικά μικρότερα ποσά βιτουμενίου στο πέτρωμα.

Για να έχει αποτέλεσμα η γένεση των υδρογονανθράκων πρέπει οι υδρογονάνθρακες που παράγονται, να αποβάλλονται από το μητρικό πέτρωμα και να μεταναστεύουν σε κάποια παγίδα. Ο χρόνος και η αποτελεσματικότητα της αποβολής των υδρογονανθράκων εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων ανάμεσα στους οποίους είναι οι γεωφυσικοί παράγοντες και οι οργανογεωχημικοί. Σχετικά με αυτούς τους τελευταίους παράγοντες, υπάρχει η άποψη ότι οι ρωγμές (microfracturing) του μητρικού πετρώματος είναι πολύ σημαντικές για την αποβολή των υδρογονανθράκων. Η δημιουργία των ρωγμών σχετίζεται με την υπερπίεση, η οποία με την σειρά της συμμετέχει μερικά στην γένεση των υδρογονανθράκων. Τα πλούσια πετρώματα

δέχονται υψηλές πιέσεις νωρίτερα από τα πιο φτωχά και γι'αυτό αποβάλλουν νωρίτερα υδρογονάνθρακες. Σε πολύ φτωχά πετρώματα η αποβολή των υδρογονανθράκων μπορεί να γίνει τόσο αργά, ώστε η πυρόλυση του βιτουμενίου να ανταγωνίζεται την αποβολή. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα προϊόντα είναι κυρίως αέρια.

Στο σχήμα 1.6 δίνεται διαγραμματικά ο κύκλος σχηματισμού των υδρογονανθράκων από την προέλευση της οργανικής ουσίας και τις μεταβολές που παθαίνει κατά τον ενταφιασμό της μέχρι την παραγωγή υδρογονανθράκων. [46]



Σχήμα 1.6. Η προέλευση της οργανικής ουσίας και οι μεταβολές που παθαίνει κατά τον ενταφιασμό της. [46]

Το φυσικό αέριο μπορεί επίσης να σχηματισθεί από τον μετασχηματισμό της οργανικής ύλης από μικροοργανισμούς, κοντά στην επιφάνεια της γής. Αυτός ο τύπος του μεθανίου αναφέρεται ως βιογενικό μεθάνιο. Μικροσκοπικοί μεθανοπαραγωγοί μικροοργανισμοί (methanogens), σπάνε χημικά την οργανική ύλη για την παραγωγή μεθανίου. Αυτοί οι μικροοργανισμοί βρίσκονται τυπικά σε περιοχές κοντά στην επιφάνεια της γης σε απουσία οξυγόνου. Αυτοί οι μικροοργανισμοί ζουν επίσης στα έντερα των περισσότερων ζώων και στον άνθρωπο. Ο σχηματισμός του μεθανίου σε αυτή την ύλη συνήθως λαμβάνει χώρα κοντά στην επιφάνεια της γης και το μεθάνιο που παράγεται συνήθως χάνεται στην ατμόσφαιρα. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ωστόσο, αυτό το μεθάνιο παγιδεύεται υπογείως και εξορύσσεται ως φυσικό αέριο. Ένα παράδειγμα παραγωγής βιογενικού μεθανίου είναι σε

Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Η αποσύνθεση των απορριμμάτων που ενταφιάζονται παράγει μεγάλες σχετικές ποσότητες φυσικού αερίου. Νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την συλλογή αυτού του αερίου και την χρήση τους ως φυσικό αέριο.

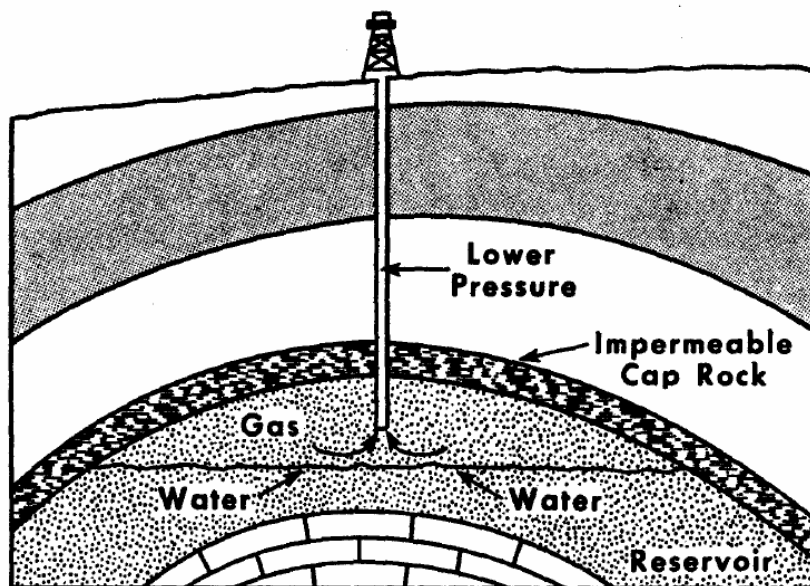
Αν και υπάρχουν πολλοί τρόποι σχηματισμού του μεθανίου και κατ' επέκταση του φυσικού αερίου, αυτό συνήθως συναντάται κάτω από την επιφάνεια της γης. Καθώς το φυσικό αέριο έχει μικρή πυκνότητα, μόλις σχηματιστεί ανέρχεται προς την επιφάνεια της γης διαμέσου χαλαρών, σχιστολιθικών πετρωμάτων και άλλων υλικών. Το περισσότερο από αυτό το μεθάνιο θα ανέλθει απλά στην επιφάνεια και θα διασκορπισθεί στον αέρα. Όμως ένα μεγάλο μέρος αυτού του μεθανίου θα ανέλθει μέσα σε γεωλογικούς σχηματισμούς που «παγιδεύουν» το αέριο υπογείως. Αυτοί οι σχηματισμοί αποτελούνται από στρώματα πορώδους, ιζηματογενούς πετρώματος με ένα πυκνότερο, μη διαπερατό στρώμα στην κορυφή του. Αυτό το μη διαπερατό πέτρωμα παγιδεύει το φυσικό αέριο κάτω από το έδαφος. Εάν αυτοί οι σχηματισμοί είναι αρκετά μεγάλοι, μπορούν να εγκλωβίσουν μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου και ονομάζονται ταμειυτήρες.

Υπάρχει ένας αριθμός διαφορετικών τύπων τέτοιων σχηματισμών, αλλά ο πιο συνηθισμένος δημιουργείται όταν μη διαπερατά σχιστολιθικά πετρώματα σχηματίζουν ένα σχήμα «θόλου», σαν ομπρέλα που εγκλωβίζει όλο το φυσικό αέριο που ανέρχεται στην επιφάνεια. Υπάρχουν πολλοί τρόποι που μπορεί να σχηματιστεί αυτός ο θόλος. Για παράδειγμα, τα ρήγματα είναι ένα σύνθετος μέρος για την ύπαρξη αποθέσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ένα ρήγμα συμβαίνει όταν τα κανονικά σχιστολιθικά στρώματα διαχωρίζονται κατακόρυφα, έτσι ώστε το μη διαπερατό πέτρωμα κατέρχεται για να εγκλωβίσει φυσικό αέριο στα πιο διαπερατά στρώματα ασβεστόλιθου ή ψαμμίτη. Ουσιαστικά, ο γεωλογικός σχηματισμός με μη διαπερατά πετρώματα πάνω από πορώδη, ιζηματογενή και πλούσια σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο πετρώματα, είναι αυτός που έχει την δυναμική να σχηματίσει τελικά ένα ταμειυτήρα. Στο σχήμα 1.7, φαίνεται ο τρόπος που το φυσικό αέριο μπορεί να εγκλωβιστεί κάτω από μη διαπερατό ιζηματογενές πέτρωμα, γνωστός ως αντικλινής σχηματισμός.

Για την επιτυχή άντληση αυτών των ορυκτών καυσίμων, θα πρέπει να διατηρηθεί το μη διαπερατό πέτρωμα για να απελευθερώσει τα υπό πίεση καύσιμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ταμειυτήρες που περιέχονται πετρέλαιο και φυσικό αέριο, το αέριο όντας το λιγότερο πυκνό συγκεντρώνεται κοντά στην επιφάνεια με το πετρέλαιο να βρίσκεται κάτω από αυτό και να ακολουθείται από συγκεκριμένη ποσότητα νερού.

Ιστορικά, τα συμβατικά κοιτάσματα φυσικού αερίου ήταν τα πιο πρακτικά και εύκολα για να εξορυχθούν. Είναι δύσκολο να δοθεί ένας ακριβής ορισμός των μη συμβατικών κοιτασμάτων φυσικού αερίου. Κι αυτό γιατί, ότι θεωρείται μη συμβατικό σήμερα, μπορεί αύριο λόγω της τεχνολογικής προόδου ή κάποιας ευφυούς διεργασίας να γίνει συμβατικό. Στην

ευρεία έννοια, μη συμβατικό φυσικό αέριο είναι εκείνο το αέριο που είναι πολύ δύσκολο και οικονομικά ασύμφορο να εξαχθεί, συνήθως γιατί η τεχνολογία για την προσέγγισή του δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένη ή είναι πολύ ακριβή. Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία και η γεωλογική γνώση προοδεύει, μη συμβατικά κοιτάσματα φυσικού αερίου αρχίζουν να διαμορφώνουν ένα σημαντικό ποσοστό στην εξόρυξη του φυσικού αερίου.



Σχήμα 1.7. Φυσικό αέριο εγκλωβισμένο κάτω από μη διαπερατό ιζηματογενές πέτρωμα.

Υπάρχουν βασικά έξι κύριες κατηγορίες μη συμβατικών φυσικών αερίων. Αυτές είναι βαθύ αέριο, στεγανό αέριο, ντεβονιακοί σχιστόλιθοι αερίου, μεθάνιο κοιτάσματος άνθρακα, γεωσυμπιεσμένες ζώνες και το ένυδρο μεθάνιο. Στις επόμενες παραγράφους παρατίθεται μια συνοπτική περιγραφή αυτών των κατηγοριών.

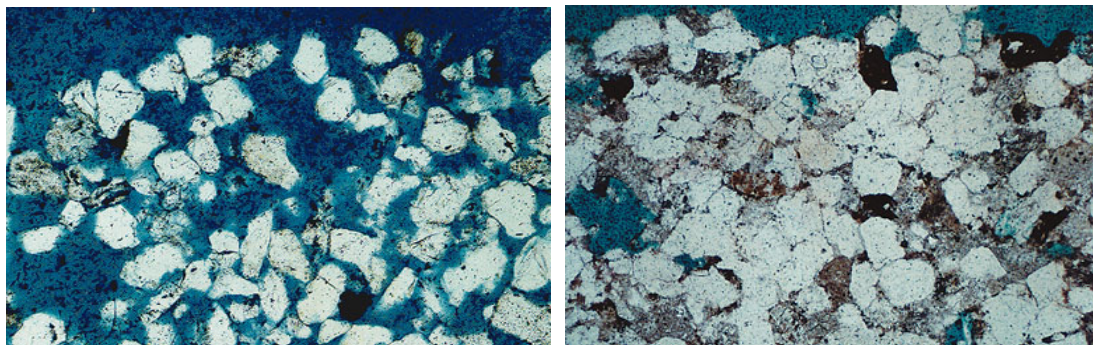
Βαθύ φυσικό αέριο

Το βαθύ φυσικό αέριο είναι ακριβώς αυτό που υπονοεί – το φυσικό αέριο που υπάρχει σε κοιτάσματα σε μεγάλο βάθος κάτω από την επιφάνεια, πολύ πιο κάτω από τα συμβατικά βάθη διάτρησης. Το αέριο αυτό τυπικά βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 4.5 km που ξεπερνάει κατά πολύ τα μερικές εκατοντάδες μέτρα βάθους συμβατικής διάτρησης.

Τα τελευταία χρόνια, το βαθύ φυσικό αέριο, έχει γίνει πιο συμβατικό. Οι τεχνικές βαθείας διάτρησης, αναζήτησης και εξόρυξης έχουν ουσιαστικά βελτιωθεί, κάνοντας οικονομική την διάτρηση για βαθύ φυσικό αέριο. Όμως, το βαθύ φυσικό αέριο είναι ακόμα πιο ακριβό να παραχθεί από ότι το συμβατικό και για αυτό οι οικονομικές συνθήκες θα πρέπει να γίνουν κερδοφόρες για την βιομηχανία για να προβεί στην εξόρυξη από τέτοιες πηγές.

Στεγανό φυσικό αέριο

Ένα άλλο είδος μη συμβατικού φυσικού αερίου αναφέρεται ως στεγανό φυσικό αέριο. Αυτό είναι το αέριο που είναι εγκλωβισμένο σε μια πολύ στεγανή υπόγεια κοιλότητα από ασυνήθιστα μη διαπερατό, σκληρό πέτρωμα ή από ασυνήθιστα μη διαπερατό και μη πορώδεις σχηματισμό ψαμμίτη ή ασβεστόλιθου. Στο σχήμα 1.8, παρουσιάζεται η τομή ενός κανονικού ταμιευτήρα και ενός στεγανού ταμιευτήρα.



(α)

(β)

Σχήμα 1.8. Τομή (α) κανονικού ταμιευτήρα και (β) στεγανού ταμιευτήρα. [6]

Σε ένα συμβατικό κοίτασμα φυσικού αερίου, μόλις διατρηθεί, το αέριο μπορεί συνήθως να εξαχθεί αρκετά άμεσα και εύκολα, ενώ αντίθετα απαιτείται πολύ μεγαλύτερη προσπάθεια για να εξαχθεί το αέριο από ένα στεγανό κοίτασμα. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που επιτρέπουν την εξαγωγή του φυσικού αερίου, συμπεριλαμβανομένης της θραύσης και της οξείδωσης. Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές επίσης κοστίζουν πολύ. Όπως όλα τα μη συμβατικά φυσικά αέρια, το οικονομικό κίνητρο πρέπει να είναι τέτοιο που να παρακινεί τις εταιρίες να εξορύξουν αυτό το κοστοβόρο αέριο αντί άλλων πιο εύκολα εξορύξιμων συμβατικών φυσικών αερίων.

Ντεβονιακοί σχιστόλιθοι αερίου

Το φυσικό αέριο μπορεί επίσης να υπάρξει σε κοιτάσματα ντεβονιακών σχιστολιθικών κοιτασμάτων. Οι ντεβονιακοί σχιστόλιθοι σχηματίζονται από ιζήματα των ρηχών θαλασσών που υπήρξαν περίπου 350 εκατομμύρια χρόνια πριν (κατά την διάρκεια της Ντεβονιακής περιόδου της Παλαιοζωικής εποχής). Ο σχιστόλιθος είναι ένα πολύ μικρόκοκκο ιζηματογενές πέτρωμα, το οποίο είναι εύκολο να διαχωριστεί σε λεπτά, παράλληλα στρώματα. Είναι ένα ιζηματογενές πέτρωμα, αλλά δεν αποσυντίθεται όταν διαβρέχεται. Αυτοί οι σχιστόλιθοι μπορούν να περιέχουν φυσικό αέριο, συνήθως όταν δύο παχιά, μαύρα κοιτάσματα σχιστόλιθων συμπιέζουν από πάνω και κάτω ένα λεπτότερο στρώμα σχιστόλιθων. Λόγω κάποιων ιδιοτήτων αυτών των σχιστόλιθων, η εξόρυξη του φυσικού αερίου από κοιλότητες σχιστόλιθων είναι πιο δύσκολη (και άρα δαπανηρή) από την εξόρυξη συμβατικού φυσικού αερίου.

Μεθάνιο κοιτάσματος άνθρακα

Οι λιθάνθρακες, ένα άλλο συμβατικό καύσιμο, σχηματίζονται υπογείως υπό παρόμοιες γεωλογικές συνθήκες όπως το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, είναι περισσότερο συμπαγείς και παλαιότερου σχηματισμού από την τύρφη και τον λιγνίτη και περιέχουν άνθρακα σε ποσοστό 75-85%. Αυτά τα κοιτάσματα λιθανθράκων συναντώνται συνήθως ως υπόγεια στρώματα και εξορύσσονται με διάτρηση των στρωμάτων και αφαίρεση των λιθανθράκων. Πολλά στρώματα λιθανθράκων επίσης περιέχουν φυσικό αέριο είτε εντός τους ή στο γύρω πέτρωμα. Αυτό το μεθάνιο κοιτάσματος άνθρακα παγιδεύεται υπογείως και γενικά δεν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα παρά μόνο από παρακείμενες εξορυκτικές δραστηριότητες.

Ιστορικά, το μεθάνιο κοιτάσματος άνθρακα θεωρούνταν ανεπιθύμητο και επικίνδυνο στην βιομηχανία εξόρυξης λιθανθράκων. Μόλις κατασκευαζόταν ένα ορυχείο και εξορύσσονταν οι λιθάνθρακες, το μεθάνιο που υπήρχε στις συστρώσεις συνήθως διέφευγε μέσα στο ίδιο το ορυχείο. Αυτό έθετε ένα σοβαρό θέμα ασφάλειας, καθώς η πολύ υψηλή συγκέντρωση μεθανίου στο φρέαρ θα δημιουργούσε επικίνδυνες συνθήκες για τους ανθρακωρύχους. Στο παρελθόν, το μεθάνιο που συγκεντρωνόταν σε ένα ορυχείο οδηγούνταν σκοπίμως στην ατμόσφαιρα. Σήμερα, όμως το μεθάνιο κοιτάσματος άνθρακα έχει γίνει ένας δημοφιλής τύπος μη συμβατικού φυσικού αερίου.

Αυτό το μεθάνιο μπορεί να συλλεχθεί και να εισαχθεί σε αγωγούς φυσικού αερίου για αναπώληση, να πουληθεί ως βιομηχανική πρώτη ύλη ή να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρισμού. Αυτό που κάποτε ήταν ένα παραπροϊόν της βιομηχανίας λιθάνθρακα έχει αρχίσει να γίνεται μια αυξανόμενης σημαντικότητας πηγή μεθανίου και φυσικού αερίου.

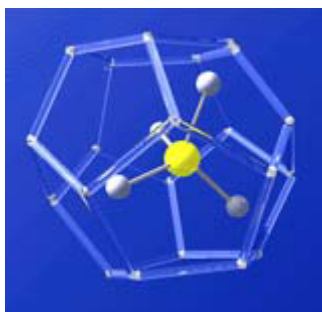
Γεωσυμπιεσμένες ζώνες

Οι γεωσυμπιεσμένες ζώνες είναι φυσικοί υπόγειοι σχηματισμοί που βρίσκονται υπό ασυνήθιστα υψηλές πιέσεις για το βάθος τους. Αυτές οι περιοχές σχηματίζονται από στρώματα ιζημάτων που εναποτέθηκαν και συμπύχθηκαν πολύ γρήγορα στην κορυφή πιο πορώδων και απορροφητικών υλικών όπως η άμμος. Το νερό και το φυσικό αέριο που είναι παρόντα μέσα σε αυτή τη λάσπη λόγω της ταχείας συμπίεσής της διαφεύγουν και εισέρχονται στην πιο πορώδη άμμο. Αυτό το φυσικό αέριο, λόγω της συμπίεσης της λάσπης, εναποτίθεται στην άμμο υπό πολύ υψηλή πίεση και αυτός είναι ο λόγος που ονομάστηκε «γεωσυμπίεση».

Επιπροσθέτως αυτών των ιδιοτήτων, οι γεωσυμπιεσμένες ζώνες βρίσκονται τυπικά σε μεγάλα βάθη, συνήθως 3 - 7.5 km κάτω από την επιφάνεια της γης. Ο συνδυασμός όλων αυτών των παραγόντων κάνει την εξόρυξη του φυσικού αερίου στις γεωσυμπιεσμένες ζώνες αρκετές πολύπλοκη. Ωστόσο, από όλες τις μη συμβατικές πηγές φυσικού αερίου, οι γεωσυμπιεσμένες ζώνες εκτιμώνται ότι συγκρατούν τις μεγαλύτερες ποσότητες αερίου.

Υδρίδια μεθανίου

Τα υδρίδια μεθανίου είναι η πιο πρόσφατη μορφή μη συμβατικού φυσικού αερίου που ανακαλύφθηκε και ερευνήθηκε. Αυτοί οι ενδιαφέροντες σχηματισμοί αποτελούνται από ένα πλέγμα ψυχθέντος νερού, το οποίο σχηματίζει ένα είδος «κλουβιού» γύρω από τα μόρια του μεθανίου (σχήμα 1.9). Αυτά τα υδρίδια είναι ουσιαστικά κρυσταλλίτες [8] και ομοιάζουν με λιωμένο χιόνι και πρωτοανακαλύφθηκαν στα μόνιμα στρώματα πάγου της Αρκτικής. Ωστόσο, η έρευνα στα υδρίδια μεθανίου έχει αποκαλύψει ότι ίσως να υπάρχει πολύ περισσότερο μεθάνιο από αυτό που είχε αρχικά εκτιμηθεί. Η έρευνα για τα υδρίδια μεθανίου είναι ακόμα στα αρχικά στάδια. Δεν είναι γνωστές οι συνέπειες της εξόρυξης των υδριδίων μεθανίου που μπορεί υπάρξουν στο φυσικό κύκλο του άνθρακα.



Σχήμα 1.9. Ένα μόριο υδριδίου μεθανίου. [2]

Οι επιστήμονες αναζητούν συνεχώς νέους τρόπους ανάκτησης φυσικού αερίου. Ένας τέτοιος τρόπος είναι η παραγωγή μεθανίου από βιομάζα – μία πηγή καυσίμων που εξάγεται από τα απόβλητα φυτών και ζώων. Το μεθάνιο παράγεται κανονικά κατά την αποσύνθεση οργανικής ύλης. Μπορούμε να διατρήσουμε μικρού βάθους οπές σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) σήμερα ώστε να ανακτήσουμε το μεθάνιο αέριο. Οι οργανισμοί διαχείρισης των ΧΥΤΑ οφείλουν να συλλέγουν το μεθάνιο ως μέτρο ασφάλειας, ωστόσο τα τελευταία χρόνια το μεθάνιο αυτό μπορεί χρησιμοποιείται για θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρισμού.

Υπάρχουν και άλλοι τρόποι για την μετατροπή της βιομάζας σε φυσικό αέριο. Μία μέθοδος είναι η μετατροπή των υδρόβιων φυτών, όπως τα θαλάσσια φύκια, σε μεθάνιο. Στο μέλλον, μεγάλες καλλιέργειες φυκιών θα μπορούσαν να παράγουν ανανεώσιμο φυσικό αέριο και κατ'επέκταση και ανανεώσιμη ενέργεια. [7]

1.5. Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό ορυκτό καύσιμο, που περιέχει κυρίως μεθάνιο (πίνακας 1-6). Είναι άοσμο και μη τοξικό, γεγονός που σημαίνει ότι σε περίπτωση εισπνοής του δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος σε αντίθεση με το παλιό φωταέριο που περιείχε μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, ενός αρκετά τοξικού αερίου. Το φυσικό αέριο έχει

χαμηλή σχετική πυκνότητα, με συνέπεια σε περίπτωση διαρροής του απελευθερώνεται προς τον εξωτερικό χώρο και ανεβαίνει προς τα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αντίθετα, το υγραέριο που είναι βαρύτερο από τον αέρα (σχετική πυκνότητα περίπου 1.8) κατακάθεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και μπορεί να αποτελέσει σοβαρό κίνδυνο.

Επιπλέον, το φυσικό αέριο έχει χαμηλή αναφλεξιμότητα, γεγονός που το καθιστά ένα ιδιαίτερα ασφαλές καύσιμο. Για να υπάρξει ανάφλεξη του φυσικού αερίου πρέπει οι συνθήκες να είναι πολύ συγκεκριμένες και να υπάρξει ταυτόχρονα σπινθήρας.

Πίνακας 1-6. Χημική σύσταση του φυσικού αερίου. [20]

ΣΤΟΙΧΕΙΟ / ΕΝΩΣΗ		ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%/mol)
Μεθάνιο	CH ₄	85% (min)
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	8.6% (max)
Προπάνιο	C ₃ H ₈	3% (max)
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	2% (max)
Πεντάνιο+	C ₅ H ₁₂ +	1% (max)
Αζωτο	N ₂	5% (max)
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	3% (max)
Θείο	S	90 mg/Nm ³ (max-κανονική λειτουργία) 130 mg/Nm ³ (max-έκτακτη ανάγκη, ≤ 48h)

Το φυσικό αέριο θεωρείται «ξηρό» όταν είναι σχεδόν καθαρό μεθάνιο και έχουν απομακρυνθεί οι περισσότεροι από τους υπόλοιπους συχνά συναντώμενους υδρογονάνθρακες. Όταν και άλλοι υδρογονάνθρακες είναι παρόντες τότε το φυσικό αέριο θεωρείται «υγρό».

Η καύση του φυσικού αερίου είναι καθαρή χωρίς να αφήνει υπόλειμμα και στάχτη. Τα προϊόντα της είναι κυρίως CO₂, H₂O και θερμότητα καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη. Σε σχέση με το μαζούτ εκπέμπει 4700 φορές λιγότερο SO₂, 2 φορές λιγότερο CO, 24 φορές λιγότερα σωματίδια, 3 φορές λιγότερους υδρογονάνθρακες και 17 φορές λιγότερα NOx.

Η χρήση του φυσικού αερίου έχει θετική επίπτωση στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Για παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας εκπέμπει 43% λιγότερο CO₂ από τον άνθρακα και 30% λιγότερο από το πετρέλαιο (πίνακας 1-7).

Η καύση του φυσικού αερίου, και εν γένει των καυσίμων (υδρογονάνθρακες), στον αέρα ονομάζεται οξείδωση η οποία περιλαμβάνει την αντίδραση του οξυγόνου που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα με το καύσιμο. Το αέριο και το οξειδωτικό πρέπει να είναι καλά αναμεμιγμένα και η αναλογία μεταξύ τους να είναι τέτοια ώστε να βρίσκονται μεταξύ των ορίων ανάφλεξης. Ένα σημείο του μίγματος πρέπει να υψωθεί σε θερμοκρασία υψηλότερη

της θερμοκρασίας ανάφλεξης. Το φυσικό αέριο καίγεται με μια καθαρή μπλε φλόγα (σχήμα 1.10).

Πίνακας 1-7. Απαιτήσεις όγκου/μάζας για παραγωγή 1GJ ενέργειας από φυσικό αέριο. [8]

	m ³ /GJ	kg/GJ
Φυσικό αέριο	25.9	17.9
Αέρας καύσης	252	308.7
CO ₂	26.7	49.8
N ₂	199.2	236
H ₂ O	52.4	40



Σχήμα 1.10. Καύση του φυσικού αερίου με καθαρή μπλε φλόγα. [9]

Για να είναι δυνατή η συνέχιση της καύσης πρέπει:

- Να τροφοδοτείται συνεχώς η συσκευή με καύσιμο και οξειδωτικό.
- Να απομακρύνονται τα αέρια της καύσης.
- Να σταθεροποιείται η φλόγα στην κεφαλή του καυστήρα.

Ως θερμοκρασία ανάφλεξης ορίζεται η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία αρχίζει και επεκτείνεται η καύση σε όλη τη μάζα ενός ομογενούς μίγματος καυσίμου - αέρα. Για το CH₄ σε μίγμα με αέρα η θερμοκρασία ανάφλεξης είναι 632°C, ενώ σε μίγμα με O₂ είναι 556°C.

Η δυνατότητα ανάφλεξης μίγματος αερίου - αέρα περιορίζεται σε μια περιοχή που έχει σαν όρια ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο ποσοστό του αερίου στο μίγμα. Για το φυσικό αέριο το κατώτερο όριο ανάφλεξης είναι 5% ΦΑ/μίγμα ενώ το ανώτερο όριο ανάφλεξης 14% ΦΑ/μίγμα. Τα όρια ανάφλεξης εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και την πίεση του μίγματος με την περιοχή ανάφλεξης να αυξάνει σε εύρος όταν αυξάνει η θερμοκρασία του μίγματος. Επίσης, εξαρτώνται από την διάμετρο του αγωγού όπου τα όρια ανάφλεξης διευρύνονται μέχρι D=2" καθώς και από την υγρασία η οποία μειώνει το ανώτερο όριο ανάφλεξης.

Ο υπολογισμός του ορίου ανάφλεξης ενός μίγματος δίνεται από την σχέση:

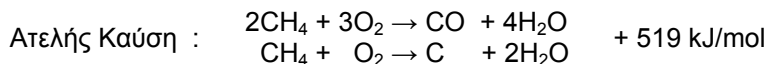
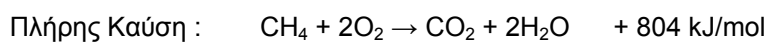
$$L = \frac{100}{\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \dots + \frac{P_n}{N_n} + \dots}$$

όπου: L: όριο ανάφλεξης μίγματος

P_i: ποσοστό του συστατικού i στο μίγμα.

N_i: όρια ανάφλεξης συστατικού i.

Οι αντιδράσεις καύσης του φυσικού αερίου είναι οι εξής:



Ο τύπος της καύσης καθορίζεται από τον παράγοντα αερισμού, n, που ισούται με τον λόγο του πραγματικά διαθέσιμου αέρα προς το στοιχειομετρικό αέρα για την καύση 1m³ αερίου. Έτσι:

- Στοιχειομετρική καύση: $n = 1$
- Καύση με περίσσεια αέρα: $n > 1$
- Καύση με έλλειψη αέρα: $n < 1$

Στον πίνακα 1-8, αναλύονται οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί καύσης του φυσικού αερίου. Φαίνεται ότι ο θεωρητικά απαιτούμενος αέρας είναι 9.727 m³ / m³ φυσικού αερίου. Τα προϊόντα καύσης (επί υγρής βάσης) είναι: 1.032 + 2.023 + 7.689 = 10.744 m³ / m³ φυσικού αερίου, ενώ τα προϊόντα καύσης (επί ξηρής βάσης) είναι: 1.032 + 7.689 = 8.721 m³ / m³ φυσικού αερίου.

Ένα από τα μεγέθη της στοιχειομετρικής καύσης είναι ο στοιχειομετρικός αέρας V_α ο οποίος ορίζεται ως η ικανή και αναγκαία ποσότητα αέρα για την πλήρη καύση μίας μονάδας μάζας καυσίμου. Ο λόγος στοιχειομετρικού αέρα προς την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου παίρνει τιμές μεταξύ 0.93 - 0.96 m³ αέρα/kWh.

Επίσης, ένα άλλο μέγεθος είναι η καπνογόνος ισχύς που ορίζεται ως ο όγκος σε κανονικές συνθήκες των προϊόντων καύσης που προκύπτουν από την αντίδραση 1 m³ αερίου και διακρίνεται σε:

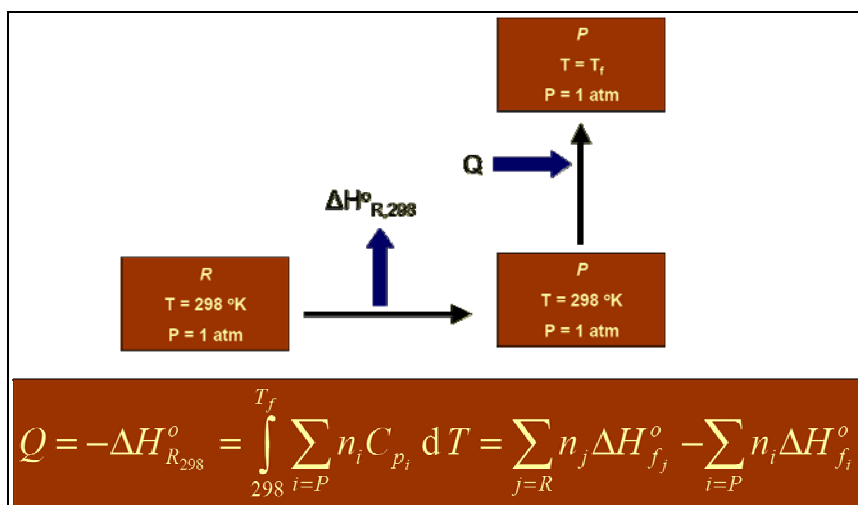
- Υγρή καπνογόνος ισχύς V'_{fo}, όταν το νερό βρίσκεται σε αέρια κατάσταση
- Ξηρή καπνογόνος ισχύς V'_{fo}, όταν το νερό που παράγεται είναι σε υγρή κατάσταση και άρα δεν συνυπολογίζεται στον όγκο των προϊόντων.

Η V'_{fo}, για αέρια καύσιμα δικτύου / kWh κυμαίνεται από 1 - 1.07.

Πίνακας 1-8. Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί καύσης φυσικού αερίου. [8]

Συστατικό (m³)		Στοιχειομετρικό O ₂ /Αέρας (m³)		Προϊόντα Καύσης			
				CO ₂ (m³)		H ₂ O (m³)	
CH ₄	0.95830	× 2	= 1917	× 1	= 0985	× 2	= 1.917
C ₂ H ₆	0.02575	× 3.5	= 0.090	× 2	= 0052	× 3	= 0.077
C ₃ H ₈	0.00446	× 5	= 0.022	× 3	= 0013	× 4	= 0.018
C ₄ H ₁₀	0.00166	× 6.5	= 0.011	× 4	= 0007	× 5	= 0.008
C ₅ H ₁₂	0.00040	× 8	= 0.003	× 5	= 0002	× 6	= 0.002
C ₆ H ₁₄	0.00004	× 9.5	= 0.000	× 6	= 0000	× 7	= 0.000
CO ₂	0.00208				0.0002		0.007
N ₂	0.00738						
		O ₂ = 2.043					
		N ₂ = O ₂ × 2.043 =	→ → →	→ →	→ →	→ →	7.682
		Αέρας = O ₂ × 2.043					
	1.000	Αέρας	9.727	1.032		2.023	7.689

Ως θεωρητική (ή αδιαβατική) θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης ορίζεται η θερμοκρασία την οποία θα είχαν τα προϊόντα καύσης αν όλη η εκλυόμενη κατά την αντίδραση θερμότητα χρησιμοποιούνταν μόνο για την θέρμανσή τους. Ο υπολογισμός της δίνεται στο σχήμα 1.11. Για μίγμα φυσικού αερίου - αέρα η θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης είναι 1950°C ενώ για μίγμα φυσικού αερίου - οξυγόνου είναι 2770°C.



Σχήμα 1.11. Υπολογισμός θεωρητικής θερμοκρασίας στοιχειομετρικής καύσης.

Ως θερμογόνος δύναμη, ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την τέλεια καύση με αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση μιας ποσοτικής μονάδας του καυσίμου όταν αυτό, όπως και το οξειδωτικό μέσο, έχουν θερμοκρασία 0°C και τα προϊόντα καύσης ψύχονται στους 0°C.

Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ) καλείται η θερμογόνος δύναμη όταν το H₂O, που προκύπτει από την καύση, θεωρείται ότι βρίσκεται σε υγρή κατάσταση στα προϊόντα καύσης ενώ Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη (ΚΘΔ) καλείται η θερμογόνος δύναμη όταν

θεωρείται ότι το παραγόμενο νερό στα προϊόντα είναι σε αέρια κατάσταση (όπως συμβαίνει συνήθως στην πράξη). Για τα αέρια καύσιμα ο λόγος ΚΘΔ/ΑΘΔ = 0.9. Στο πίνακα 1-9, παρουσιάζεται η θερμογόνος δύναμη των συστατικών φυσικού αερίου.

Πίνακας 1-9. Ιδιότητες και θερμογόνος δύναμη των συστατικών φυσικού αερίου. [8]

Συστατικό	Χημικός τύπος	Μοριακό Βάρος	Πυκνότητα	ΑΘΔ	ΚΘΔ
		kg/kmol	kg/Nm ³	kJ/Nm ³	kJ/Nm ³
Μεθάνιο	CH ₄	16.043	0.7175	39.936	35.904
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	30.070	1.333	70.498	64.404
Προπάνιο	C ₃ H ₈	44.097	2.010	101.364	93.146
κ-Βουτάνιο	n-C ₄ H ₁₀	58.123	2.709	134.415	123.910
Ισοβουτάνιο	i-C ₄ H ₁₀	58.123	2.707	153.851	123.356
κ-Πεντάνιο	n-C ₅ H ₁₂	72.150	3.71*	172.189	159.045
κ-Εξάνιο	n-C ₆ H ₁₄	86.177	4.31*	210.226	194.445
κ-Επτάνιο	n-C ₇ H ₁₆	100.200	5.39*	261.390	242.007
Βενζόλιο	C ₆ H ₆	78.114	3.83*	162.219	155.582
Τολουένιο	C ₇ H ₈	92.141	4.84*	207.717	198.242
Υδρόθειο	H ₂ S	34.082	1.536*	25.369	23.338

*Υπολογιζόμενη τιμή για υποθετική αέρια φάση

Η ισχύς εξόδου ενός καυστήρα εξαρτάται από δύο παράγοντες:

- Το ρυθμό ροής όγκου (μάζας) του καυσίμου
- Τη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου

Η θερμότητα που απελευθερώνεται από την καύση είναι ανάλογη προς το γινόμενο του ρυθμού ροής όγκου και της θερμογόνου δύναμης:

$$Q \propto \left(\frac{\Theta\Delta}{\sqrt{d}} \right) \cdot \sqrt{P}$$

Ο όρος $\left(\frac{\Theta\Delta}{\sqrt{d}} \right)$ καλείται Δείκτης Wobbe. Αν θέλουμε να διατηρήσουμε την ίδια ισχύ σε μια συσκευή όταν έχουμε δύο αέρια καύσιμα με διαφορετικό δείκτη Wobbe, θα πρέπει να αλλάξουμε την πίεση τροφοδοσίας ώστε:

$$W_1 \sqrt{P_1} = W_2 \sqrt{P_2}$$

Το μέγεθος $W \sqrt{P}$ καλείται διευρυμένος Δείκτης Wobbe.

Όσον αφορά στις απώλειες καύσης αυτές δίνονται από την σχέση:

$$L = 100 \frac{H \cdot V_{OW} + (A\Theta\Delta - K\Theta\Delta)}{A\Theta\Delta}$$

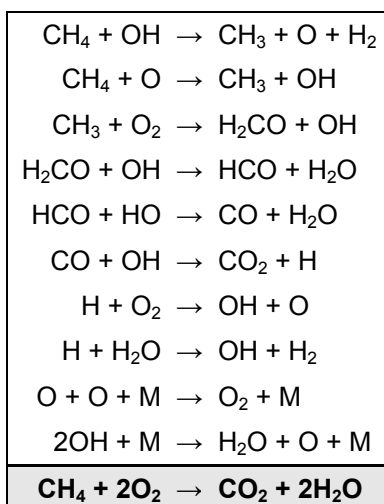
όπου: L, ποσοστιαίες (%) απώλειες στα απαέρια

V_{OW} , υγρή ποσότητα προϊόντων καύσης (kg/kg)

H, θερμικό περιεχόμενο προϊόντων καύσης μαζί με τον υδρατμό (kJ/kg)

AΘΔ, ΚΘΔ, ανώτερη και κατώτερη θερμογόνο δύναμη (kJ/kg)

Παραθέτοντας κάποιες γενικές παρατηρήσεις για τον μηχανισμό καύσης υδρογονανθράκων μπορούμε να αναφέρουμε ότι η καύση κανονικών παραφινών ακολουθεί μηχανισμό αλδεϋδών και σχηματίζονται ενδιάμεσα ασταθή υπεροξεία. Όσον αφορά στην καύση ισοπαραφινών, η ευθεία αλυσίδα οξειδώνεται με το μηχανισμό των αλδεϋδών και το πιο συμπαγές μέρος του μορίου οξειδώνεται με πιο αργό ρυθμό με σχηματισμό κετονών και αλκοολών ως ενδιάμεσα προϊόντα. Ο μηχανισμός καύσης του φυσικού αερίου, ωστόσο, συνίσταται σε μια ακολουθία αλυσιδωτών αντιδράσεων και παρουσιάζεται στο σχήμα 1.12 ενώ οι ιδιότητες του φυσικού αερίου δίνονται στον πίνακα 1-10. [4] [8]



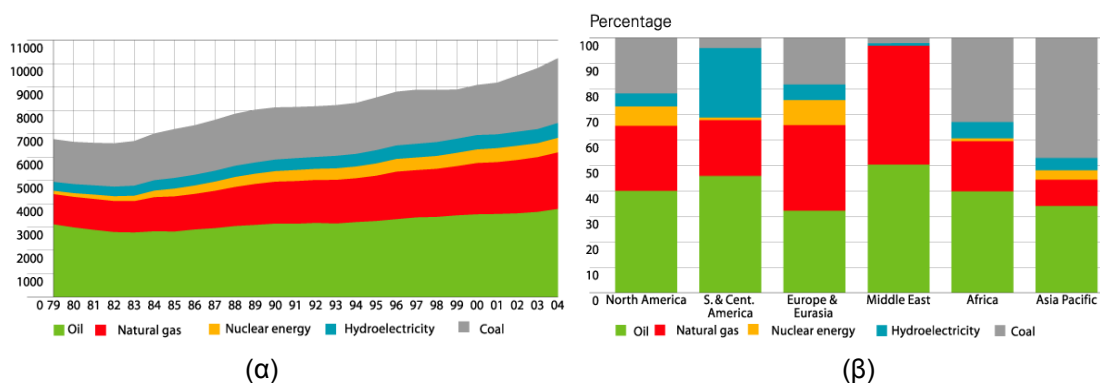
Σχήμα 1.12. Αλυσιδωτές αντιδράσεις καύσης του φυσικού αερίου.

Πίνακας 1-10. Ιδιότητες του φυσικού αερίου. [8] [20]

ΙΔΙΟΤΗΤΑ		ΤΙΜΗ
Σχετική πυκνότητα		0.55 (περίπου)
Θερμοκρασία ανάφλεξης (μικτατός καυσίμου-αέρα)		632°C
Αναφλεξιμότητα (κ.ο. περιεκτικότητα στον αέρα)	ΑΠΟ	5%
	ΕΩΣ	14%
Λόγος στοιχειομετρικού αέρα προς Κ.Θ.Δ.	ΑΠΟ	0.93 m ³ αέρα/kWh
	ΕΩΣ	0.96 m ³ αέρα/kWh
Θεωρητική θερμοκρασία στοιχειομετρικής καύσης		1950°C
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη	ΑΠΟ	9220 kcal/Nm ³ / 10.72 kWh/Nm ³
	ΕΩΣ	10840 kcal/Nm ³ / 12.60 kWh/Nm ³
Δείκτης Wobbe	ΑΠΟ	11000 kcal/Nm ³
	ΕΩΣ	13500 kcal/Nm ³

1.6. Κατανάλωση και αποθέματα

Τελευταία το φυσικό αέριο καλύπτει παγκοσμίως το ένα τέταρτο της κατανάλωσης ενέργειας από τον οικιακό, τριτογενή και βιομηχανικό τομέα. Το 2004 (σχήμα 1.13) η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση κατέγραψε αύξηση 4.3%, την μεγαλύτερη ποτέ στα χρονικά. Η αύξηση αυτή ήταν πάνω από τον μέσο όρο 10-ετίας για όλες τις ηπείρους και για όλα τα καύσιμα. Στα επόμενα πενήντα χρόνια η κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί κατά 50%. Σε αυτές τις προβλέψεις δεν θα πρέπει να ξεχνάμε και τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση του φυσικού αερίου σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας και συγκεκριμένα του πετρελαίου. Ένας από αυτούς είναι η διαρκής αύξηση των τιμών του πετρελαίου λόγω γενικότερων πολιτικοοικονομικών συνθηκών στην περιοχή εξόρυξής του.



Σχήμα 1.13. (α) Παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση ανά τύπο καυσίμου, σε εκ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου, (β) ποσοστιαία συμμετοχή καυσίμου στο ενεργειακό ισοζύγιο της κάθε ηπείρου στα τέλη του 2004. [10]

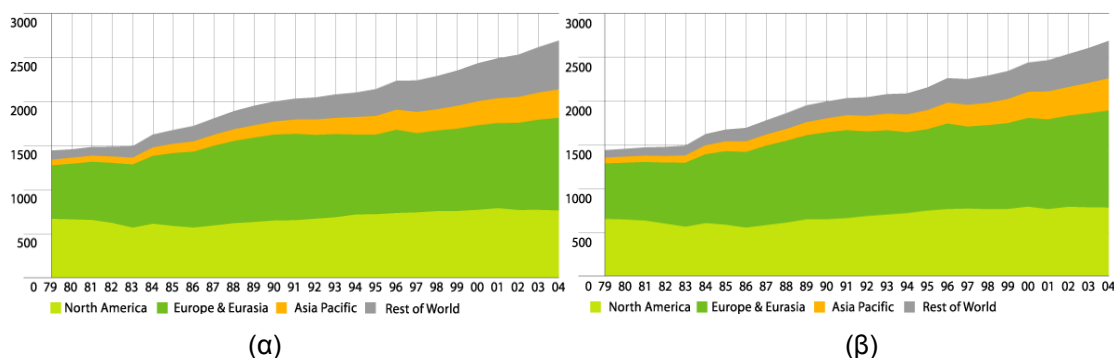
Τα ανταγωνιστικά του φυσικού αερίου καύσιμα / ενέργεια ανά χρήση είναι τα ακόλουθα (πίνακας 1-11):

Πίνακας 1-11. Ανταγωνιστικά του φυσικού αερίου καύσιμα ή ενέργεια για κάθε χρήση. [20]

ΧΡΗΣΗ	ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ / ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Θέρμανση χώρων (κεντρική & αυτόνομη)	Πετρέλαιο θέρμανσης, ηλεκτρισμός
Ζέσταμα νερού	Ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κίνησης
Παραγωγή ατμού	Πετρέλαιο κίνησης, μαζούτ
Μαγείρεμα	Ηλεκτρισμός, υγραέριο
Κλιματισμός χώρων (ψύξη - θέρμανση)	Ηλεκτρισμός
Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού-θερμότητα-ψύξη	Ηλεκτρισμός, όλα τα καύσιμα
Βιομηχανικές χρήσεις	Μαζούτ, πετρέλαιο κίνησης, υγραέριο

Στη δεκαετία του '60 η παγκόσμια διακίνηση φυσικού αερίου δεν ξεπερνούσε τα 29 δισ. κυβικά μέτρα ετησίως. Όμως, η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70 μετέβαλε άρδην το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο. Ο τομέας του φυσικού αερίου, που μέχρι τότε είχε αναπτυχθεί μόνο στις χώρες οι οποίες διέθεταν οι ίδιες αποθέματα, άρχισε στη συνέχεια να αναπτύσσεται παντού: με τους αγωγούς και τα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου δημιουργήθηκε ένα δίκτυο ικανό να μεταφέρει το φυσικό αέριο ακόμη και πολύ μακριά από τα σημεία εξαγωγής.

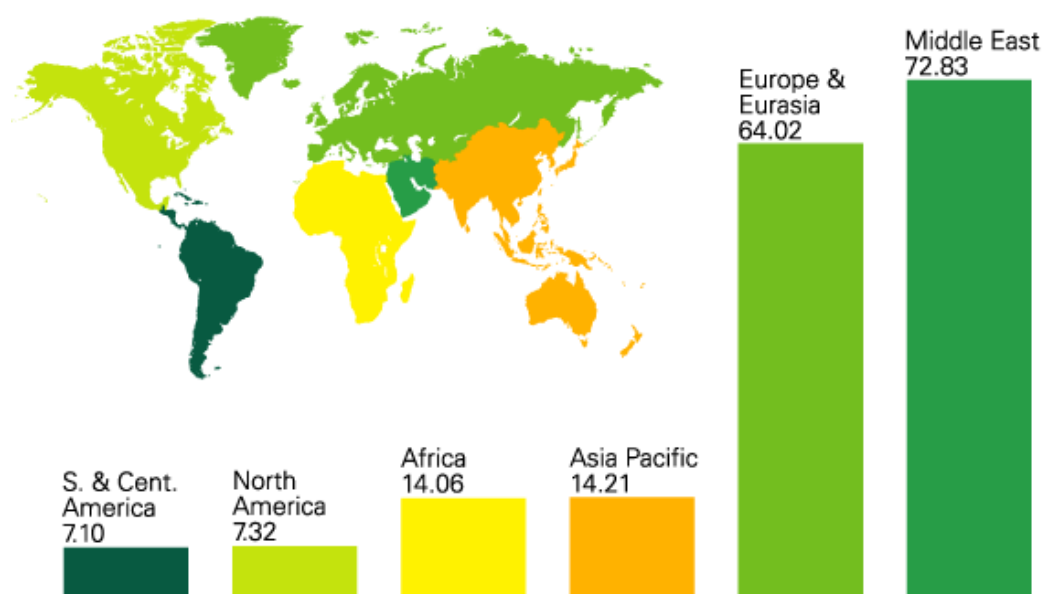
Στις αρχές της δεκαετίας του '80 σημειώθηκαν συναλλαγές μεταξύ εξαγωγικών χωρών και χωρών αξιοποίησης του φυσικού αερίου ύψους 180 δισ. κυβικών μέτρων ετησίως. Το φυσικό αέριο αποτέλεσε κατά το διάστημα αυτό την ταχύτερα αναπτυσσόμενη πρωτογενή μορφή ενέργειας. Πράγματι, η παγκόσμια κατανάλωση το 1999 έφθασε τα 2400 δισ. κυβικά μέτρα, καλύπτοντας το 23% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση φυσικού αερίου χωρίζεται σε τέσσερις βασικούς τομείς. Ο οικιακός τομέας κατέχει σήμερα το 23%, ο τριτογενής το 13% και ο βιομηχανικός το 45% ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό ενώ η παραγωγή ηλεκτρισμού κατέχει το 13%. Στο σχήμα 1.14, παρουσιάζεται η ανά ήπειρο παραγωγή και κατανάλωση του φυσικού αερίου.



Σχήμα 1.14. Παραγωγή (α) και κατανάλωση (β) του φυσικού αερίου σε κάθε ήπειρο στα τέλη του 2004, σε δισ. κυβικά μέτρα. [10].

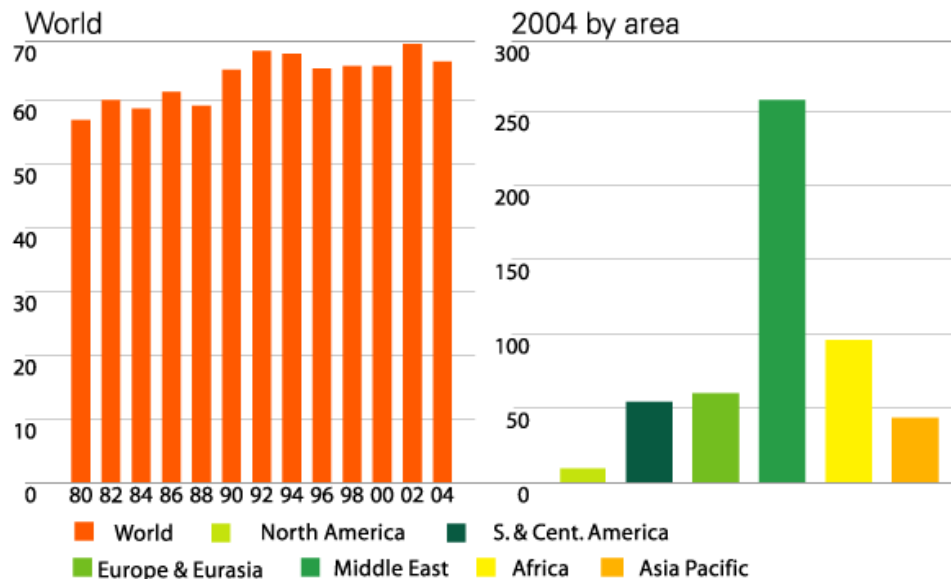
Η Ευρώπη ευνοείται περισσότερο από κάθε άλλη ήπειρο από την ύπαρξη του φυσικού αερίου: η γειτνίαση με τις περιοχές παραγωγής (Ρωσία, Αλγερία, Ολλανδία, Μέση Ανατολή και άλλες), καθώς και το πυκνό δίκτυο των διασυνδεόμενων αγωγών μεταφοράς εξασφαλίζουν παντού τη διαθεσιμότητά του.

Τα αποθέματα του φυσικού αερίου είναι εξίσου κατανεμημένα παγκοσμίως με αυτά του πετρελαίου. Σύμφωνα με έρευνες τα αποθέματα φυσικού αερίου κατά το τέλος του 2001 (σχήμα 1.15) ανέρχονταν σε συνολικά 1669116 δισ. κυβικά μέτρα, εκ των οποίων το 36.2% βρίσκεται στην πρώην Σοβιετική Ένωση και το υπόλοιπο είναι κατανεμημένο σε άλλες περιοχές του κόσμου. Αντίθετα το μεγαλύτερο ποσοστό των παγκοσμίων αποθεμάτων του πετρελαίου (63.5%) βρίσκεται στην Μέση Ανατολή.



Σχήμα 1.15. Αποδεδειγμένα διεθνή αποθέματα φυσικού αερίου στο τέλος του 2004 σε τρισ. κυβικά μέτρα. [10]

Γενικά αποδεικνύεται ότι τα διαθέσιμα αποθέματα φυσικού αερίου κατά το τέλος 2004 επαρκούν για περισσότερα από εξήντα χρόνια με τους ρυθμούς παραγωγής του ίδιου έτους. Πιο συγκεκριμένα, η αναλογία αποθεμάτων/παραγωγής (R/P) φυσικού αερίου παγκοσμίως έφτασε την τιμή 66.7 στο τέλος του 2004 όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση του σχήματος 1.16. Η μεγάλη αύξηση των αποθεμάτων τους σε φυσικό αέριο που είχαν οι χώρες εξαγωγής (π.χ. Ινδονησία, Αυστραλία) ισοστάθμισε την παγκόσμια αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου. Ενώ φαίνεται ότι κατά την εξαγωγή και την κατανάλωση τα αποθέματα λιγοστεύουν, οι τάσεις και η εμπειρία του παρελθόντος αποδεικνύουν ότι αυτά αναπληρώνονται από νέα κοιτάσματα. Σε αυτό βεβαίως βοηθάει ιδιαίτερα η πρόοδος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την εύρεση και την εξαγωγή του φυσικού αερίου. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα αποθέματα φυσικού αερίου στο τέλος του 2004 είναι κατά 26% υψηλότερα από τα επίπεδα του 1994 ενώ η παραγωγή είναι κατά 28% υψηλότερη.



Σχήμα 1.16. Αναλογία Αποθεμάτων/Παραγωγής φυσικού αερίου σε παγκόσμιο επίπεδο. [10]

1.7. Κύκλος φυσικού αερίου

Ο κύκλος του φυσικού αερίου περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

■ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

- Γεωλογικές μελέτες
- Σεισμική αναζήτηση
- Μαγνητόμετρα
- Βαρυτόμετρα
- Ερευνητικές γεωτρήσεις

■ ΕΞΟΡΥΞΗ

- Χερσαίες / Θαλάσσιες γεωτρήσεις
- Κρουστική / Περιστροφική διάτρηση

■ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

- Ολοκλήρωση πηγής
- Συλλογή αερίου από τις γεωτρήσεις
- Επεξεργασία και διαχωρισμός βαρέων υδρογονανθράκων (C₃+)
 - Συμπύεση αερίου

■ ΜΕΤΑΦΟΡΑ

- Επίγεια δίκτυα
- Υποθαλάσσια δίκτυα
- Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

- Επανασυμπίεση σε ενδιάμεσους σταθμούς

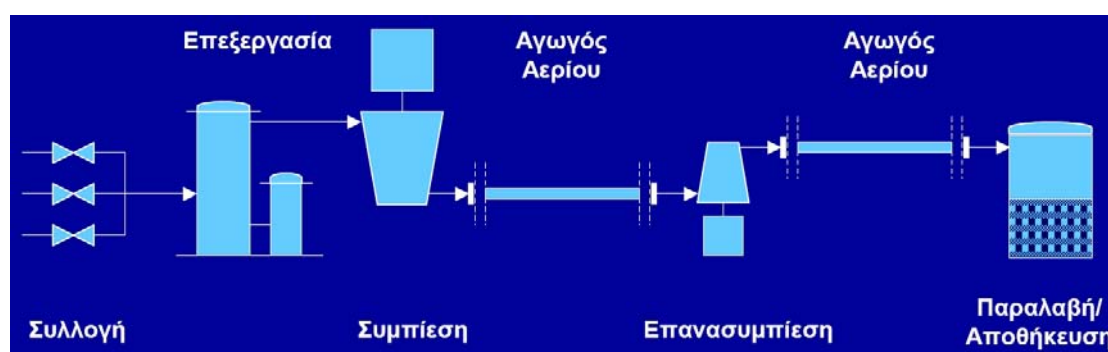
■ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

- Κενοί ταμειευτήρες
- Υδροφόρα στρώματα
- Σπήλαια άλατος

■ ΔΙΑΝΟΜΗ

- Μέσης πίεσης δίκτυα
- Χαμηλής Πίεσης δίκτυα

Σχηματικά ο κύκλος αυτός δίνεται στο σχήμα 1.17, ενώ περιγράφεται αναλυτικότερα στο 2^ο και 3^ο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής.



Σχήμα 1.17. Κύκλος φυσικού αερίου: από την παραγωγή στην κατανάλωση. [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ, ΕΞΟΡΥΞΗ & ΠΑΡΑΓΩΓΗ Φ.Α.

2.1. Αναζήτηση

Η τεχνική εντοπισμού κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου έχει αλλάξει δραματικά κατά την διάρκεια των τελευταίων 15 ετών με την εισαγωγή εξαιρετικά προχωρημένης και ευφυούς τεχνολογίας. Τις πρώτες ημέρες της βιομηχανίας, ο μόνος τρόπος εντοπισμού υπογείων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου ήταν η αναζήτηση για επιφανειακά σημάδια τέτοιων υπογείων σχηματισμών. Αυτοί που έψαχναν για κοιτάσματα φυσικού αερίου αναγκάζονταν να εξερευνούν την γη για κάποια διαρροή πετρελαίου ή αερίου που απελευθερώνονταν πριν θεωρήσουν ότι υπήρχε ένδειξη ύπαρξης υπόγειων κοιτασμάτων. Ωστόσο, επειδή το ποσοστό των κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου που διαρρέει προς την επιφάνεια είναι αρκετά μικρό, αυτή η διαδικασία εντοπισμού ήταν πολύ αναποτελεσματική και δύσκολη.

Καθώς η ζήτηση για ενέργεια από ορυκτά καύσιμα έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια, έτσι και η ανάγκη για πιο ακριβείς μεθόδους εντοπισμού αυτών των κοιτασμάτων έχει γίνει πλέον επιτακτική.

2.1.1. Πηγές δεδομένων

Η τεχνολογία έχει επιτρέψει μια απίστευτη αύξηση της επιτυχίας εντοπισμού κοιτασμάτων φυσικού αερίου. Στις επόμενες παραγράφους, θα περιγραφεί πως οι γεωλόγοι και οι γεωφυσικοί χρησιμοποιούν την τεχνολογία και την γνώση των ιδιοτήτων των υπόγειων κοιτασμάτων φυσικού αερίου για να συλλέξουν δεδομένα που μπορούν αργότερα να επεξεργασθούν και να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι πιθανές θέσεις των κοιτασμάτων. Παρόλα αυτά, πρέπει να επισημανθεί ότι η διαδικασία αναζήτησης κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου είναι αρκετά αβέβαιη για τον απλό λόγο της πολυπλοκότητας αναζήτησης για κάτι που είναι συχνά αρκετά χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Γεωλογικές Μελέτες

Η αναζήτηση για φυσικό αέριο τυπικά ξεκινάει με την εξέταση της επιφανειακής γεωλογικής δομής της γης από τους γεωλόγους και τον προσδιορισμό των περιοχών που είναι γεωλογικά πιθανό να υπάρχουν κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Στα μέσα του 1800 ανακαλύφθηκε ότι οι αντικλινείς πλευρές είχαν μια ιδιαίτερα αυξημένη πιθανότητα να περιέχουν κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Αυτές οι πλευρές αντικλίνων είναι περιοχές όπου η γη έχει διπλωθεί σχηματίζοντας ένα σχήμα θόλου που είναι χαρακτηριστικό μεγάλου πλήθους ταμιευτήρων.

Με την μελέτη και χαρτογράφηση των χαρακτηριστικών της επιφάνειας και του υπόβαθρου μιας συγκεκριμένης περιοχής, ο γεωλόγος μπορεί να αποφανθεί ποιες περιοχές είναι πιο πιθανό να περιέχουν κοίτασμα πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Ο γεωλόγος έχει πολλά εργαλεία στη διάθεσή του για την συγκεκριμένη εργασία, από τις εμφανίσεις των πετρωμάτων στην επιφάνεια ή σε κοιλάδες και φαράγγια έως τις γεωλογικές πληροφορίες προερχόμενες από τομή πετρωμάτων και δείγματα από το σκάψιμο αρδευτικών τάφρων, πηγαδιών και άλλων γεωτρήσεων πετρελαίου ή αερίου. Αυτές οι πληροφορίες συνδυαζόμενες επιτρέπουν στον γεωλόγο να αποφανθεί για το ρευστό περιεχόμενο, το πορώδες, την διαπερατότητα, την ηλικία και την ακολουθία σχηματισμού των πετρωμάτων κάτω από την επιφάνεια μια συγκεκριμένης περιοχής. Για παράδειγμα, ένας γεωλόγος εξετάζοντας την περιοχή που απεικονίζεται στο σχήμα 2.1 και μελετώντας τη μορφολογία των πετρωμάτων μπορεί να βγάλει συμπεράσματα για την γεωλογία του υπεδάφους.



Σχήμα 2.1. Γεωλογία επιφάνειας.

Αφού ο γεωλόγος εντοπίσει τον σχηματισμό όπου είναι γεωλογικά δυνατό να υπάρχει σχηματισμός πετρελαίου ή φυσικού αερίου, μπορούν να διεξαχθούν περαιτέρω δοκιμές ώστε να αποκτηθούν πιο λεπτομερή δεδομένα για τον εν δυνάμει ταμειυτήρα. Αυτές οι δοκιμές επιτρέπουν για την πιο ακριβή χαρτογράφηση των υπόγειων σχηματισμών και κυρίως αυτών που συνήθως συσχετίζονται με ταμειυτήρες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Οι δοκιμές αυτές τυπικά διεξάγονται από γεωφυσικούς οι οποίοι χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να εντοπίσουν και να χαρτογραφήσουν του υπόγειους σχηματισμούς πετρωμάτων.

Σεισμική Αναζήτηση

Αναμφισβήτητη η μεγαλύτερη καινοτομία στην αναζήτηση πετρελαίου και φυσικού αερίου ήρθε με την χρήση της βασικής σεισμολογίας. Η σεισμολογία αναφέρεται στην μελέτη του τρόπου που η ενέργεια στη μορφή σεισμικών κυμάτων διατρέχει τον φλοιό της γης και αλληλεπιδρά διαφορετικά με τους ποικίλους τύπους υπόγειων γεωλογικών σχηματισμών. Το 1855, ο L. Palmiere ανέπτυξε τον πρώτο «σεισμογράφο», ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και καταγραφή σεισμικών δονήσεων, σχήμα 2.2. Ωστόσο, μόλις το 1921

εφαρμόστηκε η τεχνολογία αυτή στην βιομηχανία πετρελαίου και χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό υπόγειων κοιτασμάτων πετρελαίου.



Σχήμα 2.2. Σεισμογράφος, όργανο για την ανίχνευση και καταγραφή σεισμικών δονήσεων.

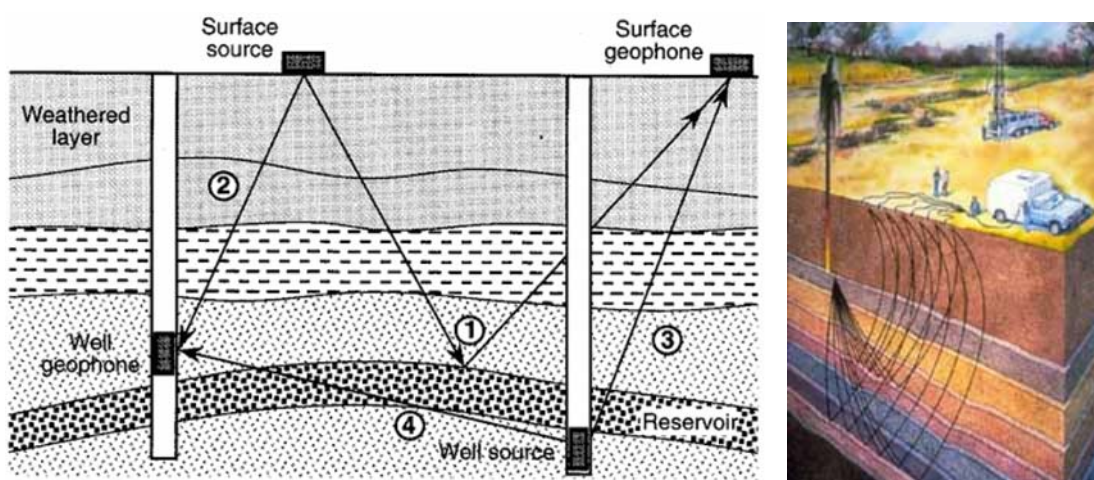
Η βασική αρχή της σεισμολογίας είναι αρκετά απλή. Καθώς ο φλοιός της γης αποτελείται από διαφορετικά γεωλογικά στρώματα, το καθένα με τις δικές του ιδιότητες, η ενέργεια (με τη μορφή σεισμικών κυμάτων) που ταξιδεύει υπογείως αλληλεπιδρά διαφορετικά με το κάθε ένα από αυτά τα στρώματα. Αυτά τα σεισμικά κύματα, εκπεμπόμενα από μια πηγή, θα ταξιδέψουν μέσα στη γη αλλά θα ανακλαστούν πίσω προς την πηγή από τα διαφορετικά υπόγεια στρώματα. Αυτή ακριβώς η ανάκλαση επιτρέπει την χρήση της σεισμολογίας στην ανακάλυψη των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών της υπόγειας γεωλογίας.

Οι γεωφυσικοί δημιουργούν τεχνητές δονήσεις στην επιφάνεια του εδάφους και με ειδικά ευαίσθητα όργανα, τα γεώφωνα, καταγράφουν αυτές τις δονήσεις που ανακλώνται πίσω στην επιφάνεια, σχήμα 2.3. Τα τεχνητά σεισμικά κύματα θα ανακλασθούν με διαφορετικό τρόπο όταν συναντήσουν στρώματα πετρώματος μεγάλης σχετικά πυκνότητας ή πορώδους, επιτρέποντας στους γεωλόγους να αποφανθούν από τα σεισμικά δεδομένα ακριβώς τι είδους στρώματα βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και σε ποιο βάθος. Τα δεδομένα που καταγράφουν τα γεώφωνα μεταδίδονται και αποθηκεύονται σε ένα κινητό σταθμό καταγραφής, για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση από τους γεωφυσικούς και τους γαιοεπιστήμονες γενικότερα.

Το σχήμα 2.4 εικονίζει τις βασικές συνιστώσες μιας τυπικής διαδικασίας σεισμικής αναζήτησης κοιτασμάτων. Η πηγή των σεισμικών κυμάτων (σε αυτή την περίπτωση μια υπόγεια έκρηξη) δημιουργεί δονήσεις οι οποίες ανακλώνται από τα διαφορετικών ιδιοτήτων στρώματα και λαμβάνονται τελικά από τα γεώφωνα στην επιφάνεια και κατόπιν μεταβιβάζονται σε ένα σταθμό καταγραφής (φορηγό) για επεξεργασία.



Σχήμα 2.3. Τοποθέτηση γεωφώνων για την καταγραφή τεχνητών σεισμικών δονήσεων.



Σχήμα 2.4. Τυπική διαδικασία σεισμικού εντοπισμού υπόγειων κοιτασμάτων.

Όταν πρωτοεφαρμόσθηκε η σεισμική αναζήτηση κοιτασμάτων, τα τεχνητά σεισμικά κύματα δημιουργούνταν με την χρήση δυναμίτη σε προσεκτικά σχεδιασμένες μικρές εκρήξεις. Πρόσφατα, λόγω των περιβαλλοντικών ανησυχιών και της βελτίωσης της τεχνολογίας, δεν είναι πλέον πάντα απαραίτητη η χρήση εκρηκτικών για την γένεση των αναγκαίων σεισμικών κυμάτων. Αντίθετα, τα περισσότερα συνεργεία σεισμικών αναζητήσεων χρησιμοποιούν μη εκρηκτικές τεχνολογίες για την παραγωγή των απαιτούμενων δεδομένων. Αυτή η τεχνολογία συνήθως αποτελείται από ένα ειδικά σχεδιασμένο μεγάλο και βαρύ τροχοφόρο όχημα, αυτοκινούμενο ή ρυμουλκούμενο, το οποίο φέρει ειδικό εξοπλισμό για την δημιουργία μίας ή σειράς κρουστικών δονήσεων. Αυτές οι δονήσεις παράγουν σεισμικά κύματα όμοια με αυτά που παράγονται από τις εκρήξεις. Στο σχήμα 2.5, παρουσιάζεται ένας σεισμικός δονητής, όπου στο μέσο του είναι εφοδιασμένος με ένα μεγάλης διαμέτρου έμβολο το οποίο χτυπώντας το έδαφος δημιουργεί τις απαραίτητες δονήσεις.



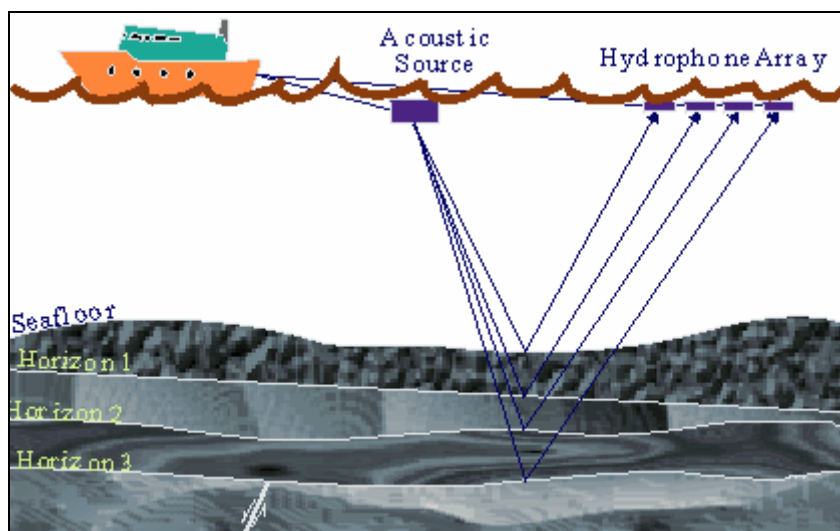
Σχήμα 2.5. Σεισμικός Δονητής.

Παρόμοια διαδικασία χρησιμοποιείται για υποθαλάσσιες σεισμικές αναζητήσεις κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ωστόσο, όταν γίνεται αναζήτηση για φυσικό αέριο που ίσως να υπάρχει αρκετά χιλιόμετρα κάτω από τον πυθμένα που και αυτός μπορεί να είναι αρκετά χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, τότε ακολουθείται μια κάπως διαφορετική μέθοδος σεισμικού εντοπισμού, σχήμα 2.6. Αντί για φορτηγά και γεώφωνα χρησιμοποιούνται πλοία για την λήψη των σεισμικών δεδομένων. Έτσι, τα γεώφωνα αντικαθίστανται από υδρόφωνα, τα οποία είναι σχεδιασμένα να λαμβάνουν τα υποθαλάσσια σεισμικά κύματα. Αυτά τα υδρόφωνα ρυμουλκούνται πίσω από το πλοίο σε διάφορες διατάξεις ανάλογα με τις ανάγκες του γεωφυσικού. Αντί της χρήσης δυναμίτη ή κρούσεων στον πυθμένα, το σεισμικό πλοίο χρησιμοποιεί ένα μεγάλο αεροπύστιλο, το οποίο απελευθερώνει ριπές συμπιεσμένου αέρα κάτω από το νερά, προκαλώντας σεισμικά κύματα που μπορούν να διατρέξουν τον φλοιό της γης και να δημιουργήσουν τις απαραίτητες σεισμικές ανακλάσεις.

Μαγνητόμετρα

Επιπλέον της χρήσης της σεισμολογίας για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την σύσταση του φλοιού της γης, οι μαγνητικές ιδιότητες των υπόγειων σχηματισμών μπορούν να μετρηθούν για την παραγωγή γεωλογικών και γεωφυσικών δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση μαγνητομέτρων, τα οποία είναι συσκευές που μπορούν να μετρήσουν τις μικρές διαφοροποιήσεις του μαγνητικού πεδίου της γης. Τα πρώτα μαγνητόμετρα ήταν μεγάλα και ογκώδη και ήταν ικανά να ερευνήσουν μόνο μια μικρή επιφάνεια κάθε φορά. Όμως, το 1981, η NASA³ εκτόξευσε ένα δορυφόρο, εξοπλισμένο με τεχνολογία μαγνητομέτρησης, ικανό να λαμβάνει μαγνητικές μετρήσεις σε ηπειρωτική κλίμακα. Αυτός ο δορυφόρος, ο Magsat, επιτρέπει την μελέτη των υπόγειων πετρολογικών σχηματισμών και του γήινου μανδύα σε μεγαλύτερη κλίμακα και παρέχει στοιχεία όπως η κίνηση των τεκτονικών πλακών και την θέση των κοιτασμάτων πετρελαίου, φυσικού αερίου και άλλων πολύτιμων μεταλλευμάτων.

³ National Aeronautics and Space Administration, (Ελ. Αμερικάνικη Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος).



Σχήμα 2.6. Τυπική διαδικασία υποθαλάσσιου σεισμικού εντοπισμού υπόγειων κοιτασμάτων.

Βαρυτόμετρα

Εκτός από τις μεταβολές του γήινου μαγνητικού πεδίου, οι γεωφυσικοί μπορούν επίσης να μετρήσουν και να καταγράψουν τη διαφοροποίηση του γήινου βαρυτικού πεδίου για να κατανοήσουν καλύτερα τι υπάρχει κάτω από τον φλοιό. Οι διαφορετικοί υπόγειοι σχηματισμοί και τα είδη πετρωμάτων έχουν μια ελαφρώς διαφορετική επίδραση στο βαρυτικό πεδίο που περιβάλλει την γη. Μετρώντας τις μικρές αυτές διαφοροποιήσεις με πολύ ευαίσθητο εξοπλισμό, οι γεωφυσικοί είναι σε θέση να αναλύσουν τους υπόγειους σχηματισμούς και να αποκτήσουν μια καθαρότερη εικόνα για το ποιοι τύποι σχηματισμών υπάρχουν κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και αν μπορούν εν δυνάμει να περιέχουν υδρογονάνθρακες όπως το φυσικό αέριο.

Ερευνητικές Γεωτρήσεις

Ο καλύτερος τρόπος για να αποκτηθεί πλήρη εικόνα της υπεδάφιας γεωλογίας καθώς και της πιθανότητας ύπαρξης κοιτασμάτων φυσικού αερίου είναι η διάτρηση ερευνητικής γεώτρησης η οποία παρέχει στους επιστήμονες την λεπτομερή σύνθεση των υπόγειων πετρωμάτων. Μια ερευνητική γεώτρηση δεν αποσκοπεί μόνο στην αναζήτηση για κοιτάσματα φυσικού αερίου ή πετρελαίου αλλά επιτρέπει στους γεωλόγους να εξετάσουν το διατρηθέν υλικό και τα ρευστά και να αποφανθούν για τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Η καταγραφή, όπως εξηγείται παρακάτω, είναι ένα άλλο εργαλείο που χρησιμοποιείται τόσο στις υπάρχουσες γεωτρήσεις όσο και στις ερευνητικές. Η διάτρηση μιας ερευνητικής γεώτρησης είναι μια δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία. Συνεπώς, οι ερευνητικές γεωτρήσεις διατρώνται μόνο σε περιοχές όπου άλλα συμπληρωματικά δεδομένα υποδηλώνουν υψηλή πιθανότητα ύπαρξης σχηματισμών πετρελαίου.

Καταγραφή

Η καταγραφή αναφέρεται στην εκτέλεση δοκιμών κατά την διάρκεια ή μετά την διαδικασία διάτρησης ώστε να δύνανται οι γεωλόγοι και οι χειριστές των διατρητικών

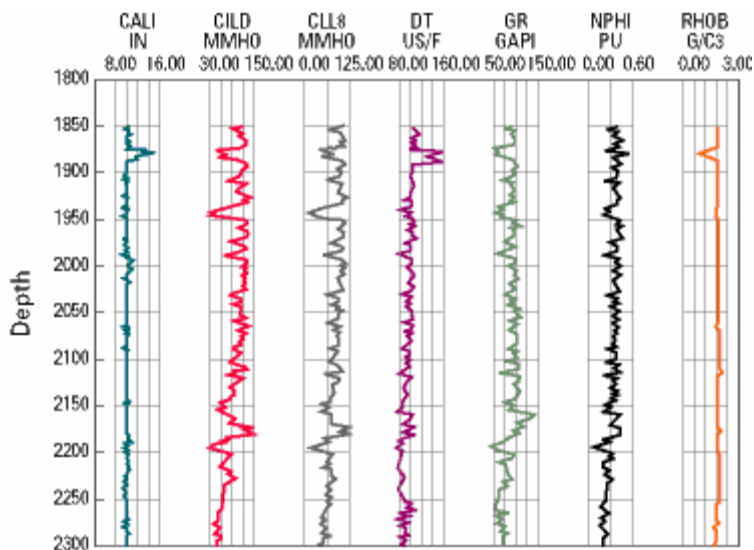
μηχανημάτων να ελέγχουν και να ρυθμίζουν την πρόοδο της διάτρησης της γεώτρησης καθώς και να αποκτήσουν μια καθαρότερη εικόνα των υπεδάφινων σχηματισμών. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι καταγραφής, στην πράξη, πάνω από 100 διαφορετικές δοκιμές καταγραφής μπορούν να υλοποιηθούν αλλά ουσιαστικά αποτελούνται από μια ποικιλία δοκιμών που διασαφηνίζουν την πραγματική σύσταση και τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών στρωμάτων του πετρώματος το οποίο διασχίζει η γεώτρηση. Η καταγραφή είναι επίσης ουσιαστική κατά την διάρκεια της γεωτρητικής διαδικασίας. Ημερολόγια καταχωρήσεων εξασφαλίζουν την ορθή επιλογή και χρήση του διατρητικού εξοπλισμού καθώς και την διακοπή της διάτρησης εάν εμφανισθούν δυσμενείς συνθήκες.

Είναι πέραν του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας η λεπτομερής παρουσίαση των διαφόρων τύπων καταγραφών που μπορούν να υλοποιηθούν. Οι τύποι των δοκιμών αυτών περιλαμβάνουν την τυποποιημένη, ηλεκτρική, ακουστική, ραδιενεργή, πυρηνική, επαγωγική, κατευθυντική και πυκνωτική καταγραφή. Δύο από τις πιο παραγωγικές και συχνά εκτελεσθέντες δοκιμές είναι η τυποποιημένη και η ηλεκτρική καταγραφή.

Η τυποποιημένη καταγραφή αποτελείται από την εξέταση και την καταγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών της γεώτρησης. Για παράδειγμα, το διατρηθέν υλικό εξετάζεται και καταγράφεται όλο, επιτρέποντας στους γεωλόγους την φυσική εξέταση των υπεδάφινων πετρωμάτων. Επίσης, λαμβάνονται δείγματα πυρήνα της διάτρησης τα οποία δίνουν πληροφορίες για το πάχος και την σύνθεση των διαφόρων στρωμάτων των πετρωμάτων. Αυτά τα δείγματα εξετάζονται συνήθως κάτω από ισχυρά μικροσκόπια που μπορούν να μεγεθύνουν το πέτρωμα έως και 2000 φορές. Αυτό βοηθάει τον γεωλόγο να εξετάσει το πορώδες και το ρευστό περιεχόμενο του υπεδάφιου πετρώματος και να αποκτήσει μια καλύτερη αντίληψη τους εδάφους μέσα στο οποίο διατρέεται η γεώτρηση.

Η ηλεκτρική καταγραφή συνίσταται στο κατέβασμα μιας συσκευής για την μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης των στρωμάτων του πετρώματος στην χαμηλότερη οπή της γεώτρησης. Αυτό επιτυγχάνεται με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος διαμέσω του πετρολογικού σχηματισμού και την μέτρηση της αντίστασής του. Αυτό δίνει στους γεωλόγους μια ιδέα του ρευστού περιεχομένου και των χαρακτηριστικών του. Μια νεότερη εκδοχή της ηλεκτρικής καταγραφής, η επονομαζόμενη επαγωγική ηλεκτρική καταγραφή, παρέχει περίπου τα ίδια δεδομένα μέτρησης αλλά εκτελείται πιο εύκολα και δίνει δεδομένα που γίνονται πιο εύκολα κατανοητά.

Ένα παράδειγμα των δεδομένων που συλλέγονται με τους διάφορους τρόπους καταγραφής παρουσιάζεται στο σχήμα 2.7. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι διαφορετικές στήλες δείχνουν τα αποτελέσματα των διαφορετικών δοκιμών. Τα δεδομένα αναλύονται από πεπειραμένο γεωλόγο, γεωφυσικό ή μηχανικό πετρελαίου ο οποίος είναι ικανός να βγάλει το σωστό συμπέρασμα.



Σχήμα 2.7. Παράδειγμα καταγεγραμμένων δεδομένων δοκιμών σε γεώτρηση.

Η διάτρηση μιας ερευνητικής ή μη γεώτρησης είναι η πρώτη επαφή που έχει ένας γεωλόγος ή μηχανικός πετρελαίου με τα πραγματικά περιεχόμενα της υπεδάφιας γεωλογίας. Η καταγραφή, με διάφορους τρόπους, συνιστά την εκμετάλλευση αυτής της ευκαιρίας για να αποκτηθεί μια καλύτερη γνώση του τι υπάρχει κάτω από την επιφάνεια. Επιπλέον της παροχής χρήσιμων πληροφοριών για μια γεώτρηση, η κάθε καταγραφή συνεισφέρει στον εμπλουτισμό των πολυπληθών ιστορικών αρχείων καταγραφών, όπου οι γεωλόγοι μπορούν να αντλήσουν χρήσιμες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της περιοχής.

2.1.2. Ανάλυση δεδομένων

Υπάρχουν πολλές πηγές δεδομένων και πληροφοριών που χρησιμοποιούνται από τον γεωλόγο και τον γεωφυσικό για την αναζήτηση υδρογονανθράκων. Ωστόσο, αυτά τα δεδομένα είναι άχρηστα χωρίς την προσεκτική και μεθοδική επεξεργασία τους. Ο γεωφυσικός πρέπει να συνδυάσει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα για να κατασκευάσει ένα μοντέλο της στρωματικής δομής των υπεδάφιας πετρωμάτων. Κάποιες τεχνικές, συμπεριλαμβανομένης της σεισμικής αναζήτησης, είναι κατάλληλες για την κατασκευή μοντέλου των υπόγειων σχηματισμών είτε με το χέρι είτε με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι παρά την αλματώδη εξέλιξη της τεχνολογίας και των τεχνικών αναζήτησης, ο μόνος τρόπος για να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη ενός ταμειυτήρα πετρελαίου ή φυσικού αερίου είναι η διάτρηση μιας ερευνητικής γεώτρησης.

2-D Σεισμική Ανάλυση

Η διδιάστατη σεισμική απεικόνιση αναφέρεται στους γεωφυσικούς που χρησιμοποιούν τα συλλεχθέντα δεδομένα από τις δραστηριότητες σεισμικής αναζήτησης για να αναπτύξουν μια εικόνα της τομής των υπόγειων σχηματισμών των πετρωμάτων. Ο γεωφυσικός αναλύει τα σεισμικά δεδομένα από την περιοχή, λαμβάνοντας τις καταγραφές του

σεισμογράφου και χρησιμοποιώντας τις για να αναπτύξει ένα μοντέλο της σύνθεσης και του πάχους των διάφορων στρωμάτων των πετρωμάτων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται κανονικά για την χαρτογράφηση των υπόγειων σχηματισμών και για να γίνουν εκτιμήσεις, βασισμένες στις γεωλογικές δομές, ώστε να προσδιορισθεί εάν είναι πιθανή η ύπαρξη ταμιευτήρων.

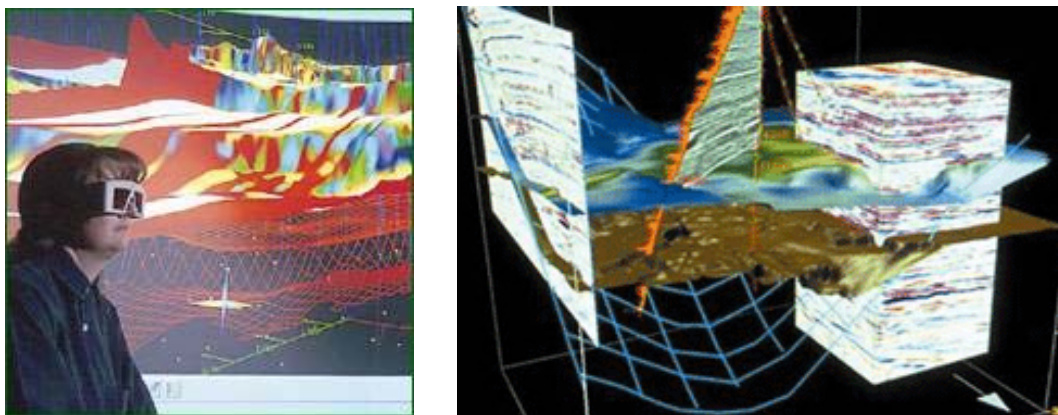
Υπάρχει, επίσης, μια άλλη τεχνική που χρησιμοποιεί βασικά σεισμικά δεδομένα, γνωστή ως «άμεσος εντοπισμός». Στα μέσα της δεκαετίας του '70, ανακαλύφθηκε ότι λευκές ζώνες, τα επονομαζόμενα «λαμπερά σημεία», εμφανίζονταν συχνά στις σεισμικές καταγραφές. Αυτές οι ζώνες μπορούσαν να υποδεικνύουν ταμιευτήρες υδρογονανθράκων. Η φύση των πορώδη πετρωμάτων που περιέχουν φυσικό αέριο μπορεί συχνά να έχει ως αποτέλεσμα την ανάκλαση ισχυρότερων σεισμικών ανακλάσεων από τα κανονικά πετρώματα που περιέχουν νερό. Συνεπώς, σε αυτές τις περιπτώσεις, ένας υπάρχοντας ταμιευτήρας φυσικού αερίου θα μπορούσε να εντοπισθεί άμεσα από τα σεισμικά δεδομένα. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει πάντα. Πολλά από αυτά τα λαμπερά σημεία δεν περιέχουν υδρογονάνθρακες και πολλά κοιτάσματα υδρογονανθράκων δεν υποδεικνύονται από λευκές ζώνες στα σεισμικά δεδομένα. Έτσι, αν και η τεχνική του άμεσου εντοπισμού είναι μια επιπλέον τεχνική αναζήτησης κοιτάσματος, ωστόσο δεν είναι εντελώς αξιόπιστη μέθοδος.

Αναζήτηση με Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Μία από τις μεγαλύτερες καινοτομίες στην ιστορία της αναζήτησης φυσικού αερίου είναι η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών για επεξεργασία των γεωλογικών δεδομένων και κατασκευή κατανοητών χαρτών της δομής του υπεδάφους. Η χρήση αυτής της ηλεκτρονικής τεχνολογίας αναφέρεται ως «CAEX»⁴.

Με την πρόοδο και εξάπλωση των υπολογιστικών μοντέλων, έχει γίνει σχετικά εύκολη η χρήση των υπολογιστών για την συγκρότηση σεισμικών δεδομένων που συλλέγονται από το υπό εξέταση έδαφος. Αυτό επιτρέπει την επεξεργασία πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων, αυξάνοντας την αξιοπιστία και το πληροφοριακό περιεχόμενο του σεισμικού μοντέλου. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι μοντέλων CAEX ήτοι 2-D, 3-D και 4-D. Αυτές οι τεχνικές απεικόνισης αν και βασίζονται κυρίως στα συλλεχθέντα σεισμικά δεδομένα ωστόσο έχουν αρχίσει να γίνονται ολοένα και πιο σύνθετα, πολύπλοκα και με αυξανόμενες δυνατότητες. Η τεχνολογία των υπολογιστών έχει πλέον καταστήσει δυνατή την επεξεργασία και τον συνδυασμό δεδομένων από όλους τους διαφορετικούς τύπους δοκιμών όπως η καταγραφή, οι πληροφορίες παραγωγής και η βαρυτομετρική δοκιμή για να δημιουργήσουν μια απεικόνιση των υπόγειων σχηματισμών. Στο σχήμα 2.8 φαίνεται ένα παράδειγμα τρισδιάστατης οπτικοποίησης όπου ο γεωλόγος αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή για να αναλύσει τα υπεδάφια στρώματα.

⁴ Computer Assisted EXploration



Σχήμα 2.8. Παράδειγμα τρισδιάστατης οπτικοποίησης όπου ο γεωλόγος αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή για να αναλύσει τα υπεδάφια στρώματα.

2.2. Εξόρυξη

Μόλις εντοπισθεί ένα εν δυνάμει κοιτάσμα φυσικού αερίου από μια ερευνητική ομάδα γεωλόγων και γεωφυσικών, είναι η σειρά των ειδικών επί των διατρήσεων για να κάνει γεώτρηση εκεί που εκτιμήθηκε ότι υπάρχει φυσικό αέριο. Αν και η διαδικασία διάτρησης βαθιά μέσα στο φλοιό της γης για την εύρεση κοιτασμάτων φυσικού αερίου που ίσως να υπάρχουν αλλά ίσως και όχι, φαίνεται αποθαρρυντική, η βιομηχανία έχει αναπτύξει ένα αριθμό καινοτομιών και τεχνικών που αμφότερες μειώνουν το κόστος και αυξάνουν την αποτελεσματικότητα των διατρήσεων για φυσικό αέριο. Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει επίσης συνεισφέρει σημαντικά στην αυξημένη αποτελεσματικότητα και στον ρυθμό επιτυχίας των διατρήσεων φυσικού αερίου.

Η απόφαση για την διάτρηση μιας γεώτρησης εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων, με τα οικονομικά χαρακτηριστικά του πιθανού ταμιευτήρα φυσικού αερίου να παίζουν σημαντικό ρόλο. Κοστίζει αρκετά στις εταιρίες αναζήτησης και παραγωγής η αναζήτηση και η διάτρηση για φυσικό αέριο και υπάρχει πάντα το ρίσκο να μην βρεθεί τελικά φυσικό αέριο.

Η ακριβής θέση της γεώτρησης εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου της φύσης του εν δυνάμει σχηματισμού προς διάτρηση, των χαρακτηριστικών της υπεδάφειας γεωλογίας και του βάθους και μεγέθους του προς εκμετάλλευση κοιτάσματος. Αφού προσδιορισθεί από την ομάδα των γεωφυσικών η βέλτιστη θέση της γεώτρησης, είναι απαραίτητο η εταιρία εκμετάλλευσης να προβεί σε όλα τα αναγκαία βήματα για να εξασφαλίσει την νομιμότητα λειτουργίας γεώτρησης στην εν λόγω περιοχή. Αυτό συνήθως περιλαμβάνει την αδειοδότηση των διατρητικών διαδικασιών, την οριοθέτηση του νομικού πλαισίου που θα επιτρέπει στην εταιρία την εξόρυξη και πώληση των ορυκτών πόρων του υπεδάφους στη δεδομένη περιοχή καθώς και την κατάθεση και έγκριση σχεδίου

δικτύου μεταφοράς και σύνδεσης της γεώτρησης με τον κεντρικό αγωγό. Υπάρχουν διάφοροι εν δυνάμει ιδιοκτήτες των δικαιωμάτων της γης και των μεταλλευμάτων κάτω από αυτή.

Εάν η νέα γεώτρηση, αφού διατρηθεί, ανακαλύψει κοιτάσματα φυσικού αερίου τότε διαμορφώνεται και αναπτύσσεται κατάλληλα για την εξόρυξη αυτού του φυσικού αερίου και αναφέρεται πλέον ως «παραγωγική» γεώτρηση ή πηγή. Σε αυτό το σημείο, με την πηγή να έχει διατρηθεί και με παρόντες τους υδρογονάνθρακες, απομένει μόνο η ολοκλήρωσή της για την διευκόλυνση της παραγωγής του φυσικού αερίου. Ωστόσο, εάν η ομάδα αναζήτησης και εντοπισμού έκανε λάθος εκτίμηση για την ύπαρξη εμπορικά εκμεταλλεύσιμης ποσότητας φυσικού αερίου στην συγκεκριμένη περιοχή, η γεώτρηση αναφέρεται ως «ξηρή» και η παραγωγή αναστέλλεται.

2.2.1 Είδη διάτρησης

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι διάτρησης, η κρουστική και η περιστροφική. Η κρουστική διάτρηση συνίσταται στην επαναλαμβανόμενη ανύψωση και ρίψη ενός μεγάλου βάρους μεταλλικού εργαλείου κοπής πάνω στο έδαφος, το οποίο ανοίγει σταδιακά μία οπή. Η κρουστική διάτρηση χρησιμοποιείται συνήθως για μικρού βάθους, χαμηλής πίεσης σχηματισμούς. Η περιστροφική διάτρηση συνίσταται στην περιστροφική χρήση αιχμηρού εργαλείου κοπής για την διάνοιξη οπής στο έδαφος. Αυτός ο τύπος διάτρησης χρησιμοποιείται κυρίως για μεγαλύτερου βάθους γεωτρήσεις που πιθανό να είναι κάτω από υψηλές πιέσεις.

Κρουστική διάτρηση

Η κρουστική διάτρηση αναγνωρίζεται από πολλούς ως η πρώτη διατρητική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την διάνοιξη γεωτρήσεων με σκοπό την προσέγγιση των κοιτασμάτων πετρελαίου και νερού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμα για κάποιες γεωτρήσεις μικρού βάθους, αν και η περιστροφική διάτρηση είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος διάτρησης.

Η βασική αρχή της κρουστικής διάτρησης είναι η επαναλαμβανόμενη ρίψη ενός εργαλείου κοπής μεγάλου βάρους, στο έδαφος, με αποτέλεσμα την θραύση των πετρωμάτων και την διάνοιξη οπής μέχρι το επιθυμητό βάθος. Το εργαλείο κοπής είναι συνήθως ένα αμβλύ σχήματος κοπτικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να αλλάζει ανάλογα με το είδος του προς θραύση πετρώματος. Κατά την διάρκεια της διάτρησης εκχύνεται νερό εντός της γεώτρησης το οποίο αναμιγνύεται με τα προϊόντα της θραύσης σχηματίζοντας ένα είδος ιλύος. Η ιλύς αυτή αντλείται περιοδικά από την γεώτρηση όταν αρχίζει να επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του κοπτικού εργαλείου.

Καινοτομίες όπως η χρήση του ατμού ως πηγή ισχύος (σχήμα 2.9) αύξησαν σημαντικά την απόδοση και τις λειτουργικές δυνατότητες της κρουστικής διάτρησης. Οι

συμβατικές ανθρωποκίνητες κρουστικές διατρήσεις μπορούσαν να διατρήσουν γεωτρήσεις 60m ή λιγότερο, ενώ οι ατμοκίνητες, με το ίδιο πύργο γεώτρησης, παρουσίαζαν ένα μέσο βάθος γεώτρησης 120 έως 150m. Η βαθύτερη γνωστή γεώτρηση με κρουστική διάτρηση ολοκληρώθηκε το 1953 από την Αμερικάνικη New York Natural Gas Corp. με βάθος 3400m.



Σχήμα 2.9. Μία σύγχρονη κρουστική διάτρηση γεώτρησης.

Σήμερα, η βιομηχανία έχει στραφεί προς τις τεχνικές περιστροφικής διάτρησης. Ωστόσο, η πολυετής γνώση και εμπειρία που αποκτήθηκε από τις κρουστικές διατρήσεις, είναι σε πολλές περιπτώσεις, άμεσα εφαρμόσιμη στην τεχνική της περιστροφικής διάτρησης.[2]

Περιστροφική διάτρηση

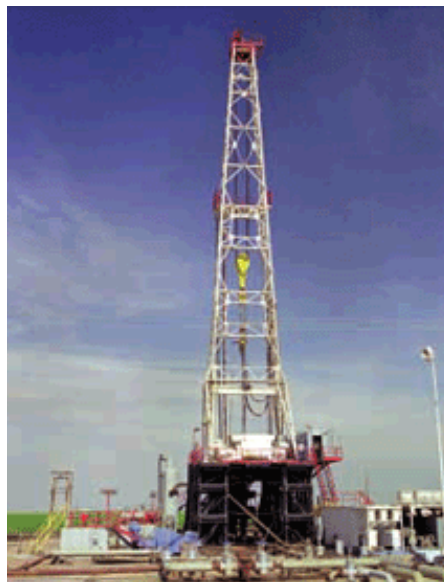
Η περιστροφική διάτρηση χρησιμοποιεί ένα αιχμηρό, περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο για να διατρήσει ακόμα και τα σκληρότερα πετρώματα. Ωστόσο, αν και απλή σαν τεχνική, η μηχανολογία των σύγχρονων περιστροφικών διατρητικών γεωτρήσεων είναι αρκετά πολύπλοκη. Το βασικό διατρητικό σύστημα αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα ήτοι το κύριο κινητήριο σύστημα, το σύστημα ανύψωσης, το σύστημα περιστροφής και το σύστημα κυκλοφορίας, σχήμα 2.10.

Το κύριο κινητήριο σύστημα αποτελείται από τον εξοπλισμό που παρέχει ισχύ σε ολόκληρη την γεώτρηση. Μέχρι και τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι περιστροφικές διατρητικές γεωτρήσεις χρησιμοποιούσαν ατμομηχανές. Οι μηχανές ντίζελ καθιερώθηκαν μετά τον πόλεμο. Πρόσφατα, ενώ οι μηχανές ντίζελ ακόμα αποτελούν την πλειονότητα των πηγών ισχύος, έχουν αρχίσει και άλλοι τύποι μηχανών να χρησιμοποιούνται. Μηχανές φυσικού αερίου ή βενζίνης χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία τροφοδοτεί την γεώτρηση ενώ σε άλλες περιπτώσεις η ηλεκτρική ενέργεια

αυτή λαμβάνεται απ' ευθείας από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι περισσότερες περιστροφικές γεωτρήσεις απαιτούν σήμερα ισχύ 1000 έως 3000hp ενώ οι μικρού βάθους γεωτρήσεις απαιτούν μόνο 500hp ισχύ. Οι περιστροφικές γεωτρήσεις που σχεδιάζονται για διατρήσεις άνω των 6km βάθους, απαιτούν συνήθως πάνω από 3000hp ισχύ. Η ενέργεια από το κύριο κινητήριο σύστημα χρησιμοποιείται για την λειτουργία των υπόλοιπων υποσυστημάτων καθώς και για φωτισμό, νερό και συμπιεσμένο αέρα.



(α)



(β)

Σχήμα 2.10. Γεωτρήσεις περιστροφικής διάτρησης.

Το σύστημα ανύψωσης σε μια γεώτρηση αποτελείται από τον εξοπλισμό ανύψωσης και καθέλκυσης οποιουδήποτε εξοπλισμού ή εργαλείου χρειάζεται να ανέλθει ή να κατέλθει εντός της γεώτρησης. Το πιο εμφανές μέρος του συστήματος αυτού είναι ο πύργος, ο οποίος εκτείνεται κατακόρυφα από την οπή της γεώτρησης. Αυτή η κατασκευή εξυπηρετεί ως υποστήριξη των καλωδίων και των τροχαλιών για την ανύψωση ή καθέλκυση των φορτίων, όπως για παράδειγμα του γεωτρύπανου (σχήμα 2.11) για αλλαγή του κοπτικού εργαλείου. Το ύψος των πύργων αυτών υποδεικνύει συχνά το βάθος της διατρούμενης γεώτρησης, καθώς πρέπει να εξυπηρετεί την ανέλκυση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μήκους γεωτρύπανου.

Το σύστημα περιστροφής σε μια γεώτρηση συνίσταται από όλα τα επιμέρους συγκροτήματα που παραλαμβάνουν την ισχύ από το κύριο κινητήριο σύστημα και περιστρέφουν το γεωτρύπανο το οποίο φέρει στην άκρη του το κοπτικό εργαλείο που διανοίγει ολοένα και βαθύτερα την οπή της γεώτρησης. Ένα εξάρτημα που ονομάζεται στροφέας και είναι προσαρτημένος στο σύστημα ανύψωσης παραλαμβάνει όλο το βάρος του γεωτρύπανου ενώ του επιτρέπει την ελεύθερη περιστροφή του.



Σχήμα 2.11. Καθέλκυση του γεωτρύπανου στην γεώτρηση.

Το γεωτρύπανο, αποτελείται ουσιαστικά από τυποποιημένου μήκους σωλήνες, οι οποίοι συνδέονται στην σειρά για να αποτελέσουν τον διατρητικό σωλήνα. Οι σωλήνες αυτοί είναι από σκληρό χάλυβα υψηλής αντοχής και έχουν σπειρώματα στις άκρες τους για την εύκολη συναρμολόγησή και αποσυναρμολόγησή τους. Ο διατρητικός σωλήνας είναι ένας βαρύς, σκληρός σωλήνας που μπορεί ωστόσο να είναι αρκετά εύκαμπτος όταν χρησιμοποιείται σε επικλινείς ή οριζόντιες διατρητικές εφαρμογές.

Κάτω από τον διατρητικό σωλήνα υπάρχουν οι δακτύλιοι, οι οποίοι είναι βαρύτεροι, μεγαλύτερου πάχους και σκληρότεροι από τους κανονικούς σωλήνες και χρησιμοποιούνται για την πρόσδοση βάρους στο γεωτρύπανο ακριβώς πάνω από το κοπτικό εργαλείο ώστε να εξασφαλισθεί η αναγκαία πίεση για την διάτρηση των σκληρών πετρωμάτων.

Το κοπτικό εργαλείο τοποθετείται στο κάτω μέρος του διατρητικού σωλήνα και είναι υπεύθυνο για την επαφή με τα στρώματα του υπεδάφους και την διάτρησή τους. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι κοπτικών εργαλείων ανάλογα με την εκάστοτε συνθήκη διάτρησης, σχήμα 2.12. Τα κοπτικά εργαλεία επιλέγονται με δεδομένα τους υπόγειους σχηματισμούς που αναμένεται να διατρηθούν, τον τύπο διάτρησης που χρησιμοποιείται, εάν θα χρησιμοποιηθεί κατευθυντική διάτρηση, τις αναμενόμενες θερμοκρασίες και εάν απαιτούνται δείγματα πυρήνα για καταγραφικούς σκοπούς.

Υπάρχουν τέσσερεις βασικοί τύποι κοπτικών εργαλείων:

- Με οδόντες από χάλυβα, είναι ο βασικότερος τύπος κοπτικού εργαλείου.
- Με οδόντες από χάλυβα και καρβίδιο του βολφραμίου.
- Με πολυκρυσταλλικά διαμάντια προσαρτημένα στο καρβίδιο του βολφραμίου.

- Με οδόντες από βιομηχανικά διαμάντια, για την διάτρηση των εξαιρετικά σκληρών πετρωμάτων (40 έως 50 φορές σκληρότερα από τα αντίστοιχα με οδόντες από χάλυβα).



Σχήμα 2.12. Κοπτικά εργαλεία περιστροφικής διάτρησης.

Επιπλέον, των ανωτέρω τύπων, υπάρχουν και τα υβριδικά κοπτικά εργαλεία που συνδυάζουν χαρακτηριστικά δύο ή περισσότερων τύπων. Τα κοπτικά εργαλεία έχουν συνήθως υψηλό κόστος και για τον λόγο αυτό είναι ευθύνη του μηχανικού διάτρησης να εξασφαλίσει ότι ο κατάλληλος τύπος εργαλείου χρησιμοποιείται την κατάλληλη στιγμή. Έτσι επιτυγχάνεται η μέγιστη αποτελεσματικότητα διάτρησης με την ελάχιστη φθορά του πολύτιμου κοπτικού εργαλείου.

Το τελευταίο σύστημα μιας περιστροφικής γεώτρησης είναι το σύστημα κυκλοφορίας. Το σύστημα αυτό έχει πολλούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένων της ψύξης και λίπανσης του κοπτικού εργαλείου, του ελέγχου της πίεσης της γεώτρησης, της απομάκρυνσης των θραυσμάτων και της επικάλυψης του φρέατος με ειδικό λασπώδες υλικό. Το σύστημα κυκλοφορίας αποτελείται από το ρευστό διάτρησης το οποίο κυκλοφορεί μέχρι το κατώτερο σημείο της γεώτρησης καθόλη την διάρκεια της διάτρησης.

Τυπικά, ως ρευστά διάτρησης χρησιμοποιούνται υγρά. Το πιο γνωστό υγρό ρευστό διάτρησης είναι η «λάσπη» και περιέχει άργιλο, χημικά, βαριά στοιχεία, νερό, λάδι ή αέρια. Εκτός, των υγρών χρησιμοποιούνται και αέρια ως ρευστά διάτρησης, όπως το φυσικό αέριο, αέρας και καυσάερα μηχανών, τα οποία μειώνουν σε σημαντικό βαθμό τον χρόνο και το κόστος της διάτρησης. Το ρευστό διάτρησης όπως και το κοπτικό εργαλείο σχεδιάζονται ανάλογα με τον τύπο του πετρώματος που πρόκειται να διατρηθεί.

Το σύστημα κυκλοφορίας αποτελείται από την τάφρο αποθήκευσης, όπου αποθηκεύονται τα συστατικά του ρευστού διάτρησης. Η ανάμιξη λαμβάνει χώρα στον αναμείκτη από όπου το ρευστό προωθείται μέσω αντλιών στον στροφέα και από εκεί στον διατρητικό σωλήνα και καταλήγει να εκτοξεύεται από το ίδιο το κοπτικό εργαλείο. Η διαδικασία συνεχίζεται με το ρευστό να αναμιγνύεται με τα θραύσματα της διάτρησης και να ανέρχεται

στην επιφάνεια από τον χώρο μεταξύ του διατρητικού σωλήνα και των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Εκεί, αφού φιλτραριστεί και καθαριστεί είναι έτοιμο για επαναχρησιμοποίηση.

Εκτός από το ίδιο το ρευστό που αντισταθμίζει τις πιέσεις που εμφανίζονται στον πυθμένα της γεώτρησης, χρησιμοποιείται και ένα άλλο σύστημα που αποτρέπει την απότομη απελευθέρωση της πίεσης και εγκαθίσταται στη γεώτρηση κάτω από τον πύργο. Η απότομη αυτή απελευθέρωση μπορεί να συμβεί όταν μη ελεγχόμενα κοιτάσματα πετρελαίου ή φυσικού αερίου εξασκήσουν μεγαλύτερη πίεση από το ρευστό που βρίσκεται άνωθεν. Το σύστημα αυτό αποτελείται από υδραυλικούς επενεργητές που μπορούν γρήγορα και ολοκληρωτικά να σφραγίσουν την γεώτρηση και από συστήματα ανακούφισης της πίεσης.

2.2.2. Χερσαίες & θαλάσσιες γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις για φυσικό αέριο μπορούν να λάβουν χώρα είτε πάνω στην ξηρά είτε πάνω από θάλασσα. Αν και οι διατρητικές τεχνικές είναι παρόμοιες και στις δύο περιπτώσεις, ωστόσο, οι θαλάσσιες (παράκτιες) γεωτρήσεις, εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από την κοντινότερη χερσαία επιφάνεια, θέτουν ένα αριθμό τεχνολογικών προκλήσεων. Ο βασικός λόγος είναι ότι στις θαλάσσιες γεωτρήσεις ο πυθμένας της θάλασσας μπορεί να είναι και εκατοντάδες μέτρα κάτω από την επιφάνειά της. Έτσι, ενώ με τις χερσαίες γεωτρήσεις το έδαφος παρέχει μια πλατφόρμα διάτρησης, στις θαλάσσιες απαιτείται η κατασκευή μιας τεχνητής πλατφόρμας. Αυτή η τεχνητή πλατφόρμα μπορεί να πάρει αρκετές μορφές, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης που πρόκειται να διατρηθεί, όπως σε πόσο βάθος βρίσκεται ο πυθμένας.

Ένα από τα σημαντικότερα τμήματα μιας θαλάσσιας γεώτρησης είναι ο υποθαλάσσιος οδηγός διάτρησης (σχήμα 2.13). Ουσιαστικά, η χαλύβδινη αυτή κατασκευή συνδέει την υποθαλάσσια γεώτρηση με την πλατφόρμα στην επιφάνεια της θάλασσας και εξυπηρετεί στην ακριβή διάτρηση των γεωτρήσεων επιτρέποντας τις αναπόφευκτες μικρές μετατοπίσεις της πλατφόρμας λόγω των ανέμων και των θαλάσσιων ρευμάτων. Ο οδηγός διάτρησης, τοποθετείται και θεμελιώνεται στον πυθμένα της θάλασσας πάνω από την ακριβή θέση των γεωτρήσεων με χρήση δορυφορικής τεχνολογίας και GPS⁵.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι θαλάσσιων γεωτρήσεων, οι κινητές και οι μόνιμες, (σχήμα 2.14). Οι κινητές γεωτρήσεις μπορούν να μετακινηθούν σε πολλαπλές θέσεις και εξυπηρετούν ερευνητικούς κυρίως σκοπούς καθώς έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος από ότι οι σταθερές. Μόλις όμως ανακαλυφθεί ένα μεγάλο και εμπορικά εκμεταλλεύσιμο κοιτάσμα υδρογονανθράκων τότε κατασκευάζεται μια μόνιμη θαλάσσια γεώτρηση για την εξόρυξή τους.

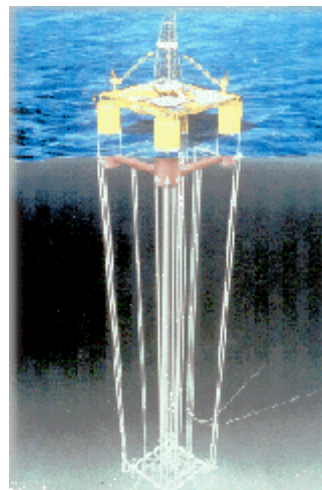
⁵ Global Positioning System, (Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης)



Σχήμα 2.13. Υποθαλάσσιος οδηγός διάτρησης.



(α)



(β)

Σχήμα 2.14. Γεωτρητικές πλατφόρμες (α) κινητές, (β) σταθερές.

2.3. Παραγωγή

Αφού ολοκληρωθεί η γεώτρηση και επιβεβαιωθεί η ύπαρξη εμπορικά εκμεταλλεύσιμων ποσοτήτων φυσικού αερίου, το επόμενο βήμα είναι η άντληση του φυσικού αερίου από το κοίτασμα και η επεξεργασία του για μεταφορά.

Το φυσικό αέριο που υπάρχει στα υπόγεια κοιτάσματα, δεν είναι ακριβώς ίδιο με αυτό που τελικά δίνεται προς χρήση. Το φυσικό αέριο, όπως το χρησιμοποιούμε είναι σχεδόν μόνο μεθάνιο. Ωστόσο, το φυσικό αέριο, όπως βρίσκεται στα κοιτάσματα, εμπεριέχει διάφορες άλλες ουσίες και αέρια, όπως επίσης πετρέλαιο και νερό, τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν. Το φυσικό αέριο που μεταφέρεται μέσω των αγωγών τροφοδοσίας πρέπει να ικανοποιεί τις προδιαγραφές καθαρότητας πριν εισαχθεί σε αυτούς, οπότε οι περισσότερες διεργασίες γίνονται κοντά στην πηγή.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράψουμε τη διαδικασία άντλησης του φυσικού αερίου από τους υπόγειους ταμειυτήρες και τις απαιτούμενες διεργασίες για να μπορέσει να μεταφερθεί από τους αγωγούς.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι συμβατικών πηγών φυσικού αερίου. Καθώς το πετρέλαιο συσχετίζεται συχνά με κοιτάσματα φυσικού αερίου, μία συγκεκριμένη ποσότητα φυσικού αερίου μπορεί να αντληθεί από πηγές που ανοίχθηκαν αρχικά για παραγωγή πετρελαίου. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό το σχετιζόμενο φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για να βοηθήσει την παραγωγή πετρελαίου παρέχοντας πίεση στον σχηματισμό για την εξόρυξη του πετρελαίου. Το σχετιζόμενο φυσικό αέριο μπορεί επίσης να υπάρχει σε αρκετά μεγάλες ποσότητες ώστε να δύναται η ταυτόχρονη εξόρυξή του με το πετρέλαιο. Οι πηγές φυσικού αερίου είναι πηγές που διατρύνονται ειδικά για φυσικό αέριο και περιέχουν λίγου ή καθόλου πετρέλαιο.

Οι πηγές συμπυκνωμάτων είναι πηγές που περιέχουν φυσικό αέριο και υγρό συμπύκνωμα. Αυτό το συμπύκνωμα είναι ένα υγρό μείγμα υδρογονανθράκων που συχνά διαχωρίζεται από το φυσικό αέριο είτε στη κορυφή της πηγής ή κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του φυσικού αερίου. Ανάλογα με τον τύπο της γεώτρησης, η ολοκλήρωσή της μπορεί να διαφέρει ελαφρά. Είναι σημαντικό να υπενθυμιστεί ότι το φυσικό αέριο, όντας ελαφρύτερο του αέρα, θα ανέλθει στην επιφάνεια της πηγής. Εξαιτίας αυτού, σε αρκετές πηγές φυσικού αερίου και συμπυκνωμάτων, δεν είναι απαραίτητοι ο εξοπλισμός άντλησης και η διαμόρφωση της πηγής.

2.3.1. Η ολοκλήρωση της πηγής

Η ολοκλήρωση της πηγής συνήθως αναφέρεται στην διαδικασία τελικής διαμόρφωσης της γεώτρησης έτσι ώστε να ετοιμασθεί για παραγωγή φυσικού αερίου. Στην ουσία, η ολοκλήρωση συνίσταται στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του τμήματος

εισόδου της γεώτρησης στον υπόγειο ταμιευτήρα. Υπάρχουν αρκετοί τύποι ολοκλήρωσης, ωστόσο η τελική επιλογή βασίζεται στα χαρακτηριστικά και στην θέση του ταμιευτήρα.

Η ολοκλήρωση της πηγής συνίσταται από ένα πλήθος βημάτων όπως η εγκατάσταση της επένδυσης των παρειών του φρέατος, η εγκατάσταση της κεφαλής της πηγής και η εγκατάσταση του εξοπλισμού άντλησης ή η διαμόρφωση του σχηματισμού εάν αυτό απαιτείται.

Επένδυση φρέατος

Η εγκατάσταση της επένδυσης των παρειών του φρέατος είναι ένα σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας διάτρησης και ολοκλήρωσης μιας πηγής. Η επένδυση της πηγής συνίσταται από μια σειρά μεταλλικών σωλήνων που τοποθετούνται στη νεοδιατρηθείσα γεώτρηση (σχήμα 2.15). Η επένδυση εξυπηρετεί την δομική ενίσχυση των παρειών του φρέατος, την εξασφάλιση μη διαρροής πετρελαίου ή φυσικού αερίου από το φρέαρ κατά την άντληση του φυσικού αερίου στην επιφάνεια και την αποφυγή εισροής άλλων υγρών ή αερίων από τον σχηματισμό στην πηγή.

Απαιτείται αρκετός σχεδιασμός για να προσδιορισθεί ο κατάλληλος τύπος επένδυσης για την κάθε πηγή. Οι τύποι των επενδύσεων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά υπεδάφους της πηγής, συμπεριλαμβανομένου και της διαμέτρου αυτής (η οποία εξαρτάται από το μέγεθος του χρησιμοποιηθέντος κοπτικού εργαλείου) και από τις πιέσεις και θερμοκρασίες που εμφανίζονται καθόλο το ύψος της πηγής. Στις περισσότερες πηγές, η διάμετρος της γεώτρησης μειώνεται με το βάθος της, με συνέπεια να δημιουργείται ένα κωνικό σχήμα το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την εγκατάσταση της επένδυσης.



Σχήμα 2.15. Εγκατάσταση επένδυσης φρέατος.

Κεφαλή της πηγής

Η κεφαλή της πηγής αποτελείται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που προσαρτάται στο άνοιγμα της πηγής με σκοπό να ρυθμίζει και να παρακολουθεί την εξόρυξη των υδρογονανθράκων από τον υπόγειο σχηματισμό (σχήμα 2.16). Επίσης, αποτρέπει την

διαρροή φυσικού αερίου από την πηγή και αποτρέπει τις απότομες απελευθερώσεις πίεσης λόγω των υψηλά υφισταμένων υπόγειων πιέσεων. Σχηματισμοί που βρίσκονται υπό υψηλές πιέσεις απαιτούν τυπικά κεφαλές που να μπορούν να αντέξουν πολύ μεγάλες άνωθεν πιέσεις από τα αέρια και υγρά, της τάξης των 20000 psi. Η κεφαλή αποτελείται από τρία κομμάτια, την κεφαλή επένδυσης, την κεφαλή σωλήνωσης και το «χριστουγεννιάτικο δέντρο».



Σχήμα 2.16. Κεφαλή της πηγής.

Η κεφαλή επένδυσης αποτελείται από σκληρούς προσαρμογείς που παρέχουν στεγανοποίηση μεταξύ της επένδυσης και της επιφάνειας. Η κεφαλή επένδυσης επίσης εξυπηρετεί για την υποστήριξη όλου του μήκους επένδυσης που διατρέχει όλο το βάθος της γεώτρησης. Η κεφαλή επένδυσης περιέχει τυπικά ένα μηχανισμό σύσφιξης που εξασφαλίζει τη σφικτή στεγανοποίηση μεταξύ της κεφαλής και της ίδιας της επένδυσης.

Η κεφαλή σωλήνωσης είναι παρόμοια με την κεφαλή επένδυσης. Παρέχει στεγανοποίηση μεταξύ της σωλήνωσης η οποία διατρέχει μέσα στην επένδυση και την επιφάνεια. Όπως και η κεφαλή επένδυσης, έτσι και η κεφαλή σωλήνωσης σχεδιάζεται για να υποστηρίξει όλο το μήκος της επένδυσης καθώς και να παρέχει συνδέσεις στην επιφάνεια οι οποίες επιτρέπουν τον έλεγχο της ροή των ρευστών από την πηγή.

Το «χριστουγεννιάτικο δέντρο» είναι ένα τμήμα του εξοπλισμού που προσαρμόζεται πάνω από τις κεφαλές επένδυσης και σωλήνωσης και περιέχει σωληνώσεις και βαλβίδες που ελέγχουν την ροή των υδρογονανθράκων και των άλλων ρευστών που εξέρχονται της πηγής (σχήμα 2.17). Συνήθως αποτελείται από πολλούς κλάδους με αποτέλεσμα να ομοιάζει με δέντρο, εξού και το όνομά του. Το χριστουγεννιάτικο δέντρο είναι το πιο εμφανές τμήμα μίας παραγωγικής πηγής και είναι αυτό που επιτρέπει την από επιφάνειας παρακολούθηση και ρύθμιση της παραγωγής των υδρογονανθράκων από την πηγή.

Αντληση πόρων

Μόλις ολοκληρωθεί η πηγή, είναι έτοιμη πλέον για την παραγωγή φυσικού αερίου. Σε κάποιες περιπτώσεις, οι υδρογονάνθρακες που υπάρχουν στους υπό πίεση σχηματισμούς θα ανέλθουν, όπως είναι φυσικό, διαμέσου της γεώτρησης στην επιφάνεια. Αυτή είναι συνήθως και η συνήθης περίπτωση με το φυσικό αέριο. Εφόσον το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο του

αέρα, μόλις ανοιχθεί αγωγός προς την επιφάνεια, το υπό πίεση αέριο θα ανέλθει προς αυτή. Αυτό είναι κοινό για τους σχηματισμούς που περιέχουν μόνο φυσικό αέριο ή και με ελαφρά συμπυκνώματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μόλις εγκατασταθεί το χριστουγεννιάτικο δέντρο, το φυσικό αέριο θα ρεύσει από μόνο του προς την επιφάνεια.



Σχήμα 2.17. Το «χριστουγεννιάτικο δέντρο».

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η φύση της εκάστοτε πηγής, διεξάγεται μια τυπική δυναμική δοκιμή της κατά τις πρώτες μέρες της παραγωγής. Η δοκιμή αυτή επιτρέπει στους μηχανικούς να προσδιορίσουν την δυναμικότητα της πηγής, δηλαδή την μέγιστη ποσότητα φυσικού αερίου που μπορεί να παραχθεί από την πηγή σε διάρκεια 24 ωρών. Από αυτή την παράμετρο καθώς και από την γνώση του σχηματισμού, ο μηχανικός μπορεί να εκτιμήσει τον Ρυθμό Μέγιστης Απόδοσης, MER⁶. Ο MER είναι ο ρυθμός με τον οποίο μπορεί να εξαχθεί η μεγαλύτερη ποσότητα φυσικού αερίου χωρίς να βλαφθεί ο ίδιος ο σχηματισμός. Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο των παραγωγικών πηγών είναι ο ρυθμός μείωσης. Όταν η πηγή γεωτρηθεί, ο σχηματισμός βρίσκεται υπό πίεση και παράγει φυσικό αέριο με υψηλό ρυθμό. Ωστόσο, καθώς εξορύσσεται το φυσικό αέριο από τον σχηματισμό, ο ρυθμός παραγωγής μειώνεται. Αυτό είναι γνωστό ως ρυθμός μείωσης. Με συγκεκριμένες τεχνικές μπορεί να αυξηθεί ο ρυθμός παραγωγής μιας πηγής.

Σε κάποιες περιπτώσεις πηγών φυσικού αερίου ή πετρελαιοπηγών με φυσικό αέριο, είναι δύσκολο να εξασφαλισθεί μια αποδοτική ροή υδρογονανθράκων καθώς μπορεί η μορφή του υπόγειου σχηματισμού να είναι τέτοια που να κάνει την κίνηση του πετρελαίου εντός αυτού και της πηγής μία πολύ αργή και μη αποδοτική διαδικασία. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται η χρήση αντλητικού εξοπλισμού ή κατάλληλη διαμόρφωση της πηγής.

Διαμόρφωση Πηγής

Η διαμόρφωση της πηγής είναι μία άλλη μέθοδος εξασφάλισης αποδοτικής εκροής υδρογονανθράκων από αυτή. Ουσιαστικά, αυτή συνίσταται στην έγχυση οξέος (συνήθως

⁶ Most Efficient Recovery Rate

υδροχλωρικού οξέος), νερού ή αερίων μέσα στην πηγή με σκοπό την διάνοιξη του σχηματισμού και την διευκόλυνση της ροής του πετρελαίου εντός αυτού. Η οξειδωση εφαρμόζεται κυρίως στους ασβεστολιθικούς ή ανθρακικούς σχηματισμούς όπου εγχύεται οξύ το οποίο διαλύει τμήματα του πετρώματος στο σχηματισμό, διανοίγοντας τους υπάρχοντες χώρους και διευκολύνοντας την ροή των υδρογονανθράκων.

Η ρωγμάτωση συνίσταται στην έγχυση ρευστού μέσα στη πηγή, η παρουσία του οποίου διανοίγει τις ήδη υπάρχουσες ρωγματώσεις του σχηματισμού. Επιπλέον του ρευστού που εγχύεται, χρησιμοποιούνται επίσης και μέσα ενίσχυσης όπως άμμος, υαλοσταγονίδια, *erox* ή πυριτική άμμος για την ενίσχυση των νεοανοιγμένων ρωγματώσεων του σχηματισμού. Η υδραυλική ρωγμάτωση περιλαμβάνει την έγχυση νερού στον σχηματισμό, ενώ η ρωγμάτωση με CO₂ χρησιμοποιεί αέριο διοξείδιο του άνθρακα. Η ρωγμάτωση, η οξειδωση και ο αντλητικός εξοπλισμός μπορούν να εφαρμόζονται όλα σε μια πηγή για την αύξηση της διαπερατότητας και κατ' επέκταση της παραγωγής φυσικού αερίου.

2.3.2. Η επεξεργασία του φυσικού αερίου

Το επόμενο βήμα στην διαδικασία παραγωγής φυσικού αερίου είναι η επεξεργασία του. Το φυσικό αέριο, όπως χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές, είναι πολύ διαφορετικό από το φυσικό αέριο που αντλείται από τον σχηματισμό στην πηγή. Αν και η επεξεργασία του φυσικού αερίου είναι σε μεγάλο βαθμό λιγότερο πολύπλοκη από την διύλιση του αργού πετρελαίου, είναι ωστόσο εξίσου αναγκαία πριν την χρήση του από τους καταναλωτές.

Το φυσικό αέριο που προορίζεται για κατανάλωση αποτελείται σχεδόν εξ'ολοκλήρου από μεθάνιο. Αν και το φυσικό αέριο που φθάνει στην κεφαλή της πηγής ήδη αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, ωστόσο δεν είναι καθόλου καθαρό. Οι πηγές από τις οποίες προέρχεται το φυσικό αέριο είναι τριών τύπων: πετρελαιοπηγές, πηγές φυσικού αερίου και πηγές συμπυκνωμάτων.

Το φυσικό αέριο που εξάγεται από τις πετρελαιοπηγές ονομάζεται «συνοδό αέριο». Το αέριο αυτό μπορεί να υπάρξει ξεχωριστά από το πετρέλαιο στο σχηματισμό (ελεύθερο αέριο) ή διαλυμένο στο αργό πετρέλαιο (διαλυμένο αέριο). Το φυσικό αέριο από τις πηγές αερίου και τις πηγές συμπυκνώματος, όπου υπάρχει ελάχιστο ή καθόλου αργό πετρέλαιο, ονομάζεται «μη συνοδό αέριο». Οι πηγές αερίου παράγουν τυπικά ακατέργαστο φυσικό αέριο ενώ οι πηγές συμπυκνώματος παράγουν ελεύθερο αέριο μαζί με ένα ημι-υγρό συμπύκνωμα υδρογονανθράκων.

Ωστόσο, όποιου τύπου και αν είναι η πηγή του φυσικού αερίου, μόλις αυτό διαχωριστεί από το αργό πετρέλαιο (εάν υπάρχει) τότε συνήθως υπάρχει σε μείγματα με άλλους υδρογονάνθρακες, κυρίως αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνια. Επιπροσθέτως,

το ακατέργαστο φυσικό αέριο περιέχει υδρατμούς, υδρόθειο (H_2S), διοξείδιο του άνθρακα, ήλιο, άζωτο και άλλες ουσίες.

Η επεξεργασία του φυσικού αερίου συνίσταται στον διαχωρισμό των διάφορων υδρογονανθράκων και ρευστών από το ακατέργαστο φυσικό αέριο, για την παραγωγή αυτού που είναι γνωστού ως «ποιότητας αγωγού» ξηρό φυσικό αέριο. Οι μείζονες αγωγοί μεταφοράς συνήθως επιβάλλουν περιορισμούς για την σύνθεση του φυσικού αερίου που επιτρέπεται να εισαχθεί στον αγωγό. Αυτό σημαίνει ότι πριν μπορέσει να μεταφερθεί το φυσικό αέριο πρέπει να καθαριστεί. Αν και το αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και τα πεντάνια πρέπει να απομακρυνθούν από το φυσικό αέριο, αυτό δεν σημαίνει ότι είναι άχρηστα προϊόντα.

Στην πραγματικότητα, οι συνοδοί υδρογονάνθρακες, γνωστοί ως «υγρά του φυσικού αερίου» NGL (natural gas liquids), μπορεί να είναι αρκετά πολύτιμα παραπροϊόντα της επεξεργασίας του φυσικού αερίου. Τα NGL περιλαμβάνουν αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, ισοβουτάνιο και φυσική βενζίνη. Αυτά τα NGL πωλούνται ξεχωριστά και έχουν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών χρήσεων, όπως ως πρώτη ύλη σε διυλιστήρια πετρελαίων ή πετροχημικά εργοστάσια ακόμα και ως πηγές ενέργειας.

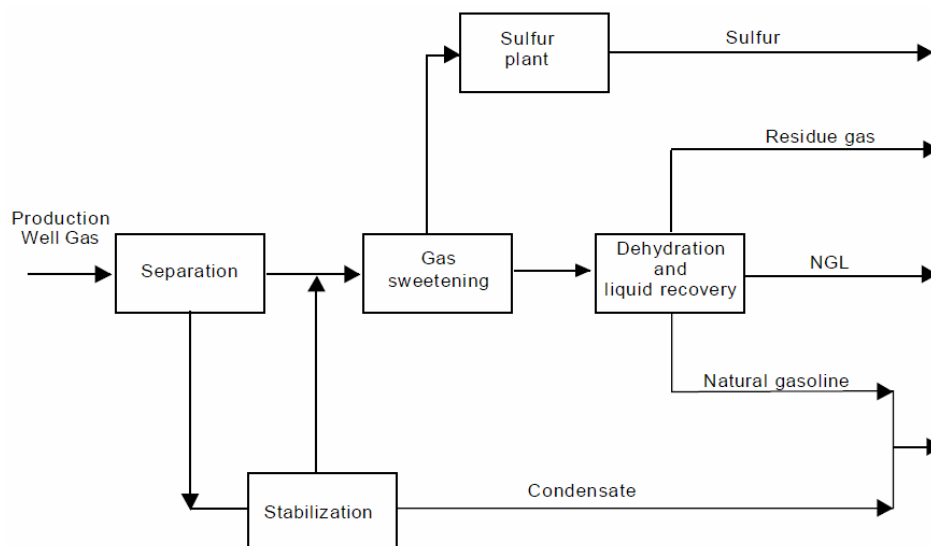
Ενώ κάποιες διεργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν στην κεφαλή της πηγής ή κοντά σε αυτή, ωστόσο ολόκληρη η επεξεργασία του φυσικού αερίου λαμβάνει χώρα σε κατάλληλο εργοστάσιο επεξεργασίας συχνά εγκατεστημένο στην περιοχή παραγωγής φυσικού αερίου (σχήμα 2.18). Το εξαγόμενο φυσικό αέριο μεταφέρεται σε αυτά μέσω ενός δικτύου αγωγών, μικρής διαμέτρου και χαμηλής πίεσης. Ένα πολύπλοκο σύστημα συλλογής μπορεί να αποτελείται από χιλιάδες χιλιόμετρα αγωγών που διασυνδέουν το εργοστάσιο επεξεργασίας με πάνω από 100 πηγές στην περιοχή. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση Αερίου, εκτιμάται ότι το 1999 στην Αμερική υπήρχαν 58100 km σωληνώσεων συλλογής φυσικού αερίου.



Σχήμα 2.18. Εργοστάσιο επεξεργασίας φυσικού αερίου.

Η τεχνική επεξεργασίας του ακατέργαστου φυσικού αερίου σε ξηρό φυσικό αέριο ποιότητας αγωγού μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη (σχήμα 2.19), αλλά συνήθως περιλαμβάνει τέσσερις κύριες διεργασίες για την αφαίρεση των διάφορων ακαθαρσιών:

- Απομάκρυνση πετρελαίου & συμπυκνωμάτων
- Απομάκρυνση νερού
- Διαχωρισμός των NGL
- Απομάκρυνση του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα



Σχήμα 2.19. Στάδια επεξεργασίας φυσικού αερίου. [11]

Εκτός από τις τέσσερις διεργασίες αυτές, συνήθως εγκαθίστανται στην κεφαλή της πηγής θερμαντήρες και αποξεστές. Οι αποξεστές εξυπηρετούν κυρίως για την απομάκρυνση της άμμου και άλλων μεγάλων σωματιδίων. Οι θερμαντήρες εξασφαλίζουν ότι η θερμοκρασία του φυσικού αερίου δεν θα πέσει πολύ χαμηλά. Εάν το φυσικό αέριο περιέχει ακόμα και μικρές ποσότητες νερού, με την πτώση της θερμοκρασίας, τείνουν να σχηματιστούν υδρίτες φυσικού αερίου, που όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι στερεές ή ημι-στερεές ουσίες που μοιάζουν με κρυστάλλους πάγου. Εάν οι υδρίτες αυτοί συσσωρευθούν, μπορούν να εμποδίσουν την ροή του φυσικού αερίου μέσα από τις βαλβίδες και τα συστήματα συλλογής. Για να μειωθεί η εμφάνιση των υδριτών, μικρές μονάδες θερμαντήρων που καίνε φυσικό αέριο εγκαθίστανται κατά μήκος της σωλήνωσης συλλογής όπου είναι πιθανός ο σχηματισμός τους.

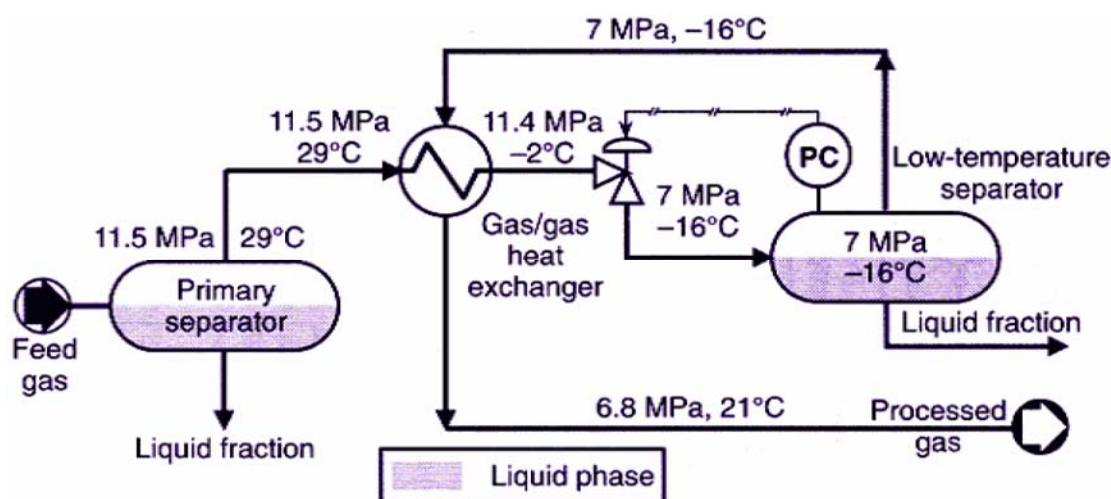
Απομάκρυνση πετρελαίου & συμπυκνωμάτων

Για να επεξεργασθεί και μεταφερθεί το διαλυμένο συνοδό φυσικό αέριο, πρέπει πρώτα να διαχωριστεί από το πετρέλαιο μέσα στο οποίο είναι διαλυμένο. Ο διαχωρισμός του φυσικού αερίου από το πετρέλαιο πραγματοποιείται συνήθως με εξοπλισμό που εγκαθίσταται κοντά στην κεφαλή της πηγής.

Η πραγματική διαδικασία που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό του πετρελαίου από το φυσικό αέριο, όπως και ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός διαφέρουν κατά περίπτωση. Αν και το ξηρό φυσικό αέριο ποιότητας αγωγού είναι σχεδόν πανομοιότυπο σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, το ακατέργαστο φυσικό αέριο από διαφορετικές περιοχές είναι πιθανό να έχει διαφορετική σύσταση και απαιτήσεις διαχωρισμού. Σε πολλές περιπτώσεις το φυσικό αέριο είναι διαλυμένο στο πετρέλαιο κυρίως λόγω της πίεσης στην οποία βρίσκεται ο σχηματισμός.

Όταν το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο παράγονται, είναι δυνατό να διαχωριστούν από μόνα τους, απλά λόγω της μειωμένης πίεσης. Σε αυτές της περιπτώσεις, ο διαχωρισμός πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι σχετικά εύκολος. Ο πιο βασικός τύπος διαχωριστή είναι γνωστός ως συμβατικός διαχωριστής. Αποτελείται από μια απλή κλειστή δεξαμενή, όπου η δύναμη της βαρύτητας χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των βαρύτερων υγρών όπως το πετρέλαιο από τα ελαφρύτερα αέρια, όπως το φυσικό αέριο.

Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ωστόσο, είναι αναγκαίος ειδικός εξοπλισμός για τον διαχωρισμό του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Ένα παράδειγμα τέτοιου εξοπλισμού είναι ο Χαμηλής Θερμοκρασίας Διαχωριστής, LTX⁷, όπου χρησιμοποιείται συνήθως για πηγές που παράγουν υψηλής πίεσης αέριο μαζί με ελαφρύ αργό πετρέλαιο ή συμπύκνωμα (σχήμα 2.20). Αυτοί οι διαχωριστές χρησιμοποιούν διαφορικές πιέσεις για την ψύξη του υγρού φυσικού αερίου και τον διαχωρισμό του πετρελαίου και του συμπυκνώματος.



Σχήμα 2.20. Απομάκρυνση πετρελαίου & συμπυκνωμάτων από το φυσικό αέριο. [8]

Το υγρό αέριο εισέρχεται στον διαχωριστή ψυχόμενο ελαφρά από έναν εναλλάκτη θερμότητας. Το αέριο περνάει κατόπιν μέσα από ένα υψηλής πίεσης υγρό, το οποίο απομακρύνει τα όποια υγρά σε ένα χαμηλής θερμοκρασίας διαχωριστή. Το αέριο μετά ρέει εντός αυτού του χαμηλής θερμοκρασίας διαχωριστή διαμέσου μιας βαλβίδας στένωσης ροής

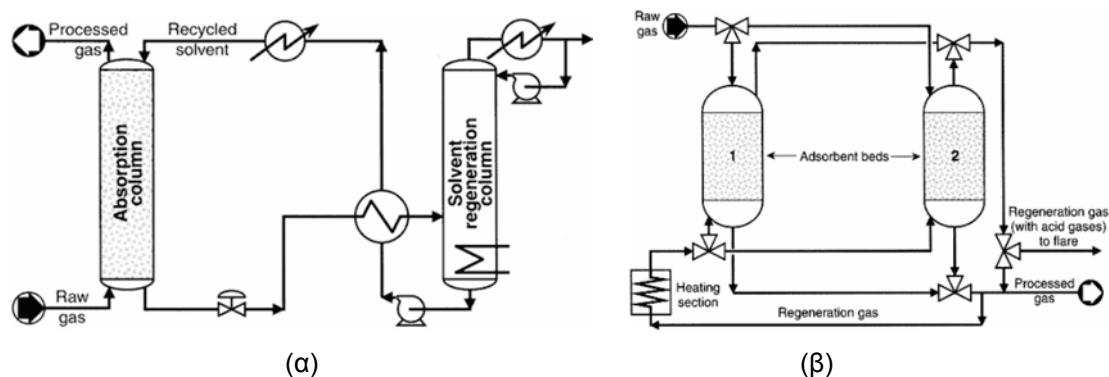
⁷ Low-Temperature Separator

η οποία διαστέλλει το αέριο καθώς αυτό εισέρχεται στο διαχωριστή. Αυτή η ταχεία εκτόνωση του αερίου επιτρέπει την μείωση της θερμοκρασίας στον διαχωριστή. Μετά την απομάκρυνση του υγρού, το ξηρό αέριο ρέει πίσω διαμέσου του εναλλάκτη θερμότητας και θερμαίνεται από το εισερχόμενο υγρό αέριο. Μεταβάλλοντας την πίεση του αερίου σε διάφορα τμήματα του διαχωριστή, είναι δυνατή η μεταβολή της θερμοκρασίας, η οποία προκαλεί την συμπύκνωση του πετρελαίου και του νερού και απομάκρυνσή του από την ροή του υγρού αερίου. Αυτή η βασική σχέση μεταξύ πίεσης και θερμοκρασίας μπορεί να αντιστραφεί για την εξαγωγή αερίου από ροή υγρού πετρελαίου.

Απομάκρυνση νερού

Εκτός της απομάκρυνσης του πετρελαίου και κάποιου συμπυκνώματος από το υγρό αέριο, είναι αναγκαίο να απομακρυνθεί και το μεγαλύτερο μέρος του νερού. Το περισσότερο από το υγρό, ελεύθερο νερό που υπάρχει στο εξαγόμενο φυσικό αέριο απομακρύνεται με απλές μεθόδους διαχωρισμού κοντά ή στην ίδια την κεφαλή της πηγής. Ωστόσο, η αφαίρεση των υδρατμών που υπάρχουν διαλυμένοι στο φυσικό αέριο απαιτεί μια πιο πολύπλοκη διαδικασία. Αυτή η διαδικασία συνίσταται στην αφυδάτωση του φυσικού αερίου, η οποία συνήθως περιλαμβάνει μία εκ των δύο διεργασιών: απορρόφηση ή προσρόφηση.

Η απορρόφηση (σχήμα 2.21) συμβαίνει όταν ο υδρατμός απομακρύνεται με την χρήση αφυδατικού μέσου ενώ η προσρόφηση συμβαίνει όταν ο υδρατμός συμπυκνώνεται και συλλέγεται στην επιφάνεια.



Σχήμα 2.21. Μέθοδοι αφυδάτωσης φυσικού αερίου με: α) απορρόφηση β) προσρόφηση. [8]

Ένα παράδειγμα της αφυδάτωσης απορρόφησης είναι γνωστή ως Αφυδάτωση Γλυκόλης. Σε αυτή τη διαδικασία, ένας υγρός ξηραντικός αφυδατωτής χρησιμοποιείται για την απορρόφηση υδρατμού από το αέριο. Η γλυκόλη, το κύριο μέσο αυτής της διεργασίας έχει μια χημική έλξη για νερό. Αυτό σημαίνει ότι όταν έλθει σε επαφή με ροή φυσικού αερίου που περιέχει νερό, η γλυκόλη θα εξυπηρετήσει στην απομάστευση του νερού από την ροή του αερίου. Ουσιαστικά, η αφυδάτωση γλυκόλης, περιλαμβάνει την χρήση ενός διαλύματος

γλυκόλης, συνήθως είτε διαιθυλενογλυκόλη (DEG⁸) ή τριαιθυλενογλυκόλη (TEG⁹), το οποίο φέρνεται σε επαφή με το υγρό αέριο μέσω μιας ειδικής συσκευής. Το διάλυμα γλυκόλης θα απορροφήσει το νερό από το υγρό αέριο. Μόλις απορροφηθεί, τα σωματίδια γλυκόλης θα γίνουν βαρύτερα και θα κατέλθουν στο κάτω μέρος της συσκευής από όπου και απομακρύνονται.

Το φυσικό αέριο, έχοντας πλέον αφυδατωθεί, μεταφέρεται εκτός του αφυδατωτή. Το διάλυμα γλυκόλης, έχοντας όλο το απομακρυνθέν νερό, τοποθετείται μέσα σε ένα ειδικό λέβητα σχεδιασμένο για την ατμοποίηση μόνο του νερού από το διάλυμα. Ενώ το νερό έχει σημείο βρασμού τους 100°C η γλυκόλη δεν βράζει μέχρι τους 205°C. Αυτό η διαφοροποίηση καθιστά εύκολη την απομάκρυνση του νερού από το διάλυμα γλυκόλης, επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίησή του στην διεργασία αφυδάτωσης.

Η αφυδάτωση με στερεά ξηραντικά μέσα είναι η κύρια μορφή αφυδάτωσης του φυσικού αερίου με προσρόφηση και συνήθως αποτελείται από δύο ή περισσότερους πύργους προσρόφησης (σχήμα 2.22), οι οποίοι γεμίζονται με στερεό ξηραντικό μέσο. Τυπικά ξηραντικά μέσα είναι η ενεργή αλουμίνα ή τζελ κοκκώδους πυριτίου. Το υγρό αέριο περνά μέσα από αυτούς τους πύργους, από πάνω προς τα κάτω. Καθώς το υγρό αέριο περνά γύρω από τα σωματίδια του ξηραντικού υλικού, το νερό κατακρατείται στην επιφάνεια αυτών των σωματιδίων. Περνώντας από όλη την κλίνη ξηραντικού υλικού, σχεδόν όλο το νερό προσροφάται πάνω στο ξηραντικό υλικό, αφήνοντας το ξηρό αέριο να εξέλθει στο κάτω μέρος του πύργου.



Σχήμα 2.22. Πύργοι προσρόφησης.

Οι αφυδατωτές στερεού ξηραντικού μέσου είναι τυπικά πιο αποτελεσματικοί από τους αφυδατωτές γλυκόλης και συνήθως είναι εγκατεστημένοι κατά μήκος των αγωγών φυσικού αερίου. Αυτά τα συστήματα αφυδάτωσης είναι περισσότερο κατάλληλα για μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου υπό πολύ υψηλή πίεση και συνεπώς τοποθετούνται συνήθως

⁸ Diethylene Glycol

⁹ Triethylene Glycol

στον αγωγό κατάντι του σταθμού συμπίεσης. Δύο ή περισσότεροι πύργοι απαιτούνται λόγω του γεγονότος ότι μετά από μια συγκεκριμένη περίοδο χρήσης, το ξηραντικό μέσο σε ένα συγκεκριμένο πύργο γίνεται κορεσμένο σε νερό. Για την «αναγέννηση» του ξηραντικού, χρησιμοποιείται ένας θερμαντήρας υψηλής θερμοκρασίας ο οποίος θερμαίνει το αέριο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Διοχετεύοντας αυτό το θερμό αέριο μέσω μιας κλίνης κορεσμένου ξηραντικού εξατμίζεται το νερό στον πύργο ξήρανσης, αφήνοντας το ξηρό και επιτρέποντας την περαιτέρω αφυδάτωση του φυσικού αερίου.

Διαχωρισμός των NGL

Το φυσικό αέριο που έρχεται από την πηγή περιέχει πολλά υγρά φυσικού αερίου που συνήθως απομακρύνονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα NGL έχουν υψηλότερη αξία ως μεμονωμένα προϊόντα και είναι συνεπώς οικονομικός ο διαχωρισμός τους από το φυσικό αέριο. Η απομάκρυνση των NGL συνήθως λαμβάνει χώρα σε ένα σχετικά κεντρικό εργοστάσιο επεξεργασίας και χρησιμοποιεί τεχνικές παρόμοιες με αυτές για την αφυδάτωση του φυσικού αερίου.

Υπάρχουν δύο βασικά στάδια για την κατεργασία των NGL στο φυσικό αέριο. Πρώτον, τα υγρά πρέπει να εξαχθούν από το φυσικό αέριο. Δεύτερον, αυτά τα υγρά πρέπει να διαχωριστούν μεταξύ τους, μέχρι τα βασικά τους συστατικά.

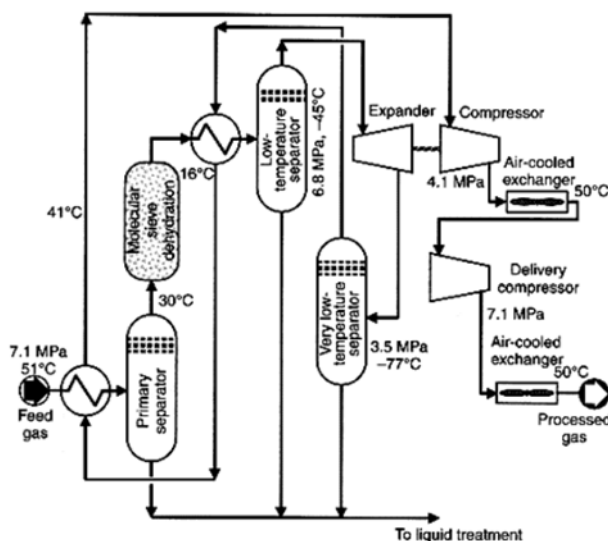
Όσον αφορά στην εξαγωγή των υγρών από το φυσικό αέριο, υπάρχουν δύο κύριες τεχνικές, η μέθοδος απορρόφησης και η διεργασία κρυογονικής εκτόνωσης. Σύμφωνα με την Ένωση Επεξεργαστών Αερίου, αυτές οι δύο τεχνικές χρησιμοποιούνται για το 90% της ολικής παραγωγής υγρών φυσικού αερίου.

Η μέθοδος απορρόφησης είναι παρόμοια με την τεχνική απορρόφησης της αφυδάτωσης. Η κύρια διαφορά είναι ότι στην απορρόφηση NGL, ένα απορροφητικό έλαιο χρησιμοποιείται σε αντίθεση με την γλυκόλη. Αυτό το απορροφητικό έλαιο παρουσιάζει έλξη για τα NGL όπως περίπου η γλυκόλη για το νερό. Πριν το έλαιο απορροφήσει κάποια ποσότητα NGL, ονομάζεται πτωχό απορροφητικό έλαιο. Καθώς το φυσικό αέριο διοχετεύεται διαμέσου ενός πύργου απορρόφησης, έρχεται σε επαφή με το απορροφητικό έλαιο το οποίο απορροφά ένα μεγάλο μέρος των NGL. Το πλούσιο απορροφητικό έλαιο, που τώρα περιέχει NGL, εξέρχεται από το κάτω μέρος του πύργου απορρόφησης. Είναι τώρα ένα μίγμα απορροφητικού ελαίου, προπανίου, βουτανίου, πεντανίων και άλλων βαρύτερων υδρογονανθράκων. Το πλούσιο έλαιο διοχετεύεται κατόπιν σε συσκευές όπου θερμαίνεται σε θερμοκρασία άνω του σημείου βρασμού των NGL αλλά κάτω αυτού του ελαίου. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την ανάκτηση του 75% περίπου των βουτανίων, και του 85-90% των πεντανίων και βαρύτερων μορίων από το φυσικό αέριο.

Η βασική μέθοδος απορρόφησης, μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να βελτιωθεί η απόδοσή της ή για τον διαχωρισμό συγκεκριμένων NGL. Στην ψυκτική μέθοδο απορρόφησης, όπου το πτωχό έλαιο ψύχεται, η ανάκτηση του προπανίου μπορεί να φτάσει και το 90% και του αιθανίου στο 40%, ενώ η ανάκτηση των υπόλοιπων βαρύτερων υδρογονανθράκων είναι αρκετά κοντά στο 100%.

Εκτός της μεθόδου απορρόφησης, χρησιμοποιείται επίσης και η κρυογονική διεργασία για τον διαχωρισμό των NGL από το φυσικό αέριο. Ενώ οι μέθοδοι απορρόφησης μπορούν να διαχωρίσουν σχεδόν όλα τα βαρύτερα NGL, οι ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες, όπως το αιθάνιο, είναι συνήθως πιο δύσκολο να ανακτηθεί από το φυσικό αέριο. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, εάν είναι οικονομικό να εξαχθεί αιθάνιο και άλλοι ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες, απαιτείται η χρήση κρυογονικών διεργασιών για υψηλούς ρυθμούς ανάκτησης. Ουσιαστικά, οι κρυογονικές διεργασίες συνίστανται στην πτώση της θερμοκρασίας του φυσικού αερίου στους -85°C .

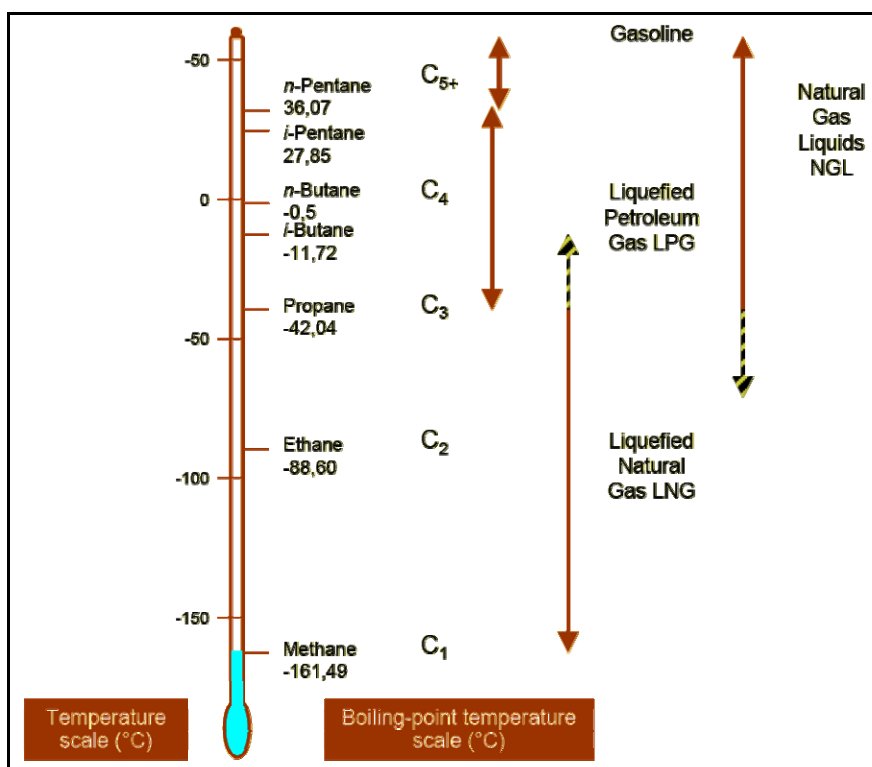
Υπάρχει ένα πλήθος διαφορετικών τρόπων ψύξης του αερίου σε αυτές τις θερμοκρασίες, αλλά ο πιο αποτελεσματικός είναι η διεργασία εκτόνωσης στροβίλου (σχήμα 2.23). Σε αυτή, εξωτερικά ψυκτικά μέσα χρησιμοποιούνται για να ψύξουν τη ροή του φυσικού αερίου. Κατόπιν, ένας στρόβιλος εκτόνωσης χρησιμοποιείται για την ταχεία εκτόνωση των ψυχθέντων αερίων, το οποίο προκαλεί την σημαντική πτώση της θερμοκρασίας. Αυτή η απότομη πτώση της θερμοκρασίας συμπυκνώνει το αιθάνιο και τους άλλους υδρογονάνθρακες στο φυσικό αέριο, ενώ διατηρεί το μεθάνιο σε αέρια κατάσταση. Η διεργασία αυτή επιτρέπει ανάκτηση του 90-95% περίπου του αρχικού αιθανίου στο φυσικό αέριο. Επιπροσθέτως, ο στρόβιλος εκτόνωσης είναι ικανός να μετατρέψει κάποια από την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την εκτόνωση του φυσικού αερίου σε επανασυμπίεση του αερίου μεθανίου, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια και κόστος για την εξαγωγή του μεθανίου.



Σχήμα 2.23. Κύκλος ψύξης με στρόβιλο εκτόνωσης. [8]

Ο διαχωρισμός των NGL από το φυσικό αέριο παράγει όχι μόνο καθαρότερο φυσικό αέριο αλλά και άλλους πολύτιμους υδρογονάνθρακες που είναι τα ίδια τα NGL. Όπως προαναφέρθηκε, μόλις τα NGL απομακρυνθούν από το φυσικό αέριο πρέπει να διαχωριστούν στα βασικά τους συστατικά για να είναι χρήσιμα, μέσω μιας διεργασίας γνωστής ως κλασματικής απόσταξης. Η διεργασία αυτή βασίζεται στα διαφορετικά σημεία βρασμού των διάφορων υδρογονανθράκων στο NGL και πραγματοποιείται σε στάδια όπου σε κάθε στάδιο διαχωρίζεται και από ένα είδος υδρογονάνθρακα, αρχίζοντας με τον διαχωρισμό των ελαφρύτερων υδρογονανθράκων, σχήμα 2.24. Το κάθε στάδιο ονομάζεται ανάλογα με το είδος του υδρογονάνθρακα που απομακρύνεται σε αυτό και η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται είναι η ακόλουθη:

- Αποαιθανιοποίηση: Διαχωρισμός του αιθανίου από το NGL
- Αποπροπανιοποίηση: Διαχωρισμός του προπανίου από το NGL
- Αποβουτανιοποίηση: Διαχωρισμός των βουτανίων από το NGL, αφήνοντας τα πεντάνια και τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες στο NGL
- Αποισοβουτανιοποίηση: Διαχωρισμός των ισο-βουτανίων και των κανονικών βουτανίων



Σχήμα 2.24. Σημεία βρασμού των διάφορων υδρογονανθράκων. [8]

Απομάκρυνση του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα

Πέραν της απομάκρυνσης του νερού, πετρελαίου και των NGL, ένα από τα σημαντικότερα στάδια επεξεργασίας του φυσικού αερίου είναι απομάκρυνση του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα. Το φυσικό αέριο, όπως εξάγεται από κάποιες πηγές περιέχει

σημαντικές ποσότητες θείου και διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό το φυσικό αέριο, ονομάζεται όξινο και είναι ανεπιθύμητο καθώς οι θειούχες ενώσεις που περιέχει μπορεί να είναι εξαιρετικά επιβλαβείς και ίσως θανατηφόρες, εάν εισπνευσθούν αλλά είναι επίσης και εξαιρετικά διαβρωτικό. Εκτός αυτού, το θείο που περιέχεται στο όξινο φυσικό αέριο μπορεί να εξαχθεί και να εμπορευθεί. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, το θείο που εξαγεται από το φυσικό αέριο αποτελεί το 15% της συνολικής παραγωγής θείου.

Το θείο υπάρχει στο φυσικό αέριο ως υδρόθειο (H_2S) και το αέριο θεωρείται ως επικίνδυνο εάν η συγκέντρωση του υδρόθειου ξεπερνά τα 5.7 mg/m^3 . Η κύρια διεργασία απομάκρυνσης του θείου είναι παρόμοια με τις διαδικασίες αφυδάτωσης γλυκόλης και απορρόφησης NGL. Σε αυτή την περίπτωση, ωστόσο, χρησιμοποιούνται διαλύματα αμίνης για την απομάκρυνση του υδρόθειου. Η διαδικασία είναι γνωστή ως μέθοδος Girdler και χρησιμοποιείται ευρέως. Το φυσικό αέριο διοχετεύεται σε ένα πύργο ο οποίος περιέχει το διάλυμα αμίνης, το οποίο απορροφά το θείο (σχήμα 2.25). Τα δύο κύρια διαλύματα που χρησιμοποιούνται σε υγρή μορφή στη βιομηχανία είναι η μονοαιθανιαμίνη (MEA^{10}) και η διαιθανιαμίνη (DEA^{11}). Τα διαλύματα μπορούν μετά από κατάλληλη κατεργασία να επαναχρησιμοποιηθούν.



Σχήμα 2.25. Εργοστάσιο αποθειοποίησης φυσικού αερίου.

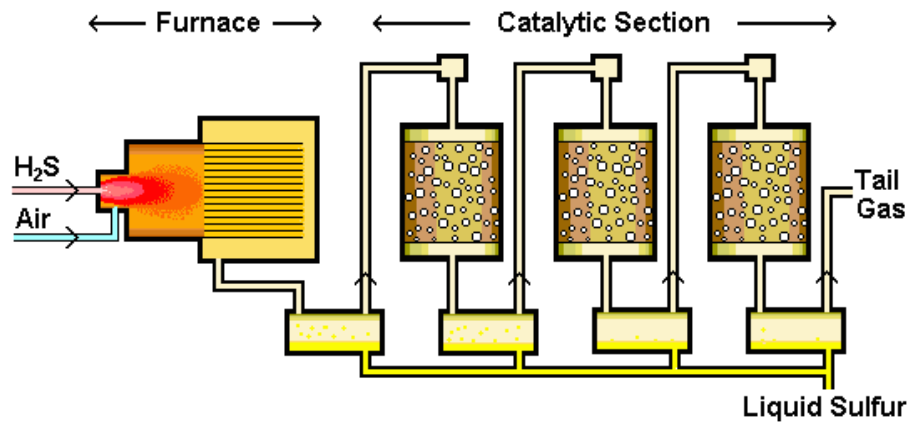
Εκτός, της διεργασίας αυτής όμως, είναι δυνατή η χρήση στερεών ξηραντικών μέσων όπως οι σπόγγοι σιδήρου ($Fe+S \rightarrow FeS$), για την απομάκρυνση του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα.

Το θείο μπορεί να πουληθεί και να χρησιμοποιηθεί εφόσον αναχθεί στην στοιχειώδη μορφή του η οποία είναι μια πούδρα, ανοιχτού κίτρινου χρώματος, και μπορεί να παρατηρηθεί συχνά σε μεγάλους σωρούς κοντά στα εργοστάσια επεξεργασίας φυσικού αερίου. Για να παραχθεί αυτή η στοιχειώδης μορφή του θείου, χρησιμοποιείται η μέθοδος Claus η οποία διαχωρίζει το θείο από το υδρόθειο με θερμικές και καταλυτικές αντιδράσεις

¹⁰ Monoethanolamine

¹¹ Diethanolamine

(σχήμα 2.26). Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μια δυνατότητα ανάκτησης του θείου που αγγίζει συχνά το 97% η οποία σε συνδυασμό με περαιτέρω διεργασίες φιλτραρίσματος και αποτέφρωσης φθάνει σε ένα ποσοστό άνω του 98%.



Σχήμα 2.26. Παραγωγή θείου με την μέθοδο Claus.

Η επεξεργασία του φυσικού αερίου είναι ένα πολύ χρήσιμο τμήμα της αλυσίδας παραγωγής του. Είναι βασικό να εξασφαλισθεί ότι το φυσικό αέριο που προορίζεται για κατανάλωση είναι όσο το δυνατό καθαρότερο, κατατάσσοντάς το ως καύσιμο καθαρής καύσης και φιλικό προς το περιβάλλον. Μόλις το φυσικό αέριο έχει επεξεργασθεί πλήρως και είναι έτοιμο για χρήση, πρέπει να μεταφερθεί στους τελικούς καταναλωτές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ & ΔΙΑΝΟΜΗ Φ.Α.

3.1.Μεταφορά

Η αποδοτική και αποτελεσματική μετακίνηση φυσικού αερίου από τις περιοχές παραγωγής στις περιοχές κατανάλωσης απαιτεί ένα εκτενές και επιμελημένο σύστημα μεταφορών. Σε πολλές περιπτώσεις, το φυσικό αέριο που παράγεται από μία συγκεκριμένη πηγή θα πρέπει να διανύσει μια μεγάλη απόσταση για να φθάσει στο σημείο χρήσης του. Το σύστημα μεταφορών για φυσικό αέριο αποτελείται από ένα σύνθετο δίκτυο σωληνώσεων, σχεδιασμένο για γρήγορη και αποτελεσματική μεταφορά του φυσικού αερίου από την προέλευσή του, στις περιοχές υψηλής ζήτησης. Επίσης, η μεταφορά του φυσικού αερίου συνδέεται στενά με την αποθήκευσή του. Εάν δεν υπάρχει ζήτηση φυσικού αερίου την περίοδο που μεταφέρεται, μπορεί να τεθεί στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης για όταν υπάρξει η ανάλογη ζήτηση.

Υπάρχουν ουσιαστικά τρεις σημαντικοί τύποι σωληνώσεων κατά μήκος της διαδρομής μεταφορών: το σύστημα συλλογής, η διαπολιτειακή σωλήνωση, και το σύστημα διανομής. Το σύστημα συλλογής αποτελείται από χαμηλής πίεσης, μικρής διαμέτρου σωληνώσεις που μεταφέρουν ακατέργαστο φυσικό αέριο από την πηγή στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Εάν το φυσικό αέριο από μια συγκεκριμένη πηγή έχει υψηλό περιεχόμενο θείου και διοξειδίου του άνθρακα (όξινο αέριο), πρέπει να εγκατασταθεί εξειδικευμένος όξινος σωλήνας συλλογής. Το όξινο αέριο είναι εξαιρετικά διαβρωτικό και επικίνδυνο, κατά συνέπεια η μεταφορά του από την πηγή στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας πρέπει να γίνει προσεκτικά.

Οι σωληνώσεις μπορούν να χαρακτηριστούν ως διακρατικές ή διαπολιτειακές. Οι διακρατικές σωληνώσεις μεταφέρουν φυσικό αέριο επί των κρατικών συνόρων, σε μερικές περιπτώσεις σαφώς και σε ολόκληρη τη χώρα. Οι διαπολιτειακές σωληνώσεις, αφ' ετέρου, μεταφέρουν φυσικό αέριο μέσα σε ένα συγκεκριμένο κράτος. Οι σωληνώσεις φυσικού αερίου υπόκεινται σε ρυθμιστικές διατάξεις, οι οποίες καθορίζουν από πολλές απόψεις τον τρόπο με τον οποίο οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής πρέπει να λειτουργήσουν.

Το διακρατικό σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου μεταφέρει επεξεργασμένο φυσικό αέριο από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας στις περιοχές παραγωγής του σε εκείνες τις περιοχές με υψηλή ζήτηση σε φυσικό αέριο, ιδιαίτερα σε μεγάλες και πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Όπως γίνεται κατανοητό, το δίκτυο σωληνώσεων επεκτείνεται σε ολόκληρη τη χώρα. Οι διακρατικές σωληνώσεις είναι οι "εθνικές οδοί" της μεταφοράς φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο που μεταφέρεται μέσω των διακρατικών σωληνώσεων βρίσκεται υπό υψηλή

πίεση (14-105 bar). Αυτό μειώνει τον όγκο του μεταφερόμενου φυσικού αερίου (μέχρι 600 φορές), καθώς επίσης παρέχει και την προωστική δύναμη για να κινήσει το φυσικό αέριο στη σωλήνωση.

Οι διακρατικές σωληνώσεις αποτελούνται από διάφορα συστήματα που εξασφαλίζουν την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία που απαιτείται από ένα σύστημα που παραδίδει μια τέτοια σημαντική πηγή ενέργειας όλο το έτος, 24 ώρες ημερησίως.

3.1.1. Επίγεια δίκτυα μεταφοράς

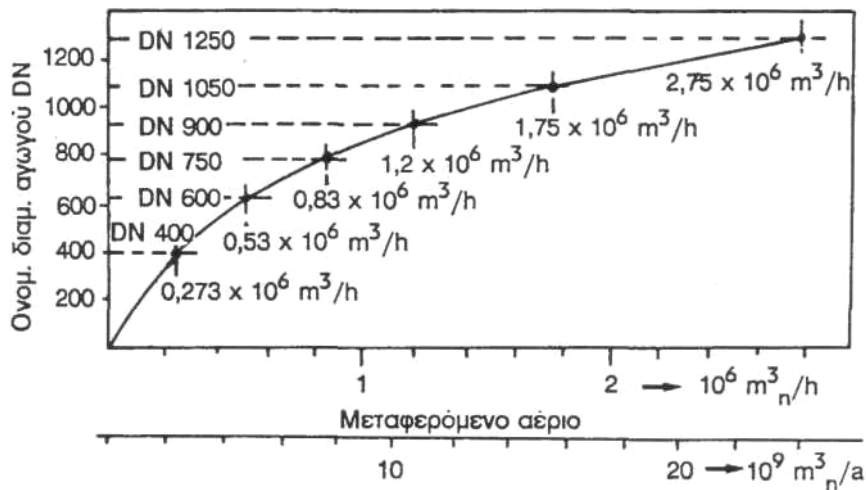
Το μεγαλύτερο ποσοστό του φυσικού αερίου, όχι μόνο μέσα στις ίδιες τις παραγωγικές χώρες αλλά όσον αφορά στο διεθνές εμπόριο, διακινείται με δίκτυα πιεστικών αγωγών. Είναι προφανές, ότι η αύξηση της δυνατότητας παροχής επιδιώκεται με αύξηση των πιέσεων. Οι σύγχρονες γραμμές μεταφοράς λειτουργούν με πίεση 67.5 ή 80 bar με τάση αυξήσεως στο προσεχές μέλλον στα 120 bar. Στον πίνακα 3.1 δίδονται στοιχεία για την εξέλιξη των δικτύων μεταφοράς. Για την κατανόηση των δυνατοτήτων μεταφοράς γίνεται στον πίνακα 3.2 σύγκριση προς ένα υπέργειο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τριπλό αγωγό 380kV, που μπορεί να μεταφέρει ενέργεια $1.4 \cdot 10^6$ kWh/h. Η σύγκριση έγινε με ισοτιμία $H_0 = 11.4$ kWh/m³. Ο πίνακας δείχνει, ότι ήδη τα σημερινά δίκτυα φυσικού αερίου μπορούν να μεταφέρουν συγκριτικά προς τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας πολύ μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας. Σαφέστερη εικόνα των δυνατοτήτων μεταφοράς παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.

Πίνακας 3-1. Εξέλιξη δικτύων μεταφοράς φυσικού αερίου. [5]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	1910	1929	1965	1980	ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ
Πίεση λειτουργίας, bar	2	20	67.5	80	120
Μέγιστη διάμετρος, mm	400	500	900	1420	1620
Δυνατότητες μεταφοράς, ετησίως 10^9 m ³ /a	80	650	8300	26000	52000
Μέγιστο μεταφοράς, MW	110	890	11400	35750	71500
Ποσοστό καταναλισκόμενου αερίου για την συμπίεση ανά 1000 km, %	8.1	5.2	2.4	1.8	1.4

Πίνακας 3-2. Σύγκριση μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. [5]

	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ 80 bar ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΓΩΓΟΥ			
		Ø 284	Ø 600	Ø 1200	Ø 1420
10^6 m ³ /h	-	0.123	0.55	2.2	3.1
10^6 kWh/h	1.4	1.4	6.25	25	35



Σχήμα 3.1. Δυνατότητες μεταφοράς σημερινών αγωγών. [5]

Τα δίκτυα φυσικού αερίου τοποθετούνται σε βάθος 2 – 2.5 m έχουν ζώνη εργασίας 10-15 m, στην οποία μπορεί να γίνει κατάλληλη αγροτική παραγωγή (χαμηλά φυτά, όχι θάμνοι, όχι δέντρα). Προβλέπεται προστασία έναντι υγρασίας και προστασία με συνεχές ρεύμα. Στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου τοποθετούνται συστήματα συγκρατήσεως των τυχόν συμπυκνωμένων βαρύτερων υδρογονανθράκων. Με τα μέτρα προστασίας αυτά υπολογίζεται χρόνος ζωής τουλάχιστον 50 ετών, που επιβεβαιώνεται και από την πράξη (λειτουργούν παλαιά δίκτυα περισσότερο από 70 χρόνια).

Τα κυριότερα προβλήματα, που τίθενται στον σχεδιασμό των δικτύων είναι:

- Αριθμός παραλλήλων αγωγών (ένας ή περισσότεροι)
- Επιλογή διαμέτρου.
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας.
- Απόσταση των σταθμών συμπίεσεως.
- Σχέση συμπίεσεως των σταθμών.
- Αποθήκευση αερίου ή εγκατάσταση παραγωγής συμπληρωματικού αερίου για την αντιμετώπιση αιχμών.

Τα υπάρχοντα σήμερα δίκτυα υπερβαίνουν τα $1 \cdot 10^6$ km πιεστικών αγωγών. Όσον αφορά στη Δυτική Ευρώπη ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η γραμμή μεταφοράς του ρωσικού αερίου της Σιβηρίας μήκους 14000 km. Οι δι' αυτού διακινούμενες ποσότητες φθάνουν τα $65 \cdot 10^9 \text{ m}_n^3/\text{a}$.

Οι σωληνώσεις μπορούν να είναι από 6 έως 48" σε διάμετρο, αν και ορισμένα τμήματα σωλήνων μπορούν να αποτελεσθούν από σωλήνωση μικρότερης διαμέτρου (Φ0.5"). Εντούτοις, αυτή η μικρής διαμέτρου σωλήνωση χρησιμοποιείται συνήθως μόνο στα συστήματα συλλογής και διανομής. Η βασική σωλήνωση σε ένα δεδομένο σύστημα, είναι συνήθως μεταξύ 16" και 48" σε διάμετρο. Οι πλευρικές σωληνώσεις, οι οποίες μεταφέρουν

φυσικό αέριο σε ή από την κύρια σωλήνωση, είναι τυπικά μεταξύ 6" και 16" σε διάμετρο. Οι πιο κύριες διακρατικές σωληνώσεις είναι μεταξύ 24" και 36" σε διάμετρο. Η ίδια η σωλήνωση, αποκαλούμενη συνήθως "σωληνογραμμή", αποτελείται από ένα χάλυβα υψηλής αντοχής, που κατασκευάζεται για να ανταποκριθεί στα πρότυπα που καθορίζονται από τους αρμόδιους οργανισμούς και νομοθεσίες.

Οι σωληνώσεις παράγονται σε εργοστάσια χαλυβουργίας, τα οποία μερικές φορές ειδικεύονται μόνο στην παραγωγή σωληνώσεων. Υπάρχουν δύο διαφορετικές τεχνικές παραγωγής, μια για τους σωλήνες μικρών διαμέτρων και μια για τους σωλήνες μεγάλων διαμέτρων. Για τους σωλήνες μεγάλων διαμέτρων, από 20" έως 42" σε διάμετρο, οι σωλήνες παράγονται από φύλλα μετάλλου που είναι διπλωμένα σε σχήμα κυλίνδρου, με τις άκρες τους να συγκολλούνται έτσι ώστε να διαμορφώσουν ένα τμήμα σωλήνωσης. Ο σωλήνας μικρής διαμέτρου, αντιθέτως, μπορεί να παραχθεί χωρίς ραφή. Αυτό περιλαμβάνει τη θέρμανση μιας μεταλλικής ράβδου σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και κατόπιν τη διάτρηση μιας τρύπας στο κέντρο της διατομής της ράβδου, για να παραχθεί τελικά ένας κοίλος σωλήνας. Σε κάθε περίπτωση, ο σωλήνας εξετάζεται πριν αποσταλεί από το εργοστάσιο κατασκευής, ώστε να εξασφαλιστεί ότι μπορεί να ανταποκριθεί στα πρότυπα πίεσης και αντοχής για τη μεταφορά φυσικού αερίου.

Η σωληνογραμμή καλύπτεται επίσης με ένα ειδικό επίστρωμα για να εξασφαλισθεί ότι δεν θα διαβρωθεί αφού τοποθετηθεί στο έδαφος. Ο σκοπός του επιστρώματος είναι να προστατεύσει τον αγωγό από την υγρασία, η οποία προκαλεί διάβρωση και οξείδωση. Υπάρχει ένα πλήθος διαφορετικών τεχνικών επίστρωσης. Στο παρελθόν, οι αγωγοί καλύπτονταν με ένα ειδικό σμάλτο πίσσας άνθρακα. Σήμερα, οι αγωγοί προστατεύονται συχνά με αυτό που είναι γνωστό ως εποξικός δεσμός τήξης, ο οποίος δίνει στον αγωγό ένα αξιοπρόσεχτο ανοικτό μπλε χρώμα. Επιπλέον, χρησιμοποιείται συχνά η καθοδική προστασία, η οποία είναι μια τεχνική όπου ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αγωγό για να αποτρέψει τη διάβρωση και την οξείδωση.

Όπως αναφέρθηκε, το φυσικό αέριο συμπιέζεται σε υψηλή πίεση καθώς διατρέχει μια διακρατική σωλήνωση (σχήμα 3.2). Για να εξασφαλισθεί η υψηλής πίεσης ροή του φυσικού αερίου σε οποιοδήποτε σημείο της σωλήνωσης, απαιτείται περιοδικά κατά μήκος του σωλήνα η συμπίεσή του. Αυτό υλοποιείται από τους σταθμούς συμπίεστών, που τοποθετούνται συνήθως σε διαστήματα 65 έως 160 km κατά μήκος της σωλήνωσης. Το φυσικό αέριο εισέρχεται στο σταθμό συμπίεστών, όπου συμπιέζεται είτε από ένα στρόβιλο, κινητήρα, ή μηχανή.

Οι στροβιλοσυμπιεστές λαμβάνουν την ενέργειά τους με την κατανάλωση ενός μικρού ποσοστού του φυσικού αερίου που συμπιέζουν. Ο ίδιος ο στρόβιλος εξυπηρετεί την λειτουργία ενός φυγοκεντρικού συμπιεστή, ο οποίος περιέχει έναν τύπο ανεμιστήρα που

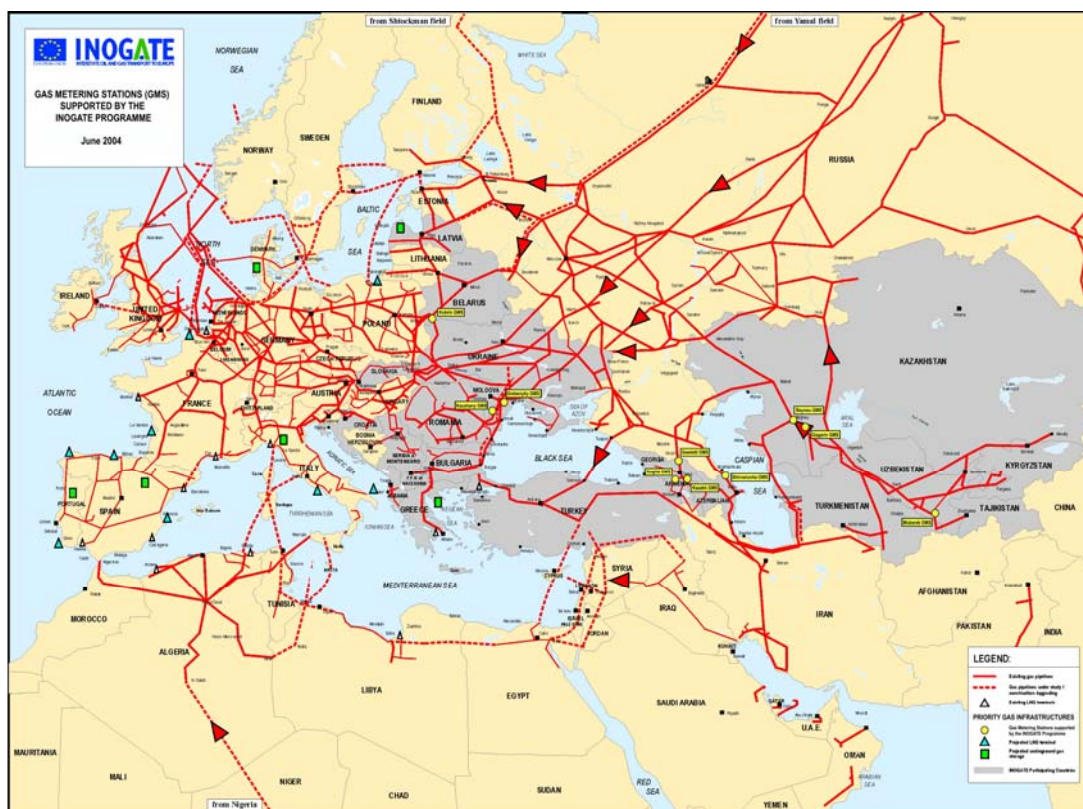
συμπιέζει και αντλεί το φυσικό αέριο μέσω της σωλήνωσης. Μερικοί σταθμοί συμπιεστών λειτουργούν με τη χρησιμοποίηση μιας ηλεκτρικής μηχανής για να περιστρέψουν τον ίδιο τύπο φυγοκεντρικού συμπιεστή. Αυτός ο τύπος συμπίεσης δεν απαιτεί καθόλου τη χρήση του φυσικού αερίου του σωλήνα, όμως απαιτεί μια αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κοντινή απόσταση. Οι παλινδρομικές μηχανές φυσικού αερίου χρησιμοποιούνται επίσης για να τροφοδοτήσουν κάποιους σταθμούς συμπιεστών. Αυτές οι μηχανές μοιάζουν με μια πολύ μεγάλη μηχανή αυτοκινήτου, και τροφοδοτούνται από φυσικό αέριο από τη σωλήνωση. Η καύση του αερίου κινεί τα έμβολα εκτός της μηχανής, η οποία χρησιμεύει για να συμπιέσει το φυσικό αέριο.



Σχήμα 3.2. Σταθμός συμπίεσης φυσικού αερίου.

Εκτός από τη συμπίεση του φυσικού αερίου, οι σταθμοί συμπιεστών επίσης περιέχουν συνήθως κάποιο τύπο υγρού διαχωριστή, σαν αυτούς που χρησιμοποιούνται για να αφυδατώσουν το φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του. Συνήθως, αυτοί οι διαχωριστές αποτελούνται από τις ξύστρες και τα φίλτρα που κατακρατούν οποιαδήποτε υγρά ή άλλα ανεπιθύμητα σωματίδια από το φυσικό αέριο στον αγωγό. Αν και το φυσικό αέριο στις σωληνώσεις θεωρείται "ξηρό" αέριο, δεν είναι ασυνήθιστο για ένα ορισμένο ποσό ύδατος και υδρογονανθράκων να συμπυκνωθεί κατά τη μεταφορά του αερίου. Οι υγροί διαχωριστές στους σταθμούς συμπιεστών εξασφαλίζουν ότι το φυσικό αέριο στον αγωγό είναι όσο το δυνατόν καθαρότερο και συνήθως φιλτράρουν το αέριο πριν από τη συμπίεση.

Εκτός από τη συμπίεση του φυσικού αερίου για να μειωθεί ο όγκος του και να προωθηθεί εντός του αγωγού, τοποθετούνται περιοδικά κατά μήκος των διακρατικών σωληνώσεων φυσικού αερίου και σταθμοί μέτρησης (σχήμα 3.3). Αυτοί οι σταθμοί επιτρέπουν στις επιχειρήσεις τοποθέτησης σωληνώσεων να ελέγξουν και να διαχειριστούν το φυσικό αέριο στους αγωγούς τους. Ουσιαστικά, αυτοί οι σταθμοί μέτρησης μετρούν τη ροή του αερίου κατά μήκος της σωλήνωσης, και επιτρέπουν στις επιχειρήσεις σωληνώσεων να "παρακολουθήσουν" το φυσικό αέριο καθώς ρέει κατά μήκος της σωλήνωσης. Αυτοί οι σταθμοί μέτρησης χρησιμοποιούν εξειδικευμένους μετρητές για να μετρήσουν το φυσικό αέριο καθώς διατρέχει τη σωλήνωση, χωρίς παρακώλυση της ροής του.



Σχήμα 3.3. Σταθμοί μέτρησης φυσικού αερίου στον ευρύτερο ευρωπαϊκό χώρο. [35]

Οι διακρατικές σωληνώσεις περιλαμβάνουν έναν μεγάλο αριθμό βαλβίδων κατά μήκος τους (σχήμα 3.4). Αυτές οι βαλβίδες λειτουργούν όπως οι πύλες και είναι συνήθως ανοικτές και επιτρέπουν την ελεύθερη ροή του φυσικού αερίου ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σταματήσουν τη ροή του αερίου κατά μήκος ενός ορισμένου τμήματος του αγωγού. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους μια σωλήνωση μπορεί να χρειαστεί να περιορίσει τη ροή του αερίου σε ορισμένες περιοχές. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα τμήμα του σωλήνα χρήζει αντικατάστασης ή συντήρησης, οι βαλβίδες στα αμφότερα άκρα του τμήματος του σωλήνα μπορούν να κλείσουν για να επιτρέψουν στους μηχανικούς και στα πληρώματα εργασίας την ασφαλή πρόσβαση. Αυτές οι μεγάλες βαλβίδες μπορούν να τοποθετηθούν κάθε 5 έως 30 km κατά μήκος της σωληνώσης και υπόκεινται στους κανονισμούς από τους κώδικες ασφαλείας.

Οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου έχουν πελάτες και στα δύο άκρα της σωληνώσης - οι παραγωγοί και οι επεξεργαστές που εισάγουν αέριο στη σωληνωση και οι καταναλωτές και οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής που παίρνουν αέριο από τη σωληνωση. Προκειμένου να διαχειριστεί το φυσικό αέριο που εισάγεται στη σωληνωση και για να εξασφαλιστεί ότι όλοι οι πελάτες λαμβάνουν έγκαιρη παράδοση της αναλογίας τους σε αέριο, απαιτούνται περίπλοκα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης του αερίου καθώς αυτό ρέει μέσω όλων των τμημάτων ενός, συχνά, πολύ μεγάλου δικτύου σωληνώσεων. Για την υλοποίηση αυτής της παρακολούθησης και του ελέγχου, εγκαθίστανται κατά μήκος του

σωλήνα κεντρικοί σταθμοί ελέγχου του φυσικού αερίου που συλλέγουν και διαχειρίζονται τα δεδομένα που λαμβάνονται από την παρακολούθηση και από τους σταθμούς ελέγχου συμπιεστών.



Σχήμα 3.4. Βαλβίδα φυσικού αερίου.

Το μεγαλύτερο μέρος των δεδομένων που λαμβάνεται από έναν σταθμό ελέγχου παρέχεται από τα Εποπτικά Συστήματα Ελέγχου και Λήψης Δεδομένων (SCADA¹²) (σχήμα 3.5). Αυτά τα συστήματα είναι ουσιαστικά περίπλοκα συστήματα επικοινωνιών που παίρνουν μετρήσεις και συλλέγουν δεδομένα κατά μήκος της σωλήνωσης (συνήθως σε σταθμούς μέτρησης, σταθμούς συμπιεστών ή βαλβίδες) και τα διαβιβάζουν στο κεντρικό σταθμό ελέγχου. Η παροχή εντός της σωλήνωσης, η λειτουργική κατάσταση, η πίεση, και η θερμοκρασία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της κατάστασης της σωλήνωσης σε οποιοδήποτε χρονική στιγμή. Αυτά τα συστήματα λειτουργούν επίσης σε πραγματικό χρόνο, που σημαίνει ότι υπάρχει λίγος χρόνος καθυστέρησης μεταξύ των μετρήσεων που λαμβάνονται κατά μήκος της σωλήνωσης και της μετάδοσής τους στο σταθμό ελέγχου.



Σχήμα 3.5. Κεντρικός σταθμός ελέγχου αγωγών μεταφοράς φυσικού αερίου.

¹² Supervisory Control And Data Acquisition

Αυτές οι πληροφορίες, που αναμεταδίδονται σε έναν κεντρικό σταθμό ελέγχου, επιτρέπουν στους μηχανικούς σωληνώσεων να γνωρίζουν πάντα τι ακριβώς συμβαίνει κατά μήκος της σωλήνωσης. Αυτό επιτρέπει γρήγορες αντιδράσεις στις όποιες δυσλειτουργίες του εξοπλισμού, διαρροές, ή οποιαδήποτε άλλη ασυνήθιστη δραστηριότητα κατά μήκος της σωλήνωσης. Μερικά συστήματα SCADA ενσωματώνουν επίσης τη δυνατότητα της εξ' αποστάσεως ενεργοποίησης συγκεκριμένου εξοπλισμού κατά μήκος της σωλήνωσης, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών συμπίεστων, επιτρέποντας στους μηχανικούς ενός κεντρικού σταθμού ελέγχου να ρυθμίσουν άμεσα και εύκολα τις παροχές στην σωλήνωση.

Καθώς αυξάνει η χρήση του φυσικού αερίου, αυξάνει και η ανάγκη να υπάρξει η κατάλληλη υποδομή μεταφορών για να ικανοποιήσει την αυξανόμενη ζήτηση. Αυτό σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής αξιολογούν συνεχώς τη ροή του φυσικού αερίου και τοποθετούν σωληνώσεις ώστε να επιτρέψουν τη μεταφορά φυσικού αέριο σε εκείνες τις περιοχές που είναι υποεξυπηρετούμενες.

Η κατασκευή των σωληνώσεων φυσικού αερίου απαιτεί αρκετά μεγάλο προγραμματισμό και προετοιμασία. Εκτός από την πραγματική εγκατάσταση της σωλήνωσης, πρέπει να ολοκληρωθούν και αρκετές διαδικασίες αδειοδότησης. Σε πολλές περιπτώσεις, πριν από την αρχή των διαδικασιών άδειας και πρόσβασης, οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου προετοιμάζουν μια μελέτη σκοπιμότητας για να εξασφαλίσουν ότι υπάρχει μια αποδεκτή διαδρομή για τη σωλήνωση που προκαλεί το μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον και την ισχύουσα δημόσια υποδομή.

Αφού η επιχείρηση μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου λάβει όλες τις απαραίτητες άδειες και ικανοποιήσει όλες τις ρυθμιστικές απαιτήσεις, μπορεί να αρχίσει η κατασκευή του αγωγού. Ολοκληρώνεται μια εκτενής εναέρια και χερσαία έρευνα για την σχεδιαζόμενη διαδρομή, ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα εμφανισθούν «εκπλήξεις» κατά τη διάρκεια της πραγματικής συναρμολόγησης του αγωγού.

Η εγκατάσταση μιας σωλήνωσης είναι σαν μια διαδικασία γραμμής παραγωγής, με τα τμήματα της σωλήνωσης να ολοκληρώνονται σταδιακά. Καταρχήν, η πορεία της σωλήνωσης καθαρίζεται από όλα τα μετακινούμενα εμπόδια, συμπεριλαμβανομένων των δέντρων, των βράχων και οτιδήποτε άλλου που μπορεί εν δυνάμει να εμποδίσει την κατασκευή. Μόλις καθαριστεί αρκετά η πορεία της σωλήνωσης και αποκτηθεί η πρόσβαση για τον εξοπλισμό κατασκευής, τα τμήματα των σωλήνων εναποτίθενται κατά μήκος της προσχεδιασμένης πορείας (σχήμα 3.6). Αυτά τα τμήματα σωλήνων έχουν τυποποιημένο μήκος και είναι συγκεκριμένα για κάθε περιοχή καθώς ορισμένες περιοχές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε υλικό επίστρωσης και πάχος αγωγού.



Σχήμα 3.6.Εναπόθεση σωλήνων αγωγού.

Μόλις τοποθετηθεί ο αγωγός, σκάβονται τάφροι παράλληλα με τον εναποτιθέμενο αγωγό, τυπικά 1.5 έως 2 m βάθους. Σε ορισμένες περιοχές, εντούτοις, συμπεριλαμβανομένων των οδικών διασταυρώσεων και των περιοχών με νερό, ο σωλήνας είναι θαμμένος ακόμα βαθύτερα. Μόλις σκαφτούν οι τάφροι, ο αγωγός συγκολλείται και διαμορφώνεται. Αυτό περιλαμβάνει την συγκόλληση των τμημάτων του αγωγού σε μία συνεχή σωλήνωση καθώς και την μικρή κάμψη του, εάν είναι απαραίτητο, για να ακολουθήσει την προβλεπόμενη πορεία της σωλήνωσης. Στα άκρα των σωλήνων τοποθετείται επίστρωση (η επίστρωση που εφαρμόζεται στα εργοστάσια κατασκευής σωλήνων αφήνει τυπικά τις άκρες του σωλήνα καθαρού, ώστε να μη παρεμποδίσει τη συγκόλληση) και ολόκληρη η επίστρωση του αγωγού επιθεωρείται για να εξασφαλισθεί ότι είναι απαλλαγμένος από αστοχίες και ατέλειες.

Μόλις ο σωλήνας συγκολληθεί, καμφθεί και επιστρωθεί, μπορεί πλέον να τοποθετηθεί στις ήδη σκαμμένες τάφρους (σχήμα 3.7). Αυτό γίνεται με χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού κατασκευής λειτουργώντας παράλληλα ώστε να ανυψώσει το σωλήνα σχετικά ομοιόμορφα και να τον χαμηλώσει στην τάφρο. Μόλις τοποθετηθεί ο σωλήνας στο έδαφος, γεμίζεται προσεκτικά η τάφρος, ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο σωλήνας και το επίστρωμά του δεν υφίστανται ζημιά. Το τελευταίο βήμα στην κατασκευή των σωληνώσεων είναι η υδροστατική δοκιμή. Αυτό συνίσταται στη πλήρωση ολόκληρου του μήκους του αγωγού με νερό, σε πιέσεις υψηλότερες από αυτές που θα απαιτηθούν για την μεταφορά του φυσικού αερίου. Αυτό χρησιμεύει ως μια δοκιμή ώστε να εξασφαλιστεί ότι η σωλήνωση είναι αρκετά ανθεκτική και χωρίς διαρροές, πριν αντληθεί φυσικό αέριο μέσω αυτής.

Η εγκάρσια τοποθέτηση αγωγού σε υδάτινα ρεύματα ή ποτάμια μπορεί να ολοκληρωθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος περιλαμβάνει το σκάψιμο τάφρων στον πυθμένα του ποταμού όπου ο σωλήνας εγκαθίσταται συνήθως με ένα τσιμέντινο περίβλημα, το οποίο και εξασφαλίζει ότι ο σωλήνας παραμένει στον πυθμένα του ποταμού. Επίσης, προστίθεται και ένα επιπλέον προστατευτικό επίστρωμα για να αποτρέψει οποιοδήποτε διαρροή φυσικού αερίου στο νερό. Εναλλακτικά, ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει μια μορφή κατευθυντικής

διάτρησης, κατά την οποία διανοίγεται με τρυπάνι μιας μορφής "σήραγγα" κάτω από τον ποταμό που προβλέπεται να διατρέξει η σωλήνωση. Οι ίδιες τεχνικές χρησιμοποιούνται για τις οδικές διασταυρώσεις - είτε σκάβεται μια ανοικτή τάφρος εγκάρσια του δρόμου και επαναπληρώνεται μόλις εγκατασταθεί ο σωλήνας ή διανοίγεται μια σήραγγα κάτω από το δρόμο.

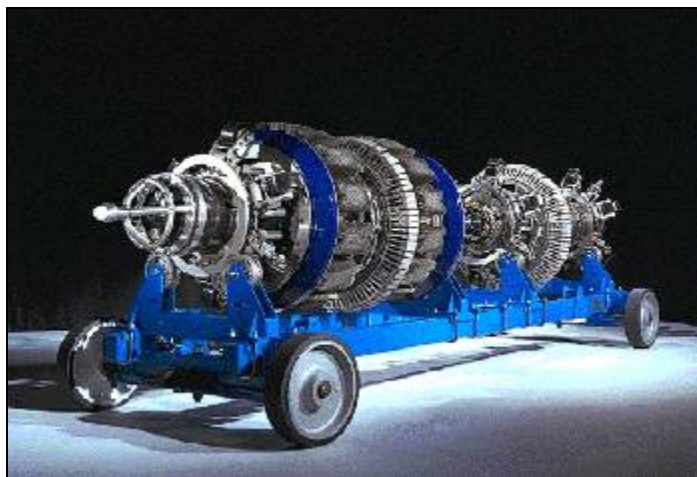


Σχήμα 3.7. Χαμήλωμα της σωλήνωσης.

Μόλις εγκατασταθεί και καλυφθεί η σωλήνωση, καταβάλλονται εκτενείς προσπάθειες για να αποκατασταθεί η διάβαση της σωλήνωσης στην αρχική της κατάσταση, ή για να μετριάσουν οποιεσδήποτε περιβαλλοντικές ή άλλες επιδράσεις που μπορεί να είχαν εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής. Αυτό περιλαμβάνει συχνά την αντικατάσταση χωμάτων, φρακτών, καναλιών άρδευσης, και οτιδήποτε άλλου μπορεί να είχε αφαιρεθεί ή ανατραπεί κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποδοτική και ασφαλής λειτουργία του εκτενούς δικτύου των σωληνώσεων φυσικού αερίου, οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής του επιθεωρούν τακτικά τις σωληνώσεις για διάβρωση και αστοχίες. Αυτό γίνεται μέσω της χρήσης περίπλοκων μηχανημάτων (σχήμα 3.8). Τα μηχανήματα αυτά είναι ευφυείς ρομποτικές συσκευές που ωθούνται κάτω από τις σωληνώσεις για να αξιολογήσουν το εσωτερικό του σωλήνα. Μπορούν να εξετάσουν το πάχος σωλήνων, τη κυρτότητα, να ελέγξουν για σημάδια διάβρωσης, να ανιχνεύσουν μικρές διαρροές και οποιαδήποτε άλλη αστοχία κατά μήκος του εσωτερικού της σωλήνωσης που μπορεί είτε να παρεμποδίσει τη ροή του αερίου είτε να θέσει έναν πιθανό κίνδυνο ασφάλειας για τη λειτουργία της σωλήνωσης.

Εκτός από την επιθεώρηση με ειδικά μηχανήματα, υπάρχουν διάφορες προφυλάξεις ασφάλειας και ισχύουσες διαδικασίες για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ατυχημάτων. Στην πραγματικότητα, η μεταφορά του φυσικού αερίου είναι ένας από τους ασφαλέστερους τρόπους μεταφοράς ενέργειας, κυρίως εξαιτίας του γεγονότος ότι όλη η υποδομή είναι σταθερή και τοποθετημένη υπόγεια.



Σχήμα 3.8. Μηχάνημα επιθεώρησης σωληνώσεων.

Μερικές από τις προφυλάξεις ασφάλειας που λαμβάνονται για τους αγωγούς φυσικού αερίου περιλαμβάνουν:

Εναέριες περίπολοι: Χρησιμοποιούνται αεροπλάνα για να εξασφαλίσουν ότι καμία δραστηριότητα κατασκευής δεν πραγματοποιείται πολύ κοντά στη διαδρομή της σωληνώσεως, ιδιαίτερα στις κατοικημένες περιοχές. Η μη εξουσιοδοτημένη κατασκευή και σκάψιμο είναι η κυριότερη απειλή στην ασφάλεια των σωληνώσεων, σύμφωνα με το INGAA¹³.

Ανίχνευση διαρροών: Εξοπλισμός ανίχνευσης φυσικού αερίου χρησιμοποιείται περιοδικά από το προσωπικό σωληνώσεων για να ελέγξει για τυχόν διαρροές στην επιφάνεια των σωληνώσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις περιοχές όπου στο φυσικό αέριο δεν προστίθεται τεχνητή οσμή.

Δείκτες σωληνώσεων: Σημάδια στην επιφάνεια επάνω από τις σωληνώσεις φυσικού αερίου υποδεικνύουν στο κοινό την παρουσία υπόγειων σωληνώσεων, για να μειωθεί η πιθανότητα οποιασδήποτε παρέμβασης στη σωλήνωση.

Δειγματοληψία αερίου: Η περιοδική δειγματοληψία του φυσικού αερίου στις σωληνώσεις εξασφαλίζει την ποιότητά του και μπορεί επίσης να αποτελέσει ένδειξη διάβρωσης του εσωτερικού της σωληνώσεως ή εισροής μολυσματικών παραγόντων.

Προληπτική συντήρηση: Αυτό περιλαμβάνει τη δοκιμή των βαλβίδων και την αφαίρεση των επιφανειακών εμποδίων για την επιθεώρηση των σωληνώσεων.

¹³ Interstate Natural Gas Association of America, (Ελ. Διαπολιτειακή Ένωση Φυσικού Αερίου Αμερικής)

Απόκριση έκτακτης ανάγκης: Οι επιχειρήσεις μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου διατηρούν εκτενείς ομάδες απόκρισης έκτακτης ανάγκης που εκπαιδεύονται για την αντιμετώπιση ενός ευρέος φάσματος πιθανών ατυχημάτων και έκτακτων αναγκών.

Αυτές είναι μερικές από τις προσπάθειες που αναλαμβάνονται από τη βιομηχανία σωληνώσεων φυσικού αερίου για να εξασφαλίσουν την ασφάλεια του κοινού και του περιβάλλοντος και για να προστατεύσουν την ακεραιότητα των αγωγών τους.

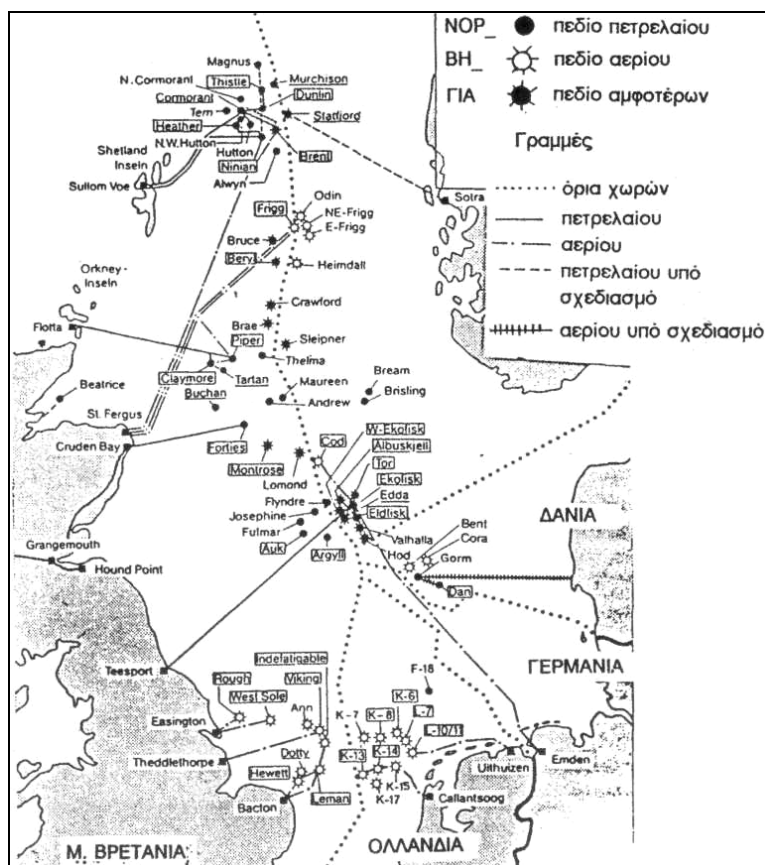
Ενώ οι μεγάλοι διακρατικοί αγωγοί φυσικού αερίου μεταφέρουν φυσικό αέριο από τις περιοχές επεξεργασίας στις περιοχές κατανάλωσης και μπορούν να εξυπηρετήσουν τους χρήστες υψηλής παροχής όπως οι πελάτες βιομηχανικής ή ηλεκτρικής παραγωγής, είναι το σύστημα διανομής αυτό που παραδίδει τελικά το φυσικό αέριο στους περισσότερους μικρούς πελάτες, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών κατοικημένων περιοχών.

3.1.2. Υποθαλάσσια δίκτυα μεταφοράς

Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των αναγκών της Ευρώπης σε φυσικό αέριο καλύπτεται από τις πηγές της Βόρειας Θάλασσας. Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζεται ο χάρτης της Βόρειας Θάλασσας, με σημειωμένα τα σύνορα και τις πηγές των υδρογονανθράκων που παρέχει στην Ευρώπη, κατά το Γερμανικό Ινστιτούτο Αερίου. Όπως προκύπτει από τον χάρτη, ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Δυτική Ευρώπη έχει η υποθαλάσσια μεταφορά με αγωγούς υπό πίεση. Η σημερινή τεχνολογία για μεγαλύτερου μήκους γραμμές έχει σοβαρή εμπειρία για μικρά γενικά βάθη. Όμως, έχουν γίνει κατασκευές με νεότερη τεχνολογία για πολύ μεγαλύτερα βάθη.

Το σύστημα τροφοδοτήσεως της Ιταλίας από την Αλγερία (συνεργασία με ENI) από το Hassi Mrel μέσω Skihda και του ακρωτηρίου Boη στην Τυνησία προς Σικελία αποτελείται από ένα τετραπλό αγωγό Ø 20" (Ø 508 mm) που φθάνει σε βάθος μέχρι 608m. Το σύστημα αυτό, που τελικά θα φθάσει στην πίεση των 180 bar, θα έχει δυναμικότητα $19 \cdot 10^9 \text{ m}_n^3/\text{a}$. Η γραμμή Arzew-Αλμέρια για τροφοδότηση της Ισπανίας και της Γαλλίας (συνεργασία με Enagas και Gaz de France) θα φθάνει μέχρι βάθος 1500m. Τοποθετήσεις υποθαλασσιών αγωγών αντιμετωπίζονται σήμερα μέχρι βάθους 2000m με νεότερη βέβαια τεχνολογία για την οποία στερούμαστε πλήρως εμπειρίας.

Υποθαλάσσιες γραμμές συνδέουν τις Βρετανικές πηγές της Βόρειας Θάλασσας προς την Σκωτία και την μέση Αγγλία. Από το Νορβηγικό πεδίο του Ekofisk στη Βόρεια Θάλασσα λειτουργεί μια υποθαλάσσια γραμμή μήκους 440km, που τροφοδοτεί το Emden από το 1977 με $6 \cdot 10^9 \text{ m}_n^3/\text{a}$. Η σύνδεση του επίσης Νορβηγικού πεδίου του Heimdal προς το Ekofisk αυξάνει την τροφοδότηση αυτή κατά μερικά ακόμη δισεκατομμύρια m_n^3 ετησίως. Η τελική δυνατότητα μεταφοράς του αγωγού αυτού (Ø 914mm) με δύο ενδιάμεσους σταθμούς συμπίεσεως και αύξηση της πίεσεως σε 132bar θα φθάσει τα $22 \cdot 10^9 \text{ m}_n^3/\text{a}$.



Σχήμα 3.9. Πηγές της Βόρειας Θάλασσας. [5]

Τροφοδότηση της Νορβηγίας προβλέπεται με υποθαλάσσιο αγωγό από το νορβηγικό πεδίο της Βόρειας Θάλασσας προς Karmoy ή Sotra. Το περίσσειμα θα δοθεί προς το σύστημα αγωγών από Heimdal και Sleipner προς Ekofisk. Το όλο σύστημα προβλέπεται να έχει μήκος άνω των 850km.

Στο σύστημα τροφοδοτήσεως της Δυτικής Ευρώπης θα περιληφθεί και το πρωτοανακαλυφθέν το 1979 και μετέπειτα μεγάλο κοίτασμα πέραν του πεδίου Statfjord, βάθους 300m.

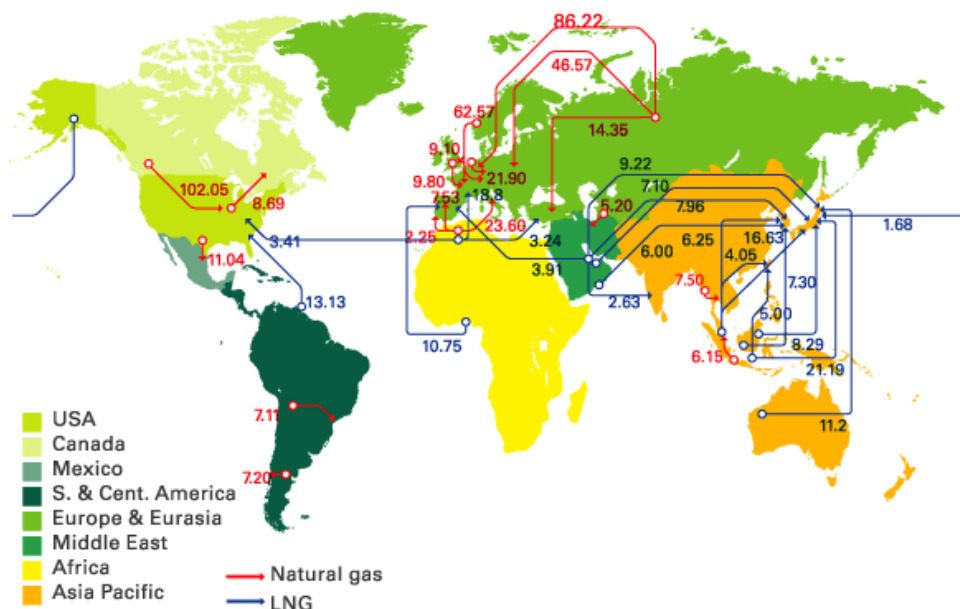
3.1.3. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Από το 1959 καρποφορεί η προσπάθεια αμερικανικών, αγγλικών και γαλλικών επιχειρήσεων για την υγροποίηση του φυσικού αερίου και την μεταφορά με πλοία του υγροποιημένου αερίου, με το πρώτο ταξίδι του μικρού δοκιμαστικού πλοίου «Methane Pioneer». Από το 1964 αρχίζει η συστηματική μεταφορά με τα μεγαλύτερα πλοία «Methane Princess» και «Methane Progress», 28000m³ μεταξύ Arzew (Αλγερία) και Canvey (Αγγλία) και το «Jules Verne» μεταξύ Arzew και Χάβρης. Ταχύτατα αναπτύσσονται και άλλες γραμμές μόνιμης μεταφοράς LNG.

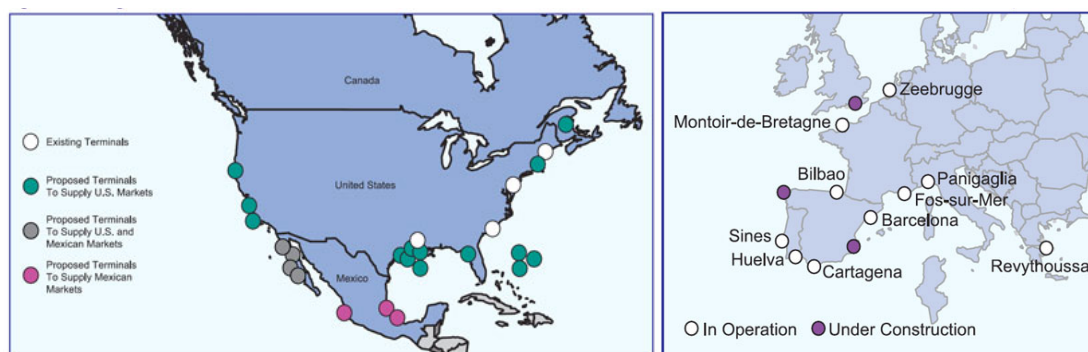
Εκτός από τις προαναφερθείσες γραμμές από Arzew και Skikda (Αλγερία) προς

Canvey Island (Μεγ. Βρετανία, 1964) και Χάβρη (Γαλλία, 1965) λειτουργούν γραμμές από Αλγερία προς Fros (Γαλλία, 1973), Βαρκελώνη (Ισπανία, 1976) και Βοστώνη (ΗΠΑ, 1976), από Marsaei Brega (Λιβύη) προς La Spezia (Ιταλία, 1970) και Βαρκελώνη (Ισπανία, 1970) από Lumut (Brunei) προς Yokohama (Ιαπωνία, 1972), από Badak (Ινδονησία) προς Osaka (Ιαπωνία, 1977) και Los Angeles (ΗΠΑ, 1978) και από Abu Dhabi προς Τόκιο (Ιαπωνία, 1976).

Στην συνέχεια οργανώνονται γραμμές μεταφοράς LNG από Trinidad προς Corpus Christi (ΗΠΑ), από Bonny (Νιγηρία) προς ΗΠΑ, από Αυστραλία προς Ιαπωνία, από Ινδονησία προς Ιαπωνία και ΗΠΑ (Los Angeles), από Αλγερία προς Cave Point (ΗΠΑ), Zeebrugge (Βέλγιο), St. Nazaire (Γαλλία), Wilhelmshafen (Δυτ. Γερμανία) και St. John (Καναδά) και από Σοβιετική Ένωση προς ΗΠΑ και Ιαπωνία. Μία εικόνα αυτών των μονίμων γραμμών μεταφοράς δίνεται στο σχήμα 3.10, ενώ στο σχήμα 3.11 φαίνονται οι υπάρχοντες και οι υπό κατασκευή σταθμοί LNG στην Βόρεια Αμερική και Ευρώπη. Οι μόνιμες γραμμές μεταφοράς LNG χαρακτηρίζονται από κυκλικότητα λειτουργίας, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.12.



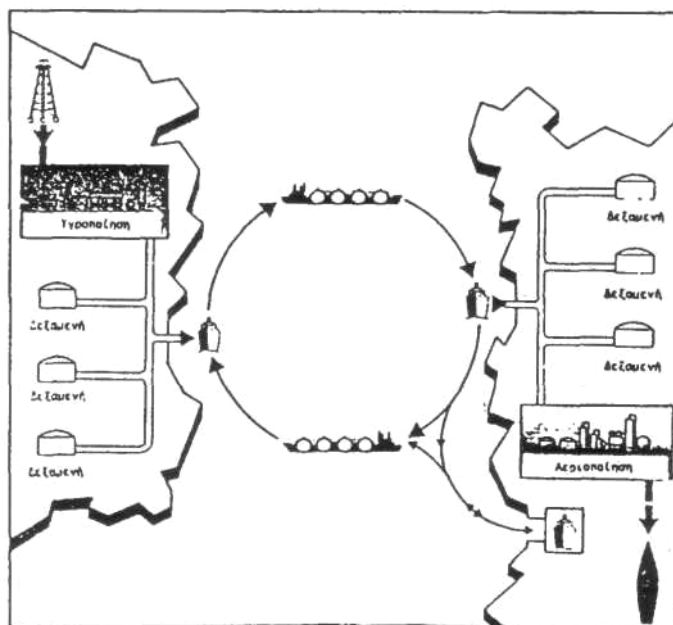
Σχήμα 3.10.Επίγεια και θαλάσσια διακίνηση φυσικού αερίου στα τέλη 2004 σε δισ.μ³ [10]



(α)

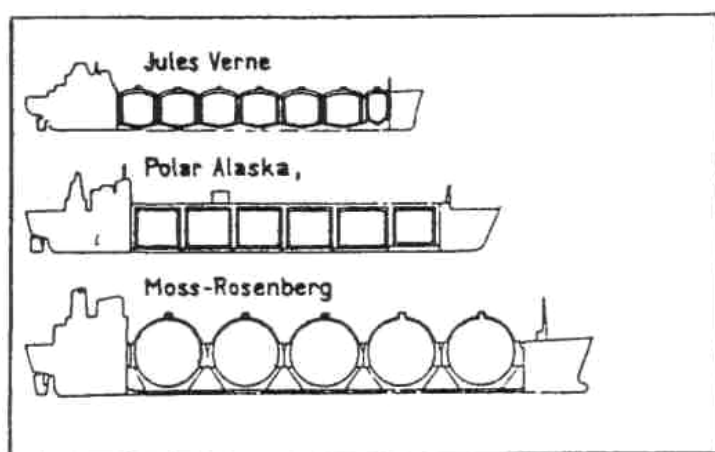
(β)

Σχήμα 3.11.Υπάρχοντες και μελλοντικοί σταθμοί LNG σε (α) Βόρεια Αμερική (β)Ευρώπη.[43]



Σχήμα 3.12. Αλυσίδα μεταφοράς LNG.

Βέβαια τα σημερινά πλοία των 125000m^3 αποτελούν το δεύτερο άλμα της εξελίξεως (σχήμα 3.13). Από τα πρώτα πλοία τύπου Jules Verne των 25000m^3 με κυλινδρικές ελεύθερα ιστάμενες δεξαμενές προχωρήσαμε σε πλοία τύπου Polar Alaska 71000m^3 με δεξαμενές μεμβρανών για να καταλήξουμε σε πλοία 125000m^3 τύπου Moss-Rosenberg με αυτόνομες σφαιρικές δεξαμενές. Η αύξηση της χωρητικότητας των πλοίων αύξησε τις μεταφερόμενες ποσότητες στην αλυσίδα μεταφοράς με συνέπεια την αύξηση του ελάχιστου οικονομικού όγκου διακίνησης και του ελάχιστου οικονομικού μεγέθους του σταθμού παραλαβής από $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ σε $1000 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$. Η ελαχιστοποίηση κόστους του όλου εγχειρήματος οδήγησε σε περιορισμό των χρόνων φορτώσεως και εκφορτώσεως μέχρι και μιας ημέρας (24h).

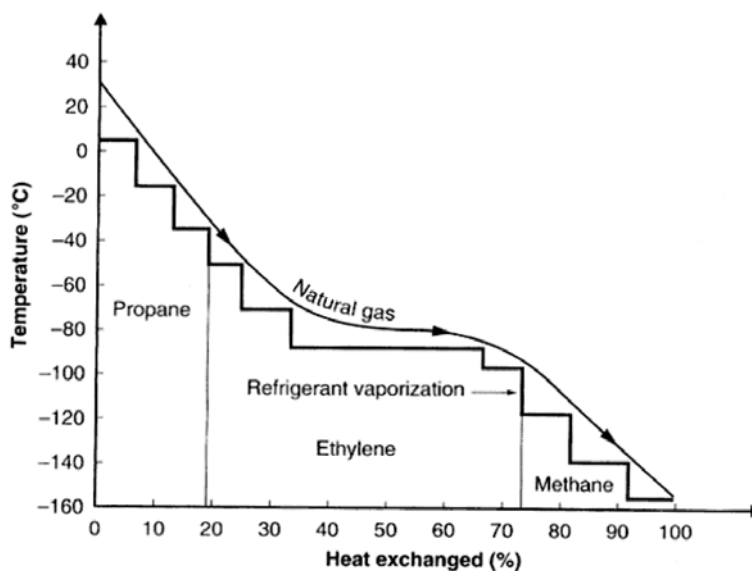


Σχήμα 3.13. Πλοία μεταφοράς LNG.

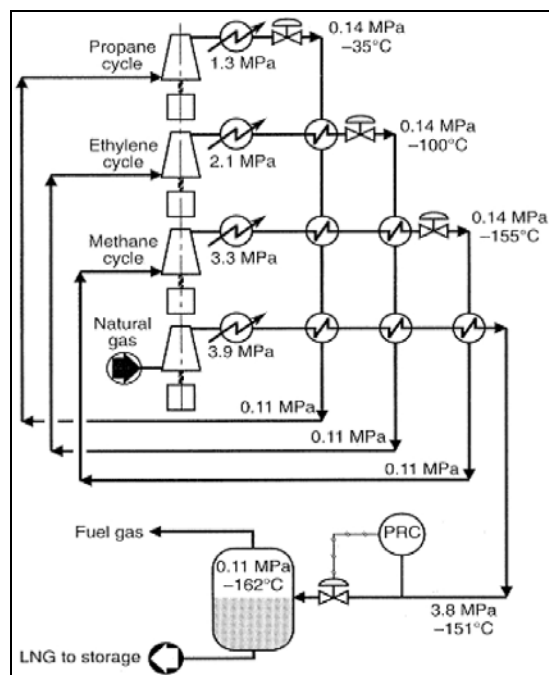
Το παραγόμενο στην πηγή φυσικό αέριο μεταφέρεται υπό πίεση στο λιμάνι φορτώσεως, όπου ψύχεται στην θερμοκρασία υγροποίησής του (σχήμα 3.14). Αυτή

ευρίσκεται περί τους -160°C . Για το μεθάνιο η θερμοκρασία αυτή είναι -161.3°C , ο δε όγκος του υγρού προς το αέριο είναι $1/587$. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) αποθηκεύεται υπό ατμοσφαιρική πίεση στις δεξαμενές φορτώσεως. Στο σχήμα 3.15 παρουσιάζονται οι διάφοροι χρησιμοποιούμενοι κύκλοι υγροποίησης. Από τις δεξαμενές φορτώσεως, το LNG μεταφέρεται σε κατάλληλες δεξαμενές πλοίων που χρησιμοποιούν για την κίνηση τους το αεριοποιούμενο LNG και το μεταφέρουν στις δεξαμενές του παραλήπτη.

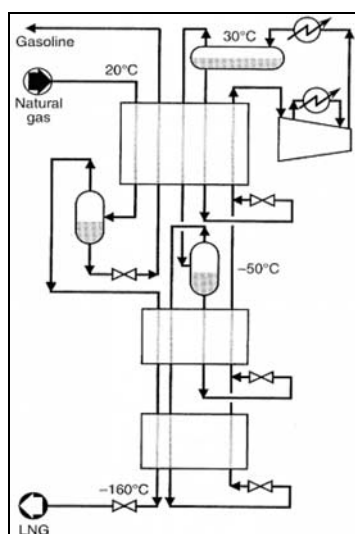
Προφανώς, όλο το σύστημα είναι ισχυρότατα μονωμένο, έτσι ώστε να διατηρείται σε υγρή μορφή με αυτόψυξη, μια διαδικασία στην οποία το LNG διατηρείται στο σημείο βρασμού του, έτσι ώστε οποιεσδήποτε προσδόσεις θερμότητας αντισταθμίζονται από την ενέργεια που χάνεται από το LNG που εξατμίζεται από την δεξαμενή αποθήκευσης για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο του πλοίου μεταφοράς. Η αυτόματη αεριοποίηση του LNG είναι της τάξεως 0.25% ανά εικοσιτετράωρο. Για ένα πλοίο 125000m^3 αυτό είναι $125000 \cdot 0.0025 = 312.5\text{ m}^3/\text{d}$ LNG, ήτοι $188000\text{ m}^3/\text{d}$ φυσικού αερίου. Επομένως ανέτως καλύπτει τις ανάγκες καύσεως των ατμοπαραγωγών του πλοίου ή των αεριομηχανών του. Μόνο για πολύ μεγάλα ταξίδια συμφέρει η επανυγροποίησή του. Για την ολοκλήρωση της εικόνας των διεργασιών υγροποίησης και αεριοποίησης δίδονται τα απαραίτητα στοιχεία στον πίνακα 3-3 καθώς και οι συναρτήσεις $p=f(T)$ των συστατικών του φυσικού αερίου στο σχήμα 3.16.



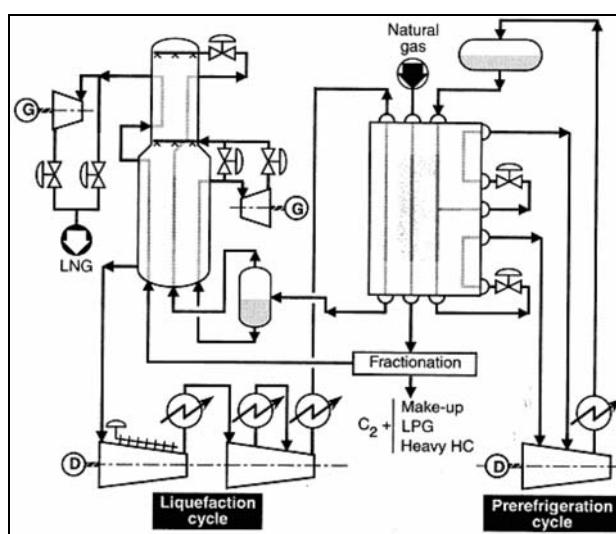
Σχήμα.3.14.Υγροποίηση φυσικού αερίου. [8]



(α)

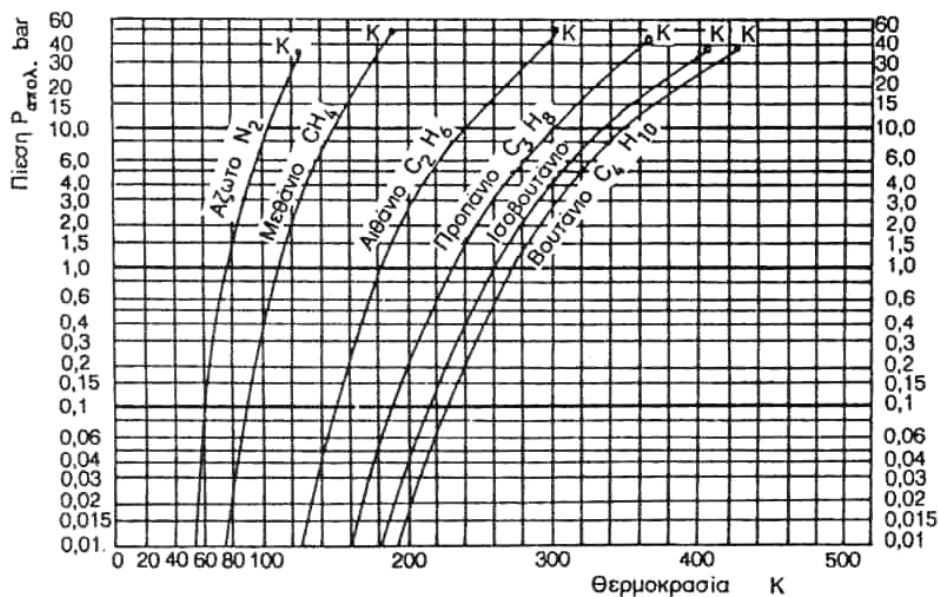


(β)



(γ)

Σχήμα 3.15. Υγροποίηση φυσικού αερίου: (α) Συμβατικός κύκλος Cascade (β) Διεργασία TELARC με ένα επίπεδο συμπίεσης (γ) Διεργασία TELARC με δύο επίπεδα συμπίεσης. [8]



Σχήμα 3.16. Συνάρτηση $p=f(T)$ των συστατικών του φυσικού αερίου. [5]

Πίνακας 3-3. Χαρακτηριστικά υγροποίησης αερίων. [5]

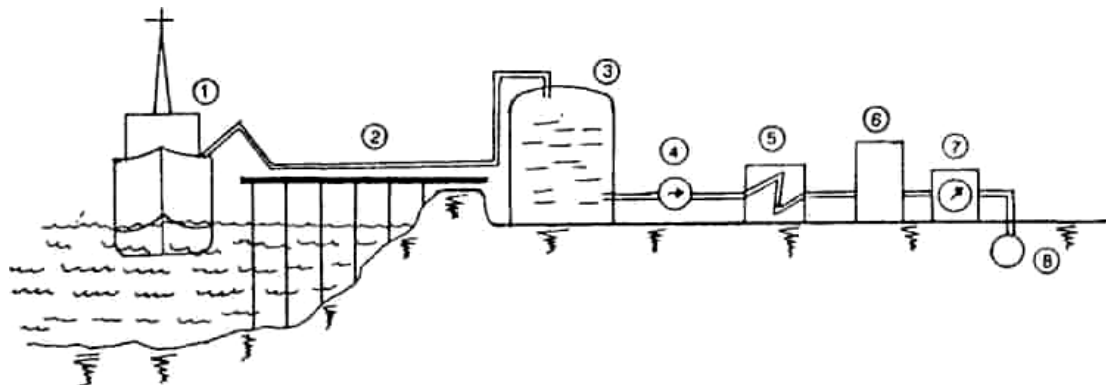
		Μεθάνιο	Αιθάνιο	Προπάνιο	Βουτάνιο	Αζώτο	Διοξειδίο άνθρακα
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂	CO ₂
Θερμοκρασία ζέσεως (σε 1.01325bar)	$t_s(^{\circ}\text{C})$	-161.5	-88.6	-42	-0.5	-195.8	(-78.5)*
Αντίστοιχη θερμότητα ατμοποίησης	R(kJ/kg)	548.5	540.1	448	403.6	198.2	(573.6)*
Κρίσιμη πίεση	$P_k(\text{bar})$	46.2	47.5	42.6	38.0	33.8	73.8
Κρίσιμη θερμοκρασία	$t_k(^{\circ}\text{C})$	-82.5	32.1	96.8	152.1	146.9	31.0
Πυκνότητα αερίου (καν. κατάσταση)	$P_n(\text{kg/m}^3)$	0.7175	1.355	2.01	2.71	1.2504	1.977
Πυκνότητα υγρού (σε t_s)	$P_f(\text{kg/m}^3)$	421	546	585	600	810	*
Σχέση όγκων αερίου σε κανονική κατάσταση προς υγρό (σε t_s)	V_n/V_f	587	403	291	222	648	*

*Σε $p=1.01325\text{bar}$ το CO₂ μεταβαίνει από την αέρια κατάσταση στην στερεά.

Όταν ατμοποιείται το LNG σε αέρια μορφή, καίγεται στον αέρα μόνο σε συγκεντρώσεις μεταξύ 5 και 15%. Επιπλέον, το LNG, ή οποιοσδήποτε ατμός που συνδέεται με LNG, δεν εκρήγνυται σε ένα ανοιχτό περιβάλλον. Κατά συνέπεια, σε μια πιθανή διαρροή LNG, το φυσικό αέριο έχει μικρή πιθανότητα έναυσης έκρηξης. Η υγροποίηση έχει επίσης το πλεονέκτημα της απομάκρυνσης του οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα, του θείου και του ύδατος από το φυσικό αέριο, με συνέπεια το LNG να είναι σχεδόν καθαρό μεθάνιο.

Ο σταθμός εκφορτώσεως από το πλοίο (1) (σχήμα 3.17) αποτελείται κατ' αρχήν από την εξέδρα παραλαβής (2) και τις δεξαμενές του LNG (3), όπου αυτό αποθηκεύεται υπό ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία -161.5°C . Από αυτές παραλαμβάνει το LNG ο σταθμός αεριοποίησης, που αποτελείται από τις αντλίες (4), που το συμπιέζουν σε πίεση συνήθως

70 - 80bar, κάπως μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας του δικτύου πίεσης (8). Το συμπιεσμένο LNG θερμαίνεται με θάλασσα (μείωση θερμοκρασίας της κατά 5 - 7°C) στον εναλλάκτη (5) και μετά από κάποια τυχόν μετεπεξεργασία (6), οδηγείται στον μετρητή (7) και από εκεί στο δίκτυο μεταφοράς υπό πίεση.

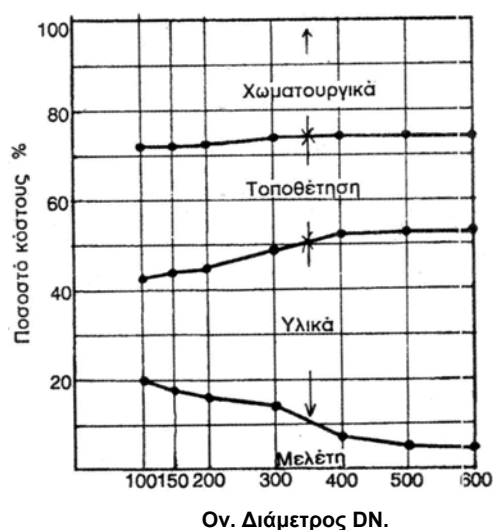


Σχήμα 3.17. Σταθμός παραλαβής και αεριοποίησης του LNG.

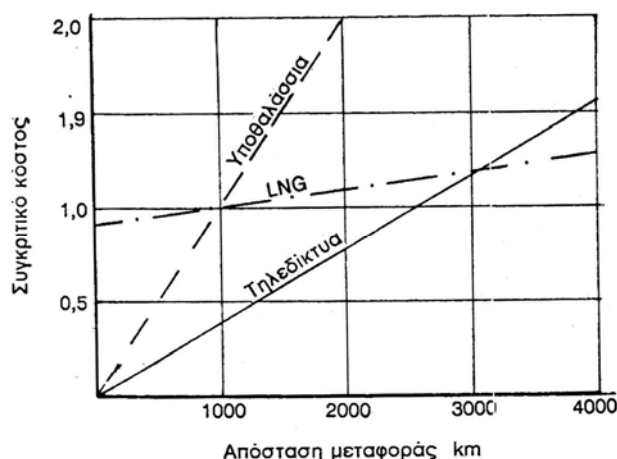
Ενώ η παραγωγή του LNG είναι εύλογα δαπανηρή, οι τεχνολογικές πρόοδοι μειώνουν τις δαπάνες που συνδέονται με την υγροποίηση και επανααεριοποίησή του. Το LNG, καθώς είναι εύκολο να μεταφερθεί, μπορεί να καταστήσει οικονομική την εκμετάλλευση εκείνων των κοιτασμάτων φυσικού αερίου για τα οποία η κατασκευή αγωγών μεταφοράς κρίνεται αντισυμβατική. [11]

3.1.4. Κόστος δικτύου μεταφοράς

Είναι δυνατό με βάση την διεθνή εμπειρία να δοθούν μερικά στοιχεία κόστους, που μπορεί να αποβούν χρήσιμα. Μια εικόνα λοιπόν της σύνθεσης του κόστους των επίγειων δικτύων μεταφοράς υψηλής πίεσης δίνεται στο σχήμα 3.18, ενώ μια σύγκριση του συνολικού κόστους υλοποίησης και για τους τρεις τύπου μεταφοράς παρουσιάζεται στο σχήμα 3.19.



Σχήμα 3.18. Σύνθεση κόστους δικτύου μεταφοράς υψηλής πίεσης 80bar. [5]



Σχήμα 3.19. Σύγκριση κόστους τρόπων μεταφοράς φυσικού αερίου. [5]

3.2. Αποθήκευση

Το φυσικό αέριο, όπως τα περισσότερα άλλα προϊόντα, μπορεί να αποθηκευτεί για απεριόριστη χρονική περίοδο. Καθώς η αναζήτηση, η παραγωγή, και η μεταφορά του φυσικού αερίου παίρνουν χρόνο και το φυσικό αέριο που φθάνει στον προορισμό του δεν είναι πάντα άμεσα χρειαζόμενο, έτσι εγχέεται σε υπόγειες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Αυτές οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να είναι εγκατεστημένες κοντά σε κέντρα αγοράς που δεν έχουν άμεσο ανεφοδιασμό από τοπικά παραχθέν φυσικό αέριο.

Παραδοσιακά, το φυσικό αέριο ήταν ένα εποχιακό καύσιμο. Δηλαδή η ζήτηση για φυσικό αέριο είναι συνήθως υψηλότερη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, εν μέρει επειδή χρησιμοποιείται για θέρμανση στις κατοικημένες και εμπορικές τοποθετήσεις. Το αποθηκευμένο φυσικό αέριο διαδραματίζει ένα ζωτικής σημασίας ρόλο στην εξασφάλιση ότι η οποιαδήποτε αυξημένη τροφοδοσία που παραδίδεται κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών είναι διαθέσιμη για να ικανοποιήσει την αυξανόμενη απαίτηση των χειμωνιάτικων μηνών. Ωστόσο, με την πρόσφατη τάση προς τη ηλεκτροπαραγωγή με φυσικό αέριο, η ζήτηση για φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών αυξάνεται τώρα (λόγω της απαίτησης ηλεκτρικής ενέργειας των κλιματιστικών και άλλων παρόμοιων μηχανημάτων). Το αποθηκευμένο φυσικό αέριο δρά επίσης ως ασφάλεια ενάντια σε τυχόν απρόβλεπτα ατυχήματα, φυσικές καταστροφές, ή άλλα περιστατικά που μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή ή την παράδοση του φυσικού αερίου.

Η αποθήκευση φυσικού αερίου διαδραματίζει επίσης ένα ζωτικής σημασίας ρόλο στη διατήρηση της αξιοπιστίας του ανεφοδιασμού που απαιτείται για να ικανοποιήσει τα αιτήματα των καταναλωτών. Τώρα, εκτός από την εξυπηρέτηση αυτού του σκοπού, η αποθήκευση του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται επίσης από τη βιομηχανία για εμπορικούς λόγους, όπως, για παράδειγμα, την αποθήκευση αερίου όταν οι τιμές είναι χαμηλές και την απόσυρση και

πώληση του όταν οι τιμές είναι υψηλές. Ο σκοπός και η χρήση της αποθήκευσης έχουν συνδεθεί στενά με το εκάστοτε ρυθμιστικό καθεστώς του κάθε κράτους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μόνο στις ΗΠΑ, το 2000, υπήρχαν 3.899 δισ. κυβικά πόδια αποθηκευμένου φυσικού αερίου.

3.2.1. Φορτίο βάσης & φορτίο αιχμής

Υπάρχουν βασικά δύο χρήσεις για φυσικό αέριο στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης: ικανοποίηση απαιτήσεων φορτίου βάσης και ικανοποίηση απαιτήσεων φορτίου αιχμής. Όπως αναφέρθηκε, η αποθήκευση φυσικού αερίου απαιτείται για δύο λόγους: ικανοποίηση εποχιακών απαιτήσεων ζήτησης και ως ασφάλεια ενάντια στις απρόβλεπτες αιχμές ζήτησης.

Η ικανότητα αποθήκευσης φορτίου βάσης χρησιμοποιείται για να ικανοποιήσει τις εποχιακές αυξήσεις απαίτησης. Οι εγκαταστάσεις φορτίου βάσης είναι ικανές για να αποθηκεύσουν αρκετές ποσότητες φυσικού αερίου για να καλύψουν τις μακροπρόθεσμες εποχιακές απαιτήσεις ζήτησης. Χαρακτηριστικά, το ποσοστό κύκλου εργασιών για φυσικό αέριο σε αυτές τις εγκαταστάσεις είναι ένα έτος. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (εποχή μη-θέρμανσης), που διαρκεί συνήθως από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο, και αντλείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα (εποχή θέρμανσης), συνήθως από το Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο. Αυτές οι δεξαμενές είναι μεγαλύτερες, αλλά οι παροχές τους είναι σχετικά χαμηλές, γεγονός που σημαίνει ότι το φυσικό αέριο που μπορεί να εξαχθεί ανά ημέρα είναι περιορισμένο. Ωστόσο, αυτές οι εγκαταστάσεις παρέχουν μια συνεχή και σταθερή τροφοδοσία φυσικού αερίου και αποτελούν τον πιο κοινό τύπο εγκατάστασης αποθήκευσης φορτίου βάσης.

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης φορτίου αιχμής, αντιθέτως, σχεδιάζονται για να έχουν υψηλές παροχές για μικρές χρονικές περιόδους, γεγονός που σημαίνει ότι το φυσικό αέριο μπορεί γρήγορα να αντληθεί από την αποθήκευση εάν προκύψει η ανάγκη. Οι εγκαταστάσεις φορτίου αιχμής προορίζονται για την κάλυψη της ξαφνικής και βραχυπρόθεσμης αύξησης της απαίτησης φυσικού αερίου. Αυτές οι εγκαταστάσεις δεν μπορούν να κρατήσουν τόσο πολύ φυσικό αέριο όσο οι εγκαταστάσεις φορτίου βάσης, όμως, μπορούν να παραδώσουν μικρότερες ποσότητες αερίου γρηγορότερα και μπορούν επίσης να αναπληρωθούν σε συντομότερο χρονικό διάστημα από ότι οι εγκαταστάσεις φορτίου βάσης. Τα σπήλαια άλατος είναι ο πιο κοινός τύπος εγκατάστασης αποθήκευσης φορτίου αιχμής, αν και τα υδροφόρα στρώματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν αυτές τις απαιτήσεις.

Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται συνήθως υπόγεια, σε μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι υπόγειων αποθηκεύσεων: κενοί ταμειυτήρες αερίου, υδροφόρα στρώματα, και σπήλαια άλατος. Εκτός από την υπόγεια αποθήκευση, εντούτοις, το φυσικό αέριο μπορεί να αποθηκευτεί ως υγροποιημένο φυσικό αέριο. Το LNG

επιτρέπει τη μεταφορά και αποθήκευση του φυσικού αερίου σε υγρή μορφή που σημαίνει ότι καταλαμβάνει πολύ λιγότερο όγκο από ότι σε αέρια μορφή.

3.2.2. Τύποι υπόγειας αποθήκευσης

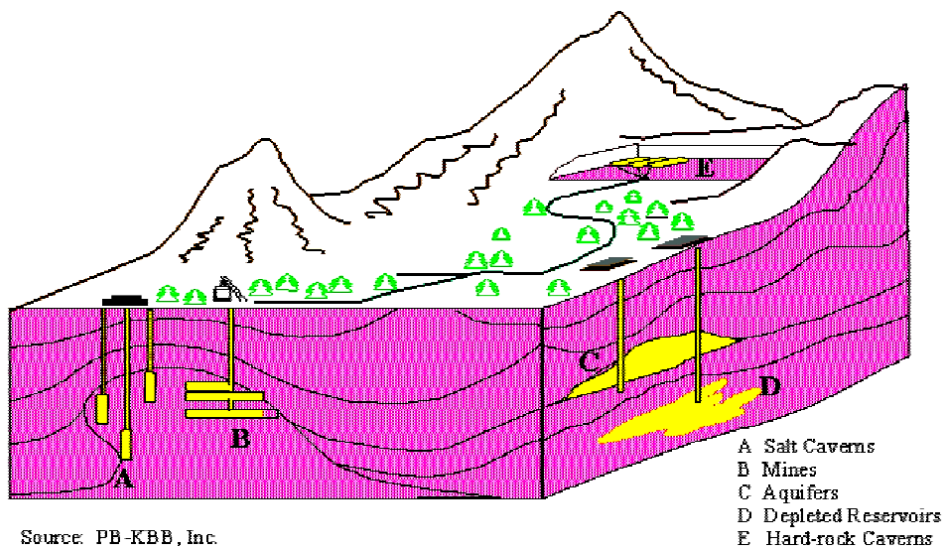
Οι υπόγειες περιοχές αποθήκευσης φυσικού αερίου έγιναν δημοφιλείς αμέσως μετά από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Η τότε βιομηχανία φυσικού αερίου διαπίστωσε ότι οι εποχιακές αυξήσεις απαίτησης δεν θα μπορούσαν να καλυφτούν πιθανά μόνο από το δίκτυο αγωγών. Προκειμένου να καλυφθούν οι εποχιακές αυξήσεις απαίτησης, ο ρυθμός παράδοσης διαμέσου των σωληνώσεων (και έτσι το μέγεθός τους), θα έπρεπε να αυξηθούν δραματικά. Εντούτοις, η τεχνολογία που απαιτούνταν για την κατασκευή τέτοιων μεγάλων σωληνώσεων στις κατανάλωσες περιοχές ήταν τότε ανέφικτη. Προκειμένου να είναι σε θέση να καλύψουν τις εποχιακές αυξήσεις απαίτησης, οι υπόγειες περιοχές αποθήκευσης ήταν η μόνη επιλογή.

Όπως αναφέρεται, υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι υπόγειων εγκαταστάσεων αποθήκευσης φυσικού αερίου. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των κενών δεξαμενών, των υδροφόρων στρωμάτων και των σπηλαίων άλατος θα αναλυθούν παρακάτω (σχήμα 3.20). Ουσιαστικά, οποιαδήποτε υπόγεια εγκατάσταση αποθήκευσης διαμορφώνεται κατάλληλα πριν την πλήρωση, για να δημιουργήσει κάποιου είδους υπόγειας δεξαμενής αποθήκευσης. Το φυσικό αέριο εγχέεται στο σχηματισμό με αποτέλεσμα να αυξάνει η πίεση καθώς προστίθεται φυσικό αέριο. Από αυτή την άποψη, ο υπόγειος σχηματισμός γίνεται ένα είδος πεπιεσμένου αεροθυλακίου φυσικού αερίου. Όπως με τα νεοδιατρημένα φρεάτια, όσο υψηλότερη η πίεση στην εγκατάσταση αποθήκευσης, τόσο ευκολότερα μπορεί να εξαχθεί το αέριο. Μόλις η πίεση πέσει κάτω από αυτή της πηγής, δεν υπάρχει πλέον διαφορικό πίεσης για να εξωθηθεί το φυσικό αέριο από τη εγκατάσταση αποθήκευσης. Αυτό σημαίνει ότι, σε οποιαδήποτε υπόγεια εγκατάσταση αποθήκευσης, υπάρχει ένα ορισμένο ποσό αερίου που δεν θα μπορέσει ποτέ να εξαχθεί. Αυτό είναι γνωστό ως μη φυσικώς επανακτήσιμο αέριο και το οποίο τελικά ενσωματώνεται μόνιμα στο σχηματισμό.

Εκτός από αυτό το μη φυσικώς επανακτήσιμο αέριο, οι υπόγειες εγκαταστάσεις αποθήκευσης περιέχουν αυτό που είναι γνωστό ως "αέριο βάσης". Αυτό είναι ο όγκος αερίου που πρέπει να παραμείνει στη εγκατάσταση αποθήκευσης για να παρέχει την απαιτούμενη συμπίεση για την εξαγωγή του παραμένοντος αερίου. Στην κανονική λειτουργία της εγκατάστασης αποθήκευσης, αυτό το αέριο βάσης παραμένει υπόγειο. Εντούτοις ένα μέρος αυτού μπορεί να εξαχθεί χρησιμοποιώντας ειδικό εξοπλισμό συμπίεσης στην πηγή.

Το "εργαζόμενο αέριο" είναι ο όγκος φυσικού αερίου στον ταμιευτήρα αποθήκευσης που μπορεί να εξαχθεί κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης αποθήκευσης. Αυτό είναι το φυσικό αέριο που αποθηκεύεται και κατόπιν ανακτάται. Η χωρητικότητα των εγκαταστάσεων αποθήκευσης αναφέρεται συνήθως στην χωρητικότητά τους σε εργαζόμενο αέριο. Στην αρχή ενός κύκλου άντλησης, η πίεση μέσα στη εγκατάσταση

αποθήκευσης έχει την υψηλότερη τιμή της που σημαίνει ότι το εργαζόμενο αέριο μπορεί να αντληθεί με υψηλό ρυθμό. Καθώς ο όγκος του αερίου μέσα στη εγκατάσταση αποθήκευσης μειώνεται, μειώνεται επίσης η πίεση και κατ' επέκταση και ο ρυθμός ανάκτησης. Περιοδικά, οι χειριστές της υπόγειας εγκατάστασης αποθήκευσης μπορούν να αναταξινομήσουν μέρη του εργαζόμενου αερίου ως αέριο βάσης μετά από αξιολόγηση της λειτουργίας των εγκαταστάσεών τους.



Source: PB-KBB, Inc.

Σχήμα.3.20. Τύποι εγκαταστάσεων υπόγειας αποθήκευσης φυσικού αερίου.

Κενοί ταμιευτήρες αερίου

Η πρώτη επιτυχής περίπτωση υπόγειας αποθήκευσης φυσικού αερίου εμφανίστηκε στο Weland County στο Οντάριο του Καναδά, το 1915. Αυτή η εγκατάσταση αποθήκευσης χρησιμοποίησε ένα κενό ταμιευτήρα φυσικού αερίου που διαμορφώθηκε κατάλληλα σε αεροθυλάκιο αποθήκευσης.

Η πιο σημαντική και κοινή μορφή υπόγειας αποθήκευσης αποτελείται από τους κενούς ταμιευτήρες αερίου. Οι κενοί ταμιευτήρες είναι εκείνοι οι σχηματισμοί από τους οποίους εξάχθηκε κατόπιν γεώτρησης το ανακτήσιμο φυσικό τους αέριο. Συνίστανται δηλαδή σε υπόγειους σχηματισμούς, γεωλογικά ικανούς για την συγκράτηση φυσικού αερίου. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση ενός ήδη διετρημένου ταμιευτήρα για λόγους αποθήκευσης επιτρέπει τη χρήση του εξοπλισμού εξαγωγής και διανομής που εγκαταλείπεται μετά την εξάντληση των αποθεμάτων του σε φυσικό αέριο. Έχοντας ήδη έτοιμο το δίκτυο εξαγωγής μειώνεται το κόστος μετατροπής ενός κενού ταμιευτήρα σε εγκατάσταση αποθήκευσης. Οι κενοί ταμιευτήρες είναι επίσης ελκυστικοί επειδή τα γεωλογικά τους χαρακτηριστικά είναι ήδη γνωστά. Από τους τρεις τύπους υπόγειων αποθηκείσεων, οι κενοί ταμιευτήρες αποτελούν κατά μέσον όρο, το φτηνότερο και ευκολότερο τρόπο ανάπτυξης, λειτουργίας και συντήρησης μιας εγκατάστασης αποθήκευσης.

Οι παράγοντες που καθορίζουν εάν ένας κενός ταμιευτήρας θα αποτελέσει τελικά μια κατάλληλη εγκατάσταση αποθήκευσης είναι τόσο γεωγραφικοί όσο και γεωλογικοί. Γεωγραφικά, οι κενοί ταμιευτήρες πρέπει να είναι σχετικά κοντά στις περιοχές κατανάλωσης. Πρέπει επίσης να είναι κοντά στην υποδομή μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων των κυρίων αγωγών και των συστημάτων διανομής. Γεωλογικά, οι σχηματισμοί κενών ταμιευτήρων πρέπει να έχουν υψηλή διαπερατότητα και πορώδες. Το πορώδες του σχηματισμού καθορίζει το ποσό του φυσικού αερίου που μπορεί να συγκρατήσει, ενώ η διαπερατότητά του καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο ρέει το φυσικό αέριο στο σχηματισμό, ο οποίος καθορίζει στη συνέχεια τον ρυθμό έγχυσης και άντλησης του εργαζόμενου αερίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να απαιτηθεί κατάλληλη διαμόρφωση του σχηματισμού για αύξηση της διαπερατότητάς του.

Προκειμένου να διατηρηθεί η πίεση στους κενούς ταμιευτήρες, περίπου 50% του φυσικού αερίου στο σχηματισμό πρέπει να παραμείνει ως αέριο βάσης. Εντούτοις, οι κενοί ταμιευτήρες, όντες ήδη πληρωμένοι κατά το παρελθόν με φυσικό αέριο και υδρογονάνθρακες, δεν απαιτούν την έγχυση αερίου που θα γίνει τελικά μη φυσικώς επανακτήσιμο αέριο καθώς αυτό ήδη προϋπάρχει στο σχηματισμό.

Υδροφόρα Στρώματα

Τα υδροφόρα στρώματα είναι υπόγειοι πορώδεις, διαπερατοί σχηματισμοί πετρωμάτων που λειτουργούν ως φυσικοί ταμιευτήρες νερού. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτοί οι υδροφόροι σχηματισμοί μπορούν να αναδιαμορφωθούν και να χρησιμοποιηθούν ως εγκαταστάσεις αποθήκευσης φυσικού αερίου. Δεδομένου ότι είναι ακριβότεροι να αναπτυχθούν από τους κενούς ταμιευτήρες, αυτοί οι τύποι εγκαταστάσεων αποθήκευσης χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο στις περιοχές όπου δεν υπάρχει κοντά κενός υπόγειος ταμιευτήρας. Παραδοσιακά, αυτές οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται με μια ενιαία περίοδο χειμερινής άντλησης, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν επίσης τις απαιτήσεις φορτίου αιχμής.

Τα υδροφόρα στρώματα είναι ο πιο ελάχιστος επιθυμητός και ακριβότερος τύπος εγκατάστασης αποθήκευσης φυσικού αερίου για διάφορους λόγους. Κατ' αρχάς, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών υδροφόρων στρωμάτων δεν είναι τόσο πλήρως γνωστά, όπως είναι με τους κενούς ταμιευτήρες. Ένα σημαντικό χρονικό διάστημα και χρήματα ξοδεύονται στον καθορισμό των γεωλογικών χαρακτηριστικών ενός υδροφόρου στρώματος και τον καθορισμό της καταλληλότητάς του ως εγκατάσταση αποθήκευσης φυσικού αερίου. Η σεισμική δοκιμή πρέπει να εκτελεστεί, περίπου με τον ίδιο τρόπο όπως για την αναζήτηση πιθανών σχηματισμών φυσικού αερίου. Η περιοχή του σχηματισμού, της σύνθεσης και του πορώδους του καθώς και της υπάρχουσας πίεσής του πρέπει να προσδιορισθούν πριν από την ανάπτυξη του σχηματισμού. Επιπλέον, η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι άγνωστη, και μπορεί μόνο να καθοριστεί μόλις αναπτυχθεί περαιτέρω ο σχηματισμός.

Προκειμένου να μετατραπεί ένα φυσικό υδροφόρο στρώμα σε μια αποτελεσματική εγκατάσταση αποθήκευσης φυσικού αερίου, πρέπει επίσης να αναπτυχθεί όλη η σχετική υποδομή. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση των φρεατίων, του εξοπλισμού εξαγωγής, των σωληνώσεων, των εγκαταστάσεων αφυδάτωσης και ενδεχομένως του εξοπλισμού συμπίεσης. Δεδομένου ότι τα υδροφόρα στρώματα είναι φυσικά πλήρη σε νερό, σε μερικές περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθεί ισχυρός εξοπλισμός εγχύσεων, για να εξωθηθεί το υπάρχον νερό και να αντικατασταθεί με φυσικό αέριο.

Ενώ το φυσικό αέριο που αποθηκεύεται στα υδροφόρα στρώματα έχει ήδη υποβληθεί σε όλη την επεξεργασία του, κατά την εξαγωγή του από σχηματισμό υδροφόρων στρωμάτων απαιτείται συνήθως η περαιτέρω αφυδάτωσή του πριν από τη μεταφορά, διαδικασία η οποία απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό κοντά στην πηγή. Οι σχηματισμοί υδροφόρων στρωμάτων δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες συγκράτησης φυσικού αερίου με αυτές των κενών ταμιευτήρων. Αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος του φυσικού αερίου που εγχύεται διαφεύγει από το σχηματισμό και πρέπει να συλλεχθεί και να εξαχθεί από τα φρεάτια "συλλεκτών", σχεδιασμένα ειδικά για την συλλογή του αερίου που διαφεύγει από τον πρωτεύοντα σχηματισμό υδροφόρου στρώματος.

Εκτός από αυτές τις εκτιμήσεις, οι σχηματισμοί υδροφόρων στρωμάτων απαιτούν συνήθως πολύ περισσότερο "αέριο βάσης" από ότι οι κενοί ταμιευτήρες. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει φυσικώς δημιουργημένο φυσικό αέριο στο σχηματισμό, ένα ορισμένο ποσό φυσικού αερίου που εγχέεται θα αποδειχθεί τελικά μη φυσικώς επανακτήσιμο. Στους σχηματισμούς υδροφόρων στρωμάτων, οι απαιτήσεις αερίου βάσης μπορούν να είναι τόσο υψηλές, έως και 80% επί του συνολικού όγκου αερίου. Ενώ είναι δυνατό να εξαχθεί το αέριο βάσης από τους κενούς ταμιευτήρες, αυτό θα μπορούσε να έχει αρνητικά αποτελέσματα στους σχηματισμούς υδροφόρων στρωμάτων, μέχρι και ζημιά στο σχηματισμό. Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος του αερίου βάσης που εγχέεται σε οποιοδήποτε σχηματισμό υδροφόρων στρωμάτων μπορεί να παραμείνει μη επανακτήσιμο, ακόμα και μετά την διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης αποθήκευσης.

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις αποθήκευσης υδροφόρων στρωμάτων αναπτύχθηκαν όταν η τιμή του φυσικού αερίου ήταν χαμηλή και το κόστος παραίτησης από την ανάκτηση του αερίου βάσης δεν ήταν μεγάλο. Ωστόσο, με τις υψηλότερες τιμές, οι σχηματισμοί υδροφόρων στρωμάτων είναι όλο και περισσότερο ακριβοί να αναπτυχθούν.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες σημαίνουν ότι η ανάπτυξη ενός σχηματισμού υδροφόρων στρωμάτων ως εγκατάσταση αποθήκευσης μπορεί να είναι χρονοβόρα και ακριβή. Σε κάποιες περιπτώσεις, η ανάπτυξη υδροφόρων στρωμάτων μπορεί να πάρει 4 έτη, χρόνος τουλάχιστον διπλάσιος από ότι απαιτείται για την ανάπτυξη κενών ταμιευτήρων ως εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Εκτός από τον αυξημένο χρόνο και κόστος αποθήκευσης σε

υδροφόρα στρώματα, υπάρχουν επίσης περιβαλλοντικοί περιορισμοί για την χρησιμοποίησή τους ως αποθήκες φυσικού αερίου. Αυτοί οι περιορισμοί συνίστανται στη μείωση της πιθανότητας μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα.

Σπήλαια άλατος

Οι υπόγειοι σχηματισμοί αλάτων προσφέρουν μια άλλη επιλογή για την αποθήκευση φυσικού αερίου. Αυτοί οι σχηματισμοί είναι αρκετά κατάλληλοι για αποθήκευση φυσικού αερίου καθώς τα σπήλαια αλάτων, από την στιγμή που διαμορφωθούν, επιτρέπουν μικρό μέρος του εγχυθέντος φυσικού αερίου να διαφύγει από το σχηματισμό, εκτός εάν εξαχθεί επί τούτου. Τα τοιχώματα ενός σπηλαιίου αλάτων έχουν επίσης τη δομική αντοχή του χάλυβα, η οποία τα καθιστά πολύ ανθεκτικά απέναντι στην υποβάθμιση των ταμιευτήρων κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης αποθήκευσης.

Ουσιαστικά, τα σπήλαια αλάτων διαμορφώνονται από τις υπάρχουσες εναποθέσεις αλάτων. Αυτές οι υπόγειες εναποθέσεις αλάτων μπορούν να υπάρξουν με δύο πιθανές μορφές: θόλοι άλατος και στρώματα άλατος. Οι θόλοι άλατος είναι παχιοί σχηματισμοί οι οποίοι δημιουργούνται από φυσικές εναποθέσεις αλάτων που κατά τη διάρκεια του χρόνου στραγγίζονται μέσω των ιζηματογενών στρωμάτων για να δημιουργήσουν μεγάλους σχηματισμούς θόλων άλατος. Μπορούν να είναι τόσο μεγάλοι όσο 1 km σε διάμετρο και 10 km στο ύψος. Χαρακτηριστικά, οι θόλοι άλατος που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση φυσικού αερίου είναι μεταξύ 2 και 5 km κάτω από την επιφάνεια, αν και σε ορισμένες περιστάσεις μπορεί να είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια. Τα στρώματα άλατος είναι πιο ρηχά, λεπτότεροι σχηματισμοί. Αυτοί οι σχηματισμοί έχουν συνήθως ύψος λιγότερο από 300 m. Η ανάπτυξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης φυσικού αερίου σε στρώματα άλατος είναι εν γένει ακριβότερη από ότι σε θόλους άλατος.

Μόλις ανακαλυφθεί ένας κατάλληλος θόλος ή στρώμα άλατος και κριθεί κατάλληλο για αποθήκευση φυσικού αερίου, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί ένα "σπήλαιο άλατος" μέσα στο σχηματισμό. Ουσιαστικά, αυτό συνίσταται στη χρήση ύδατος για την διάλυση και εξαγωγή ενός ορισμένου ποσού άλατος από την απόθεση, αφήνοντας έναν μεγάλο κενό χώρο στο σχηματισμό. Αυτό γίνεται με διάτρηση ενός φρέατος μέχρι το σχηματισμό και με ανακύκλωση μεγάλων ποσοτήτων ύδατος μέσω του ολοκληρωμένου φρέατος. Το νερό αυτό θα διαλύσει μέρος από το άλας στην απόθεση και μετά την άντλησή του αφήσει έναν μεγάλο κενό χώρο που καταλάμβανε προηγουμένως το άλας.

Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει σπήλαια και των δύο τύπων απόθεσης άλατος και μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρή. Ωστόσο, μόλις δημιουργηθεί, ένα σπήλαιο άλατος προσφέρει ένα υπόγειο αεροθυλάκιο αποθήκευσης φυσικού αερίου με πολύ υψηλό ρυθμός παράδοσης. Επιπλέον, οι απαιτήσεις αερίου βάσης είναι οι χαμηλότερες από

όλους τους τρεις τύπους αποθήκευσης, με τα σπήλαια άλατος να απαιτούν μόνο το 33% περίπου της συνολικής χωρητικότητας σε αέριο για χρησιμοποίηση ως αέριο βάσης.

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης σπηλαίων άλατος είναι καταλληλότερες για την αποθήκευση φορτίων αιχμής. Τα σπήλαια άλατος είναι τυπικά πολύ μικρότερα από ότι οι κενοί ταμειυτήρες και τα υδροφόρα στρώματα. Στην πραγματικότητα τα υπόγεια σπήλαια άλατος καταλαμβάνουν συνήθως μόνο το ένα εκατοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνει ένας κενός ταμειυτήρας αερίου. Συνεπώς, τα σπήλαια άλατος δεν μπορούν να κρατήσουν τον απαραίτητο όγκο αερίου για να καλύψουν τις απαιτήσεις αποθήκευσης φορτίου βάσης. Ωστόσο, ο ρυθμός παράδοσης από τα σπήλαια άλατος είναι συνήθως πολύ υψηλότερος απ'ό,τι στα υδροφόρα στρώματα ή στους κενούς ταμειυτήρες. Επομένως, το φυσικό αέριο που αποθηκεύεται σε ένα σπήλαιο άλατος μπορεί ευκολότερα (και γρηγορότερα) να ανακτηθεί και τα σπήλαια μπορούν να επαναπληρωθούν με φυσικό αέριο γρηγορότερα απ'ό,τι σε οποιοδήποτε άλλο τύπο υπόγειας εγκατάστασης αποθήκευσης. Επιπλέον, στα σπήλαια άλατος η παροχή φυσικού αερίου μπορεί να ξεκινήσει άμεσα, εντός μιας ώρας περίπου, χρόνος αρκετά κρίσιμος σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή κατά τη διάρκεια απροσδόκητων βραχυπρόθεσμων αιχμών ζήτησης.

3.3. Διανομή

Η διανομή είναι το τελικό βήμα στην παράδοση του φυσικού αερίου στους τελικούς χρήστες. Ενώ μερικοί μεγάλοι βιομηχανικοί, εμπορικοί, και ηλεκτροπαραγωγοί πελάτες λαμβάνουν φυσικό αέριο απευθείας από τους υψηλής παροχής αγωγούς, οι περισσότεροι άλλοι χρήστες λαμβάνουν το φυσικό αέριο από μια τοπική Επιχείρηση Διανομής Αερίου (ΕΔΑ). Οι ΕΔΑ είναι επιχειρήσεις που παραδίδουν φυσικό αέριο στους καταναλωτές μέσα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής μεταφέρουν συνήθως το φυσικό αέριο από σημεία παράδοσης κατά μήκος των διακρατικών ή διαπολιτειακών αγωγών μέσω αγωγών μικρότερης διαμέτρου (σχήμα 3.21). Τα σημεία παράδοσης φυσικού αερίου στις ΕΔΑ, ειδικά για τις μεγάλες δημοτικές περιοχές, καλούνται συχνά "citygates", και είναι σημαντικά κέντρα αγοράς για την τιμολόγηση του φυσικού αερίου. Χαρακτηριστικά, οι ΕΔΑ παίρνουν την ιδιοκτησία του φυσικού αερίου στο citygate, και το παραδίδουν στη θέση του κάθε μεμονωμένου πελάτη χρήσης μέσω ενός εκτενούς δικτύου αγωγών διανομής. Σε ό,τι αφορά το σύστημα που διανέμει το φυσικό αέριο στην πόλη σχεδιάζεται με τον κατάλληλο τρόπο και περιλαμβάνει όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό ώστε η τροφοδοσία του φυσικού αερίου σε ολόκληρη την πόλη αλλά και σε κάθε περιοχή να εξασφαλίζεται τουλάχιστον από δύο ανεξάρτητα σημεία.

Λόγω της υποδομής μεταφοράς που απαιτείται για να διακινηθεί το φυσικό αέριο προς πολλούς διαφορετικούς πελάτες σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή, οι δαπάνες διανομής αποτελούν τυπικά το μεγαλύτερο ποσοστό των δαπανών για τους χαμηλής παροχής τελικούς χρήστες. Ενώ οι μεγάλοι αγωγοί μπορούν να μειώσουν τα μοναδιαία κόστη διακινώντας μεγάλες παροχές φυσικού αερίου, οι επιχειρήσεις διανομής πρέπει να παραδώσουν τις σχετικά μικρές παροχές σε πολλές περισσότερες διαφορετικές θέσεις.



Σχήμα 3.21. Εγκατάσταση μικρής διαμέτρου αγωγών διανομής φυσικού αερίου.

Η παράδοση του φυσικού αερίου στο σημείο τελικής χρήσης του από μια εγκατάσταση διανομής είναι σαν τη μεταφορά του φυσικού αερίου που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Εντούτοις, η διανομή περιλαμβάνει τη διακίνηση μικρότερων παροχών, σε πολύ χαμηλότερες πιέσεις, σε σύντομες αποστάσεις, προς έναν μεγάλο αριθμό μεμονωμένων χρηστών. Μικρής διαμέτρου αγωγός χρησιμοποιείται για να μεταφέρει φυσικό αέριο από το citygate στους μεμονωμένους καταναλωτές.

Το φυσικό αέριο συμπιέζεται περιοδικά για να εξασφαλισθεί η ροή στους αγωγούς, αν και οι τοπικοί σταθμοί συμπίεσης είναι συνήθως πολύ μικρότεροι από εκείνους που χρησιμοποιούνται για τη διακρατική μεταφορά (σχήμα 3.22). Λόγω της διακίνησης μικρότερων παροχών φυσικού αερίου, καθώς επίσης και του μικρής διαμέτρου αγωγού που χρησιμοποιείται, η πίεση που απαιτείται για να διακινήσει το φυσικό αέριο στο δίκτυο διανομής είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή που απαιτείται στους αγωγούς μεταφοράς. Ενώ το φυσικό αέριο που διακινείται μέσω των διακρατικών αγωγών συμπιέζεται τουλάχιστον σε 1.300 psi, το φυσικό αέριο που διακινείται μέσω του δικτύου διανομής απαιτεί συμπίεση 3 psi. Η πίεση του φυσικού αερίου διανομής ελαττώνεται σε ή κοντά στο citygate και το φυσικό αέριο φιλτράρεται (ακόμα κι αν έχει υποβληθεί σε επεξεργασία ήδη πριν από τη διανομή του μέσω των διακρατικών σωληνώσεων) για να εξασφαλισθεί η χαμηλή υγρασία και το χαμηλό

περιεχόμενο σε σωματίδια. Επιπλέον, το mercaptan - η πηγή της γνωστής σάπιας μυρωδιάς αυγών στο φυσικό αέριο - προστίθεται πριν από τη διανομή του φυσικού αερίου. Αυτό προστίθεται επειδή το φυσικό αέριο είναι άοσμο και άχρωμο και η συνήθης μυρωδιά του mercaptan καθιστά την ανίχνευση των διαρροών πολύ ευκολότερη.



Σχήμα.3.22. Σταθμός συμπίεσης συστήματος διανομής.

Παραδοσιακά, για την κατασκευή των δικτύων διανομής χρησιμοποιούνταν άκαμπτοι χαλυβδοσωλήνες. Ωστόσο, η νέα τεχνολογία επιτρέπει τη χρήση εύκαμπτων πλαστικών σωλήνων και αυλακωτών σωλήνων ανοξείδωτου χάλυβα αντί του άκαμπτου χαλυβδοσωλήνα. Αυτοί οι νέοι τύποι σωληνώσεων επιτρέπουν τη μείωση δαπανών και εγκαταστάσεων τόσο για τις τοπικές επιχειρήσεις διανομής όσο και για τους καταναλωτές φυσικού αερίου.

Μια άλλη καινοτομία στη διανομή φυσικού αερίου είναι η χρήση των ηλεκτρονικών μετρητικών συστημάτων. Το φυσικό αέριο που καταναλώνεται από οποιοδήποτε πελάτη μετριέται από τους επιτόπιους μετρητές, οι οποίοι παρακολουθούν ουσιαστικά τον όγκο του φυσικού αερίου που καταναλώνεται σε εκείνη την θέση. Παραδοσιακά, προκειμένου να τιμολογηθούν οι πελάτες σωστά, έπρεπε το κατάλληλο προσωπικό μετρήσεων να αποσταλεί για να καταγράψει επιτόπου τις καταναλώσεις. Όμως, τα νέα ηλεκτρονικά συστήματα μέτρησης είναι σε θέση να διαβιβάζουν αυτές τις πληροφορίες άμεσα στην τοπική επιχείρηση διανομής αερίου. Αυτό οδηγεί στη μείωση δαπανών των τοπικών επιχειρήσεων διανομής, η οποία περνά στη συνέχεια στους πελάτες.

Η εγκατάσταση του αγωγού διανομής φυσικού αερίου απαιτεί την ίδια διαδικασία όπως για τους μεγαλύτερους αγωγούς, δηλαδή την ανασκαφή τάφρων εντός των οποίων τοποθετούνται οι σωλήνες. Ωστόσο, οι νέες τεχνικές ανοίγματος τάφρων επιτρέπουν την εγκατάσταση του σωλήνα διανομής με το λιγότερο αντίκτυπο στα ανωτέρω επίγεια περίχωρα. Τα καθοδηγούμενα συστήματα διάτρησης χρησιμοποιούνται για να ανασκάψουν μια υπόγεια οπή στην οποία ο σωλήνας μπορεί να εισαχθεί και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των δραστηριοτήτων ανασκαφής και αποκατάστασης. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις

κατοικημένες αστικές τοποθεσίες και τα φυσικά αγροτικά περιβάλλοντα, όπου η εγκατάσταση του σωλήνα διανομής φυσικού αερίου μπορεί να είναι μια σημαντική δυσχέρεια για τους κατοίκους και τους ιδιοκτήτες επιχειρήσεων.

Οι τοπικές εταιρίες διανομής φυσικού αερίου χρησιμοποιούν επίσης Εποπτικά Συστήματα Ελέγχου και Λήψης Δεδομένων (SCADA), παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται από τις εταιρίες μεγάλων σωληνώσεων. Αυτά τα συστήματα μπορούν εκτός από τον έλεγχο και τη μέτρηση της ροής του αερίου να συνεργασθούν με άλλα συστήματα λογιστικής, τιμολόγησης και συμβάσεων για να παρέχουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα μέτρησης και ελέγχου για τις τοπικές επιχειρήσεις διανομής. Αυτό επιτρέπει την συλλογή και επεξεργασία εξακριβωμένων και έγκαιρων πληροφοριών για τη κατάσταση του δικτύου διανομής ώστε να εξασφαλισθεί η αποδοτική και αποτελεσματική λειτουργία του.

Κατά κανόνα, οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής κατέχουν τα αποκλειστικά δικαιώματα να διανείμουν φυσικό αέριο σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, καθώς επίσης και να εκτελούν υπηρεσίες όπως η τιμολόγηση, η επιθεώρηση ασφάλειας και η παροχή συνδέσεων φυσικού αερίου για τους νέους πελάτες. Όπως στις διακρατικές σωληνώσεις, οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής έχουν θεωρηθεί στο παρελθόν φυσικά μονοπώλια. Λόγω του κόστους κατασκευής των εγκαταστάσεων διανομής θα ήταν αντισυμβαλλόμενο να τοποθετηθούν επικαλυπτόμενα δίκτυα διανομής σε κάποια περιοχή, που σημαίνει ότι στις περισσότερες περιοχές υπάρχει μόνο μία τοπική επιχείρηση διανομής που προσφέρει τις υπηρεσίες διανομής και παροχής φυσικού αερίου.

Λόγω της θέσης τους ως φυσικά μονοπώλια σε μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή, οι επιχειρήσεις διανομής έχουν ρυθμιστεί στο παρελθόν για να εξασφαλίσουν ότι η μονοπωλιακή δύναμη χρησιμοποιείται σωστά και οι καταναλωτές φυσικού αερίου δεν πέφτουν θύμα σε υπερβολικά υψηλές δαπάνες διανομής ή σε ανεπαρκή συστήματα παράδοσης. Οι κρατικές επιτροπές εγκαταστάσεων δημόσιας χρήσης χρεώνονται με την εποπτεία των ιδιωτικών τοπικών επιχειρήσεων διανομής. Ο κρατικός κανονισμός των τοπικών επιχειρήσεων διανομής έχει ποικίλους στόχους, συμπεριλαμβανομένης της εξασφάλισης επαρκούς παροχής, την αξιόπιστη λειτουργία και τις λογικές τιμολογήσεις των καταναλωτών, επιτρέποντας επίσης ένα επαρκές ποσοστό απόδοσης των επενδυτών. Επιπλέον, οι κρατικές επιτροπές είναι αρμόδιες για την επιτήρηση της κατασκευής των νέων δικτύων διανομής, συμπεριλαμβανομένης της έγκρισης των περιοχών εγκαταστάσεων και των προτεινόμενων προσθηκών στο δίκτυο. Οι ρυθμιστικές οδηγίες και οι μέθοδοι εποπτείας ποικίλλουν από κράτος σε κράτος.

Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής φυσικού αερίου οφείλουν να διατηρούν τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας για να εξασφαλίσουν ότι τα αποτρέψιμα ατυχήματα αποφεύγονται και τα προβλήματα με το δίκτυο διανομής επιλύονται εγκαίρως και αξιόπιστα.

Πολλά από τα προγράμματα ασφάλειας που ακολουθούν οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής είναι αρκετά παρόμοια με εκείνα των επιχειρήσεων διακρατικής ή διαπολιτειακής μεταφοράς φυσικού αερίου. Στο τοπικό επίπεδο, τα μέτρα ασφάλειας περιλαμβάνουν:

Εξοπλισμός ανίχνευσης διαρροών: Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής χρησιμοποιούν ειδικό τεχνολογικό εξοπλισμό ανίχνευσης διαρροών στο δίκτυο διανομής και προσθέτουν επίσης τεχνητή οσμή στο φυσικό αέριο για να καταστήσουν ευκολότερη την ανίχνευση μια διαρροής.

Προγράμματα εκπαίδευσης ασφάλειας: Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής διοργανώνουν συχνά σεμινάρια ασφάλειας φυσικού αερίου σε σχολεία και κοινοτικά κέντρα και σε άλλους οργανισμούς για να εξασφαλισθεί ότι οι πελάτες είναι καλά ενημερωμένοι για τις διαδικασίες ασφάλειας και του τι θα πρέπει να πράξουν σε περίπτωση διαρροής ή έκτακτης ανάγκης.

Τεχνικοί άμεσης κλήσης: Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής διατηρούν βάρδιες τεχνικών 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες εβδομαδιαίως για να αποκρίνονται άμεσα στα προβλήματα και τις ανησυχίες των πελατών (σχήμα 3.23).

Ασκήσεις έκτακτης ανάγκης: Οι τοπικές επιχειρήσεις διανομής συμμετέχουν σε κοινοτικά και τοπικά προγράμματα ετοιμότητας έκτακτης ανάγκης που εκπαιδεύουν και προετοιμάζονται για την περίπτωση έκτακτης ανάγκης όπως σε μια φυσική καταστροφή.

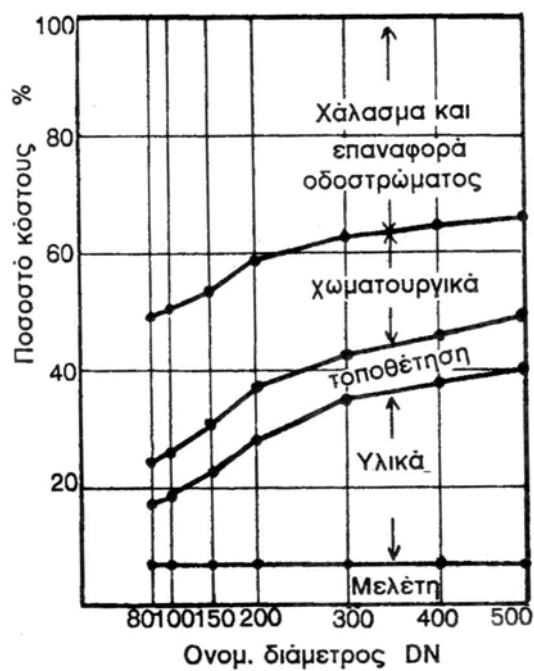
Ενιαίος αριθμός τηλεφωνικής ενημέρωσης: Παρέχει στους πελάτες, αναδόχους και εργολάβους έναν ενιαίο τηλεφωνικό αριθμό για κλήση πριν την έναρξη των διάφορων έργων υποδομής, ώστε να εξασφαλιστεί ότι το δίκτυο διανομής θα παραμείνει απρόσβλητο.

Αυτά είναι μερικά από τα μέτρα ασφάλειας που ακολουθούνται από τις τοπικές επιχειρήσεις διανομής. Ιδιαίτερα σημαντική για την ασφαλή διανομή φυσικού αερίου, ιδιαίτερα στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, είναι η εκπαίδευση των πελατών. Με την διδασκαλία της ασφαλούς χρήσης φυσικού αερίου στους χρήστες του, τι πρέπει να πράξουν στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης και πώς να ανιχνεύσουν τις διαρροές, οι επιχειρήσεις διανομής εξασφαλίζουν ότι η διανομή φυσικού αερίου θα παραμείνει μια από τις ασφαλέστερες μορφές μεταφοράς ενέργειας.

Όσον αφορά τώρα το κόστος υλοποίησης των δικτύων διανομής, παρουσιάζεται στο σχήμα 3.24 το διάγραμμα σύνθεσης κόστους δικτύων πόλεων μέσης και χαμηλής πίεσεως. Τα δίκτυα πόλεως, έχουν να αντιμετωπίσουν εμπόδια και το κόστος τους επαυξάνεται πολύ από την καταστροφή και την επαναφορά του οδοστρώματος.



Σχήμα 3.23. Ομάδα άμεσης τεχνικής επέμβασης φυσικού αερίου κατά τον έλεγχο των μετρητών παροχής αερίου.



Σχήμα 3.24. Σύνθεση κόστους δικτύων πόλεων μέση και χαμηλής πίεσης. [5]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΧΡΗΣΕΙΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

4.1. Χρήσεις

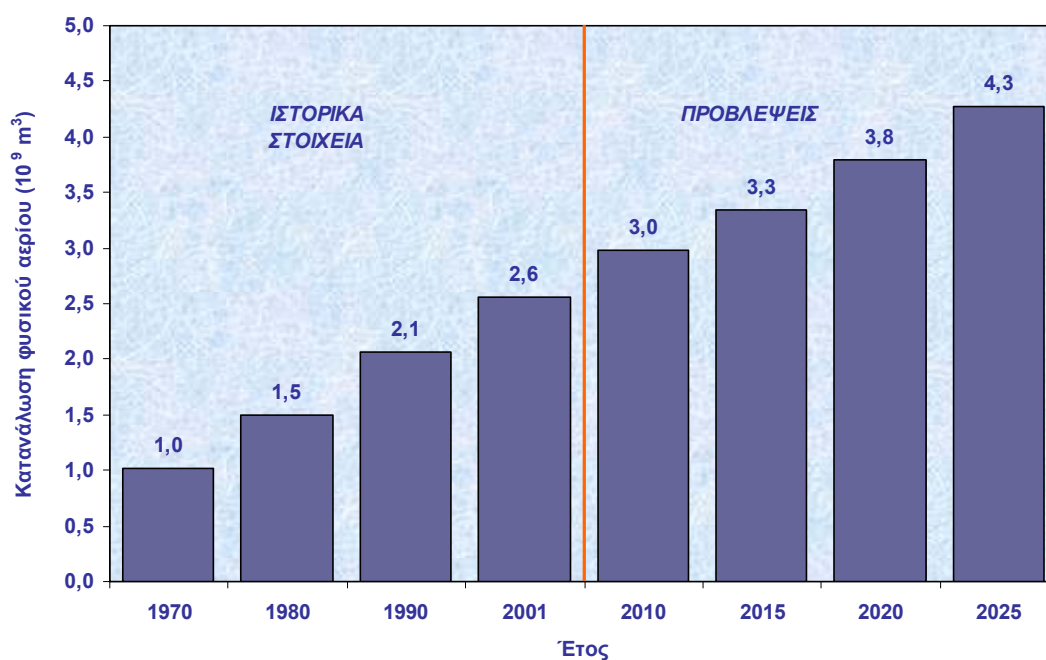
Για εκατοντάδες ετών, το φυσικό αέριο ήταν γνωστό ως πολύ χρήσιμη ουσία. Οι Κινέζοι ανακάλυψαν τον πολλά χρόνια πριν ότι η ενέργεια στο φυσικό αέριο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση νερού. Τις πρώτες ημέρες της βιομηχανίας φυσικού αερίου, το αέριο χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τον φωτισμό των δρόμων και περιστασιακά κάποιες οικίες. Εντούτοις, τα βελτιωμένα κανάλια διανομής και οι τεχνολογικές πρόοδοι συντέλεσαν στην χρήση του φυσικού αερίου με διάφορες εφαρμογές.

Στη δεκαετία του '60 η παγκόσμια διακίνηση φυσικού αερίου δεν ξεπερνούσε τα 29 δισ. κυβικά μέτρα ετησίως. Όμως, η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70 μετέβαλε άρδην το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο. Ο τομέας του φυσικού αερίου, που μέχρι τότε είχε αναπτυχθεί μόνο στις χώρες οι οποίες διέθεταν οι ίδιες αποθέματα, άρχισε στη συνέχεια να αναπτύσσεται παντού: με τους αγωγούς και τα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου δημιουργήθηκε ένα δίκτυο ικανό να μεταφέρει το φυσικό αέριο ακόμη και πολύ μακριά από τα σημεία εξαγωγής.

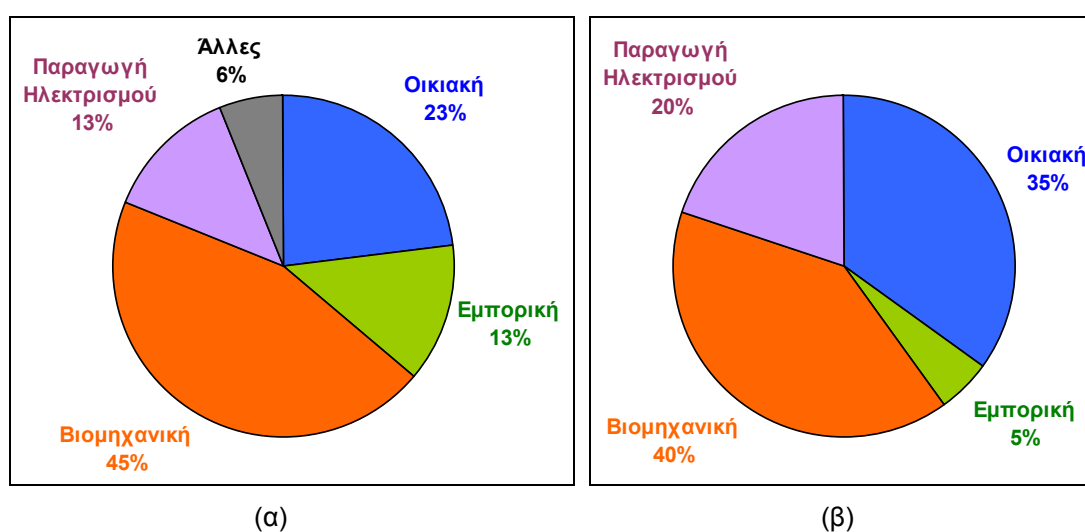
Στις αρχές της δεκαετίας του '80 σημειώθηκαν συναλλαγές μεταξύ εξαγωγικών χωρών και χωρών αξιοποίησης του φυσικού αερίου ύψους 180 δισ. κυβικών μέτρων ετησίως. Το φυσικό αέριο αποτέλεσε κατά το διάστημα αυτό την ταχύτερα αναπτυσσόμενη πρωτογενή μορφή ενέργειας. Πράγματι, η παγκόσμια κατανάλωση το 1999 έφθασε τα 2400 δισ. κυβικά μέτρα, καλύπτοντας το 23% της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης. Στο σχήμα 4.1, παρουσιάζεται η παρελθούσα και η μελλοντικά προβλεπόμενη παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου από το 1970 έως το 2025.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανάλωση χωρίζεται σε τέσσερις βασικούς τομείς. Ο οικιακός τομέας κατέχει το 23%, ο τριτογενής το 13% και ο βιομηχανικός το 45% ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό. Η παραγωγή ηλεκτρισμού κατέχει το 13% (σχήμα 4.2). Στο ίδιο σχήμα απεικονίζεται η κατανάλωση φυσικού αερίου στις χώρες της Ευρώπης, όπου ο οικιακός τομέας συμμετέχει με ποσοστό 35%, ενώ ο τριτογενής με 5%, η βιομηχανία με 40% και η παραγωγή ηλεκτρισμού καταναλώνει 20%. Για τα επόμενα χρόνια, προβλέπεται σημαντική αύξηση αυτών των ποσοστών, ιδιαίτερα στον Ελλαδικό χώρο, όπου η εξάπλωση του φυσικού αερίου καθώς και η γνώση για μια τέτοια μορφή ενέργειας βρίσκεται ακόμα σε εμβρυϊκό στάδιο.

Υπάρχουν τόσες πολλές διαφορετικές εφαρμογές για αυτό το ορυκτό καύσιμο που είναι δύσκολο να παρατεθεί ένας πλήρης κατάλογος αυτών καθώς νέες χρήσεις ανακαλύπτονται συνεχώς. Το φυσικό αέριο έχει πολλές εφαρμογές, οικιακές, εμπορικές, βιομηχανικές, ακόμη και στον τομέα των μεταφορών και της ηλεκτροπαραγωγής, με τις λιγότερες επιπτώσεις προς το περιβάλλον σε σχέση με άλλα καύσιμα. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε αυτές τις χρήσεις του φυσικού αερίου καθώς και τα περιβαλλοντικά ζητήματα γύρω από την χρήση του.



Σχήμα 4.1. Παρελθούσα και προβλεπόμενη παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου. [43]



Σχήμα 4.2. Χρήσεις φυσικού αερίου σε: (α) παγκόσμια κλίμακα, (β) ευρωπαϊκή κλίμακα. [43]

4.1.1. Οικιακές χρήσεις

Το φυσικό αέριο είναι μια από τις φτηνότερες μορφές ενέργειας διαθέσιμες στον οικιακό καταναλωτή. Στην πραγματικότητα, το φυσικό αέριο ήταν ιστορικά πολύ φτηνότερο από την ηλεκτρική ενέργεια ως πηγή ενέργειας. Το Τμήμα Ενέργειας των ΗΠΑ υπολογίζει ότι το 2002, το φυσικό αέριο είναι η συμβατική πηγή ενέργειας χαμηλότερου κόστους διαθέσιμη για την οικιακή χρήση. Επιπλέον, αναφέρει ότι το φυσικό αέριο κοστίζει λιγότερο από 30% του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας ανά Btu.

Αυτό όχι μόνο ισχύει για την θέρμανση των οικιών αλλά και για άλλες οικιστικές χρήσεις της ενέργειας επίσης. Σύμφωνα με την AGA¹⁴, ένας θερμοσίφωνας φυσικού αερίου θα μπορούσε να θερμάνει το σύνολο δύο μπανιέρων νερού με το ίδιο κόστος που θα κόστιζε η θέρμανση ενός θερμοσίφωνα με ηλεκτρική ενέργεια (AGA – PR-18, 1η Μαΐου 2002).

Σημαντικά ποσά ενέργειας χρησιμοποιούνται ή χάνονται κατά μήκος της «τροχιάς» της ενέργειας, δηλαδή από την παραγωγή, επεξεργασία, μεταφορά, μετασχηματισμό μέχρι και τη διανομή της ενέργειας στον τελικό καταναλωτή. Μια πιο αποδοτική τροχιά ενέργειας σημαίνει μικρότερη απαιτούμενη παραγωγή ενέργειας. Πρέπει ωστόσο να επισημανθεί ότι για να υπολογισθεί η απόδοση του συνολικού ενεργειακού κύκλου, απαιτείται η γνώση τόσο της απόδοσης της τροχιάς της ενέργειας όσο και η απόδοση των τελικών συσκευών κατανάλωσης.

Ο πίνακας 4-1, παρουσιάζει μία σύγκριση των αποδόσεων της τροχιάς ενέργειας, για το φυσικό αέριο, το καύσιμο πετρέλαιο και της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από διάφορες ενεργειακές πηγές.

Πίνακας 4-1. Σύγκριση αποδόσεων της τροχιάς ενέργειας καυσίμων από την παραγωγή μέχρι και την διανομή του στον τελικό καταναλωτή. [13]

	Εξαγωγή	Επεξεργασία	Μεταφορά ¹	Μετασχ/σμός	Διανομή	ΣΥΝΟΛΟ
Φυσικό Αέριο	96.8%	97.6%	97.3%	--	98.4%	90.5%
Καύσιμο Πετρέλαιο	96.8%	90.2%	98.4%	--	99.8%	86%
Ηλεκτρική Ενέργεια:						
-Λιγνίτης	99.4%	90.0%	97.5%	33.4%	92.0%	26.8%
-Πετρέλαιο	96.8%	90.2%	98.4%	32.5%	92.0%	25.7%
-Φυσικό Αέριο	96.8%	97.6%	97.3%	31.8%	92.0%	26.9%
Σταθμισμένος Μέσος ²	--	--	--	33.1%	--	26.7%

¹ Μεταφορά του φυσικού αερίου από την μονάδα επεξεργασίας στο τοπικό σύστημα διανομής. Μεταφορά του ορυκτού καυσίμου στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

² Παρούσα σταθμισμένη αναλογία ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας στις ΗΠΑ.

¹⁴ American Gas Association, (Ελ. Αμερικανική Ένωση Αερίου)

Η αθροιστική απόδοση της τροχιάς του φυσικού αερίου είναι περίπου 90%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για κάθε 100MMBtu παραγομένης ενέργειας, τα 90MMBtu παραδίδονται στον καταναλωτή. Βασιζόμενοι στην παρούσα αναλογία ορυκτών καυσίμων στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η ηλεκτρική ενέργεια έχει απόδοση μόνο 27% περίπου. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε 100MMBtu παραγομένης ενέργειας μόνο τα 27MMBtu παραδίδονται στο τελικό καταναλωτή.

Όσον αφορά στην απόδοση του συνολικού κύκλου ενέργειας (η συνδυασμένη απόδοση της τροχιάς της ενέργειας και των τελικών συσκευών κατανάλωσης), το φυσικό αέριο διατηρεί την ανωτερότητά του. Για νέες οικιακές εφαρμογές, η απόδοση συνολικού κύκλου κυμαίνεται στο 71-88% για θέρμανση χώρου με φυσικό αέριο, ενώ για θέρμανση με ηλεκτρικό ρεύμα η συνολική απόδοση κυμαίνεται στο 53-72%. Οι τιμές αυτές προκύπτουν με τη θεώρηση συνήθων εμπορικών συσκευών κατανάλωσης.

Η ανωτερότητα του φυσικού αερίου, σε απόδοση συνολικού κύκλου ενέργειας, αντισταθμίζει κατά πολύ τη συχνά υψηλότερη απόδοση των συγκρίσιμων ηλεκτρικών συσκευών. Το σημείο με την χαμηλότερη απόδοση κατά μήκος της τροχιάς ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μονάδα παραγωγής όπου τα 2/3 περίπου της εισαγόμενης ενέργειας χάνονται ως θερμότητα στην παραγωγή ατμού για την κίνηση μεγάλων στροβίλων / γεννητριών. Επιπροσθέτως, περίπου 8% της παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας δεν φτάνει στον τελικό καταναλωτή λόγω των ενεργειακών απωλειών στο δίκτυο μεταφοράς.

Όχι μόνο είναι το φυσικό αέριο φτηνό για τον οικιακό καταναλωτή αλλά έχει επίσης διάφορες ποικίλες χρήσεις. Οι γνωστότερες χρήσεις του φυσικού αερίου στο σπίτι είναι για θέρμανση και μαγείρεμα με φυσικό αέριο. Το μαγείρεμα ή ο φούρνος με φυσικό αέριο μπορεί να παρέχει πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένου του εύκολου ελέγχου θερμοκρασίας, την αυτανάφλεξη και τον αυτοκαθαρισμό με το μισό κόστος από ότι με ηλεκτρικές αντίστοιχες συσκευές. Πολλοί από τους κορυφαίους αρχιμάγειρες προτιμούν το φυσικό αέριο για τη γρήγορη ικανότητα θέρμανσης και για τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Οι σύγχρονες συσκευές φυσικού αερίου αποτελούν πλέον μερικές από τις αποδοτικότερες και οικονομικότερες συσκευές μαγειρέματος πολλαπλών χρήσεων.

Παρά αυτήν την ογκώδη αύξηση στο ποσοστό των σπιτιών που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, ο πραγματικός όγκος φυσικού αερίου που καταναλώνεται δεν έχει αυξηθεί στον ίδιο βαθμό λόγω της αυξανόμενης απόδοσης των συσκευών φυσικού αερίου. Η σύγχρονη κορυφή των φούρνων φυσικού αερίου μπορεί να επιτύχει αποδόσεις πάνω από 90%, που σημαίνει ότι μόνο 10% της ενέργειας που περιλαμβάνεται στο φυσικό αέριο χάνεται ως ανεκμετάλλευτη θερμότητα. Ακόμη και οι χαμηλής απόδοσης φούρνοι φυσικού αερίου επιτυγχάνουν υψηλές αποδόσεις της τάξης του 78% περίπου.

Εκτός από τη θέρμανση των σπιτιών, το φυσικό αέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον δροσισμό των οικιών, μέσω κλιματιστικών συσκευών τροφοδοτούμενων με φυσικό αέριο. Στην πραγματικότητα ο κλιματισμός με φυσικό αέριο δεν είναι κάτι νέο, καθώς κάλυπτε τις περισσότερες των απαιτήσεων κλιματισμού της δεκαετίας του '40 και του '50. Ωστόσο, λόγω της σύγχρονης προόδου της τεχνολογίας και της απόδοσης, ο κλιματισμός φυσικού αερίου αρχίζει να γίνεται πάλι δημοφιλής. Αν και οι μονάδες κλιματιστικών μηχανημάτων φυσικού αερίου έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος από μια συγκρίσιμη ηλεκτρική μονάδα, ωστόσο είναι αρκετά αποδοτικότερες και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Οι σύγχρονες κλιματιστικές μονάδες οικιακής χρήσης, απαιτούν περίπου 30% λιγότερη ενέργεια απ'ό,τι στο παρελθόν με αναμενόμενη ζωή λειτουργίας 20 έτη και με απαιτήσεις ελάχιστης συντήρησης.

Αν και πολλές συσκευές τροφοδοτημένες με αέριο είναι αρχικά ακριβότερες από τα ηλεκτρικά αντίστοιχά τους, έχουν συνήθως πολύ χαμηλότερο κόστος λειτουργίας, μακρύτερη αναμενόμενη ζωή και απαιτούν σχετικά λίγη συντήρηση. Μερικά παραδείγματα άλλων συσκευών φυσικού αερίου περιλαμβάνουν τις θερμάστρες χώρου, τους στεγνωτήρες ρούχων, τις θερμάστρες πισίνων και jacuzzi, τις εστίες φωτιάς, τις ψησταριές, τις θερμάστρες γκαράζ, και τα υπαίθρια φώτα. Όλες αυτές οι συσκευές προσφέρουν μια ασφαλή, αποδοτική, και οικονομική εναλλακτική λύση στην ηλεκτρική ενέργεια ή άλλες πηγές καυσίμων. Αρκετά νεόδομητα σπίτια έχουν την κατάλληλη υποδομή και χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο για τη εσωτερική θέρμανση. Ο ίδιος αγωγός που τροφοδοτεί με φυσικό αέριο έναν φούρνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει την ενέργεια για όλες τις συσκευές που απαριθμούνται ανωτέρω, καθιστώντας την εγκατάσταση απλή και εύκολη.

Οι κατασκευάστριες εταιρίες, εκμεταλλευόμενες δεκαετίες εμπειρίας, προωθούν στην αγορά συσκευές με ενδογενή ασφάλεια, πράγμα που σημαίνει πως αν παρουσιαστεί οποιαδήποτε ανωμαλία, είναι σε θέση να διακόπτουν την ροή του φυσικού αερίου σε περίπτωση τυχαίου σβησίματος της φλόγας. Μια κατηγορία από αυτές, είναι οι λεγόμενες συσκευές "κλειστής εστίας καύσης" ή "ισορροπημένης ροής" οι οποίες είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία ανταλλαγή αέρα ή αερίου με το εσωτερικό περιβάλλον. Αυτές οι συσκευές, στεγανές ως προς το περιβάλλον στο οποίο εγκαταστάθηκαν, συγκεντρώνουν τον απαραίτητο για την καύση αέρα και αποβάλλουν τα προϊόντα του μέσω δύο ομόκεντρων σωληνώσεων που συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό να εξασφαλίζουν την απόλυτη ασφάλεια.

Αν και το φυσικό αέριο έχει πολλές χρήσεις και μπορεί να παρέχει ενέργεια σε έναν μεγάλο αριθμό οικιακών συσκευών, υπάρχουν μερικές συσκευές που δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν και να λειτουργήσουν με φυσικό αέριο. Μια τηλεόραση, ένα μπλέντερ ή ο φούρνος μικροκυμάτων, για παράδειγμα, πιθανώς δεν θα τροφοδοτηθούν ποτέ άμεσα από φυσικό αέριο, αλλά θα απαιτήσουν αντ' αυτού την ηλεκτρική ενέργεια. Όμως, το φυσικό αέριο

μπορεί να παρέχει ενέργεια ακόμα σε αυτές τις οικιακές συσκευές, με μια διαδικασία γνωστή ως "κατανεμημένη παραγωγή".

Η κατανεμημένη παραγωγή αναφέρεται στη χρησιμοποίηση φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην κάθε ξεχωριστή οικία. Οι κυψέλες καυσίμου φυσικού αερίου και μικροστρόβιλοι προσφέρουν στον οικιακό καταναλωτή την ικανότητα να αποσυνδεθεί από τον τοπικό παροχέα ηλεκτρισμού και να παράγει αυτή ακριβώς την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για να καλύψει τις ανάγκες του. Αν και αυτή η τεχνολογία είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, ωστόσο είναι πολύ ελπιδοφόρα η σκέψη να μπορεί να προσφερθεί η ανεξάρτητη, αξιόπιστη, αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον ηλεκτρική ενέργεια για τις οικιακές ανάγκες.

Η πρώτη κυψέλη καυσίμων φυσικού αερίου εγκαταστάθηκε σε ένα σπίτι στο Latham της Νέας Υόρκης, τον Ιούλιο του 1998. Το σύστημα συνδέθηκε με την εγχώρια γραμμή φυσικού αερίου για τροφοδοσία με καύσιμο και είναι τώρα απολύτως ανεξάρτητο από οποιαδήποτε εξωτερική ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή ένα σημαντικό ποσό ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται κατά την διανομή της μέσω των ηλεκτροφόρων καλωδίων από τις κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας στις οικίες, η επιτόπια ηλεκτρική παραγωγή θα μπορούσε να οδηγήσει στη σημαντικά υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, η οποία μεταφράζεται σε μείωση κόστους για τον οικιακό καταναλωτή.

Συνοψίζοντας, τα βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον οικιακό τομέα είναι:

- Αυτονομία, αμεσότητα και ταχύτητα.
- Σταθερή και μόνιμη παροχή, χωρίς εξαρτήσεις.
- Ασφάλεια στη χρήση, χωρίς οσμές, θορύβους και ρύπους.
- Εύκολη και απλή εγκατάσταση εξοπλισμού με καθαριότητα και οικονομία χώρων.
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών και του εξοπλισμού, με υψηλότερη απόδοση και μικρότερο κόστος συντήρησης, χωρίς πρόσθετες δαπάνες για την ομαλή λειτουργία του (δεξαμενές, αντλίες, προθερμαντήρες, κ.λπ.).
- Οικονομία αφού χρεώνεται όσο ακριβώς χρησιμοποιείται. Δεν προπληρώνεται όπως το πετρέλαιο.
- Είναι οικονομικότερο από το πετρέλαιο και είναι αρκετά φθηνότερο από τον ηλεκτρισμό.

4.1.2. Εμπορικές χρήσεις

Οι εμπορικές χρήσεις του φυσικού αερίου είναι παρόμοιες με τις οικιακές χρήσεις. Ο εμπορικός τομέας περιλαμβάνει τις δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις, όπως τα κτίρια γραφείων, τα σχολεία, τις εκκλησίες, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, και τα κυβερνητικά κτίρια. Οι κύριες χρήσεις του φυσικού αερίου σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν τη θέρμανση χώρου, τη θέρμανση νερού και την ψύξη. Για τα εστιατόρια και τα άλλα κτίρια που απαιτούν

εγκαταστάσεις μαγειρείων, το φυσικό αέριο αποτελεί μια δημοφιλή επιλογή για την κάλυψη αυτών των αναγκών.

Η θέρμανση χώρου και νερού με φυσικό αέριο για εμπορικά κτίρια είναι παρόμοια με αυτήν για τις κατοικίες. Το φυσικό αέριο είναι εξαιρετικά αποδοτικό και οικονομικό καύσιμο για θέρμανση όλων των τύπων εμπορικών κτιρίων. Αν και η θέρμανση χώρου και νερού χρησιμοποιεί ένα μεγάλο ποσό φυσικού αερίου, οι μη-χωρικές εφαρμογές θέρμανσης αναμένονται να αποτελέσουν τον μεγαλύτερο βαθμό αύξησης της χρήσης του φυσικού αερίου στον εμπορικό τομέα. Η ψύξη και το μαγείρεμα αντιπροσωπεύουν δύο σημαντικούς τομείς αύξησης της χρήσης του φυσικού αερίου στις εμπορικές επιχειρήσεις.

Το φυσικό αέριο αποτελεί ένα ποσοστό της τάξης του 13% της ενέργειας που χρησιμοποιείται για εμπορική ψύξη στις ΗΠΑ, αλλά αυτό το ποσοστό αναμένεται να αυξηθεί λόγω των τεχνολογικών καινοτομιών στις εμπορικές τεχνικές ψύξης με φυσικό αέριο. Υπάρχουν τρεις τύποι ψυκτικών τεχνικών με φυσικό αέριο. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε ψυκτικές συσκευές που χρησιμοποιούν για την κίνηση του συμπιεστή κινητήρα φυσικού αερίου αντί ηλεκτρικού. Με αυτά τα συστήματα, η θερμότητα απωλείται από τον κινητήρα φυσικού αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές θέρμανσης αυξάνοντας έτσι την ενεργειακή απόδοση όλου του συστήματος.

Η δεύτερη κατηγορία ψυκτικών συσκευών φυσικού αερίου αποτελείται από αυτά που καλούνται ψυγεία απορρόφησης, τα οποία παρέχουν τον αέρα ψύξης μέσω της εξάτμισης μιας ψυκτικής ουσίας όπως το νερό ή η αμμωνία. Αυτά τα ψυγεία απορρόφησης είναι καταλληλότερα για την ψύξη μεγάλων εμπορικών κτιρίων, όπως οι πύργοι γραφείων και μεγάλα εμπορικά κέντρα. Ο τρίτος τύπος εμπορικού συστήματος ψύξης αποτελείται από συστήματα ξήρανσης με φυσικό αέριο (σχήμα 4.3). Αυτά τα συστήματα ψύχουν μειώνοντας την υγρασία στον αέρα. Η ψύξη αυτού του ξηρού αέρα απαιτεί πολύ λιγότερη ενέργεια από αυτή που θα απαιτούνταν για την ψύξη υγρού αέρα.



Σχήμα 4.3. Σύστημα ξήρανσης με φυσικό αέριο στην οροφή του ξενοδοχείου Hyatt στην Ουάσιγκτον.

Ένας άλλος τομέας αύξησης της εμπορικής χρήσης του φυσικού αερίου είναι στη βιομηχανία τροφίμων. Το φυσικό αέριο είναι μια άριστη επιλογή για τις απαιτήσεις εμπορικής παρασκευής τροφίμων, δεδομένου ότι είναι μια ευέλικτη πηγή ενέργειας με την έννοια ότι υφίστανται στην αγορά συσκευές φυσικού αερίου που μπορούν να παρασκευάσουν φαγητά με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Το φυσικό αέριο είναι επίσης μια οικονομική, αποδοτική επιλογή για τις μεγάλες εμπορικές επιχειρήσεις παρασκευής τροφίμων. Οι νέες εξελίξεις όπως αυτές που παρέχουν πλέον συμπαγείς, πολυσύνθετες συσκευές φυσικού αερίου για τα μικρότερου μεγέθους καταστήματα τροφίμων όπως αυτά που βρίσκονται στα εμπορικά κέντρα και τους αερολιμένες, επεκτείνουν την εμπορική χρήση του φυσικού αερίου. Αυτοί οι τύποι συστημάτων μπορούν να ενσωματώσουν μια συσκευή τηγανίσματος, ψησίματος, φούρνου και θερμής και ψυχρής αποθήκευσης και πολλαπλάσιες επιλογές εξαερισμού σε ένα σχετικά μικρό χώρο - παρέχοντας την ευκολία και την απόδοση του μαγειρέματος με φυσικό αέριο όντας αρκετά συμπαγείς για να εξυπηρετήσουν μικρές εγκαταστάσεις (κιάσκια).

Εκτός από τις τυπικές χρήσεις του φυσικού αερίου για τη θέρμανση χώρων, την ψύξη, το μαγείρεμα και τη θέρμανση νερού, διάφορες τεχνολογικές πρόοδοι έχουν επιτρέψει την χρήση του φυσικού αερίου για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των εμπορικών συγκροτημάτων. Πολλά κτίρια, λόγω των υψηλών αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια, έχουν επιτόπιες γεννήτριες που παράγουν την απαιτούμενη αυτή ηλεκτρική ενέργειά. Ήδη χρησιμοποιούνται παλινδρομικές μηχανές, στρόβιλοι και κυψέλες καυσίμου τροφοδοτούμενα όλα με φυσικό αέριο, σε εμπορικά συγκροτήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί οι τύποι μονάδων "κατανεμημένης παραγωγής" προσφέρουν στα εμπορικά περιβάλλοντα περισσότερη ανεξαρτησία λόγω της κατανομής ισχύος, της υψηλής ποιότητας συνεχούς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και του ελέγχου των ιδίων απαιτήσεων τους σε ενέργεια.

Μια άλλη τεχνολογική καινοτομία που έρχεται είναι η συνδυασμένη θέρμανση και παραγωγή ισχύος (CHP¹⁵) και συνδυασμένα συστήματα ψύξης, θέρμανσης και παραγωγής ισχύος (CCHP¹⁶), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εμπορικά συγκροτήματα για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης. Αυτά είναι ολοκληρωμένα συστήματα που είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια απωλειών. Για παράδειγμα, η θερμότητα που χάνεται από τις γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας φυσικού αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λειτουργήσει θερμαντήρες χώρου ή νερού ή τους εμπορικούς λέβητες. Η χρησιμοποίηση αυτής της ενέργειας μπορεί να βελτιώσει εντυπωσιακά την ενεργειακή απόδοση.

Συνοψίζοντας, τα βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον εμπορικό τομέα είναι:

- Συνεχής παροχή και έλλειψη ενασχόλησης με παραγγελίες και παραλαβές καυσίμων.
- Δυνατότητα εκμετάλλευσης σημερινών αποθηκευτικών χώρων (δεξαμενών).

¹⁵ Combined Heat and Power

¹⁶ Combined Cooling, Heat and Power

- Αισθητική αρτιότητα, αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών.
- Μειωμένη συντήρηση, ορθολογική χρήση ενέργειας, μείωση λειτουργικών δαπανών, οικονομία.
- Επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, υψηλότερη απόδοση.

4.1.3. Βιομηχανικές χρήσεις

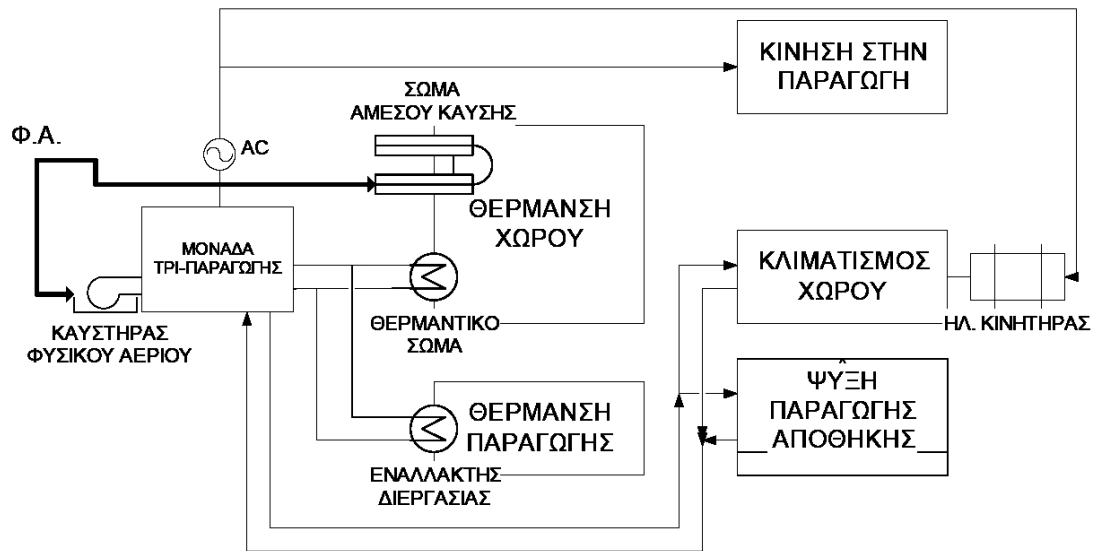
Το φυσικό αέριο έχει ένα πλήθος βιομηχανικών χρήσεων, συμπεριλαμβανομένης της παροχής των βασικών συστατικών για ποικίλα προϊόντα όπως το πλαστικό, το λίπασμα, το αντιψυκτικό και τα υφάσματα. Στην πραγματικότητα, η βιομηχανία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο είναι η δεύτερη χρησιμοποιημένη πηγή ενέργειας στη βιομηχανία μετά από την ηλεκτρική ενέργεια. Ο φωτισμός είναι η κύρια χρήση της ενέργειας στο βιομηχανικό τομέα στον οποίο οφείλονται οι τεράστιες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας του τομέα αυτού.

Αν και η βιομηχανία αποτελεί ένα μείζονα καταναλωτή φυσικού αερίου, αυτή η βιομηχανική κατανάλωση συγκεντρώνεται σε ένα σχετικά μικρό αριθμό βιομηχανιών. Το φυσικό αέριο καταναλώνεται πρώτιστα στον πολτό και το χαρτί, τα μέταλλα, τις χημικές ουσίες, τον καθαρισμό πετρελαίου, τα πετρώματα, τον άργιλο και το γυαλί, το πλαστικό, και τις βιομηχανίες τροφίμων.

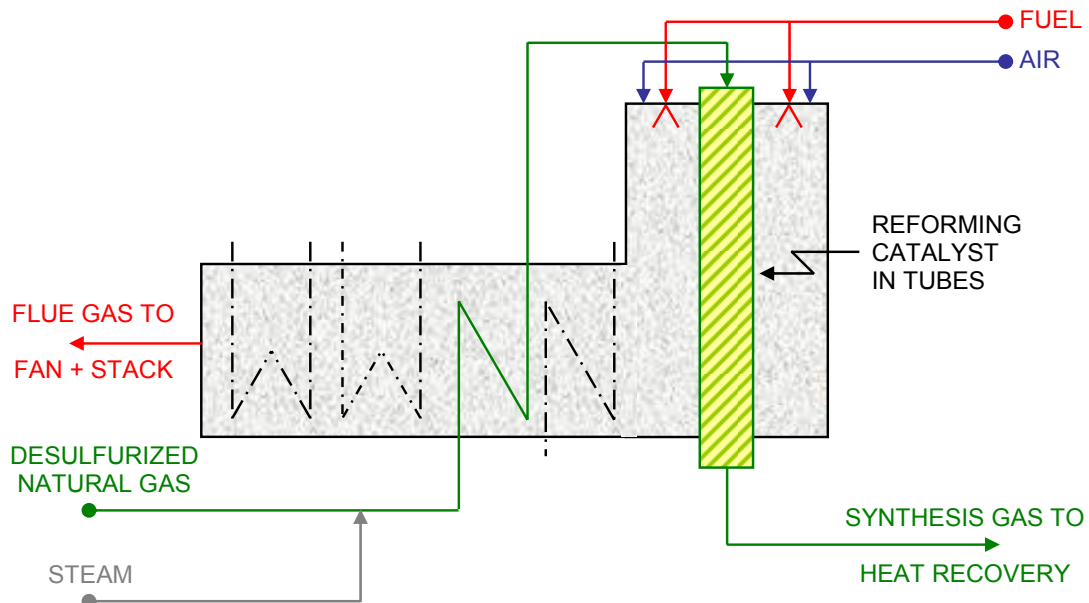
Οι βιομηχανικές εφαρμογές του φυσικού αερίου είναι πολυάριθμες. Οι βιομηχανικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τις ίδιες χρήσεις που συναντώνται στα οικιστικά και εμπορικά συγκροτήματα όπως η θέρμανση, η ψύξη (σχήμα 4.4) και το μαγείρεμα. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται επίσης για την επεξεργασία και αποτέφρωση αποβλήτων, προθέρμανση μετάλλων (ιδιαίτερα για το σίδηρο και το χάλυβα), ξήρανση και αφύγρανση, τήξη γυαλιού, επεξεργασία τροφίμων και την τροφοδοσία των βιομηχανικών λεβήτων με καύσιμο. Το φυσικό αέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την κατασκευή διάφορων χημικών ουσιών και προϊόντων. Τα αέρια όπως το βουτάνιο, το αιθάνιο, και το προπάνιο μπορούν να εξαχθούν από το φυσικό αέριο που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή λιπασμάτων και φαρμακευτικών προϊόντων.

Το φυσικό αέριο ως πρώτη ύλη βρίσκεται συνήθως ως δομική μονάδα για τη μεθανόλη, η οποία έχει στη συνέχεια πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Το φυσικό αέριο μετατρέπεται σε αυτό που είναι γνωστό ως αέριο σύνθεσης, το οποίο είναι ένα μίγμα οξειδίων υδρογόνου και άνθρακα που δημιουργούνται μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως αναμόρφωση ατμού (σχήμα 4.5). Σε αυτήν την διαδικασία, το φυσικό αέριο εκτίθεται σε έναν καταλύτη που προκαλεί την οξειδωση του φυσικού αερίου όταν έρχεται σε επαφή με τον ατμό. Αυτό το αέριο σύνθεσης, μόλις δημιουργηθεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει τη μεθανόλη (ή τη μεθυλική αλκοόλη), η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή

ουσιών όπως η φορμαλδεΐδη, το οξικό οξύ και το MTBE¹⁷ (μεθυλικός τριπλός βουτυλικός αιθέρας) που χρησιμοποιείται ως πρόσθετη ουσία για την καθαρότερη καύση βενζίνης. Η μεθανόλη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πηγή καυσίμων στις κυψέλες καυσίμου. Στο σχήμα 4.6, παρουσιάζονται συνοπτικά τα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο.

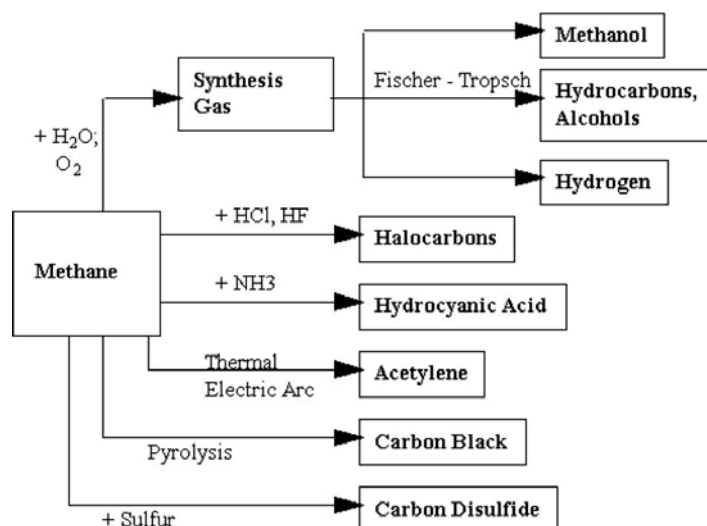


Σχήμα 4.4. Βιομηχανική ψύξη με φυσικό αέριο. [44]



Σχήμα 4.5. Διαδικασία αναμόρφωσης ατμού. [8]

¹⁷ Methyl Tertiary Butyl Ether



Σχήμα 4.6. Προϊόντα με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο (μεθάνιο). [8]

Εκτός από αυτές τις χρήσεις, υπάρχει ένας αριθμός καινοτόμων και ειδικών βιομηχανικών χρήσεων του φυσικού αερίου. Τα συστήματα ξήρανσης με φυσικό αέριο που χρησιμοποιούνται για αφύγρανση είναι όλο και περισσότερο δημοφιλή στις βιομηχανίες πλαστικών, φαρμακευτικών, ζαχαρωτών ακόμα και στις βιομηχανίες ανακύκλωσης. Σε κάθε μια από αυτές τις βιομηχανίες, ο υγρός αέρας μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία του τελικού προϊόντος κατά τη διάρκεια της κατασκευής του. Παραδείγματος χάριν, στη βιομηχανία πλαστικών, η υγρασία μπορεί να προκαλέσει ρωγμές και παραμορφώσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής ορισμένων τύπων πλαστικών. Η προσθήκη ενός συστήματος ξήρανσης αέρα με φυσικό αέριο στο περιβάλλον κατασκευής ή ξήρανσης επιτρέπει στους βιομηχανικούς χρήστες την ακριβέστερη ρύθμιση του ποσοστού υγρασίας στον αέρα, που οδηγεί σε ένα υψηλής ποιότητας προϊόν.

Τα συστήματα απορρόφησης με φυσικό αέριο χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς στη βιομηχανία για την θέρμανση και ψύξη ύδατος με έναν αποδοτικό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Αυτά τα βιομηχανικά συστήματα απορρόφησης είναι παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται στα εμπορικά συγκροτήματα.

Υπέρυθρα συστήματα θέρμανσης

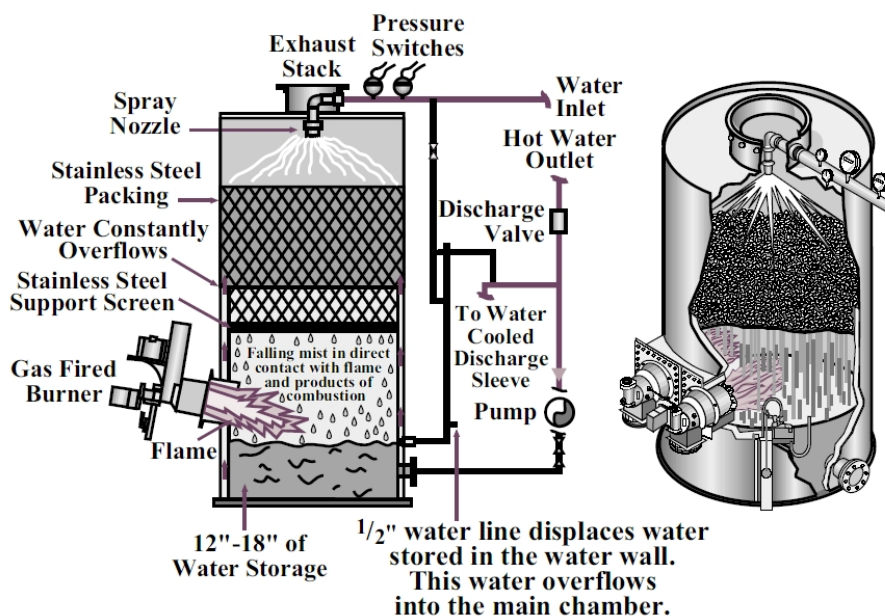
Οι υπέρυθρες μονάδες θέρμανσης (IR¹⁸) παρέχουν μια καινοτόμο και οικονομική μέθοδο χρήσης του φυσικού αερίου για την παραγωγή θερμότητας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Είναι πολύ χρήσιμα στη βιομηχανία μετάλλων, δεδομένου ότι παρέχουν καινοτόμους τρόπους για την αύξηση της απόδοσης των παραγωγικών διαδικασιών επίστρωσης. Οι υπέρυθρες θερμάστρες χρησιμοποιούν φυσικό αέριο αποτελεσματικότερα και θερμαίνουν γρήγορα τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την διαδικασία. Το φυσικό αέριο συνδυάζεται με κεραμικές ίνες που περιέχουν καταλύτη λευκόχρυσου, προκαλώντας

¹⁸ Infra Red

αντίδραση με το οξυγόνο για να αυξήσει δραματικά τη θερμοκρασία, χωρίς την παραγωγή φλόγας. Η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου με αυτόν τον τρόπο έχει επιτρέψει στα μέλη της βιομηχανίας να αυξήσουν την ταχύτητα της διαδικασίας κατασκευής, καθώς επίσης και την παροχή μιας οικονομικότερης εναλλακτικής λύσης στις ηλεκτρικές θερμάστρες.

Θερμαντήρες νερού άμεσης επαφής

Η θέρμανση νερού άμεσης επαφής είναι μια εφαρμογή που λειτουργεί με την μεταφορά της ενέργειας από την καύση του φυσικού αερίου άμεσα από τη φλόγα στο νερό (σχήμα 4.7). Αυτά τα συστήματα είναι απίστευτα αποδοτικά στη θέρμανση του νερού. Οι κανονικοί βιομηχανικοί θερμαντήρες νερού λειτουργούν σε ένα εύρος ενεργειακής απόδοσης της τάξης του 60-70%. Ωστόσο, οι θερμαντήρες άμεσης επαφής μπορούν να επιτύχουν αποδόσεις μέχρι και 99.7%. Αναμφισβήτητα, αυτό οδηγεί στην τεράστια μείωση κόστους στις βιομηχανίες όπου το θερμό νερό είναι ουσιαστικό.



Σχήμα 4.7. Θερμαντήρας νερού άμεσης επαφής, Kemco Thermefficient-100. [14]

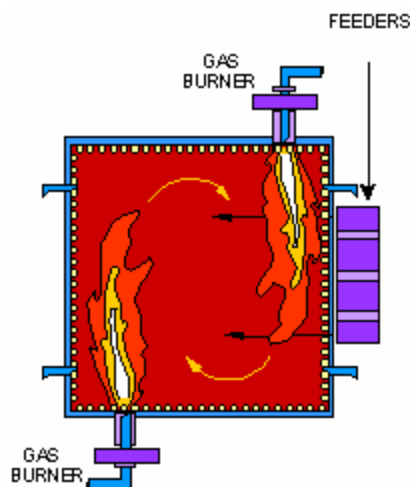
Βιομηχανικός συνδυασμός θερμότητας & ισχύος

Οι βιομηχανικοί καταναλωτές συγκεντρώνουν τα μεγάλα οφέλη από τη λειτουργία συστημάτων φυσικού αερίου συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (CHP) και συνδυασμένης ψύξης, θερμότητας και ισχύος (CCHP), παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται σε εμπορικές εγκαταστάσεις. Για παράδειγμα, το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται σε ένα συγκεκριμένο βιομηχανικό συγκρότημα. Η υπερβολική θερμότητα και ο ατμός που παράγονται από αυτήν την διαδικασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν άλλες βιομηχανικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της θέρμανσης χώρου, της θέρμανσης νερού και της θέρμανσης βιομηχανικών λεβήτων. Δεδομένου ότι η βιομηχανία είναι ένας μεγάλος χρήστης ενέργειας και ιδιαίτερα της ηλεκτρικής, η όποια αύξηση της απόδοσης συντελεί σε σημαντική εξοικονόμηση χρημάτων. Ο

βιομηχανικός τομέας επίσης υπόκειται σε κανονισμούς σχετικούς με τις επιβλαβείς εκπομπές και οι ιδιότητες καύσης του φυσικού αερίου βοηθούν την βιομηχανία για την μείωση των εκπομπών της.

Βιομηχανική σύγκαυση

Οι τεχνολογίες σύγκαυσης φυσικού αερίου βοηθούν επίσης στην αύξηση της βιομηχανικής ενεργειακής απόδοσης και στην μείωση των επιβλαβών ατμοσφαιρικών εκπομπών (σχήμα 4.8). Η σύγκαυση είναι η διαδικασία στην οποία το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό καύσιμο στην καύση άλλων καυσίμων, όπως ο άνθρακας, το ξύλο, και η βιομάζα. Για παράδειγμα, ένας παραδοσιακός βιομηχανικός λέβητας ξύλου θα έκαιγε απλά το ξύλο για να παράγει ενέργεια. Όμως, σε αυτόν τον τύπο λέβητα, ένα σημαντικό ποσό ενέργειας χάνεται και οι ρυπογόνες εκπομπές είναι πολύ υψηλές. Η προσθήκη φυσικού αερίου στο μίγμα καύσης μπορεί να έχει διπλή επίδραση. Το φυσικό αέριο εκπέμπει λιγότερες επιβλαβείς ουσίες στον αέρα από ότι καύσιμα όπως το ξύλο. Δεδομένου ότι η ενέργεια που απαιτείται για την λειτουργία του λέβητα φυσικού αερίου παραμένει σταθερή, η προσθήκη φυσικού αερίου στο μίγμα καύσης μπορεί να μειώσει τις επιβλαβείς εκπομπές.



Σχήμα 4.8. Σχηματικό διάγραμμα λέβητα σύγκαυσης φυσικού αερίου.

Επιπλέον, η λειτουργική απόδοση του λέβητα, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσής του, μπορεί να βελτιωθεί με την συμπλήρωση φυσικού αερίου. Για παράδειγμα, σε λέβητες ξύλου, η προσθήκη φυσικού αερίου μπορεί να αντισταθμίσει τη χρήση του χαμηλού βαθμού, υγρού ξύλου, συντελώντας στην ταχύτερη και πλήρη καύση του. Αυτός ο τύπος σύγκαυσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, είτε επιτόπου είτε σε κεντρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας.

Το φυσικό αέριο έχει αναρίθμητες χρήσεις στη βιομηχανία και κάθε ημέρα αναπτύσσονται νέες εφαρμογές. Το φυσικό αέριο, όντας μια καθαρή και αποδοτική πηγή

ενέργειας και μια χημική δομική μονάδα, είναι ένα σημαντικό μέρος μιας επιτυχούς και περιβαλλοντικά υγιούς βιομηχανίας.

Συνοψίζοντας, τα βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου στον βιομηχανικό τομέα είναι:

- Συνεχής παροχή καυσίμου που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια για διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων.
- Μειωμένες εκπομπές ρύπων, που συμβάλλουν αποφασιστικά στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης.
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία.
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων.

4.1.3.Χρήσεις στον τομέα μεταφορών

Το φυσικό αέριο έχει θεωρηθεί από καιρό εναλλακτικό καύσιμο για τον τομέα των μεταφορών. Στην πραγματικότητα, το φυσικό αέριο έχει χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει με καύσιμα τα οχήματα από τη δεκαετία του '30! (σχήμα 4.9)



Σχήμα 4.9. Το πρώτο όχημα φυσικού αερίου στις ΗΠΑ την δεκαετία του 1930.

Εκτιμάται ότι σήμερα κυκλοφορούν παγκοσμίως περισσότερα από 2.5 εκατομμύρια Οχήματα Φυσικού Αερίου (NGV¹⁹). Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία έχει βελτιωθεί για να επιτρέψει τον πολλαπλασιασμό των οχημάτων φυσικού αερίου, ιδιαίτερα των εντατικά κυκλοφορούντων οχημάτων, όπως τα ταξί και τα δημόσια λεωφορεία. Ωστόσο, ουσιαστικά όλοι οι τύποι οχημάτων φυσικού αερίου βρίσκονται σήμερα είτε σε παραγωγή είτε σε ανάπτυξη, από τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα φορτηγά, τα λεωφορεία, τα φορτηγά μέχρι ακόμη και τα βαρέυ τύπου οχήματα. Παρά τις προόδους αυτές, διάφορα μειονεκτήματα των οχημάτων φυσικού αερίου αποτρέπουν τη μαζική παραγωγή τους. Η περιορισμένη γκάμα, ο μικρός χώρος αποσκευών, το υψηλότερο αρχικό κόστος και η έλλειψη υποδομής ανεφοδιασμού σε καύσιμα θέτουν εμπόδια στην διάδοση των οχημάτων αυτών.

¹⁹ Natural Gas Vehicle

Τα περισσότερα οχήματα φυσικού αερίου λειτουργούν χρησιμοποιώντας Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο (CNG²⁰). Το συμπιεσμένο αυτό αέριο αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή που η πλήρωσή της γίνεται κατά παρόμοιο τρόπο και στον ίδιο χρόνο με μια δεξαμενή βενζίνης.

Το αποθηκευμένο φυσικό αέριο τροφοδοτεί με καύσιμα μια μηχανή εσωτερικής καύσεως παρόμοια με τις μηχανές που τροφοδοτούνται με βενζίνη ή πετρέλαιο. Όμως, απαιτείται η τροποποίηση διάφορων μερών της μηχανής για να επιτραπεί η ομαλή και αποδοτική λειτουργία της με φυσικό αέριο. Εκτός από τη χρησιμοποίηση CNG, μερικά οχήματα φυσικού αερίου τροφοδοτούνται με καύσιμα από υγροποιημένο φυσικό Αέριο (LNG). Μερικά οχήματα φυσικού αερίου που υπάρχουν σήμερα είναι υβριδικά δηλαδή μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο βενζίνη όσο και φυσικό αέριο, επιτρέποντας περισσότερη ευελιξία στην επιλογή καυσίμων. Πολλά από αυτά τα οχήματα ήταν αρχικά βενζινοκίνητα και μετά από κατάλληλη μετατροπή είναι σε θέση να λειτουργήσουν και με τους δύο τύπους καυσίμου. Ωστόσο, η μετατροπή αυτή είναι δαπανηρή, (2000 – 3000€ περίπου) και συνήθως έχει ως αποτέλεσμα τη λιγότερο αποδοτική χρήση φυσικού αερίου.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους τα NGVs αυξάνονται σε πλήθος και δημοτικότητα. Οι νέοι και αυστηρότεροι νόμοι περί εκπομπών, απαιτούν βελτίωση των ρυπογόνων εκπομπών των οχημάτων στο κοντινό μέλλον. Παραδείγματος χάριν, η Καλιφόρνια των ΗΠΑ έχει θεσπίσει τις πιο αυστηρές περιβαλλοντικές προδιαγραφές, πολλές από τις οποίες είναι ανέφικτες με οχήματα συμβατικών καυσίμων. Το φυσικό αέριο, όντας το καθαρότερο εναλλακτικό καύσιμο μεταφορών που είναι διαθέσιμο σήμερα, προσφέρει μια ευκαιρία για την ικανοποίηση αυτών αυστηρών περιβαλλοντικών προδιαγραφών ρυπογόνων εκπομπών.

Επιπλέον, το φυσικό αέριο είναι πολύ ασφαλές. Όντας ελαφρύτερο από τον αέρα, σε περίπτωση ατυχήματος απλά διαχέεται στον αέρα, αντί να δημιουργεί επικίνδυνα εύφλεκτες κηλίδες στο έδαφος όπως άλλα υγρά καύσιμα. Αυτό αποτρέπει επίσης τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων σε περίπτωση κηλίδας. Οι δεξαμενές αποθήκευσης φυσικού αερίου των σύγχρονων NGV είναι ισχυρότερες και ανθεκτικότερες από τις δεξαμενές βενζίνης.

Το φυσικό αέριο είναι επίσης μια οικονομική εναλλακτική λύση στη βενζίνη και άλλα καύσιμα μεταφορών. Τα οχήματα φυσικού αερίου είναι περίπου 30% φτηνότερα στον ανεφοδιασμό από τα οχήματα βενζίνης και σε πολλές περιπτώσεις οι δαπάνες συντήρησης των NGVs είναι χαμηλότερες από τα οχήματα βενζίνης.

Τα οχήματα φυσικού αερίου όπως υπάρχουν σήμερα είναι καταλληλότερα για τους μεγάλους στόλους των οχημάτων που διανύουν πολλά χιλιόμετρα ημερησίως. Ταξί,

²⁰ Compressed Natural Gas

λεωφορεία και οχήματα πυκνών δρομολογίων αερολιμένων, οχήματα κατασκευών, φορτηγά απορριμμάτων, οχήματα παράδοσης εμπορευμάτων και οχήματα δημοσίων έργων είναι τα καταλληλότερα για την κίνηση με φυσικό αέριο. Καθώς αυτά τα οχήματα συντηρούνται και τροφοδοτούνται με καύσιμα σε κεντρικούς σταθμούς, είναι οικονομικό και ευεργετικό να μετατραπούν σε φυσικό αέριο.

Τα αρχικά εμπόδια στην αύξηση του πλήθους των NGVs περιλαμβάνουν το υψηλό αρχικό κόστος, την περιορισμένη υποδομή ανεφοδιασμού σε καύσιμα και τα χαρακτηριστικά επίδοσης των ιδίων των οχημάτων. Τα NGVs, παρά το γεγονός ότι είναι φθηνότερα στον ανεφοδιασμό και την συντήρηση, έχουν ωστόσο υψηλότερο αρχικό κόστος από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα. Εντούτοις, καθώς η τεχνολογία προάγεται, το κόστος αυτών των οχημάτων αναμένεται να μειωθεί, με συνέπεια να γίνει συμφέρουσα η αγορά τους.

Από την άποψη της υποδομής πρατηρίων ανεφοδιασμού σε καύσιμο αέριο, αυτά αποτελούν σήμερα ένα μικρό μέρος του αριθμού πρατηρίων βενζίνης. Δεδομένου όμως ότι οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί και τα κρατικά κίνητρα για NGVs αυξάνεται, η παροχή φυσικού αερίου ως καύσιμο μεταφορών θα γίνει όλο και περισσότερο κοινή. Ο ανεφοδιασμός σε καύσιμα των οχημάτων φυσικού αερίου απαιτεί την σύνδεση του οχήματος με μια παροχή αερίου υψηλής πίεσης μέσω ειδικού αγωγού. Ένας σταθμός ανεφοδιασμού σε καύσιμα παίρνει το φυσικό αέριο από τη χαμηλής πίεσης σωλήνωση διανομής και το συμπιέζει για τη μεταφορά στο όχημα.

Οι σταθμοί βραδείας-πλήρωσης συνδέουν το όχημα άμεσα με έναν συμπιεστή και έχουν ελάχιστη ή καμία ικανότητα αποθήκευσης. Ο χρόνος ανεφοδιασμού σε καύσιμα εξαρτάται από το συμπιεστή, αλλά μπορεί να είναι από 6 έως 8 ώρες για τα αυτοκίνητα. Οι σταθμοί βραδείας-πλήρωσης χρησιμοποιούνται για οχήματα στόλου που μπορούν να παραμείνουν σε μια συγκεκριμένη θέση για αρκετή χρονική περίοδο. Η πίεση στις δεξαμενές του οχήματος αυξάνεται καθώς γεμίζουν και όταν φθάνουν σε μια συγκεκριμένη πίεση, η λειτουργία του συμπιεστή διακόπτεται αυτόματα.

Οι σταθμοί ταχείας-πλήρωσης είναι παρόμοιοι, αλλά έχουν την ικανότητα αποθήκευσης ώστε να επιτρέψουν την πλήρωση σε μικρή χρονική περίοδο συγκρίσιμη με την αναπλήρωση βενζίνης (5-7 λεπτά για τα αυτοκίνητα). Ο συμπιεστής πρέπει να είναι σε θέση να χειριστεί τη μέγιστη ζήτηση. Η αποθήκευση επιτυγχάνεται με μία σειρά υψηλής πίεσης κυλινδρων με αέριο σε διαφορετικές πιέσεις. Ο ανεφοδιασμός σε καύσιμα συμβαίνει με την εξίσωση της πίεσης με κάθε κύλινδρο σε σειρά, με αυξανόμενη ακολουθία. Ένας οικιακός συμπιεστής είναι επίσης διαθέσιμος για μεμονωμένη χρήση. Είναι ένας συμπιεστής βραδείας-πλήρωσης μεγέθους κατάλληλου για να ανεφοδιάσει σε καύσιμα ένα ή δύο οχήματα.

Το φυσικό αέριο όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα οχήματα, οι βαρύτεροι υδρογονάνθρακες στο φυσικό αέριο συμπυκνώνονται εκτός του συμπιεσμένου αερίου όπου το υψηλής πίεσης αέριο αφήνει τον ρυθμιστή, με τη θερμοκρασία να μειώνεται γρήγορα. Η συμπύκνωση αυτών των υδρογονανθράκων μπορεί επίσης να εμφανιστεί στις δεξαμενές αποθήκευσης του οχήματος. Στα οχήματα CNG, το αέριο αποθηκεύεται υπό υψηλές πιέσεις και μπορεί να υπόκειται σε χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Οι συνθήκες θερμοκρασίας / πίεσης μπορούν να προκαλέσουν την συμπύκνωση ορισμένων υδρογονανθράκων, όπως το προπάνιο. Εάν οι βαρύτεροι υδρογονάνθρακες συμπυκνωθούν, η θερμογόνος ικανότητα και το ειδικό βάρος του αερίου θα αλλάξουν. Η συμπύκνωση και η επανααποποίηση οδηγούν σε μεταβολές της περιεκτικότητας του μείγματος. Οι αλλαγές αυτές έχουν επιπτώσεις τόσο στις εκπομπές όσο και στην απόδοση των κινητήρων.

Η περιεκτικότητα σε νερό προκαλεί μεγάλη ανησυχία λόγω της τάσης του νερού, πρώτον, να επιταχύνει τη διάβρωση των δεξαμενών αποθήκευσης των οχημάτων και των σταθμών ανεφοδιασμού και δεύτερον να δημιουργεί στερεούς υδρίτες. Όταν στο συμπιεσμένο αέριο επιτραπεί να διογκωθεί, στο ρυθμιστή μέσα στο όχημα μπορούν να δημιουργηθούν κρύσταλλοι πάγου που θα εμποδίσουν τη ροή καυσίμου εάν είναι παρών υδρατμός και εάν το αέριο ψυχθεί κάτω από το σχετικό σημείο ψύξης του νερού. Σε πολλές χώρες εξετάζεται η περαιτέρω αφυδάτωση του φυσικού αερίου στους σταθμούς ανεφοδιασμού οχημάτων για να αποτραπεί ο σχηματισμός στερεών ή υγρών φάσεων (υδρίδια ή συμπυκνώματα νερού). [11]

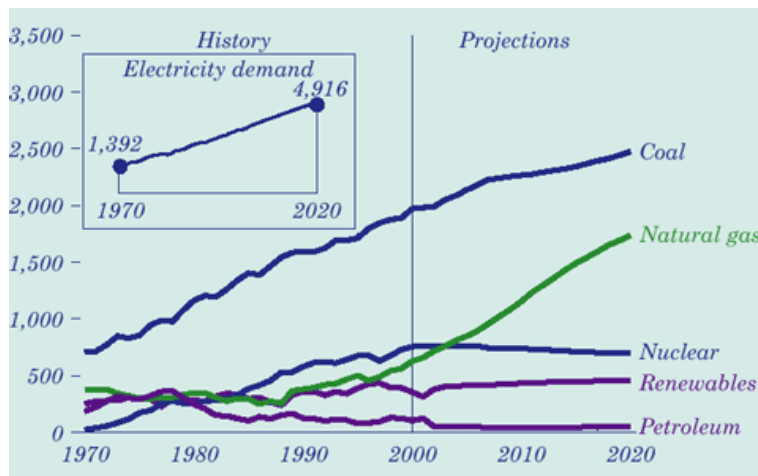
Τα οχήματα φυσικού αερίου έχουν υποφέρει στο παρελθόν από την περιορισμένη εμβέλεια και το περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο, λόγω του όγκου του CNG που πρέπει να αποθηκευτεί. Βρίσκονται όμως σε εξέλιξη έρευνες για την ανάπτυξη ενός μεσαίου μεγέθους NGV, με παρόμοια εμβέλεια και αποθηκευτικό χώρο όπως τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα.

Ενώ η εμβέλεια, ο χώρος αποθήκευσης και το αρχικό κόστος αποτρέπουν σήμερα τη μαζική παραγωγή των οχημάτων κινούμενων αποκλειστικά με φυσικό αέριο (που ως συνέπεια αποτρέπει την επέκταση των πρατηρίων φυσικού αερίου), αναμένεται ότι με τη βελτιωμένη τεχνολογία, την έρευνα, και την υποδομή, η χρήση των NGVs θα αυξηθεί στο μέλλον. Τα οχήματα φυσικού αερίου είναι μια σημαντική ευκαιρία για την μείωση των ζημιωγόνων επιπτώσεων ενός από τους πιο ρυπογόνους τομείς, όπως αυτός των μεταφορών.

4.1.5.Χρήσεις στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής

Το φυσικό αέριο, λόγω της καθαρής καύσης του, έχει γίνει πολύ δημοφιλές καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στη δεκαετία του '70 και τη δεκαετία του '80, οι επιλογές για τους περισσότερους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ήταν μεγάλες εγκαταστάσεις λιγνίτη ή πυρηνικές εγκαταστάσεις. Όμως, οι οικονομικές, περιβαλλοντικές και τεχνολογικές αλλαγές έχουν καταστήσει το φυσικό αέριο το καύσιμο των νέων εγκαταστάσεων παραγωγής

ενέργειας. Χαρακτηριστικά, το 2000, προστέθηκαν στις ΗΠΑ 23453MW νέας ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτά, σχεδόν το 95% ή 22238MW ήταν από καύση φυσικού αερίου. Το σχήμα 4.10, δίνει μια εικόνα της ηλεκτροπαραγωγής στις ΗΠΑ από το 1970 έως το 2020. Διαφαίνεται ότι η ηλεκτροπαραγωγή φυσικού αερίου αναμένεται να αυξηθεί χαρακτηριστικά κατά τα επόμενα 20 χρόνια καθώς θα αρχίσουν να καρποφορούν οι σημερινές επενδύσεις και κατασκευές μονάδων ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου.



Σχήμα 4.10. Ηλεκτροπαραγωγή στις ΗΠΑ από το 1970-2020 (δισ. kWh). [2] [43]

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτήν την αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ ο άνθρακας είναι το φτηνότερο ορυκτό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι επίσης και το πιο βρώμικο, απελευθερώνοντας τα υψηλότερα επίπεδα ρύπων στον αέρα. Η βιομηχανία ηλεκτρικής παραγωγής αποτελεί στην πραγματικότητα μια από τις πιο ρυπογόνες βιομηχανίες. Οι κανονισμοί που επιβάλλονται για τις εκπομπές των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, έχουν αναγκάσει την βιομηχανία στην αναζήτηση νέων τεχνικών και μεθόδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την ταυτόχρονη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η νέα τεχνολογία έχει επιτρέψει στο φυσικό αέριο να διαδραματίσει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην καθαρή παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μονάδες ατμοπαραγωγής

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με ποικίλους τρόπους. Η πιο βασική ηλεκτροπαραγωγή με φυσικό αέριο αποτελείται από μια μονάδα παραγωγής ατμού, όπου τα ορυκτά καύσιμα καίγονται σε έναν λέβητα για την θέρμανση νερού και παραγωγή ατμού, ο οποίος κινεί έπειτα έναν στρόβιλο για να παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτήν την διαδικασία, αν και αυτές οι βασικές μονάδες ατμού είναι πιο τυπικές για μεγάλες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με λιγνίτη ή πυρηνικές εγκαταστάσεις. Αυτές οι βασικές μονάδες παραγωγής ατμού έχουν αρκετά χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Συνήθως, σε αυτούς τους

τύπους μονάδων, μόνο το 33 έως 35% της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για να παράγει τον ατμό μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Κεντρικοί αεριοστρόβιλοι

Αεριοστρόβιλοι και μηχανές εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούνται επίσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτούς τους τύπους μονάδων, αντί της θέρμανσης ατμού για την κίνηση ενός στροβίλου, χρησιμοποιούνται τα θερμά αέρια από την καύση ορυκτών καυσίμων (ιδιαίτερα φυσικού αερίου) για την κίνηση του στροβίλου και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων χρησιμοποιούνται ήδη για τις απαιτήσεις αιχμής, δεδομένου ότι είναι δυνατό να λειτουργήσουν γρήγορα και εύκολα. Αυτές οι εγκαταστάσεις έχουν αυξημένη χρήση λόγω της τεχνολογικής προόδου και τη διαθεσιμότητας του φυσικού αερίου. Εντούτοις, ακόμα είναι ελαφρώς λιγότερο αποδοτικές από τις μεγάλες ατμοηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Μονάδες Συνδυασμένου Κύκλου

Πολλές από τις νέες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου είναι μονάδες συνδυασμένου κύκλου. Σε αυτές τις μονάδες υπάρχει ένας αεριοστρόβιλος και μια μονάδα ατμού σε ένα. Ο αεριοστρόβιλος λειτουργεί με τον ίδιο σχεδόν τρόπο με έναν κανονικό αεριοστρόβιλο, χρησιμοποιώντας τα θερμά αέρια που απελευθερώνονται από την καύση φυσικού αερίου για την κίνηση ενός στροβίλου και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στις εγκαταστάσεις συνδυασμένου κύκλου η θερμότητα των καυσαερίων του αεριοστροβίλου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού, ο οποίος χρησιμοποιείται έπειτα για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όπως μια μονάδα ατμού. Λόγω αυτής της αποδοτικής χρήσης της θερμότητας καυσαερίων του φυσικού αερίου, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου είναι αποδοτικότερες από τις μονάδες μόνο αεριοστροβίλου ή μόνο ατμοπαραγωγής. Στην πραγματικότητα, οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου μπορούν να επιτύχουν θερμικές αποδόσεις μέχρι 50-60%.

Κατανεμημένη Παραγωγή

Με την τεχνολογική πρόοδο, δημιουργήθηκε μια τάση προς την "κατανεμημένη παραγωγή". Η κατανεμημένη παραγωγή αναφέρεται στην τοποθέτηση μεμονωμένων, μικρότερου μεγέθους μονάδων ηλεκτροπαραγωγής επί των οικιακών, εμπορικών, και βιομηχανικών χώρων χρήσης. Αυτές οι μικρές κλίμακας μονάδες παραγωγής ενέργειας, που τροφοδοτούνται κυρίως από φυσικό αέριο, λειτουργούν με ένα μικρό αεριοστρόβιλο, μηχανή εσωτερικής καύσης ή κυψέλες καυσίμου.

Τυπικά, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε μεγάλες, κεντρικές μονάδες. Ωστόσο, η απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδυαζόμενη με τη νέα τεχνολογία και τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, ανοίγει το δρόμο προς τη κατανεμημένη παραγωγή. Αυτό αναφέρεται στην πρακτική παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επιτόπου αντί σε μεγάλες

κεντρικές μονάδες. Η καταναμεμημένη παραγωγή προσφέρει ευκαιρίες σε όλους τους τομείς, από πολύ μικρές κατοικημένες και εμπορικές επιτόπιες γεννήτριες έως σε μεγαλύτερης ισχύος βιομηχανικές γεννήτριες παραγωγής.

Η καταναμεμημένη παραγωγή μπορεί να λάβει πολλές μορφές, από μικρές, χαμηλής ισχύος ηλεκτρογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας που λαμβάνεται από τις κεντρικές ηλεκτρικές μονάδες, έως μεγαλύτερες, ανεξάρτητες γεννήτριες που παρέχουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για να τροφοδοτήσουν ένα ολόκληρο εργοστάσιο. Η καταναμεμημένη παραγωγή είναι ελκυστική επειδή προσφέρει πιο αξιόπιστη, αποδοτικότερη και φτηνότερη ηλεκτρική ενέργεια από την αγορά ενέργειας από μια κεντρική μονάδα. Η καταναμεμημένη παραγωγή επιτρέπει επίσης περισσότερο τοπικό έλεγχο της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και περικλύει τις απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας των δικτύων διανομής. Κατωτέρω είναι μια περιγραφή των διάφορων μορφών καταναμεμημένης παραγωγής.

Το φυσικό αέριο είναι μια από τις κύριες ενεργειακές πηγές για την καταναμεμημένη παραγωγή. Λόγω της εκτενούς υποδομής παροχής φυσικού αερίου και τα περιβαλλοντικά οφέλη, το φυσικό αέριο αποτελεί μια από τις κύριες επιλογές για την επιτόπια ηλεκτρική παραγωγή. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιτόπου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι βιομηχανικοί στρόβιλοι φυσικού αερίου, οι μικροστρόβιλοι, οι παλλιδρομικές μηχανές καύσης αερίου και οι κυψέλες καυσίμου είναι οι πιο δημοφιλείς τρόποι χρήσης του φυσικού αερίου για καταναμεμημένη παραγωγή.

Βιομηχανικοί στρόβιλοι φυσικού αερίου

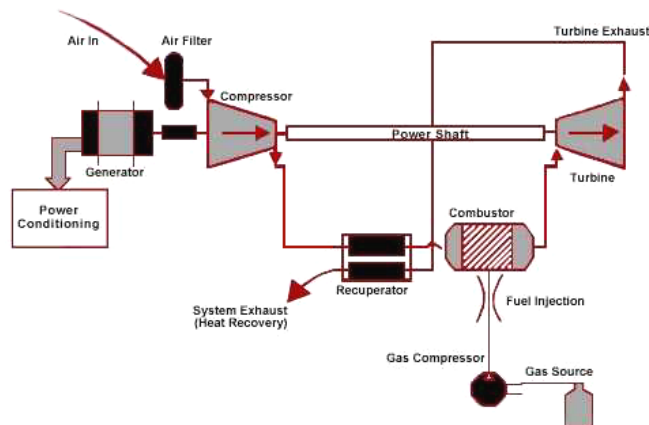
Η αρχή λειτουργίας των βιομηχανικών στρόβιλων καύσης φυσικού αερίου είναι η ίδια με αυτή των αεριοστρόβιλων των κεντρικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που αναλύθηκαν ανωτέρω. Ωστόσο, αυτοί οι στρόβιλοι είναι εγκατεστημένοι κοντά εκεί όπου θα χρησιμοποιηθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Οι βιομηχανικοί στρόβιλοι, που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την εκμετάλλευση της υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής πίεσης του φυσικού αερίου για την περιστροφή μιας στροβιλογεννήτριας, είναι συμπαγείς, ελαφριοί και απλοί στην εκκίνηση και λειτουργία τους. Αυτός ο τύπος καταναμεμημένης παραγωγής χρησιμοποιείται συνήθως σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους συγκροτήματα όπως τα πανεπιστήμια, τα νοσοκομεία, τα εμπορικά κτίρια και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και έχουν απόδοση που κυμαίνεται από 21-40%.

Με τη καταναμεμημένη παραγωγή, η θερμότητα που θα χανόταν κανονικά ως ενέργεια απωλειών μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία ενός λέβητα ή θερμάστρας χώρου. Αυτά είναι γνωστά ως συνδυασμένα συστήματα θερμότητας και ισχύος (CHP).

Μικροστρόβιλοι

Οι μικροστρόβιλοι είναι μικρογραφίες των βιομηχανικών αεριοστροβίλων. Όπως παραπέμπει το όνομά τους, αυτές οι ηλεκτροπαραγωγές μονάδες είναι πολύ μικρές και έχουν τυπικά μια σχετικά μικρή ηλεκτρική παραγωγή (σχήμα 4.11). Αυτός ο τύπος κατανεμημένης παραγωγής έχει την ικανότητα παραγωγής από 25 έως 500kW ηλεκτρικής ενέργειας και είναι καταλληλότερος για οικιακές ή μικρής κλίμακας εμπορικές μονάδες.

Τα πλεονεκτήματα των μικροστροβίλων περιλαμβάνουν το συμπαγές μέγεθος (σχεδόν ίδιο μέγεθος όπως ένα ψυγείο), μικρό αριθμό κινούμενων μερών, ελαφριά κατασκευή, χαμηλό κόστους και αυξημένη απόδοση. Χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές ανάκτησης της θερμότητας απωλειών, οι μικροστρόβιλοι μπορούν να επιτύχουν ενεργειακές αποδόσεις μέχρι και 80%.



Σχήμα 4.11. Μικροστρόβιλος φυσικού αερίου και ο κύκλος παραγωγής ενέργειας αυτού.

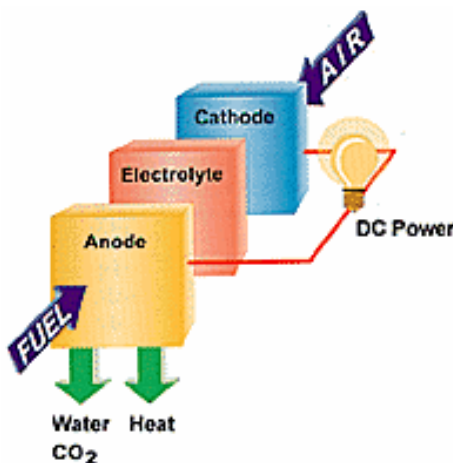
Παλινδρομικές μηχανές καύσης αερίου

Οι παλινδρομικές μηχανές καύσης αερίου χρησιμοποιούνται επίσης για την επιτόπια ηλεκτρική παραγωγή. Αυτοί οι τύποι μηχανών είναι συνήθως γνωστοί ως μηχανές εσωτερικής καύσεως. Μετατρέπουν την ενέργεια που περιέχεται στο φυσικό αέριο σε μηχανική ενέργεια, η οποία περιστρέφει ένα έμβολο παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Οι παλινδρομικές μηχανές καύσης αερίου παράγουν τυπικά από 5 kW μέχρι 7 MW, σημαίνοντας μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μικρής κλίμακας εφεδρική γεννήτρια κατοικίας έως μια γεννήτρια φορτίων βάσης στα βιομηχανικά συγκροτήματα. Οι μηχανές αυτές παρουσιάζουν αποδόσεις 25-45% και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα CHP για να αυξήσουν την ενεργειακή απόδοση.

Κυψέλες καυσίμου

Πολλοί επιστήμονες ενδιαφέρονται για χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μηχανικοί έχουν αναπτύξει ήδη τους τρόπους να χρησιμοποιήσουν τον άνθρακα/πετρέλαιο και το φυσικό αέριο μαζί για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, αλλά μια συσκευή αποκαλούμενη κυψέλη καυσίμου μπορεί να

χρησιμοποιήσει μόνο φυσικό αέριο. Μία κυψέλη καυσίμου είναι παρόμοια με μια μπαταρία. Χρησιμοποιεί μια χημική διαδικασία αντί για καύση για να μετατρέψει την ενέργεια καυσίμων σε ηλεκτρική ενέργεια (σχήμα 4.12). Η χημική διαδικασία είναι πολύ πιο αποδοτική ενεργειακά από την καύση και δεν εκπέμπει κανέναν ατμοσφαιρικό ρύπο. Ωστόσο, η τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου πρέπει ακόμα να βελτιωθεί εάν πρόκειται να τις καταστήσει εμπορικά επιτυχήs.



Σχήμα 4.12. Αρχή λειτουργίας μιας κυψέλης καυσίμου.

Οι κυψέλες καυσίμου που τροφοδοτούνται από φυσικό αέριο είναι μια εξαιρετικά υποσχόμενη νέα τεχνολογία για την καθαρή και αποδοτική παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυψέλες καυσίμου έχουν τη δυνατότητα να παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων σε αντιδιαστολή με την καύση των ορυκτών καυσίμων. Ουσιαστικά, μια κυψέλη καυσίμου λειτουργεί με τη διαβίβαση ρευμάτων καυσίμου (συνήθως υδρογόνο) και οξειδωτικών πάνω από ηλεκτρόδια που διαχωρίζονται από έναν ηλεκτρολύτη. Αυτό παράγει μια χημική αντίδραση που παράγει ηλεκτρική ενέργεια χωρίς απαίτηση καύσης καυσίμων ή την προσθήκη θερμότητας όπως απαιτείται για την συμβατική παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν χρησιμοποιείται καθαρό υδρογόνο ως καύσιμο και καθαρό οξυγόνο ως οξειδωτικό, η αντίδραση που πραγματοποιείται μέσα σε μία κυψέλη καυσίμου παράγει μόνο νερό, θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια. Στην πράξη, οι κυψέλες καυσίμου έχουν ως αποτέλεσμα την πολύ χαμηλή εκπομπή επιβλαβών ρύπων και την παραγωγή υψηλής ποιότητας, αξιόπιστης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η χρήση των κυψελών καυσίμου φυσικού αερίου έχει πολυάριθμα οφέλη. Οι κυψέλες καυσίμου παρέχουν την καθαρότερη μέθοδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Ενώ μια κυψέλη καυσίμου με καθαρό υδρογόνο και καθαρό οξυγόνο παράγει μόνο νερό, ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, οι κυψέλες καυσίμου που είναι σήμερα εν χρήση εκπέμπουν μόνο ίχνη ενώσεων θείου και πολύ χαμηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Όμως, το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τη χρήση κυψελών καυσίμου μπορεί εύκολα να συλληχθεί αντί να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα.

Οι κυψέλες καυσίμου έχουν υπερβολικά συμπαγές μέγεθος, επιτρέποντας την τοποθέτηση και χρήση τους εκεί ακριβώς που απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια, συμπεριλαμβανομένων των οικιακών, εμπορικών και βιομηχανικών συγκροτημάτων ακόμα και στον τομέα των μεταφορών.

Το γεγονός ότι οι κυψέλες καυσίμου είναι τελείως εσώκλειστες μονάδες, χωρίς μετακινούμενα ή περιστρεφόμενα μηχανικά μέρη, τις καθιστά μια πολύ αξιόπιστη και συνεχή πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, ικανή για χιλιάδες ώρες αθόρυβης και ασφαλούς λειτουργίας καθώς δεν έχουν αιχμές ηλεκτρικής τάσης.

Αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση των κυψελών καυσίμου, αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι της συμβατικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση, με συνέπεια να απαιτείται λιγότερο καύσιμο για την παραγωγή ίσου ποσού ενέργειας. Το Εθνικό Εργαστήριο Ενεργειακής Τεχνολογίας των ΗΠΑ εκτιμά ότι εγκαταστάσεις κυψελών καυσίμων σε συνδυασμό με στροβίλους φυσικού αερίου μπορούν να κατασκευαστούν και να λειτουργούν στην περιοχή 1–20MW με απόδοση περίπου 70%, πολύ μεγαλύτερη από αυτή που επιτυγχάνεται με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας στην ίδια περιοχή.

Οι κυψέλες καυσίμου εξελίσσονται ολοένα και περισσότερο σε μια σημαντική τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυψέλες καυσίμου για καταναεμημένη παραγωγή προσφέρουν ένα πλήθος οφελών και είναι ένας τομέας συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης.

Η ανταγωνιστικότητα του φυσικού αερίου απέναντι στα άλλα καύσιμα είναι και ζήτημα εφαρμοζόμενης πολιτικής. Έτσι μια απόφαση, προ μηνών για μείωση κατά 50% των φόρων για το μαζούτ, περιόρισε την ανταγωνιστικότητα του φυσικού αερίου. Επίσης, οι μετατροπές των εγκαταστάσεων και το κόστος που αυτές συνεπάγονται επηρεάζουν πολλές φορές κάποιες μικρομεσαίες επιχειρήσεις ή κάποια νοικοκυριά στην απόφασή τους να υιοθετήσουν ή όχι το φυσικό αέριο.

4.2. Περιβάλλον

Το φυσικό αέριο είναι μια εξαιρετικά σημαντική πηγή ενέργειας για τη μείωση της ρύπανσης και τη διατήρηση ενός καθαρού και υγιούς περιβάλλοντος. Εκτός από το να είναι μια τοπικά άφθονη και ασφαλής πηγή ενέργειας, η χρήση φυσικού αερίου επίσης προσφέρει περισσότερα περιβαλλοντικά οφέλη από ότι οι άλλες πηγές ενέργειας, ιδιαίτερα τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του φυσικού αερίου, από την άποψη των εκπομπών καθώς επίσης και της περιβαλλοντικής επίδρασης της ίδιας της βιομηχανίας φυσικού αερίου.

4.2.1. Εκπομπές από την καύση φυσικού αερίου

Όπως αναλύθηκε και στο 1^ο κεφάλαιο, το φυσικό αέριο είναι το καθαρότερο από όλα τα ορυκτά καύσιμα. Αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο, τα κύρια προϊόντα της καύσης του φυσικού αερίου είναι διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμός, οι ίδιες ενώσεις που απελευθερώνουμε όταν αναπνέουμε.

Ο άνθρακας και το πετρέλαιο αποτελούνται από πιο σύνθετα μόρια, με υψηλότερη αναλογία άνθρακα και υψηλότερο περιεχόμενο αζώτου και θείου. Αυτό σημαίνει ότι όταν καίγεται ο άνθρακας και το πετρέλαιο απελευθερώνουν υψηλότερα επίπεδα επιβλαβών εκπομπών, συμπεριλαμβανομένης μιας υψηλότερης αναλογίας εκπομπών άνθρακα, οξειδίων αζώτου (NO_x) και διοξειδίου θείου (SO₂). Ο λιγνίτης και το καύσιμο πετρέλαιο απελευθερώνουν επίσης μόρια τέφρας στο περιβάλλον, ουσίες που δεν καίγονται αλλά αντιθέτως φέρονται στην ατμόσφαιρα και συμβάλλουν στη ρύπανση.

Επίσης, η καύση του άνθρακα και του πετρελαίου απελευθερώνει μεταλλικούς ρύπους, όπως για παράδειγμα ίχνη υδραργύρου, μολύβδου, βαναδίου και νικελίου τα οποία δεν περιέχονται στο φυσικό αέριο. Η καύση του φυσικού αερίου, αφ' ετέρου, αποδεδειγμένα πολύ μικρά ποσά διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου, ουσιαστικά καθόλου τέφρα ή σωματίδια και χαμηλότερα επίπεδα διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα και άλλους αντιδρώντες υδρογονάνθρακες (πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2.Επίπεδα εκπομπών ορυκτών καυσίμων (kg/10⁶KWh της ενέργειας εισόδου). [2]

Ρυπαντής	Φυσικό Αέριο	Πετρέλαιο	Λιγνίτης
CO ₂	181083.4	253826.3	321926.0
CO	61.9	51.1	321.9
NO _x	142.4	693.4	707.3
SO ₂	1.5	1736.5	4010.1
Σωματίδια	10.8	130.0	4246.9
Hg	0.000	0.011	0.025

Η χρήση ορυκτών καυσίμων για ενέργεια συμβάλλει σε διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα. Το φυσικό αέριο, ως το καθαρότερο από τα ορυκτά καύσιμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους για να συμβάλλει στη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Η καύση φυσικού αερίου αντί άλλων ορυκτών καυσίμων εκπέμπει λιγότερους επιβλαβείς ρύπους στην ατμόσφαιρα και μια αυξανόμενη χρήση του μπορεί να μειώσει την εκπομπή πολλών από αυτούς και να βοηθήσει στην λύση αρκετών περιβαλλοντικών θεμάτων όπως:

- Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- Αιθαλομίχλη, ποιότητα αέρα και όξινη βροχή
- Βιομηχανικές και ηλεκτροπαραγωγές Εκπομπές

- Ρύπανση από τον τομέα μεταφορών – Οχήματα φυσικού αερίου

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας ή το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι ένα περιβαλλοντικό ζήτημα που σχετίζεται με την δυναμική της παγκόσμια αλλαγής του κλίματος εξαιτίας των αυξημένων επιπέδων ατμοσφαιρικών «αερίων θερμοκηπίου». Υπάρχουν συγκεκριμένα αέρια στην ατμόσφαιρα που εξυπηρετούν στην ρύθμιση του ποσού θερμότητας που κατακρατείται κοντά στην επιφάνεια της γης. Οι επιστήμονες θεωρούν ότι μια αύξηση σε αυτά τα αέρια θερμοκηπίου θα έχει ως συνέπεια αυξημένες θερμοκρασίες σε όλη την υφήλιο οι οποίες θα έχουν καταστροφικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το Διακυβερνητικό Συνέδριο για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC²¹) προβλέπει στην «Τρίτη Έκθεση Αξιολόγησης» που εκδόθηκε το Φεβρουάριο 2001 ότι τα επόμενα 100 χρόνια, οι μέσες θερμοκρασίες του πλανήτη θα αυξηθούν μεταξύ 1.4 και 5.8°C.

Τα κύρια αέρια θερμοκηπίου περιλαμβάνουν υδρατμούς, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, οξείδια του αζώτου και κάποια κατασκευασμένα χημικά όπως χλωροφθοράνθρακες. Ενώ τα περισσότερα από αυτά τα αέρια υπάρχουν φυσικά στην ατμόσφαιρα, τα επίπεδα αυξάνονται λόγω της εκτεταμένης καύσης των ορυκτών καυσίμων από τους αναπτυσσόμενους πληθυσμούς. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αποτελεί τον πρωταρχικό στόχο των περιβαλλοντικών προγραμμάτων σε χώρες ανά τον κόσμο.

Ένα από τα πρωτεύοντα αέρια θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Αν και αυτό δεν κατακρατεί θερμότητα τόσο αποτελεσματικά όπως άλλα αέρια θερμοκηπίου (κάνοντάς το ένα λιγότερο δραστικό αέριο θερμοκηπίου), ο καθαρός όγκος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μεγάλος, ιδιαίτερα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Σύμφωνα με την ΕΙΑ²² [15] το 81.2% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις ΗΠΑ κατά το 2000 προερχόταν από διοξείδιο του άνθρακα συσχετιζόμενο άμεσα με την καύση ορυκτών καυσίμων.

Επειδή, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί τόσο μεγάλο ποσοστό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η μείωση των εκπομπών του μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η καύση φυσικού αερίου απελευθερώνει σχεδόν 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι το πετρέλαιο και κάτι λιγότερο από 45% από ότι ο λιγνίτης.

Ένα ζήτημα που έχει εμφανισθεί σε σχέση με το φυσικό αέριο και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το γεγονός ότι το μεθάνιο, το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου είναι ένα αρκετά δραστικό αέριο θερμοκηπίου. Στην πραγματικότητα, το μεθάνιο έχει την ικανότητα

²¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

²² Energy Information Administration, (ΕΛ. Υπηρεσία Διαχείρισης Ενεργειακής Πληροφορίας)

παγίδευσης θερμότητας περίπου 21 φορές πιο αποτελεσματικά από ότι το διοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Ενεργειακής Πληροφόρησης των ΗΠΑ, αν και οι εκπομπές μεθανίου αποτελούσαν μόνο το 1.1% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, είναι υπεύθυνες για το 8.5% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που σχετίζονται με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Οι πηγές των εκπομπών μεθανίου περιλαμβάνουν την βιομηχανία διαχείρισης αποβλήτων, την αγροτική βιομηχανία καθώς και διαρροές και εκπομπές από την βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Διενεργήθηκαν αρκετές έρευνες για να διαπιστωθεί εάν η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την αυξημένη χρήση του φυσικού αερίου θα αντισταθμιζόταν από μία πιθανή αύξηση του επιπέδου των εκπομπών μεθανίου. Οι έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κάτι τέτοιο δεν ίσχυε. Έτσι, η αυξημένη χρήση του φυσικού αερίου, αντί άλλων πιο ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων, μπορεί να καταστήσει δυνατή την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Αιθαλομίχλη, ποιότητα αέρα και όξινη βροχή

Η αιθαλομίχλη και η κακή ατμοσφαιρική ποιότητα είναι ένα πιεστικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, ιδιαίτερα για τις μεγάλες μητροπολιτικές πόλεις. Η αιθαλομίχλη, το βασικό συστατικό της οποίας είναι το επίγιο όζον, διαμορφώνεται από μια χημική αντίδραση του μονοξειδίου άνθρακα, των οξειδίων αζώτου, των πτητικών οργανικών ενώσεων και της θερμότητας από την ακτινοβολία του ήλιου. Επίσης, η αιθαλομίχλη και το επίγιο όζον μπορεί να συντελέσει σε αναπνευστικά προβλήματα που κλιμακώνονται από μια πρόσκαιρη ενόχληση σε χρόνια, μόνιμη ζημιά των πνευμόνων.

Οι ρύποι που συμβάλλουν στην αιθαλομίχλη προέρχονται από ποικίλες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των οχημάτων, των καπνοδόχων, των χρωμάτων και των διαλυτών. Επειδή η αντίδραση δημιουργίας αιθαλομίχλης απαιτεί θερμότητα, τα προβλήματα αιθαλομίχλης είναι χειρότερα κατά τους θερινούς μήνες.

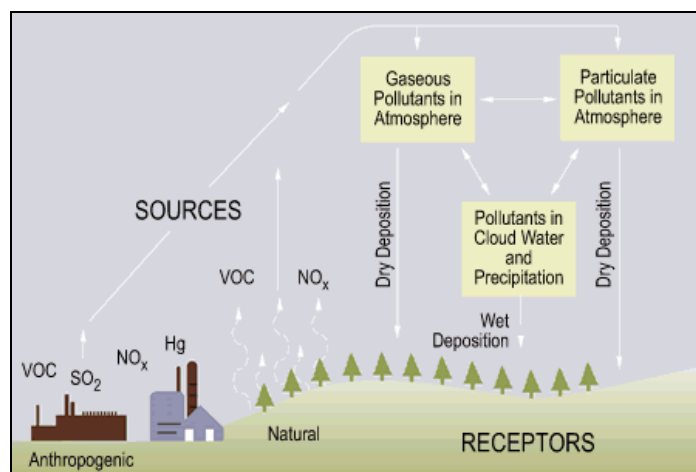
Η χρήση φυσικού αερίου δεν συμβάλλει σημαντικά στο σχηματισμό αιθαλομίχλης, δεδομένου ότι εκπέμπει χαμηλά επίπεδα οξειδίων αζώτου και ουσιαστικά καθόλου σωματίδια. Για αυτόν τον λόγο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταπολέμηση του σχηματισμού αιθαλομίχλης σε εκείνες τις περιοχές όπου η ατμοσφαιρική ποιότητα είναι κακή. Οι κύριες πηγές οξειδίων αζώτου είναι οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, τα οχήματα και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Μία αύξηση της χρήσης φυσικού αερίου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, μια μετατόπιση προς τα καθαρότερα οχήματα φυσικού αερίου και η αύξηση της βιομηχανικής χρήσης φυσικού αερίου, θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην καταπολέμηση της παραγωγής αιθαλομίχλης, ειδικά στα αστικά κέντρα όπου είναι περισσότερο αναγκαίο.

Ιδιαίτερα το καλοκαίρι, όταν η ζήτηση σε φυσικό αέριο είναι η χαμηλότερη και τα προβλήματα αιθαλομίχλης είναι τα μεγαλύτερα, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και ο ηλεκτροπαραγωγικός τομέας θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν φυσικό αέριο για να τροφοδοτήσουν τις διαδικασίες τους αντί άλλων, περισσότερο ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων. Αυτό θα μείωνε αποτελεσματικά τις εκπομπές των χημικών ουσιών που προκαλούν φαινόμενα αιθαλομίχλης και θα οδηγούσε σε καθαρότερο και πιο υγιή αέρα γύρω από τα αστικά κέντρα. Έχει υπολογισθεί, ότι η αιθαλομίχλη και οι γενεσιουργές εκπομπές όζοντος θα μπορούσαν να μειωθούν κατά 50-70% μόνο μέσω της εποχιακής χρήσης του φυσικού αερίου στις ηλεκτρικές γεννήτριες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Οι εκπομπές σωματιδίων προκαλούν επίσης την υποβάθμιση της ποιότητας αέρια. Αυτά τα σωματίδια μπορούν να περιλάβουν αιθάλη, τέφρα, μέταλλα και άλλα αερομεταφερόμενα σωματίδια. Το 1998, μια μελέτη [16] έδειξε ότι ο κίνδυνος πρόωρου θανάτου για τους κατοίκους περιοχών με υψηλό επίπεδο αερομεταφερόμενων σωματιδίων ήταν 26% μεγαλύτερος απ'ό,τι για εκείνους στις περιοχές με χαμηλά επίπεδα σωματιδίων. Το φυσικό αέριο δεν εκπέμπει σχεδόν καθόλου σωματίδια στην ατμόσφαιρα: στην πραγματικότητα, οι εκπομπές σωματιδίων από τη καύση φυσικού αερίου είναι 90% χαμηλότερες απ'ό,τι από την καύση του πετρελαίου, και 99% χαμηλότερες από καύση λιγνίτη. Κατά συνέπεια η αυξανόμενη χρήση φυσικού αερίου αντί άλλων πιο ρυπογόνων υδρογονανθράκων συντελεί και στην μείωση των ποσοστών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η όξινη βροχή είναι ένα άλλο περιβαλλοντικό πρόβλημα με καταστροφικές συνέπειες στις καλλιέργειες, στα δάση, στα ζώα και στους ανθρώπους με πρόκληση αναπνευστικών και άλλων ασθενειών. Η όξινη βροχή δημιουργείται όταν το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με τον υδρατμό και άλλες χημικές ουσίες, παρουσία ηλιακού φωτός, παράγοντας διάφορες όξινες ενώσεις στον αέρα (σχήμα 4.13).

Η κύρια πηγή όξινης βροχής που προκαλεί τους ρύπους, το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου, είναι οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με καύση λιγνίτη. Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο δεν εκπέμπει σχεδόν καθόλου διοξείδιο του θείου και μέχρι 80% λιγότερα οξείδια του αζώτου από ότι η καύση λιγνίτη, η αυξανόμενη χρήση φυσικού αερίου συμβάλει στην μείωση των εκπομπών που προκαλούν όξινη βροχή.



Σχήμα 4.13. Δημιουργία και εναποθέσεις όξινης βροχής.

4.2.2. Βιομηχανικές και ηλεκτροπαραγωγές εκπομπές

Οι ρυπογόνες εκπομπές από το βιομηχανικό τομέα και τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις συμβάλλουν πολύ στα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η χρήση φυσικού αερίου για την λειτουργία τόσο των βιομηχανικών λεβήτων και διαδικασιών όσο των ηλεκτροπαραγωγών εγκαταστάσεων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα προφίλ εκπομπών για αυτούς τους δύο τομείς.

Το φυσικό αέριο γίνεται όλο και περισσότερο σημαντικό καύσιμο στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από την παροχή ενός αποδοτικού και ανταγωνιστικά διατιμημένου καυσίμου για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, η αυξανόμενη χρήση φυσικού αερίου επιτρέπει τη βελτίωση του προφίλ εκπομπών της βιομηχανίας ηλεκτροπαραγωγής.

Σύμφωνα με δημοσίευση το 2002 [17], οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας στις ΗΠΑ ευθύνονται για το 67% των εκπομπών διοξειδίου του θείου, 40% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, 25% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου και 34% των εκπομπών υδραργύρου. Οι ηλεκτροπαραγωγικές βιομηχανίες λιγνίτη είναι οι μέγιστοι συνεισφέροντες σε αυτούς τους τύπους εκπομπών. Στην πραγματικότητα, μόνο 3% των εκπομπών διοξειδίου του θείου, 5% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, 2% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου και 1% των εκπομπών υδραργύρου προέρχονται από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας που λειτουργούν με άλλα καύσιμα αντί του λιγνίτη.

Η ηλεκτρική παραγωγή και οι άλλες βιομηχανικές εφαρμογές τροφοδοτημένες με φυσικό αέριο, προσφέρουν ποικίλα περιβαλλοντικά οφέλη και φιλικές προς το περιβάλλον χρήσεις, που περιλαμβάνουν:

Λιγότερες εκπομπές

Η καύση φυσικού αερίου, που χρησιμοποιείται στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, σε βιομηχανικούς λέβητες και σε άλλες εφαρμογές, εκπέμπει χαμηλότερα επίπεδα NO_x, CO₂ και σωματιδίων και ουσιαστικά καθόλου SO₂ και υδράργυρο. Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί ή σε συνδυασμό με άλλα ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του λιγνίτη, του πετρελαίου, ή του κοκ πετρελαίου, τα οποία εκπέμπουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα αυτών των ρύπων.

Μειωμένη λάσπη

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας με καύση λιγνίτη και οι βιομηχανικοί λέβητες που χρησιμοποιούν αποξεστικές τεχνικές για να μειώσουν τα επίπεδα εκπομπών SO₂ παράγουν χιλιάδες τόνους επιβλαβούς λάσπης. Η καύση φυσικού αερίου εκπέμπει εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα SO₂, εξαλείφοντας την ανάγκη για τεχνικές απόξεσης και μειώνοντας τα ποσά λάσπης που σχετίζονται με εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και βιομηχανικές διαδικασίες.

Ανάκαυση

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την έγχυση φυσικού αερίου στους λέβητες λιγνίτη ή πετρελαίου. Η προσθήκη φυσικού αερίου στο μίγμα καυσίμων μπορεί να οδηγήσει σε μειώσεις εκπομπής NO_x κατά 50-70% και μειώσεις εκπομπής SO₂ κατά 20-25%.

Συμπαράγωγή

Η παραγωγή και η χρήση της θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας, ταυτόχρονα, μπορούν να αυξήσουν την ενεργειακή απόδοση των ηλεκτρικών συστημάτων παραγωγής και των βιομηχανικών λεβήτων, η οποία μεταφράζεται σε απαίτηση καύσης λιγότερων καυσίμων και, κατ' επέκταση, σε εκπομπή λιγότερων ρύπων. Το φυσικό αέριο είναι η προτιμημένη επιλογή για τις νέες εφαρμογές συμπαράγωγής.

Συνδυασμένος κύκλος παραγωγής

Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου παραγωγής παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και συλλέγουν την θερμότητα απωλειών, χρησιμοποιώντας τη για να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Όπως στις εφαρμογές συμπαράγωγής, αυτό αυξάνει την ενεργειακή απόδοση, χρησιμοποιεί λιγότερα καύσιμα και οδηγεί έτσι σε λιγότερες εκπομπές. Οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου παραγωγής με φυσικό αέριο μπορούν να επιτύχουν μέχρι 60% ενεργειακή απόδοση, ενώ οι μονάδες παραγωγής με λιγνίτη ή πετρέλαιο επιτυγχάνουν τυπικά μόνο 30-35% απόδοση.

Κυψέλες καυσίμου

Οι τεχνολογίες κυψελών καυσίμου φυσικού αερίου είναι υπό ανάπτυξη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε, οι κυψέλες καυσίμου είναι περίπλοκες

συσκευές που χρησιμοποιούν υδρογόνο για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμου δεν συνοδεύεται από καμία εκπομπή. Το φυσικό αέριο, όντας μια πηγή καυσίμου πλούσια σε υδρογόνο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αν και ακόμα υπό ανάπτυξη, η διαδεδομένη χρήση των κυψελών καυσίμου θα μπορούσε στο μέλλον να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές που συνδέονται με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ουσιαστικά, η ηλεκτρική παραγωγή και οι βιομηχανικές εφαρμογές που απαιτούν ενέργεια, ιδιαίτερα για τη θέρμανση, χρησιμοποιούν την καύση ορυκτών καυσίμων για αυτή την ενέργεια. Λόγω της καθαρής καύσης της, η χρήση φυσικού αερίου οπουδήποτε είναι δυνατόν, είτε από κοινού με άλλα ορυκτά καύσιμα, είτε αντί αυτών, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών επιβλαβών ρύπων.

4.2.3. Εκπομπές από τον τομέα μεταφορών – Οχήματα φυσικού αερίου

Ο τομέας των μεταφορών (ιδιαίτερα αυτοκίνητα, φορτηγά, και λεωφορεία) είναι ένας από τους μεγαλύτερους συνεισφέροντες στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Υπολογίζεται ότι στις ΗΠΑ τα οχήματα στο δρόμο είναι υπεύθυνα για το 60% της ρύπανσης μονοξειδίου άνθρακα, 29% των εκπομπών υδρογονανθράκων και 31% της εκπομπής οξειδίων αζώτου (NOx). Τα οχήματα είναι υπεύθυνα επίσης για την εκπομπή πάνω από το 50% των επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρύπων και περίπου 30% των συνολικών εκπομπών άνθρακα στις ΗΠΑ, συμβάλλοντας στην εμφάνιση "αερίων θερμοκηπίου" στην ατμόσφαιρα.

Όλες αυτές οι εκπομπές που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν στο φαινόμενο της αιθαλομίχλης, σε διάφορες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, στη χαμηλή ορατότητα και αυξάνουν τα επίπεδα επικίνδυνου επίγειου όζοντος. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις NGVs είναι πολύ λιγότερο καταστρεπτικές από τα συμβατικά οχήματα βενζίνης ή πετρελαίου.

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον τομέα των μεταφορών για να περικόψει αυτά τα υψηλά επίπεδα ρύπανσης από τα βενζινοκίνητα ή πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα, φορτηγά και λεωφορεία. Τα οχήματα φυσικού αερίου, είναι πολύ καθαρότερα συμβατικά οχήματα λόγω της χημικής σύνθεσης του φυσικού αερίου. Ενώ το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, τα καύσιμα βενζίνης και πετρελαίου περιέχουν πολυάριθμες άλλες επιβλαβείς ενώσεις που απελευθερώνονται στο περιβάλλον μέσω των καυσαερίων.

Παρά το γεγονός ότι το φυσικό αέριο μπορεί να εκπέμψει μικρά ποσά αιθανίου, προπανίου και βουτανίου όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεταφορών, ωστόσο, δεν εκπέμπει πολλές από τις άλλες, πιο επιβλαβείς ουσίες που εκπέμπονται από την καύση της βενζίνης ή του πετρελαίου. Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν πτητικές οργανικές ενώσεις, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου (που συνδυάζονται στην ατμόσφαιρα για να

παραγάγουν επίγειο όζον), βενζόλιο, αρσενικό, νικέλιο, και πάνω από 40 άλλες ουσίες που χαρακτηρίζονται ως τοξικές.

Πράγματι, σύμφωνα με την ΕΡΑ²³, σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα, τα οχήματα που λειτουργούν με συμπιεσμένο φυσικό αέριο έχουν μειώσεις των εκπομπών μονοξειδίου άνθρακα 90-97% και μειώσεις των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα 25%. Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μπορούν να μειωθούν κατά 35-60% και άλλες εκπομπές υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου θα μπορούσαν να μειωθούν κατά τουλάχιστον 50-75%. Επιπλέον, λόγω της σχετικά απλής σύνθεσης του φυσικού αερίου σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα οχημάτων, υπάρχουν λιγότερο τοξικές και καρκινογενείς εκπομπές από τα οχήματα φυσικού αερίου και σχεδόν καμία εκπομπή σωματιδίων. Κατά συνέπεια οι φιλικές προς το περιβάλλον ιδιότητες του φυσικού αερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών για να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Τα οχήματα φυσικού αερίου, όταν σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μόνο με φυσικό αέριο, είναι μεταξύ των καθαρότερων οχημάτων στον κόσμο. Στην πραγματικότητα, το Honda Civic GX, που έκανε την εμφάνισή του το 1997, έχει την καθαρότερη μηχανή εσωτερικής καύσεως που κατασκευάστηκε ποτέ εμπορικά. Αυτό το αυτοκίνητο εκπέμπει τόσο λίγους ρύπους που σε μερικές μεγάλες πόλεις οι εκπομπές του είναι καθαρότερες ακόμα και από τον περιβάλλοντα αέρα!

Το φυσικό αέριο είναι το καθαρότερο από όλα τα ορυκτά καύσιμα και έτσι οι πολλές εφαρμογές του μπορούν να χρησιμεύσουν για την μείωση των επιβλαβών επιπέδων ρύπανσης από όλους τους τομείς, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό ή αντικαθιστώντας άλλα ορυκτά καύσιμα. Η ίδια η βιομηχανία φυσικού αερίου δεσμεύεται επίσης για την εξασφάλιση ότι η διαδικασία παραγωγής φυσικού αερίου είναι όσο το δυνατόν πιο φιλική στο περιβάλλον.

²³ US Environmental Protection Agency, (Ελ. Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1.Η δομή του ελληνικού ενεργειακού τομέα

Στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες του ΟΟΣΑ²⁴, η ενέργεια αποτελεί έναν από τους πλέον δυναμικούς και σημαντικούς, από πλευρά οικονομικής δραστηριότητας, τομείς της οικονομίας. Στη χώρα μας ο συνολικός κύκλος εργασιών των επιχειρήσεων και οργανισμών που απασχολούνται στον ενεργειακό κλάδο ανέρχονταν σε 10.8 δισ. ευρώ, με βάση τα στοιχεία του 1999. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ΑΕΠ²⁵ της χώρας διαμορφώθηκε στα 98.8 δισ. ευρώ το 1999, ένα ποσοστό της τάξης του 11% είναι αρκετά υψηλό. Στον πίνακα 5-1, παρουσιάζεται η προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα, ανά τομέα και για την τριακονταετία 1990-2020.

Πίνακας 5-1. Προβλεπόμενη ενεργειακή κατανάλωση στην Ελλάδα ανά τομέα για την τριακονταετία 1990-2020 (εκ.ΤΙΠ/ΜΤοε). [18]

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά τομέα	22.8	24.7	28.7	32.6	35.8	38.4	40.5
Στερεά καύσιμα	8.1	8.8	9.6	10.3	10.3	9.8	10.9
Υγρά καύσιμα	12.8	14.0	15.9	18.0	19.5	20.7	21.3
Φυσικό αέριο	0.1	0.0	1.5	2.5	4.2	5.7	6.1
Άλλες μορφές	1.7	1.9	1.7	1.8	1.8	2.2	1.7
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	2.0	2.1

Η σημασία του ενεργειακού τομέα στην οικονομία της χώρας μας άρχισε να γίνεται αντιληπτή κυρίως μετά την περίοδο 1973-74. Τούτο διότι εκείνη την περίοδο σημειώθηκε η πρώτη διεθνής ενεργειακή κρίση με την απότομη αύξηση των τιμών του αργού πετρελαίου από τις χώρες μέλη του ΟΠΕΚ²⁶.

Οι σημαντικές αυξήσεις τότε, μέσα σε διάστημα ολίγων εβδομάδων, στις τιμές του αργού και κατά συνέπεια στα προϊόντα του πετρελαίου, είχαν σαν αποτέλεσμα, να δημιουργηθούν σοβαρές πληθωριστικές πιέσεις. Σε αντίθεση με τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, η Ελλάδα άργησε να αφομοιώσει τις υψηλές ενεργειακές τιμές στην οικονομία της. Αποτέλεσμα ήταν να δημιουργηθούν συνεχείς υψηλές πληθωριστικές πιέσεις.

²⁴ Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία & Ανάπτυξη

²⁵ Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

²⁶ Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών

Η μεγέθυνση της αγροτικής και βιομηχανικής παραγωγής καθώς και η αλματώδης οικιστική ανάπτυξη, καθόρισαν τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, όπως και τις προτεραιότητες σε πρώτες ύλες του τομέα ενέργειας. Η χαμηλή, για παράδειγμα, ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας, η εκτεταμένη ανάπτυξη της υπόλοιπης μεταποίησης, ο περιορισμένος ρόλος των σιδηροδρομικών μεταφορών, κλπ. δημιούργησαν ιδιαίτερες συνθήκες για την ανάπτυξη του τομέα της ενέργειας στην Ελλάδα. Παράλληλα, το ήπιο μεσογειακό κλίμα διαμόρφωσε χαμηλές ενεργειακές ανάγκες για το μέσο καταναλωτή.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η υφιστάμενη κατάσταση μεταβάλλεται σταδιακά, ακολουθώντας τόσο την ευρωπαϊκή περιφερειακή ανάπτυξη, όσο και τις μεταβολές του κλίματος σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Οι ενεργειακές ανάγκες της χώρας αυξάνουν σε παράλληλη πορεία με την αύξηση του ΑΕΠ, καθώς επίσης και λόγω της επαναδιάταξής της στη νέα κατανομή εργασίας της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Η σημερινή πραγματικότητα κατατάσσει την Ελλάδα στις χώρες με ισχνό παραγωγικό τομέα και, κατά τεκμήριο, με "ήπια" κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο. Όμως, από την έως σήμερα εξέλιξη των ενεργειακών της μεγεθών, η ανωτέρω διαπίστωση δεν φαίνεται να επαληθεύεται.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, πέραν των παραδοσιακών πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και ο λιγνίτης, εισήχθη στην ελληνική αγορά ενέργειας και το φυσικό αέριο με εισαγωγή του σε σημαντικές ποσότητες από τη Ρωσία (1997) και πιο πρόσφατα (2000) από την Αλγερία (LNG). Σταδιακά, αναπτύσσονται και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η εισαγωγή φυσικού αερίου στην Ελλάδα αποφασίστηκε από την πολιτεία στα πλαίσια της προσπάθειας εκσυγχρονισμού και βελτίωσης του ενεργειακού ισοζυγίου αλλά και των ενεργειακών πηγών της χώρας μας. Η υλοποίηση του μεγάλου αυτού ενεργειακού έργου ανατέθηκε στη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) Α.Ε., ενώ η επένδυση χρηματοδοτήθηκε κατά 40% περίπου από την Ευρωπαϊκή Ένωση. [18]

Η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας αναμένεται να επηρεάσει σημαντικούς κλάδους της οικονομικής και κοινωνικής ζωής της χώρας, μιας και εξασφαλίζεται η διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών στην χώρα, και μάλιστα με ένα καύσιμο υψηλής ποιότητας που μπορεί να διεισδύσει σε όλους σχεδόν τους κλάδους (βιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή, συμπαραγωγή, υπηρεσίες και οικιακός τομέας, μεταφορές κ.α.). Με την εισαγωγή του φυσικού αερίου αναμένονται:

- Η αύξηση της ανταγωνιστικότητας της Ελληνικής βιομηχανίας.
- Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Η βελτίωση της ποιότητας ζωής.
- Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. [19]

Παράλληλα, με την εισαγωγή νέων δεδομένων στην παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα, διαφοροποιείται και το καθεστώς διάθεσης της ενέργειας. Το 1994, ο Ν.2244 καθόρισε την απελευθέρωση εν μέρει της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής ισχύος μέχρι 50 MW, οι οποίες αξιοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (πλην μικρών υδροηλεκτρικών μονάδων με όριο 5 MW με το Ν.2244/94 και 10 MW με το Ν.2773/99) ή είναι μονάδες συμπαραγωγής. Το 1999 ψηφίστηκε ο Ν.2773/99, με βάση την Κοινοτική Οδηγία 96/92/EK, που ρυθμίζει τις προϋποθέσεις της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Η απελευθέρωση άρχισε επίσημα την 19-2-2001 και θα εξελιχθεί σταδιακά, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα της 96/92 Κοινοτικής Οδηγίας. Όσον αφορά στο φυσικό αέριο, με βάση την Οδηγία 98/30/EK, η Ελλάδα οφείλει να απελευθερώσει την εσωτερική αγορά της μέχρι το 2006. [18] Συνοπτικά, το βασικό θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο, όπως αυτό διαμορφώθηκε χρονολογικά για την ένταξη του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, παρουσιάζεται στον πίνακα 5-2.

Είναι προφανές λοιπόν ότι ο Ελληνικός ενεργειακός τομέας έχει εισέλθει σε μία δυναμική φάση εξέλιξης. Η φάση αυτή διαφέρει ουσιαδώς από προηγούμενες περιόδους, όπως αυτή της δεκαετίας του 1980 ή ακόμα και το πρώτο ήμισυ της δεκαετίας του 1990. Κύριο στοιχείο του δυναμισμού αυτού είναι ότι κατά την δεκαετία του 1990 δημιουργήθηκε η αναγκαία υποδομή για το φυσικό αέριο, έτσι ώστε να υπάρχει σήμερα δίκτυο διανομής, το οποίο βεβαίως θα επεκτείνεται συνεχώς κατά την επόμενη δεκαπενταετία. Η διαθεσιμότητα του φυσικού αερίου μέσω εισαγωγών από την Ρωσία και την Αλγερία και η ύπαρξη ενός καλά οργανωμένου δικτύου διανομής εγγυώνται την ανάπτυξη μιας νέας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που θα βασίζεται σε ιδιώτες παραγωγούς και θα λειτουργεί παράλληλα με τη ΔΕΗ²⁷.

Επιπλέον, η σύσταση και ενεργοποίηση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ) αλλά και του ανεξάρτητου Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) κατά τα ευρωπαϊκά πρότυπα και η πλήρης νομοθετική τους κάλυψη έχουν θέσει τα θεμέλια για τη δημιουργία νέων δομών που θα επιτρέψουν την περαιτέρω ανάπτυξη του τομέα. Εξάλλου, η απελευθέρωση της αγοράς και η δημιουργία ανταγωνιστικών συνθηκών εκτιμάται ότι θα βοηθήσει την ένταξη και άλλων πηγών ενέργειας στο παραγωγικό δυναμικό, όπως οι ανανεώσιμες πηγές, τόσο για παραγωγή ηλεκτρισμού όσο και θερμικής ενέργειας.

Η κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα αυξάνεται με ρυθμούς ταχύτερους από αυτούς των άλλων ευρωπαϊκών χωρών. Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με το αξιολογικό μέγεθος της ελληνικής αγοράς και την γεωγραφική εγγύτητα με τις βαλκανικές χώρες σε μετάβαση και την Τουρκία δημιουργεί ενδιαφέρον για ξένες επενδύσεις στην ενέργεια. Η γεωφυσική διαμόρφωση της Ελλάδας είναι μία άλλη σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την ανάπτυξη της ενεργειακής αγοράς. Οι γεωγραφικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες της χώρας έχουν

²⁷ Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Πίνακας 5-2. Θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο ένταξης φυσικού αερίου στο ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο. [18] [20]

Π.Δ. 420/20.10.1987	Προβλέπει ότι η εγκατάσταση δικτύου φυσικού αερίου είναι υποχρεωτική για κάθε νέα οικοδομή που αναγείρεται στο λεκανοπέδιο της Αττικής και προορίζεται για χρήση κατοικίας, προσωρινής διαμονής, συνάθροισης κοινού, εκπαίδευσης, υγείας και κοινωνικής πρόνοια, γραφείων, εμπορική και επαγγελματική χρήση οποιασδήποτε μορφής και για στέγαση Δημοσίων Υπηρεσιών.
1988	Ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ), ως θυγατρική εταιρία της ΔΕΠ
N.1748/88 (ΦΕΚ20Α/3.2.88)	Συμφωνία μεταξύ των Κυβερνήσεων της Ελληνικής Δημοκρατίας και της ΕΣΣΔ για προμήθεια φυσικού αερίου από ΕΣΣΔ
N.2299/95 (ΦΕΚ 66 Α/3.2.88)	Κύρωση Προσαρτήματος της 1ης Ιουλίου 1994 και του Πρωτοκόλλου της 19ης Δεκεμβρίου 1994 μεταξύ Ελληνικής Δημοκρατίας και Ρωσικής Ομοσπονδίας στη Διακρατική Συμφωνία της 7ης Οκτωβρίου 1987 για την προμήθεια φυσικού αερίου στην Ελληνική Δημοκρατία.
N.1929/91 (ΦΕΚ 19 Α/15.2.91)	Με το νόμο αυτό και ειδικά στα άρθρα 4, 5 ορίζονται τα σχετικά με την εγκατάσταση και διαδρομή του αγωγού φυσικού αερίου και των διακλαδώσεων του.
N.2081/92 (ΦΕΚ 154/Α/10.9.92)	Συμπληρώθηκαν και τροποποιήθηκαν τα άρθρα 4, 5 του Ν.1929/91.
N.2289/95 (ΦΕΚ 27/Α/8.2.95)	Συμπληρώθηκαν και τροποποιήθηκαν τα άρθρα 4, 5 του Ν.1929/91.
N.2364/95 (ΦΕΚ 252 Α/6.12.95)	Εισαγωγή - μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις". Πρόκειται για τον βασικό νόμο για την ανάπτυξη του συστήματος προμήθειας φυσικού αερίου. Τα κύρια άρθρα του νόμου προβλέπουν: - Εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή του φυσικού αερίου - Πλεονεκτήματα, σύσταση και ιδιοκτησιακό καθεστώς των εταιριών διανομής φ.α. (ΕΔΑ) - Συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης στο μετοχικό κεφάλαιο των ΕΔΑ - Ρυθμίσεις του φορολογικού/εμπορικού δικαίου και των συνθηκών για το φυσικό αέριο.
Απ. Αριθ. 4241/796 (ΦΕΚ 239/1.3.2000)	Στην περιοχή του ιστορικού κέντρου της Αθήνας και ειδικότερα στους επαγγελματικούς χώρους απαγορεύεται η χρήση πετρελαίου στις εστίες καύσης για παρασκευή φαγητού και άρτου και για τη θέρμανση νερού και των χώρων του. Επίσης απαγορεύεται η χρήση πετρελαίου για τη θέρμανση νερού και των χώρων των κατοίκων της ίδιας περιοχής.
N.2436/96 (ΦΕΚ 192/Α/21.8.96)	Συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε ο νόμος Ν.2364/95.
N.2528/97 (ΦΕΚ 216 Α/21.10.97)	Συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε ο νόμος Ν.2364/95.
N. 2965/23.11.2001	Προβλέπει μεταξύ άλλων στο άρθρο 3, παράγραφο 5 για τις βιομηχανίες και τις βιοτεχνίες, την υποχρεωτική αντικατάσταση των υγρών καυσίμων στις παραγωγικές διαδικασίες με φυσικό αέριο εντός ενός έτους από την ημερομηνία που θα είναι εφικτή η τροφοδοσία τους.
N. 3220/04 (ΦΕΚ Α'15/28.1.2004)	Όλες οι επιχειρήσεις (ανεξάρτητα από το αντικείμενο εργασιών) που θα κάνουν χρήση Φυσικού Αερίου στο μέλλον μπορούν να σχηματίσουν Ειδικό Αφορολόγητο Αποθεματικό Επενδύσεων (ΕΑΑΕ) για τις ακόλουθες επενδύσεις: α) Δαπάνες σύνδεσης β) Δαπάνες μελέτης, κατασκευής και επέκτασης εσωτερικού δικτύου γ) Δαπάνες αγοράς εξοπλισμού δ) Δαπάνες αποκατάστασης χώρου Το ΕΑΑΕ σχηματίζεται από τα κέρδη των χρήσεων 2004-2008 και δεν μπορεί να ξεπεράσει το 35% των συνολικών αδιανέμητων κερδών. Το ΕΑΑΕ που θα σχηματιστεί πρέπει να χρησιμοποιηθεί μέσα σε τρία χρόνια από την δημιουργία του. Μέσα στον πρώτο χρόνο πρέπει να χρησιμοποιηθεί τουλάχιστον το 1/3 του σχηματισθέντος ΕΑΑΕ. Το συνολικό ποσό του ΕΑΑΕ απαλλάσσεται από το φόρο εισοδήματος.
N. 3175/03	Αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που αφορούν στις συνδέσεις των καταναλωτών, στην κατασκευή εγκαταστάσεων φυσικού αερίου στις νέες οικοδομές και στη χρήση φυσικού αερίου σε νέα πολυοδομικά συγκροτήματα και μεγάλους εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές. Προβλέπει μεταξύ άλλων: - την υποχρέωση εγκατάστασης εσωτερικού δικτύου φυσικού αερίου σε κτήρια του δημοσίου και του ευρύτερου δημοσίου τομέα, σε οικοδομές που προορίζονται για βιομηχανική ή βιοτεχνική χρήση, σε εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος άνω των 400 kW - τη δυνατότητα λήψης απόφασης για τη μετατροπή μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης σε φυσικού αερίου και αποδέσμευσης διαμερίσματος από την κεντρική θέρμανση με πλειοψηφία του 50% των ιδιοκτητών συν μία ψήφο.
N. 3325/11.3.05	Το άρθρο 14 παρ.4 αναφέρει την υποχρεωτική αντικατάσταση υγρών καυσίμων με φυσικό αέριο ή άλλο αέριο καύσιμο εντός ενός έτους σε βιομηχανίες-βιοτεχνίες-επαγγελματικά εργαστήρια και σε κτήρια με εγκατεστημένη θερμική ισχύ άνω των 400 kW. Το άρθρο 24 αναφέρει κυρώσεις μη συμμόρφωσης: ολική ή μερική προσωρινή ή οριστική διακοπή λειτουργίας ή πρόστιμα από 150 € έως 75.000 €

δημιουργήσει συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη αποκεντρωμένων σταθμών παραγωγής ενέργειας. Αυτό προβλέπεται ότι θα γίνει ιδιαίτερα αισθητό τα επόμενα χρόνια καθώς η τεχνολογία θα επιτρέψει τη δημιουργία μικρών ανταγωνιστικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από ανανεώσιμες και από συνήθεις πηγές.

Η Ελλάδα συνδυάζει ένα εξαιρετικά πλούσιο ενεργειακό παραγωγικό δυναμικό σε σύγκριση με τις περισσότερες άλλες ευρωπαϊκές χώρες αλλά και διεθνώς. Εκτιμάται ότι, με τις κατάλληλες νομοθετικές παρεμβάσεις, την ύπαρξη επαρκών οικονομικών κινήτρων και την δημιουργία ευρύτερου επενδυτικού ενδιαφέροντος, ο ενεργειακός τομέας κατά την επόμενη δεκαετία θα διαφοροποιηθεί σημαντικά. Η Ελλάδα συμμετέχοντας πλήρως στην ΟΝΕ²⁸ και διαθέτοντας σημαντικές οικονομικές δυνατότητες μπορεί να εξελιχθεί σε ένα σημαντικό πόλο έλξης ξένων επενδύσεων για τη δημιουργία πρότυπων ενεργειακών υποδομών για τη δοκιμή, σε εμπορική βάση, νέων ενεργειακών τεχνολογιών.

Τέλος, πρέπει να υπογραμμισθεί ότι, το μέγεθος της ελληνικής ενεργειακής αγοράς είναι υπολογίσιμο. Παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση των βασικών μεγεθών, τα τελευταία 2 χρόνια καθώς σύμφωνα με εκτιμήσεις, το σύνολο του κύκλου των εργασιών των επιχειρήσεων του ενεργειακού τομέα της χώρας το 2001 θα υπερβεί τα 5 τρισ. δρχ., αναλογώντας περίπου στο 12% του ΑΕΠ.

Οι εξελίξεις στον ενεργειακό τομέα και ιδιαίτερα στην κατανάλωση επηρεάζουν άμεσα την οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Καθώς προβλέπεται μάλιστα ότι η κατανάλωση θα αυξάνεται με σημαντικούς ρυθμούς τα επόμενα χρόνια, ο ρόλος του ενεργειακού τομέα θα καταστεί ακόμα πιο σημαντικός και κρίσιμος για την οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

5.2. Διαχείριση του φυσικού αερίου

Πρόδρομος του φυσικού αερίου στην Ελλάδα ήταν το φωταέριο. Το διέθεσε στην αγορά, για πρώτη φορά το 1857, η Γαλλική Εταιρία Φωταερίου, η οποία το 1939 περιήλθε στον Δήμο Αθηναίων. Η Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου (ΔΕΦΑ) συνέχισε να προμηθεύει τους καταναλωτές της με φωταέριο μέχρι το 1984. Τη χρονιά αυτή έγινε η σύνδεση με τα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛ.Δ.Α.) και άρχισε η τροφοδότηση του δικτύου της ΔΕΦΑ με ναφθαέριο το οποίο χρησιμοποιήθηκε μέχρι το 1997.

Το 1983 όμως, είναι η χρονιά που καταρτίζεται η πρώτη προμελέτη για το φυσικό αέριο στην Ελλάδα. Η μελέτη γίνεται για λογαριασμό της τότε Δημοσίας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ) και το 1987 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Ρωσίας για την προμήθεια φυσικού αερίου. Ακολουθούν συμφωνίες της ΔΕΠ με την ρωσική Sojuzgazexport, σήμερα Gazexport, και με την Sonatrach της Αλγερίας. Το

²⁸ Οικονομική & Νομισματική Ένωση

Σεπτέμβριο του 1988 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ως θυγατρική εταιρία της Δημόσιας Επιχείρησης Πετρελαίου (ΔΕΠ), με στόχο την εισαγωγή, τη μεταφορά και τη διάθεση του φυσικού αερίου στην Ελλάδα.

Με την αναδιοργάνωση της ΔΕΠ και την εισαγωγή της στο χρηματιστήριο σαν "Ελληνικά Πετρέλαια" (ΕΛΠΕ), μεταβιβάστηκε το 85% του μετοχικού της κεφαλαίου στο Ελληνικό Δημόσιο ενώ το υπόλοιπο 15% παρέμεινε στην Μητρική Εταιρεία. Το Δεκέμβριο του 1997 ενσωματώνει στο δυναμικό της και το δίκτυο της ΔΕΦΑ, ενώ σήμερα, το 65% της εταιρείας ανήκει στο Ελληνικό δημόσιο και το 35% στα ΕΛΠΕ.

Η ΔΕΠΑ έχει επιφορτιστεί με την ευθύνη μιας μεγάλης ενεργειακής επένδυσης, αναλαμβάνοντας την εισαγωγή, τη μεταφορά και την εκμετάλλευση του εθνικού συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Ανταποκρινόμενη στην αποστολή της, η ΔΕΠΑ εισήγαγε στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας το φυσικό αέριο, ένα νέο, πιο αποδοτικό, οικονομικό και οικολογικό καύσιμο, το οποίο σταδιακά αγκάλιασε με τις εφαρμογές του το σύνολο σχεδόν των καθημερινών αναγκών και των επαγγελματικών δραστηριοτήτων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρειάστηκε να συντελεστεί ένα πολύ μεγάλο έργο υποδομής, ένα μεγάλο κατασκευαστικό - ενεργειακό έργο που ανέδειξε ταυτόχρονα την ΔΕΠΑ ως φορέα ανάπτυξης και εκσυγχρονισμού της Ελληνικής οικονομίας.

Η ΔΕΠΑ έχει ιδρύσει τρεις θυγατρικές Εταιρείες Διανομής Αερίου (ΕΔΑ) με την συμμετοχή και της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, οι οποίες θα έχουν την κυριότητα των δικτύων διανομής και την ευθύνη εκμετάλλευσής τους στην Αττική, Θεσσαλονίκη και Θεσσαλία ενώ έχουν ήδη συσταθεί και λειτουργούν οι αντίστοιχες Εταιρείες Παροχής Αερίου (ΕΠΑ) με την συμμετοχή των ΕΔΑ και άλλων επενδυτών.

Το κατασκευαστικό πρόγραμμα της εταιρείας συνεχίζεται και το Εθνικό Σύστημα φυσικού αερίου επεκτείνεται συνεχώς απορροφώντας υψηλές επενδύσεις. Η επιχειρηματική φιλοσοφία και η επιτυχημένη στρατηγική της εταιρείας έχουν ως αποτέλεσμα τη συνεχή της ανάπτυξη.

Ταυτόχρονα η ΔΕΠΑ έχει αναδειχθεί σε εταιρεία με ενεργό ρόλο στην ενεργειακή αγορά των Βαλκανίων και γενικότερα της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Το Δεκέμβριο του 2003 υπεγράφη σύμβαση προμήθειας αερίου με την τουρκική BOTAS ενώ σε όλη τη διάρκεια της χρονιάς η εταιρεία ενίσχυσε τον διεθνή της ρόλο προωθώντας τη συνεργασία της με ξένους ενεργειακούς φορείς. Σε αυτά τα πλαίσια το 2003 ανανεώθηκε το μνημόνιο συνεργασίας μεταξύ ΔΕΠΑ, BOTAS και EDISON ενώ με την υπογραφή σχετικού πρωτοκόλλου ξεκίνησε η συνεργασία της ΔΕΠΑ με εταιρείες των χωρών που εμπλέκονται στο έργο διασύνδεσης του Ελληνικού Συστήματος φυσικού αερίου με εκείνο των Δυτικών Βαλκανίων.

Το ανθρώπινο δυναμικό της ΔΕΠΑ ανέρχονταν στο τέλος του 2003 σε 302 εργαζόμενους. Το προσωπικό που απασχολείται στην εταιρεία είναι εξειδικευμένο, με υψηλό ποσοστό αποφοίτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και κατόχων μεταπτυχιακών τίτλων.

Η ΔΕΠΑ, μέσα από την πολιτική της έχει αναδειχθεί σε φορέα που συμμετέχει δυναμικά στη διαμόρφωση του ενεργειακού τοπίου στα Βαλκάνια και στην Ευρωπαϊκή Ένωση και έχει αναβαθμισμένη εκπροσώπηση σε μία σειρά διεθνών οργανισμών. Η ΔΕΠΑ συμμετέχει στην Eurogas, στην GIE²⁹, στην Ευρωμεσογειακή Συνεργασία, στην IGU³⁰ και στην GIIGNL³¹, ενώ παράλληλα λαμβάνει μέρος σε ομάδες εργασίας και μέσω του Υπουργείου Ανάπτυξης είναι υπεύθυνη για την ενημέρωση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας σε θέματα ισοζυγίου αερίου και επιπέδου τιμών.

Η ΔΕΠΑ φιλοδοξεί να αναβαθμίζει συνεχώς το ρόλο της και να ανταποκρίνεται στις νέες συνθήκες που διαμορφώνονται ενόψει της απελευθέρωσης της ενεργειακής αγοράς. Άμεσοι στόχοι της εταιρείας είναι η ανάδειξη της χώρας μας ως ενός από τους πλέον σημαντικούς διαύλους μεταφοράς φυσικού αερίου στην ευρύτερη περιοχή, η διεύρυνση της χρήσης φυσικού αερίου στην βιομηχανία, στην ηλεκτροπαραγωγή, στην αεριοκίνηση, στην αστική κατανάλωση και γενικότερα η ανάπτυξη των πωλήσεων εντός της χώρας. [21]

5.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος φυσικού αερίου

5.3.1. Η προμήθεια φυσικού αερίου

Μέχρι σήμερα προμηθευτές φυσικού αερίου είναι η ρωσική GAZPROM και η αλγερινή SONATRACH (πίνακας 5-3).

Η προμήθεια του ρωσικού αερίου γίνεται από την εταιρεία GAZEXPORT, θυγατρική της GAZPROM, η οποία παραδίδει στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα τον κύριο όγκο του αερίου που καταναλώνεται σήμερα στη χώρα. Η σύμβαση με την GAZEXPORT αφορά στην προμήθεια 2.24 δις κυβ. μέτρων, με δυνατότητα επέκτασης στα 2.8 δις. κυβ. μέτρα ετησίως μέχρι το 2016 και πρόβλεψη ανανέωσης της μέχρι το 2026. Το 2003 παρελήφθησαν συνολικά 1766 εκατ. κυβικά μέτρα ρωσικού φυσικού αερίου.

Ο δεύτερος προμηθευτής, η αλγερινή SONATRACH προμηθεύει τη ΔΕΠΑ με υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το οποίο φτάνει στην Ελλάδα μέσω ειδικού πλοίου και εκφορτώνεται στον Τερματικό Σταθμό της Ρεβυθούσας. Η σύμβαση προβλέπει την ετήσια προμήθεια συνολικής ποσότητας που αντιστοιχεί σε 0.51 έως 0.68 δις. κυβικά μέτρα ετησίως,

²⁹ Gas Infrastructure Europe, (Ελ. Ευρωπαϊκή Υποδομή Αερίου)

³⁰ International Gas Union, (Ελ. Διεθνής Ένωση Αερίου)

³¹ Groupe International des Importateurs de Gaz Natural Liquefie, (Ελ. Ένωση Εισαγωγέων Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου)

μέχρι το 2021, με δυνατότητα μελλοντικής αύξησης. Στη διάρκεια του 2003 στο Σταθμό της Ρεβυθούσας εκφορτώθηκαν 32 φορτία LNG, που αντιστοιχούν σε 526 εκατ. κυβικά μέτρα υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Πάγιος στόχος της ΔΕΠΑ είναι η διασφάλιση των απαραίτητων ποσοτήτων φυσικού αερίου για την κάλυψη των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών της χώρας ιδιαίτερα ενόψει της απελευθέρωσης της ενεργειακής αγοράς και της αύξησης της χρήσης φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή. Σε αυτά τα πλαίσια, το 2003 υπεγράφη σύμβαση με την τουρκική BOTAS, που αφορά στην προμήθεια από την πλευρά της ΔΕΠΑ, σταδιακά, 750 εκατ. κυβικών μέτρων φυσικού αερίου ετησίως. Η έναρξη παραδόσεων του αερίου αναμένεται να αρχίσει στο τέλος του 2006 μετά την ολοκλήρωση των έργων διασύνδεσης. Η σύμβαση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία διότι δίνει στην ΔΕΠΑ την ευκαιρία να διαφοροποιήσει τις πηγές προμήθειας αερίου και να επιδιώξει στο μέλλον νέες συμβάσεις προμήθειας αερίου, από παραγωγούς χώρες της ευρύτερης περιοχής της Κασπίας.

Πίνακας 5-3. Ποσοστιαία κατ'όγκο σύσταση και ανώτερη θερμογόνος δύναμη φυσικού αερίου, ανάλογα με την χώρα προέλευσής του. [45]

Σύσταση Φυσικού Αερίου (% κ.ο.)		ΡΩΣΙΚΟ	ΑΛΓΕΡΙΝΟ
Μεθάνιο	CH ₄	98.0	91.2
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	0.6	6.5
Προπάνιο	C ₃ H ₈	0.2	1.1
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	0.2	0.2
Πεντάνιο+	C ₅ H ₁₂ +	0.1	-
Υδρογόνο	H ₂	-	-
Μονοξείδιο του άνθρακα	CO	-	-
Αζωτο	N ₂	0.8	1.0
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0.1	-
Στερεά σωματίδια	PM	0.0	0.0
Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (kcal/Nm ³)	ΑΠΟ	8600	9640
	ΕΩΣ	9200	10650

Επιπροσθέτως, η διασύνδεση των δικτύων Ελλάδας - Τουρκίας δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη δημιουργία της «Νότιας Ευρωπαϊκής Οδού Μεταφοράς Φυσικού Αερίου» από τις χώρες παραγωγής της Κασπίας και Μέσης Ανατολής προς την Δυτική Ευρώπη και τα Βαλκάνια.

Η ΔΕΠΑ έχει το μη μεταβιβάσιμο δικαίωμα να εισάγει, να μεταφέρει και να πωλεί φυσικό αέριο στους τελικούς καταναλωτές, με κατανάλωση μεγαλύτερη από 100 GWh. Η ελληνορωσική εταιρία PROMHΘΕΑΣ GAS Α.Ε. έχει το δικαίωμα εισαγωγής και πώλησης ρωσικού φυσικού αερίου, εφόσον η ΔΕΠΑ έχει διαθέσει τις δικές της ετήσιες συμβατικές

ποσότητες, προϋπόθεση που δεν ισχύει αν το αέριο που θα εισάγει η ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ GAS ΑΕ προορίζεται για εξαγωγή ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προς εξαγωγή.

5.3.2. Το σύστημα μεταφοράς

Η εισαγωγή και αξιοποίηση του φυσικού αερίου προϋποθέτει την ύπαρξη της κατάλληλης υποδομής, για τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη διανομή του. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου υποδομής του φυσικού αερίου έφθασε τα 700 δισ. δρχ. και αποτελεί το μεγαλύτερο ενεργειακό έργο μετά τον εξηλεκτισμό της Ελλάδας. Το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου (σχήμα 5.1) περιλαμβάνει σήμερα:

- Κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου υψηλής πίεσης (70 bar) από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα μέχρι τα Μέγαρα Αττικής, συνολικού μήκους 512 km και διαμέτρου 36" για τα πρώτα 100 km και 30" για τα υπόλοιπα.
- Κλάδους μεταφοράς υψηλής πίεσης προς την Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, τη Θεσσαλονίκη, το Βόλο, το Πλατύ Ημαθίας, τα Οινόφυτα Βοιωτίας και την Αττική, συνολικού μήκους 440 km.
- Μετρητικό σταθμό παραλαβής εισαγόμενου ρώσικου φυσικού αερίου στο Σιδηρόκαστρο (περιοχή ελληνοβουλγαρικών συνόρων).
- Μετρητικούς και ρυθμιστικούς σταθμούς για τη μέτρηση της παροχής αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης.
- Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών.
- Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης στην Αττική (Πάτημα Ελευσίνας), στη Θεσσαλονίκη (Νέα Μεσημβρία), στη Θεσσαλία (Αμπελιά Φαρσάλων) και στην Ξάνθη (Βιστωνίδα).
- Σταθμό ανεφοδιασμού λεωφορείων φυσικού αερίου στα Άνω Λιόσια Αττικής.

Ο Μετρητικός Σταθμός Συνόρων (ΜΣΣ) βρίσκεται σε απόσταση 12 km από τα σύνορα Ελλάδας - Βουλγαρίας, στον Δήμο Σιδηροκάστρου, δίπλα στον συνοικισμό Στρυμνοχώρι. Κατασκευάστηκε το διάστημα 1994-1996 από την Κοινοπραξία ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ-PENSPEN-LATOKA, με κύρια την Αγγλική Εταιρία PENSPEN. Η έναρξη της λειτουργίας του ΜΣΣ έγινε στις 16.09.1996, ενώ μετά από μια διακοπή λίγων μηνών, λειτουργεί συνεχώς από 24.06.1997 σε 24ωρη βάση με απογευματινή και νυκτερινή βάρδια πέραν του ημερήσιου προσωπικού.

Ο σκοπός του ΜΣΣ είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου Φυσικού Αερίου από τη Ρωσία. Το φυσικό αέριο παραδίδεται στη ΔΕΠΑ Α.Ε. από τη Ρωσική εταιρία GAZEXPORT Ltd., η οποία διατηρεί μόνιμη αντιπροσωπεία στον ΜΣΣ. Επιπρόσθετα, ο ΜΣΣ εφαρμόζει απλές φυσικές διεργασίες στο φυσικό αέριο, όπως:

- Απομάκρυνση στερεών και υγρών με Φίλτρα στην είσοδο του Σταθμού
- Θέρμανση με εναλλάκτες θερμότητας με ζεστό νερό (όποτε είναι απαραίτητο)

- Ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο με βάση τον προγραμματισμό του Κέντρου Διανομής (Dispatching Center)

Η παρακολούθηση της λειτουργίας του ΜΣΣ και όλοι οι σημαντικοί χειρισμοί γίνονται από το τοπικό Control Room με Σύστημα Διανεμημένου Ελέγχου (DCS³²). Η μέτρηση της ποσότητας του φυσικού αερίου γίνεται σε (4) παράλληλες Μετρητικές Γραμμές με στόμιο (orifice), η κάθε μια από τις οποίες είναι εξοπλισμένη με δύο ανεξάρτητα μετρητικά συστήματα (Ηλεκτρονικό και Μηχανικό Σύστημα).



Σχήμα 5.1. Δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου και πετρελαίου στον Ελλαδικό χώρο. [19]

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας του φυσικού αερίου υπάρχουν εγκατεστημένοι χρωματογράφοι και αναλυτές έτσι ώστε να ελέγχεται συνεχώς, η σύσταση, η πυκνότητα, η περιεκτικότητα σε θειούχα, το σημείο δρόσου νερού (WDP³³) και υδρογοναθράκων (HDP³⁴).

³² Distributed Control System

³³ Water Dew Point

³⁴ Hydrate Dew Point

Με βάση τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται παράγωγα μεγέθη (θερμογόνος δύναμη, πυκνότητα, συντελεστής συμπίεστικότητας κτλ). Οι βοηθητικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν στον ΜΣΣ Σιδηροκάστρου είναι:

- Δίκτυο αέρα οργάνων και πεδίου με αεριοσυμπιεστές
- Δίκτυο αερίου αζώτου από φιάλες
- Δίκτυο κρύου / ζεστού νερού με λέβητες φυσικού αερίου
- Σταθμός M/R για την τροφοδοσία των καυστήρων στους λέβητες
- Υποσταθμός μέσης τάσης ρεύματος
- Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με πετρέλαιο
- Μονάδες UPS με μπαταρίες

Τα συστήματα ασφαλείας του ΜΣΣ περιλαμβάνουν:

- Αυτόματο σύστημα διακοπής λειτουργίας
- Σύστημα διαφυγής του φυσικού αερίου στην ατμόσφαιρα
- Σύστημα ανιχνευτών αερίου
- Σύστημα ανιχνευτών φωτιάς
- Δίκτυο νερού Πυρόσβεσης με δεξαμενή που τροφοδοτείται από ιδιόκτητη γεώτρηση
- Αυτόματα συστήματα Πυρόσβεσης με CO₂ και Inergen
- Συστήματα Ασφαλείας από εξωτερικούς παράγοντες (*περιμετρική παρακολούθηση, παρακολούθηση διείσδυσης, συναγερμός, κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης, έλεγχος πρόσβασης*).

Έχοντας στόχο την απόλυτη ασφαλή και απρόσκοπτη μεταφορά του φυσικού αερίου στη χώρα μας, η ΔΕΠΑ τη χρονιά που μας πέρασε υλοποίησε εκτεταμένο πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης του Συστήματος Μεταφοράς.

Η επέκταση και ο εκσυγχρονισμός του συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου αποτελεί πάγιο στρατηγικό στόχο για τη ΔΕΠΑ και αναπτυξιακό έργο υψίστης σημασίας για τη χώρα. Στη διάρκεια του 2003, ολοκληρώθηκε ο βασικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση πρόσθετων Μετρητικών και Ρυθμιστικών Σταθμών σε όλη την επικράτεια ενώ σε εξέλιξη βρίσκεται και η επέκταση του συστήματος μεταφοράς από την Κομοτηνή μέχρι τα Ελληνοτουρκικά Σύνορα (θέση Κήποι). Προκειμένου να ανταπεξέλθει στην προβλεπόμενη αύξηση της χρήσης Φυσικού Αερίου, η ΔΕΠΑ προγραμματίζει την εγκατάσταση σταθμού συμπίεσης στη Νέα Μεσημβρία, ο οποίος θα αυξήσει σημαντικά τη δυναμικότητα του δικτύου.

Σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής του ελληνικού συστήματος φυσικού αερίου τηρήθηκαν και τηρούνται οι διαδικασίες του προτύπου διασφάλισης ISO 9002, πιστοποίηση που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τους προμηθευτές υλικών, αλλά και για όλους όσοι συνεργάζονται με τη ΔΕΠΑ.

Το αποτέλεσμα είναι το Ελληνικό δίκτυο φυσικού αερίου να είναι ένα από τα πιο σύγχρονα και ασφαλή της Ευρώπης. Η ΔΕΠΑ διενεργεί διαρκείς ελέγχους με τη μέθοδο των συνεχών δοκιμών, ενώ διαπιστευμένοι οργανισμοί επιθεώρησης ελέγχουν τις διαδικασίες για την παράδοση και την παραλαβή των εγκαταστάσεων και την προμήθεια των υλικών.

Το γεγονός ότι τα δίκτυα φυσικού αερίου διέρχονται και από κατοικημένες περιοχές επιβάλλει να τηρούνται αυστηρότατες προδιαγραφές για το κατασκευαστικό έργο, ενώ η ΔΕΠΑ, εταιρεία εξόχως ευαισθητοποιημένη σε οικολογικά ζητήματα, καταβάλλει κάθε προσπάθεια για τη μικρότερη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Το προσωπικό της ΔΕΠΑ είναι ειδικά εκπαιδευμένο για την ομαλή λειτουργία του συστήματος και για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων. Η εντατική κινητοποίηση σε θέματα επιθεώρησης και ασφάλειας καθώς και η συνεχής εκπαίδευση και πιστοποίηση του προσωπικού, έχει ως αποτέλεσμα το μηδενικό δείκτη ατυχημάτων.

5.3.3. Η αποθήκευση του φυσικού αερίου

Από την πρώτη στιγμή της σύλληψης και υλοποίησης του έργου του φυσικού αερίου εκπονήθηκαν ειδικές μελέτες που έδειξαν την αναγκαιότητα της κατασκευής μιας σύγχρονης και σύνθετης βιομηχανικής μονάδας, που να εξασφαλίζει την κάλυψη της ημερήσιας ζήτησης αιχμής από τους καταναλωτές και συγχρόνως να διασφαλίζει την αξιοπιστία του συστήματος.

Η βραχονησίδα Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων, είναι η τοποθεσία που επελέγη για την εγκατάσταση του Τερματικού Σταθμού Υποδοχής Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (σχήμα 5.2). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί μια δεύτερη πηγή τροφοδοσίας, που εξασφαλίζει την κάλυψη της αιχμής ζήτησης του συστήματος και την τροφοδοσία της βασικής κατανάλωσης σε περίπτωση βλάβης του συστήματος μεταφοράς του ρωσικού φυσικού αερίου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) φτάνει στη χώρα μας από την Αλγερία με ειδικό δεξαμενόπλοιο και εκφορτώνεται στη νήσο Ρεβυθούσα.



Σχήμα 5.2. Αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα.

Ο τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα, αποτελούν τμήμα της βασικής υποδομής του έργου και αποτελεί μια υπερσύγχρονη μονάδα. Η κατασκευή της ολοκληρώθηκε το Δεκέμβριο του 1999, ενώ από το Φεβρουάριο του 2000 βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία.

Ο τερματικός σταθμός περιλαμβάνει εγκαταστάσεις υποδοχής, αποθήκευσης και αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Συγκεκριμένα, οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου περιλαμβάνουν:

- Εγκαταστάσεις υποδοχής και ελλιμενισμού δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου φυσικού αερίου μεγέθους μέχρι 130.000 m^3 .
- Δύο δεξαμενές αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου χωρητικότητας 65.000 m^3 η κάθε μία.
- Δύο βραχίονες φορτοεκφόρτωσης από την προβλήτα.
- Δύο αεροποιητές θαλασσινού νερού ανοικτού τύπου για εξαέρωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου και τροφοδοσία/σύνδεση στον κύριο αγωγό μεταφοράς δια μέσου των δύο δίδυμων υποθαλάσσιων αγωγών διασύνδεσης της Ρεβυθούσας με την απέναντι Ακτή της Αγίας Τριάδας.
- Αντλιοστάσια υγροποιημένου φυσικού αερίου.
- Δύο συμπιεστές για την υγροποίηση ασυμπύκνωτων αερίων.
- Σύστημα πυρσού για την καύση περισσευμάτων αερίου.
- Σύστημα πυρανίχνευσης, πυρόσβεσης.
- Αίθουσα ελέγχου και λειτουργίας.
- Κτίρια διοίκησης, ελέγχου λειτουργίας, συντήρησης, πυροσβεστικού σταθμού, πρώτων βοηθειών, εκπαίδευσης προσωπικού.
- Υποσταθμό ΔΕΗ.
- Αντλιοστάσια νερού.
- Συστήματα επικοινωνίας και ελέγχου πρόσβασης.

Για τον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας έχουν εκπονηθεί όλες οι αναγκαίες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και έχουν ληφθεί τα αυστηρότερα διεθνώς μέτρα ασφαλείας. Οι προδιαγραφές σχεδιασμού και λειτουργίας των δεξαμενών αλλά και των υπολοίπων εγκαταστάσεων υπήρξαν εξαιρετικά αυστηρές και έγιναν με βάση τα τελευταία διεθνή πρότυπα στον τομέα αυτό. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται ότι η λειτουργία του σταθμού δεν θα επηρεάζει το θαλάσσιο, χερσαίο και αέριο περιβάλλον της νησίδας. Εκπονήθηκαν ειδικές μελέτες για την ασφαλή και προβλέψιμη συμπεριφορά των δεξαμενών σε εξαιρετικά υψηλού βαθμού σεισμική φόρτιση.

Η μεταφορά του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου γίνεται με ειδικά κρουογενικά πλοία άκρως εξειδικευμένης τεχνολογίας. Έτσι η ΔΕΠΑ αποφάσισε τη ναύλωση πλοίου και

συγκεκριμένα του πλοίου «CENTURY» της Νορβηγικής εταιρίας BERGESEN, για οκτώ χρόνια.

Το χρονοναυλοσύμφωνο υπεγράφη στις 19/1/98. Πρόκειται για πλοίο που ναυπηγήθηκε το 1974 και έχει χωρητικότητα 29500 m³ ΥΦΑ. Έχει τέσσερις σφαιρικές δεξαμενές αλουμινίου, τεχνολογίας Moss. Οι διαστάσεις του είναι 181.55 m μήκος, 29 m πλάτος και έχει 8.5 m βύθισμα, ενώ η μέση ταχύτητα του είναι 16 κόμβοι. Ένα ολοκληρωμένο ταξίδι (να φορτώσει στην Αλγερία, να έρθει στη Ρεβυθούσα και να ξαναγυρίσει στην Αλγερία) διαρκεί περίπου οκτώ ημέρες.

Πρόσφατα, η Αλγερία διαβεβαίωσε επισήμως τη ΔΕΠΑ ότι έχει τη δυνατότητα να αυξήσει στο μέλλον τις ποσότητες Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, που παραδίδει στον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας.

Η ΔΕΠΑ βρίσκεται στη φάση εκτέλεσης μελέτης σκοπιμότητας για την επέκτασης του Σταθμού, τόσο από πλευράς δυναμικότητας αποθηκευμένων ποσοτήτων (3η δεξαμενή) όσο και από πλευράς αύξησης της στιγμιαίας παροχής φυσικού αερίου προς το Εθνικό Δίκτυο Μεταφοράς. Διερευνάται επίσης και η δυνατότητα εγκατάστασης και ενσωμάτωσης στον Τερματικό Σταθμό Μονάδας Ηλεκτροπαραγωγής δυναμικότητας 400 MW.

Σε συνέχεια της απόφασης της ΔΕΠΑ για αύξηση της παροχетеυτικής δυναμικότητας του Τερματικού Σταθμού από 270 m³/h LNG σε 1000 m³/h LNG, η ΔΕΠΑ ολοκλήρωσε τόσο τον βασικό σχεδιασμό του έργου, όσο και τις απαραίτητες μελέτες ασφάλειας και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ σε εξέλιξη βρίσκεται και ο σχετικός διαγωνισμός για την ανάδειξη του αναδόχου του έργου.

5.3.4. Το σύστημα διανομής

Το φυσικό αέριο εισάγεται στη χώρα μας μέσω αγωγών υψηλής πίεσης. Η πορεία του συνεχίζεται μέσα από δίκτυα μέσης πίεσης (19 bar), τα οποία έχουν αποδέκτες αποκλειστικά βιομηχανικούς καταναλωτές, καθώς και μέσα από δίκτυα χαμηλής πίεσης (4 bar), τα οποία εξυπηρετούν, εκτός από τη βιομηχανική χρήση, την οικιακή και εμπορική χρήση του φυσικού αερίου.

Δίκτυα μέσης πίεσης έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα στις περιοχές Αττικής, Θεσσαλονίκης, Λάρισας, Βόλου, Οινοφύτων Βοιωτίας, Πλατέως Ημαθίας, Ξάνθης, Κομοτηνής, Καβάλας και Σερρών. Η εγκατάσταση δικτύου διανομής για βιομηχανικούς πελάτες της περιοχής Οινοφύτων Βοιωτίας ολοκληρώθηκε μέσα στο 2003, όπως και η επέκταση του δικτύου στην ευρύτερη περιοχή της Ξάνθης.

Για την επέκταση των δικτύων διανομής και για την παροχή αερίου στους καταναλωτές των περιοχών Αττικής, Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας, αρμόδιες είναι οι ΕΠΑ που έχουν ιδρυθεί και λειτουργούν για τον σκοπό αυτό. Η ΔΕΠΑ, μέσω των θυγατρικών της ΕΔΑ, συμμετέχει με ποσοστό 51% στις ΕΠΑ. Μέχρι σήμερα λειτουργούν τρεις ΕΠΑ: από μία στη Θεσσαλονίκη και στη Θεσσαλία, με εταίρο την Italgas, και μια στην Αττική με εταίρο την κοινοπραξία Cinergy-Shell.

Δίκτυα χαμηλής πίεσης έχουν ήδη αναπτυχθεί σε Αττική, Θεσσαλονίκη και Θεσσαλία, προβλεπόμενου μήκους 6500 km. Όσον αφορά στο υπάρχον δίκτυο διανομής στην Αθήνα, η ΔΕΠΑ, στο πλαίσιο του κατασκευαστικού της έργου, ολοκλήρωσε στην ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας 860 km δικτύου διανομής τα οποία προστέθηκαν στα υφιστάμενα 550 km δικτύου που ανήκαν στην Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου Αθηνών και ήδη τροφοδοτεί περίπου 8000 εμπορικούς, οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές με φυσικό αέριο. Εκτιμάται ότι έως το 2008, το ενεργό δίκτυο φυσικού αερίου στο Λεκανοπέδιο Αττικής θα υπερβαίνει τα 3250 km.

Η ΕΠΑ Θεσσαλονίκης παρέλαβε, κατά την σύστασή της, το δίκτυο φυσικού αερίου το οποίο κατασκευάστηκε από την ΔΕΠΑ στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του '90 και το οποίο αποτελείται από 270 km αγωγών χάλυβα (19 bar) και πολυαιθυλενίου (4 bar). Η ΕΠΑ Θεσσαλονίκης προκειμένου να επιτύχει την προγραμματική ανάπτυξη της αγοράς κατασκεύασε 168 km μέχρι τα τέλη του 2002 (182 km από πολυαιθυλένιο και 86 km από χάλυβα) ενώ πρόκειται να κατασκευάσει τα επόμενα 5 χρόνια επιπλέον 360 km (345 km από πολυαιθυλένιο και 150 km από χάλυβα). Η αποπεράτωση του δικτύου προβλέπεται να διαρκέσει 7-10 έτη και η συνολική έκτασή του θα φθάσει τα 1200 km. [4]

Στις πόλεις της Λάρισας, του Βόλου και της Νέας Ιωνίας η ΕΠΑ Θεσσαλίας παρέλαβε, κατά την σύστασή της, το δίκτυο φυσικού αερίου το οποίο κατασκευάστηκε από την ΔΕΠΑ στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του '90 και το οποίο αποτελείται από 191 km αγωγών χάλυβα (19 bar) και πολυαιθυλενίου (4 bar). Η ΕΠΑ Θεσσαλίας, προκειμένου να επιτύχει την προγραμματική ανάπτυξη της αγοράς, προβλέπει κατά τα επόμενα 5 έτη την κατασκευή επιπλέον 270 km δικτύου (στο μεγαλύτερο μέρος του από πολυαιθυλένιο), σε συνάρτηση επίσης και με την ανταπόκριση που θα επιδείξει η ίδια η αγορά. Στα προσεχή χρόνια, η ΕΠΑ Θεσσαλίας προβλέπει την επέκταση του υφιστάμενου δικτύου, το οποίο αναμένεται ότι θα υπερβεί τα 300 km που προβλέπονται από την Άδεια κατά τον 7^ο χρόνο δραστηριοτήτων της εταιρείας.

Τη χρονιά που πέρασε προχώρησαν επίσης έργα εγκατάστασης δικτύου διανομής για βιομηχανικούς πελάτες στην περιοχή του Κιλκίς και στην περιοχή της Λαμίας. Ταυτόχρονα ολοκληρώθηκε ο βασικός σχεδιασμός και άρχισαν οι προετοιμασίες για την εγκατάσταση δικτύου διανομής στο Νομό Ευβοίας, στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης και στην περιοχή

της Δράμας. Επίσης ολοκληρώθηκε ο βασικός σχεδιασμός για την επέκταση του δικτύου διανομής σε νέους βιομηχανικούς πελάτες στην περιοχή των Σερρών.

Μετά την έναρξη λειτουργίας των τριών υφιστάμενων ΕΠΑ (Αττικής, Θεσσαλονίκης, Θεσσαλίας) που επιταχύνουν ήδη τη δραστηριοποίησή τους, δημιουργούνται τρεις νέες ΕΠΑ, στη Στερεά Ελλάδα, την Κεντρική Μακεδονία και την Ανατολική Μακεδονία - Θράκη. Ο προγραμματισμός προχωρά και ήδη έχει προσληφθεί Χρηματοοικονομικός Σύμβουλος για την προετοιμασία του διαγωνισμού, μέσα από τον οποίο θα επιλεγούν οι επενδυτές που θα συμμετάσχουν στη δημιουργία των τριών νέων Εταιριών.

5.4. Κατανάλωση

Οι καταναλωτές φυσικού αερίου διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Μεγάλοι καταναλωτές με ετήσιο μέσο όρο κατανάλωσης μεγαλύτερο από 100 GWh ΑΘΔ.
- Μικροί καταναλωτές με ετήσιο μέσο όρο κατανάλωσης μικρότερο από 100 GWh. ΑΘΔ.

Οι μεγάλοι καταναλωτές είναι οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού και οι ανεξάρτητοι παραγωγοί ενέργειας, οι μεγάλοι πελάτες της βιομηχανίας (με μέσο όρο ετήσιας κατανάλωσης υψηλότερο από 100 GWh Α.Θ.Δ.). Οι φορείς που θα διαχειρίζονται τα μέσα μαζικής μεταφοράς με καύσιμη ύλη το φυσικό αέριο προμηθεύονται αέριο από τη ΔΕΠΑ, κυρίως επειδή υπάρχει ανάγκη ενός εθνικού κεντρικού συστήματος διανομής για συμπιεσμένο φυσικό αέριο καθώς και για λόγους ασφαλείας. Οι μικροί καταναλωτές εφοδιάζονται από τις εταιρίες παροχής. Χαρακτηριστικές κατηγορίες καταναλωτών είναι:

- Μικροί βιομηχανικοί καταναλωτές (μικρότεροι από 100 GWh ΑΘΔ)
- Οικιακοί καταναλωτές
- Εμπορικοί καταναλωτές
- Μονάδες συμπαραγωγής
- Αγροτικός τομέας

Ο λόγος μιας τέτοιας κατηγοριοποίησης είναι κυρίως οι διαφορετικές επιβαρύνσεις που εφαρμόζονται για κάθε κατηγορία. Οι διαφορές παρουσιάζονται από τα διαφορετικά προφίλ τροφοδοσίας της κάθε κατηγορίας και το διαφορετικό κόστος προμήθειας.

Η εμπορική λειτουργία του συστήματος διανομής του φυσικού αερίου άρχισε τον Νοέμβριο 1996 με την τροφοδοσία της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης στη Λάρισα. Στον πίνακα 5-4 παρουσιάζονται οι πωλήσεις φυσικού αερίου ανά κατηγορία κατανάλωσης.

Πίνακας 5-4. Πανελλαδικές πωλήσεις φυσικού αερίου ανά κατηγορία (εκ. Nm³). [45]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	1996-7	1998	1999	2000	2001	2002	2003
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ	62	489	997	1.439	1.432	1.507	1.669
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ - ΧΗΜΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	42	178	175	140	68	83	143
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	44	113	222	286	286	284	290
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ - ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ		2	14	14	12	17	18
ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΕΡΙΟΥ		12	13	28	73	118	153
ΜΕΓΑΛΟΙ ΕΜΠ. ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ (ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΣΗ κλπ.)					9	14	14
ΣΥΝΟΛΟ	148	792	1420	1906	1881	2023	2287

5.4.1. Οικιακός, εμπορικός & βιομηχανικός τομέας

Αναφερόμενοι στα ενεργειακά τιμολόγια στην Ελλάδα, μπορούμε χαρακτηριστικά να αναφέρουμε ότι στον οικιακό τομέα το φυσικό αέριο είναι 20% πιο οικονομικό από το πετρέλαιο θέρμανσης και έως 60% πιο οικονομικό από το ηλεκτρικό ρεύμα ενώ στον εμπορικό τομέα είναι 30% πιο οικονομικό από το πετρέλαιο κίνησης, 45% πιο οικονομικό από το υγραέριο και έως 65% πιο οικονομικό από το ηλεκτρικό ρεύμα. Η συμφέρουσα χρήση του φυσικού αερίου αντί άλλων ενεργειακών πηγών αρχίζει σταδιακά να γίνεται αντιληπτή από το ευρύ κοινό, γεγονός στο οποίο συμβάλουν αρκετά και οι διαφημιστικές και ενημερωτικές δραστηριότητες των κατά τόπων ΕΠΑ.

Η σύνδεση ενός ακινήτου με το δίκτυο του φυσικού αερίου στην Αττική, Θεσσαλονίκη ή Θεσσαλία γίνεται σήμερα, περίπου 2 μήνες μετά την υπογραφή της σχετικής σύμβασης. Πρέπει όμως να προηγηθεί η σχετική αίτηση σύνδεσης και να εγκριθεί (διάρκεια περίπου 1 μήνας).

Η έναρξη της παροχής φυσικού αερίου γίνεται μέσα σε τρεις (3) μήνες μετά από την αίτηση σύνδεσης και η ταχύτητα σύνδεσης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Αν υπάρχει δίκτυο στο σημείο ενδιαφέροντος
- Πόσο γρήγορα θα υπογράψει ο ενδιαφερόμενος τη σύμβαση
- Χρόνο ετοιμότητας της εσωτερικής εγκατάστασης και
- Εποχή (αυξημένη ζήτηση παρατηρείται από Σεπτέμβριο έως Δεκέμβριο)

Στο ευρύτερο λεκανοπέδιο Αττικής, υπάρχουν σήμερα συνολικά περίπου 10000 συνδέσεις σε εμπορικούς και οικιακούς καταναλωτές. Από αυτές, οι 7500 συνδέσεις είναι σε οικιακούς καταναλωτές και οι 2500 είναι σε εμπορικούς.

Η αγορά φυσικού αερίου στη Θεσσαλονίκη (πίνακας 5-5) διαμορφώνεται από την ίδια την πόλη και από τους υπόλοιπους 20 Δήμους που συναποτελούν το Νομό και αφορά μια βάση καταναλωτών που εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του έτους 2010 θα ανέρχεται σε 1.5 εκατομμύρια κατοίκους και συμπεριλαμβάνει όλους τους τύπους χρήσεων: οικιακές,

βιομηχανικές και εμπορικές, τόσο στο δημόσιο (νοσοκομεία, κολυμβητήρια, διοικητικά κτίρια) όσο και στον ιδιωτικό τομέα (εμπορικά κέντρα). Η ΕΠΑ Θεσσαλονίκης εκτιμά ότι το 2010 το μερίδιο της αγοράς φυσικού αερίου που θα έχει αποκτήσει θα αντιστοιχεί σε 515 εκ. m³ και πλέον ετησίως, με έντονη συμμετοχή της κατανάλωσης φυσικού αερίου για κεντρική θέρμανση και για βιομηχανικές χρήσεις.

Η αγορά φυσικού αερίου στη Θεσσαλία (πίνακας 5-6) διαμορφώνεται προς το παρόν από τους Δήμους Λάρισας, Βόλου και Νέας Ιωνίας, όπου ήδη λειτουργούν τα δίκτυα διανομής ενώ στο μέλλον μπορεί να επεκταθούν ώστε να συμπεριλάβουν και άλλα σημεία της Θεσσαλίας. Στη Λάρισα στο Βόλο και στη Νέα Ιωνία υπάρχουν όλες οι τυπολογίες χρήσης του φυσικού αερίου: οικιακές, βιομηχανικές και εμπορικές, τόσο στο δημόσιο (νοσοκομεία, κολυμβητήρια, διοικητικά κτίρια) όσο και στον ιδιωτικό τομέα (εμπορικά κέντρα). Η ΕΠΑ Θεσσαλίας εκτιμά ότι το 2010 το μερίδιο της αγοράς φυσικού αερίου που θα έχει αποκτήσει θα αντιστοιχεί σε 515 εκ. m³ και πλέον ετησίως, με έντονη συμμετοχή της κατανάλωσης φυσικού αερίου για κεντρική θέρμανση και για βιομηχανικές χρήσεις.

Πίνακας 5-5. Συνδέσεις και κατανάλωση φυσικού αερίου στην ΕΠΑ Θεσσαλονίκης. [4]

		2003	2004	2005 ¹	2006 ¹	2007
Κατηγορίες Καταναλωτών	Κεντρική θέρμανση	369	678	1600	2314	3078
	Αυτόνομη θέρμανση, ζεστό νερό, μαγείρεμα	3962	8035	23320	34540	47000
	Εμπορικός τομέας (μικρής κατανάλωσης)	73	120	197	263	333
	Εμπορικός τομέας (μεγάλης κατανάλωσης)	571	1038	1805	2475	3164
	Βιομηχανία	25	29	37	44	51
ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (πλήθος)		5000	9900	26959	39636	53626
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (εκ. m ³)		71	96	134	185	251

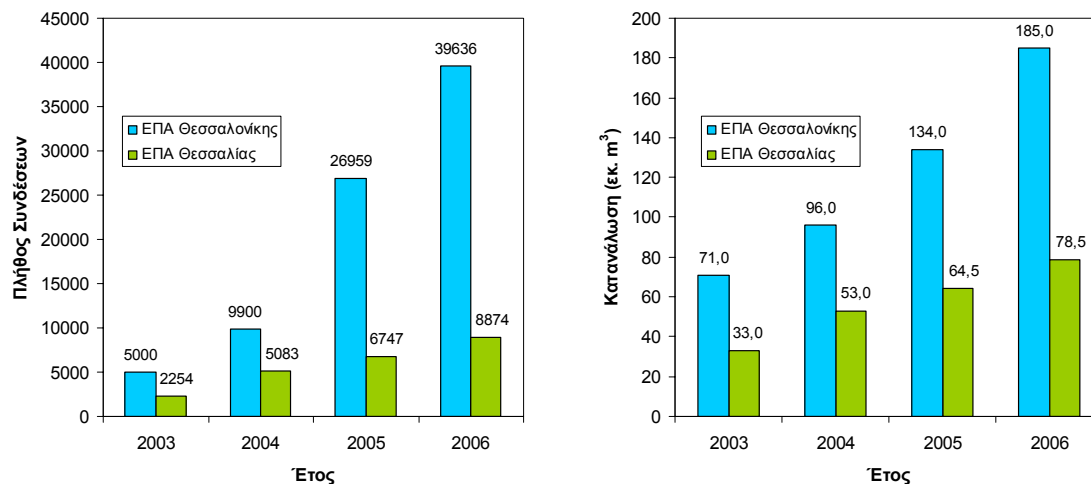
Αποτελέσματα γραμμικής πρόβλεψης με βάση τα έτη 2003, 2004 και 2007.

Πίνακας 5-6. Συνδέσεις και κατανάλωση φυσικού αερίου στην ΕΠΑ Θεσσαλίας. [22]

		2002	2003	2004	2005	2006 ¹
Κατηγορίες Καταναλωτών	Κεντρική θέρμανση	236	653	1288	1769	2290
	Αυτόνομη θέρμανση, ζεστό νερό, μαγείρεμα	417	1319	3391	4494	5960
	Εμπορικός τομέας (μικρής κατανάλωσης)	105	245	354	416	540
	Εμπορικός τομέας (μεγάλης κατανάλωσης)	7	20	28	34	44
	Βιομηχανία	11	17	22	34	40
ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (πλήθος)		776	2254	5083	6747	8874
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (εκ. m ³)		25	33	53	64.5	78.5

Αποτελέσματα γραμμικής πρόβλεψης με βάση τα έτη 2002, 2003, 2004 και 2005.

Λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες, προβλέπεται η δυνατότητα να αναπτυχθεί και η αγορά του κλιματισμού κατά το θέρος, ιδιαίτερα στους νέους πελάτες του τριτογενούς τομέα. Στο σχήμα 5.3. δίνονται τα διαγράμματα πλήθους συνδέσεων και κατανάλωσης για τις ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας για τα έτη 2003-2006.



Σχήμα 5.3. Διαγράμματα πλήθους συνδέσεων και κατανάλωσης για τις ΕΠΑ Θεσσαλονίκης και Θεσσαλίας για τα έτη 2003-2006. [4] [22]

5.4.2. Αγροτικός τομέας

Η χρήση του φυσικού αερίου στα θερμοκήπια είναι ήδη διαδεδομένη σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης του οφείλεται στον εμπλουτισμό του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο παράγεται κατά την καύση του φυσικού αερίου και συμβάλλει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και κατά συνέπεια στη διαδικασία της παραγωγής. Επιπλέον, η χρήση του φυσικού αερίου διευκολύνει την επίτευξη των κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας που ευνοούν την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Στη χώρα μας σήμερα σε σύγχρονα θερμοκήπια χρησιμοποιείται κυρίως LPG. Όμως η ανάπτυξη των δικτύων διανομής αναμένεται να δώσει τη δυνατότητα χρήσης φυσικού αερίου και σε αυτό τον τομέα με τεράστια πλεονεκτήματα για πολλούς τομείς της γεωργίας.

5.4.3. Μεταφορές

Η ΔΕΠΑ έχει ολοκληρώσει την κατασκευή Σταθμού Ανεφοδιασμού Λεωφορείων της ΕΘΕΛ με φυσικό αέριο δίπλα στο αμαξοστάσιο του ΟΑΣΑ³⁵ στα Ανω Λιόσια. Ο σταθμός αυτός μπορεί να εξυπηρετεί τις ανάγκες 300 λεωφορείων ημερησίως. Διαθέτει πέντε θέσεις ανεφοδιασμού και η δυναμικότητά του είναι 5000 Nm³/h σε φυσικό αέριο, γεγονός που τον καθιστά τον πιο σύγχρονο και μεγαλύτερο στην Ευρώπη.

Ο σχεδιασμός του σταθμού έχει γίνει με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης έλεγχος όλων των διαδικασιών και η ασφάλεια λειτουργίας του. Όλες οι λειτουργίες ελέγχονται

³⁵ Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών

αυτόματα από κεντρική μονάδα ελέγχου που είναι εγκατεστημένη στον χώρο του σταθμού. Ήδη από τις 18/1/2001 πραγματοποιούνται στην Αττική δρομολόγια λεωφορείων που κινούνται με καύσιμη ύλη το φυσικό αέριο. Η κατανάλωση φυσικού αερίου του σταθμού ανεφοδιασμού Άνω Λιοσίων για το έτος 2002 ανήλθε στα $11 \times 10^6 \text{ m}^3$ ενώ το 2003 ξεπέρασε τα $12.3 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Επιπλέον, σε προετοιμασία έναρξης κατασκευής βρίσκεται και ο δεύτερος σταθμός ανεφοδιασμού στην Ανθούσα Αττικής ο οποίος θα εξυπηρετεί 120 νέα λεωφορεία της ΕΘΕΛ³⁶, ενώ έχει πραγματοποιηθεί σημαντική προεργασία για την εγκατάσταση Σταθμού Ανεφοδιασμού στη Θεσσαλονίκη. Επίσης, ερευνάται η δυνατότητα κατασκευής σταθμού και στη Θεσσαλονίκη, καθώς και η επέκταση της χρήσης Φυσικού Αερίου σε οχήματα δήμων και ιδιωτικών εταιρειών με μεγάλους στόλους αυτοκινήτων, ενώ μετά από μελέτη που έγινε για λογαριασμό της ΔΕΠΑ, διαμορφώθηκαν προτάσεις για την ενίσχυση αγοράς απορριμματοφόρων από πόρους του Γ' ΚΠΣ³⁷.

Τον Ιούλιο του 2003 παραδόθηκε στη ΔΕΠΑ μελέτη σχετικά με τις προοπτικές ανάπτυξης της αεριοκίνησης στη χώρα μας σύμφωνα με τις διεθνείς εμπειρίες και πρακτικές. Από τον Οκτώβριο του 2003 ξεκίνησε η υλοποίηση της. Συγκεκριμένα καταρτίστηκε ήδη πρόταση για την επιχορήγηση αγοράς απορριμματοφόρων στα πλαίσια του Γ' ΚΠΣ, η οποία προωθήθηκε στο Υπουργείο Ανάπτυξης, ενώ παράλληλα προετοιμάστηκαν ανάλογα σχέδια νομοθετικών παρεμβάσεων και έγιναν επαφές με εταιρείες και Δήμους που διαθέτουν σημαντικούς στόλους, για χρήση φυσικού αερίου.

Η χρήση της αεριοκίνησης στα λεωφορεία αποτελεί αναμφισβήτητα μια ενδεδειγμένη ενέργεια για τις ελληνικές πόλεις που αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικά προβλήματα αλλά και για βιομηχανίες που εδρεύουν σε επιβαρυνμένες περιοχές και χρησιμοποιούν λεωφορεία για τις μεταφορές του προσωπικού τους.

5.4.4. Ηλεκτροπαραγωγή

Οι φυσικές αντιρροπτικές ιδιότητες του φυσικού αερίου σε συνδυασμό με το φθηνό κόστος παραγωγής και την υψηλή του απόδοση σε θερμική ενέργεια, το καθιστούν μοναδικό καύσιμο στην ηλεκτροπαραγωγή. Η απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ηλεκτρισμού, η τεχνολογία των αεριοστροβίλων και γενικότερα η απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ενέργειας από τον Φεβρουάριο 2001, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την επέκταση της χρήσης του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή.

Με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα και με βέβαιη πρόβλεψη για αρκετές ακόμη δεκαετίες, οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί με τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου φυσικού

³⁶ Εταιρία Θερμικών Λεωφορείων

³⁷ Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης

αερίου στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού και τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θερμότητας στις ενεργοβόρες βιομηχανίες είναι οι βέλτιστες δυνατές επιλογές τόσο από πλευράς εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας (αυξημένη συνολική ενεργειακή απόδοση έως 85%) και κόστους παραγωγής, όσο και από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η ΔΕΗ έχει ορίσει (Ν.2165/93) ως έναν από τους βασικούς στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής της τη χρήση του φυσικού αερίου σε ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς συνδυασμένου κύκλου έχοντας ήδη θέσει σε λειτουργία μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, με καύσιμο το φυσικό αέριο. Επίσης, έχει προχωρήσει σε σημαντικές επενδύσεις για την εκμετάλλευση του φυσικού αερίου. Η ΔΕΗ αποτελεί σήμερα το μεγαλύτερο πελάτη της ΔΕΠΑ με ετήσια απορρόφηση 1.5 δισ. m³ φυσικού αερίου και έχει συνάψει 25ετή σύμβαση συνεργασίας με τη ΔΕΠΑ για τις ανάγκες λειτουργίας των Θερμοηλεκτρικών Σταθμών της στον Αγ. Γεώργιο Κερατσινίου και στο Λαύριο, καθώς και της νέας μονάδας συνδυασμένου κύκλου στην Κομοτηνή.

Η έκδοση της Υπουργικής Απόφασης για το τιμολόγιο μεταφοράς φυσικού αερίου και η εμπορική πολιτική της ΔΕΠΑ αναμένεται να δημιουργήσουν μια σταθερή βάση για την υλοποίηση νέων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής τόσο από τη ΔΕΗ όσο και από ιδιώτες. Παράλληλα, υπάρχει σχέδιο σύμβασης για την πώληση φυσικού αερίου στους ανεξάρτητους ηλεκτροπαραγωγούς που προβλέπεται να δραστηριοποιηθούν στον τομέα.

Στα πλαίσια της προετοιμασίας της για την απελευθέρωση της αγοράς, η ΔΕΠΑ έχει ολοκληρώσει τη συνεργασία της με εξωτερικούς συμβούλους για ζητήματα που αφορούν στην πρόβλεψη της εξέλιξης της ζήτησης φυσικού αερίου σε συνθήκες απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και την τιμολογιακή πολιτική της ΔΕΠΑ σε καθεστώς απελευθερωμένης αγοράς φυσικού αερίου.

Ήδη σήμερα, στα πλαίσια της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας σε εφαρμογή της Οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν χορηγηθεί άδειες για Σταθμούς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας αποκλειστικά με χρήση φυσικού αερίου συνολικής ισχύος 3000MW. Η υλοποίηση των επενδύσεων αυτών αναμένεται να επιφέρει σημαντική αύξηση στην κατανάλωση φυσικού αερίου το 2010 κατά περίπου 2 δισ. m³. Επίσης, η ΔΕΠΑ έχει η ίδια υποβάλλει δύο αιτήσεις για τη χορήγηση αδειών ηλεκτροπαραγωγής δυναμικότητας 600MW. Η μία αφορά στη νήσο Ρεβυθούσα (400 MW), σε παρακείμενη του Τερματικού Σταθμού LNG έκταση, και η άλλη στη θέση Πάτημα της Ελευσίνας (200 MW).

Επιπλέον, η ΔΕΠΑ σε συνεργασία με το ΕΜΠ³⁸ συμμετέχει στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Ανταγωνιστικότητα" του Υπουργείου Ανάπτυξης, σε ειδικό πρόγραμμα που προβλέπει το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη λειτουργία προτύπων

³⁸ Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

εφαρμογών, όπως οι κυψέλες καυσίμου. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει, εκτός των άλλων, την αξιολόγηση της λειτουργίας των μονάδων κυψελών καυσίμου και τη διοργάνωση ημερίδων με στόχο τη διάδοση των αποτελεσμάτων της λειτουργίας τους.

Σήμερα, ο ελληνικός ενεργειακός τομέας βρίσκεται σε μεταβατική περίοδο. Η περίοδος αυτή προσδιορίζεται από δύο παράγοντες. Πρώτον, η ολοκλήρωση της βασικής υποδομής για το φυσικό αέριο από την ΔΕΠΑ και η σταδιακή διείσδυση του στην αγορά, καθώς και η αργή, αλλά σταθερή είσοδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα δε της αιολικής στην ηλεκτροπαραγωγή. Δεύτερον, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, η οποία εκτιμάται ότι θα έχει ολοκληρωθεί μέχρι το 2006. Οι δύο σημαντικές αυτές αλλαγές οριοθετούν το διάστημα της μεταβατικής περιόδου. Με την ολοκλήρωσή της εκτιμάται ότι θα επέλθει μία πλέον ισορροπημένη κατανομή του ενεργειακού ισοζυγίου. Επίσης, οι καταναλωτές, ιδιαίτερα στις υπηρεσίες και στην βιομηχανία, θα έχουν τη δυνατότητα επιλογής προμηθευτή και αυξημένες δυνατότητες για ιδιοπαραγωγή ενέργειας.

Οι αλλαγές αυτές φαίνεται ότι έχουν γίνει αντιληπτές από τους καταναλωτές, ιδίως δε από τις επιχειρήσεις. Από τις έρευνες τις οποίες διεξήγαγε η ICAP σε δείγμα μεταποιητικών επιχειρήσεων και νοικοκυριών, προκύπτουν θετικές ενδείξεις για την εισαγωγή του φυσικού αερίου και την απελευθέρωση των αγορών ενέργειας και εξάγονται ορισμένα ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Κατ' αρχήν, η έρευνα στην μεταποίηση έδειξε ότι η πλειοψηφία των επιχειρήσεων αναμένει οφέλη από την απελευθέρωση των αγορών. Συγκεκριμένα, τα κυριότερα θετικά αποτελέσματα από την κατάργηση του μονοπωλίου στην παροχή ηλεκτρικού ρεύματος είναι η αναμενόμενη μείωση των τιμών λόγω ανταγωνισμού, η βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών και οι αυξημένες δυνατότητες συμπαραγωγής. Επιπλέον, παρά το γεγονός ότι οι περισσότερες βιομηχανίες εμφανίζονται ικανοποιημένες από την υφιστάμενη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, θα ήταν διατεθειμένες να αλλάξουν προμηθευτή. Οι κυριότεροι παράγοντες που θα επηρέαζαν την απόφασή τους αυτή είναι οι χαμηλότερες τιμές, η ελαστικότερη εμπορική πολιτική και η βελτίωση των υπηρεσιών.

Όσον αφορά στο φυσικό αέριο, σημαντικό τμήμα της μεταποίησης δήλωσε ότι θα το χρησιμοποιούσε εάν είχε τη δυνατότητα. Τούτο διότι θεωρούν ότι υπερέχει έναντι των άλλων ενεργειακών πηγών, κυρίως λόγω της χαμηλότερης τιμής, αλλά και εξ αιτίας του ότι είναι φιλικότερο προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά όμως, μόνο ένα περιορισμένο τμήμα της μεταποίησης θεωρεί πιθανή την αλλαγή ενεργειακής πηγής εντός των επόμενων 3-5 ετών. Η έρευνα στα αστικά νοικοκυριά κατέγραψε αντίστοιχες απόψεις. Παρά το γεγονός ότι η άνοδος των τιμών δεν μετέβαλλε σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά της πλειοψηφίας των νοικοκυριών, σημαντικό τμήμα τους δήλωσε ότι θα υποκαθιστούσε το πετρέλαιο με φυσικό αέριο εάν είχε τέτοια δυνατότητα. Επίσης, υπάρχει σαφής προτίμηση προς την χρήση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση νερού.

5.5.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Το φυσικό αέριο όπως έχει αναφερθεί, είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, οι ρυπογόνες εκπομπές των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα δίνονται στον πίνακα 5-7, ενώ στο σχήμα 5.4, παρουσιάζονται οι συγκριτικές γραφικές παραστάσεις.

Πίνακας 5-7.Ρυπογόνες εκπομπές καυσίμων χρησιμοποιούμενων στην Ελλάδα.[20] [23] [45]

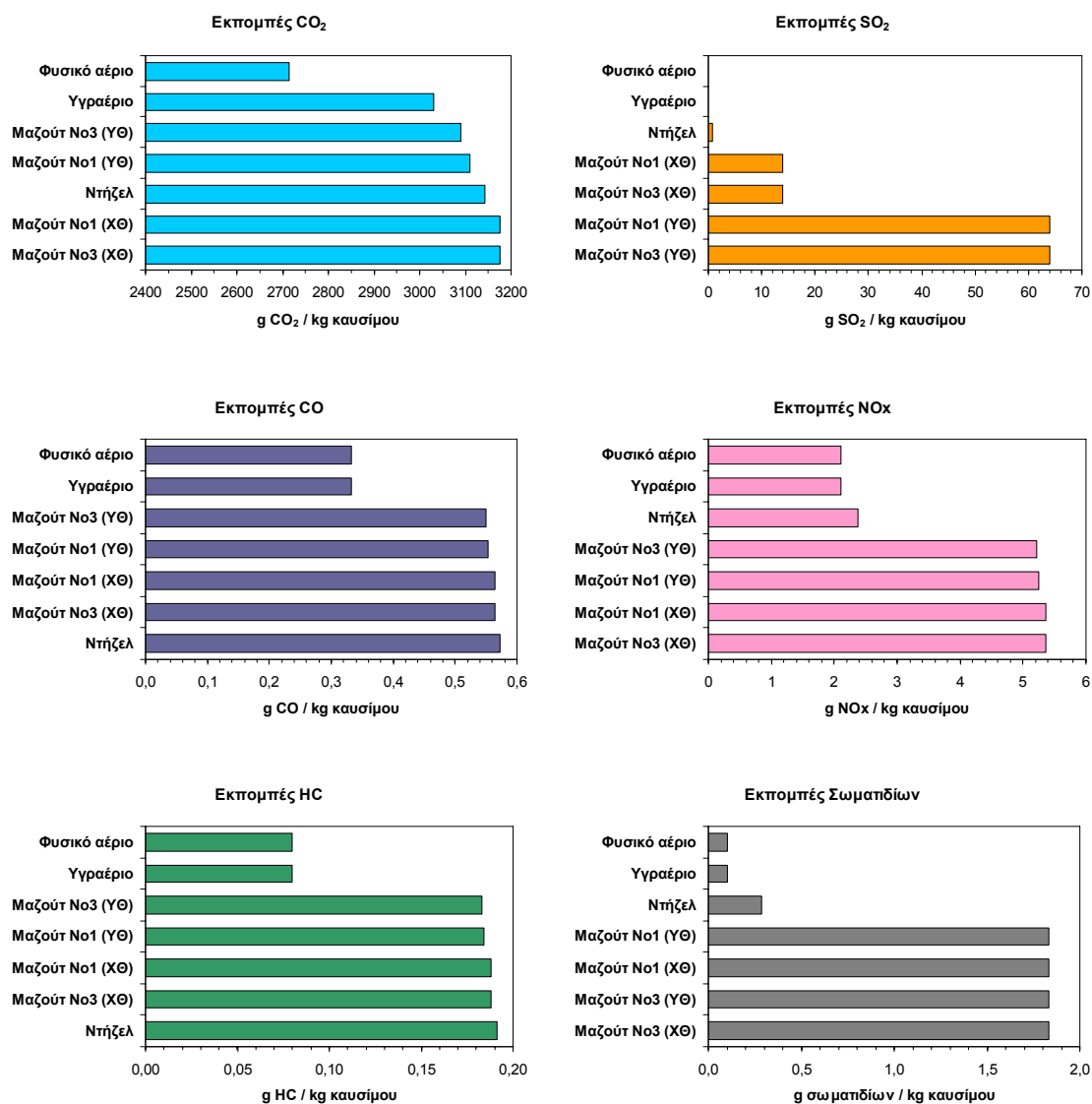
Καύσιμο	Εκπομπές αερίου ρύπου (g/kg καυσίμου)					
	CO ₂	SO ₂	CO	NO _x	HC	Σωματίδια
Μαζούτ Νο1 (1500) Χαμηλού Θείου	3175	14.0	0.565	5.363	0.188	1.832
Μαζούτ Νο1 (1500) Υψηλού Θείου	3109	64.0	0.553	5.251	0.184	1.832
Μαζούτ Νο3 (3500) Χαμηλού Θείου	3175	14.0	0.565	5.363	0.188	1.832
Μαζούτ Νο3 (3500) Υψηλού Θείου	3091	64.0	0.550	5.221	0.183	1.832
Ντίζελ	3142	0.7	0.572	2.384	0.191	0.286
Υγραέριο	3030	0.0	0.332	2.102	0.080	0.100
Φυσικό αέριο	2715	0.0	0.332	2.102	0.080	0.100

Η χρήση του συμβάλει επίσης στον περιορισμό των μεταλλικών ρύπων. Στον άνθρακα και στο πετρέλαιο υπάρχουν π.χ ίχνη υδραργύρου, μολύβδου, βαναδίου και νικελίου τα οποία δεν περιέχονται στο φυσικό αέριο.

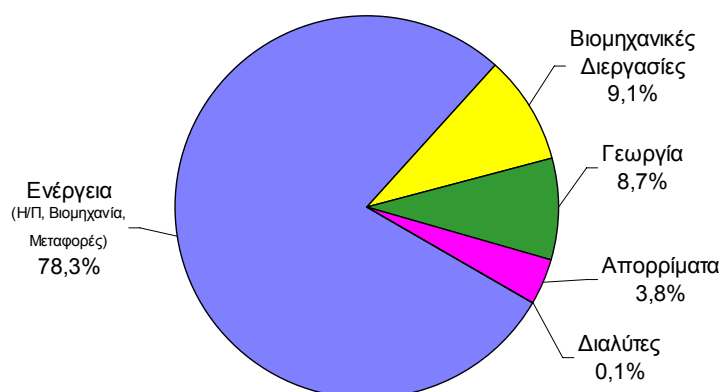
Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να περιοριστεί σημαντικά και μέσω της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων, η οποία επιτυγχάνεται με τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης της καύσης. Το φυσικό αέριο παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης κατά τη χρήση του, προσφέροντας μείωση της κατανάλωσης καυσίμων κατά 4-10%. Επιπλέον, επιτρέπει την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με υψηλό ενεργειακό βαθμό απόδοσης. [24]

Το φυσικό αέριο λόγω της μορφής και της σύστασής του θεωρείται κατ' εξοχήν οικολογικό καύσιμο. Δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα και δεν είναι τοξικό.

Στην Ελλάδα, η ηλεκτροπαραγωγή (που είναι ουσιαστικά η ΔΕΗ) αποτελεί τον πλέον σημαντικό παράγοντα στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, όπως έχει αποτυπωθεί και στο πρώτο εθνικό σχέδιο κατανομής δικαιωμάτων εκπομπών για την περίοδο 2005-2007, δεδομένου ότι της αναλογεί περίπου το 75% των εκπομπών CO₂ (σχήμα 5.5).



Σχήμα 5.4. Συγκριτικές γραφικές παραστάσεις ρυπογόνων εκπομπών για κάθε χρησιμοποιούμενο καύσιμο στην Ελλάδα. [20] [23] [45]



Σχήμα 5.5. Σχετική συμμετοχή των τομέων δραστηριότητας στην ολική εκπομπή αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα κατά το 2003. [25]

Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από την

ηλεκτροπαραγωγή φαίνεται να μην είναι μια εύκολη υπόθεση παρά τις καλές προθέσεις όλων των εμπλεκόμενων φορέων. Το παραπάνω συμβαίνει γιατί η Ελλάδα βρίσκεται γεωγραφικά στο νοτιοανατολικότερο άκρο της Ευρώπης και ως εκ τούτου αποτελεί νησίδα με περιορισμένη δυνατότητα ανταλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, η ασφάλεια ηλεκτροδότησης αναμένεται να οδηγήσει σε συνέχιση της χρήσης του εγχώριου λιγνίτη που δεν είναι όμηρος των πετρελαϊκών κρίσεων. Τέλος, οι εργαζόμενοι στα ορυχεία και σταθμούς παραγωγής στην Δυτική Μακεδονία και Πελοπόννησο, καθώς και οι απασχολούμενοι σε σχετικές της ηλεκτροπαραγωγής δραστηριότητες ανέρχονται σε χιλιάδες και τυχόν μείωση της απασχόλησης θα προκαλούσε τραγικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες.

Στο παραπάνω πλαίσιο αναμένεται η σε ένα μεγάλο βαθμό διατήρηση της χρήσης του λιγνίτη ως βασικού κορμού της ηλεκτροπαραγωγής της χώρας και αφ' ετέρου η δυνατότητα ένταξης νέων σύγχρονων λιγνιτικών μονάδων υψηλού βαθμού απόδοσης (τουλάχιστον μίας μέχρι το έτος 2010).

Επιπλέον, και με δεδομένο ότι οι εκπομπές αερίων των θερμοκηπίου στο χρονικό ορίζοντα του έτους 2010 υπερβαίνουν σημαντικά το στόχο του Κιότο, σημαντικός αναμένεται να είναι ο ρόλος που θα έχουν τα προσεχή χρόνια το φυσικό αέριο στην προσπάθεια για βιώσιμη ανάπτυξη και συμμόρφωση της χώρας με όλες τις διεθνείς συμβάσεις. [26] Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, η προώθηση του φυσικού αερίου στο Ελληνικό ενεργειακό σύστημα εκτιμάται ότι θα συμβάλλει στην συνολική μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, πίνακας 5-8.

Πίνακας 5-8. Πρόβλεψη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω έλλειψης της χρήσης του φυσικού αερίου στην Ελλάδα (Mt ισοδύναμου CO₂) [27]

ΤΟΜΕΑΣ	2000	2005	2010	2015
Ηλεκτροπαραγωγή (ΔΕΗ)	2.919	8.511	12.330	14.061
Ηλεκτροπαραγωγή (Άλλοι)	0.000	0.000	2.610	5.143
Συμπαραγωγή	0.080	0.081	0.537	1.128
Βιομηχανικός Τομέας	0.334	0.579	1.118	1.556
Οικιακός & Τριτογενής Τομέας	0.019	0.571	1.135	1.593
Μεταφορές	0.000	0.005	0.008	0.008
ΣΥΝΟΛΟ	3.352	9.747	17.738	23.489

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ενεργειακός τομέας κάθε χώρας εξελίσσεται συνεχώς. Τα βασικά μεγέθη μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, νέες ανάγκες υποδομών δημιουργούνται, νέοι πόροι ανακαλύπτονται και, τέλος, η πρόοδος των επιστημών και της τεχνολογίας οδηγούν στην υιοθέτηση νέων λύσεων και επιβάλλουν την ανανέωση του τεχνολογικού εξοπλισμού σε σχετικά σύντομα χρονικά διαστήματα. Τα τελευταία χρόνια, οι λύσεις αυτές καθοδηγούνται σε μεγάλο βαθμό τόσο από τις περιβαλλοντικές όσο και από τις οικονομικές επιπτώσεις των διάφορων μορφών ενέργειας.

Η κατανάλωση όλων των μορφών ενέργειας έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα. Αυτές οι επιπτώσεις μπορεί να συμβούν στο σημείο της κατανάλωσης ή ακόμα και στα διάφορα σημεία κατά την εξόρυξη, επεξεργασία, μετατροπή, μεταφορά ή διανομή της ενέργειας.

Αν και η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί ασφαλώς να συμβάλει θετικά στην ποιότητα του περιβάλλοντος, ωστόσο δεν είναι η απάντηση. Η κάθε χώρα οφείλει να αναζητήσει τρόπους μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Όμως, το κόστος στην οικονομία εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και η αντικατάσταση με φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα θα πρέπει να περάσει μια οικονομική δοκιμασία. Τέτοιες δοκιμασίες θα εξασφαλίσουν ότι θα επιλεγεί τελικά ο βέλτιστος συνδυασμός ενεργειών που όχι μόνο θα υποστηρίξει τους περιβαλλοντικούς στόχους αλλά θα έχει και ανταγωνιστικό κόστος στον καταναλωτή.

Συγκρίνοντας όλους τους τύπους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, το φυσικό αέριο ξεχωρίζει ως ανώτερη συμβατική ενεργειακή μορφή και αποτελεί σήμερα την ταχύτερα αναπτυσσόμενη πηγή ενέργειας.

Το φυσικό αέριο παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα, τα οποία έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην ταχεία αύξηση της ζήτησης τόσο για οικιακή όσο και για βιομηχανική χρήση τα τελευταία χρόνια. Το φυσικό αέριο είναι λιγότερο ρυπογόνο από τα ανταγωνιστικά του υγρά καύσιμα, αλλά ταυτόχρονα και πιο αποδοτικό. Με τη χρήση του εξασφαλίζεται φθηνότερο κόστος ενέργειας, καθώς καθίστανται δυνατές υψηλές ενεργειακές αποδόσεις (μεγαλύτερη ανάκτηση θερμότητας καυσαερίων, επειδή τα καυσαέρια δεν περιέχουν θείο, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας μέσα στις βιομηχανίες, απ' ευθείας ξήρανση υλικών επειδή τα καυσαέρια είναι καθαρά, μικρότερες αποθέσεις και

διαβρώσεις στους λέβητες κλπ.). Κατά συνέπεια, είναι φθηνότερο το κόστος ενέργειας για βιοτεχνικές και εμπορικές επιχειρήσεις.

Για το περιβάλλον η υπεροχή του φυσικού αερίου είναι σαφής σε όλους τους ρύπους καθώς έχει μηδενικές εκπομπές καπνού και διοξειδίου του θείου και μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Όσον αφορά στην ασφάλεια το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα υδρογονανθράκων με χαμηλό μοριακό βάρος, με αποτέλεσμα σαν αέριο να είναι ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και κατ' επέκταση στη σπάνια περίπτωση της διαφυγής του, αυτό διαχέεται γρήγορα προς τα επάνω. Το υγραέριο σε αντίθεση αποτελείται από υδρογονάνθρακες μεγαλύτερου μοριακού βάρους και είναι βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και έτσι, σε περίπτωση διαρροής, παραμένει χαμηλά στο δάπεδο, συνιστώντας κίνδυνο για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ακόμα και σε ανοιχτούς χώρους.

Στα πλεονεκτήματα από τη χρήση του φυσικού αερίου περιλαμβάνονται επίσης η οικονομία που προσφέρει έναντι άλλων μορφών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο και η ηλεκτρική ενέργεια, η συνεχής παροχή (έλλειψη ενασχόλησης με παραγγελίες και παραλαβές καυσίμου), η δυνατότητα εκμετάλλευσης ήδη υπαρχόντων δεξαμενών, η αυξημένη καθαριότητα χώρων και συσκευών, η αυξημένη λειτουργικότητα και ακριβέστερη ρύθμιση των συσκευών φυσικού αερίου, η αποκέντρωση ενεργειακών χρήσεων και η πληρωμή της κατανάλωσης μετά τη χρήση του φυσικού αερίου.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην παροχή του φυσικού αερίου είναι η δυσκολία μεταφοράς του καθώς τα σημαντικότερα κοιτάσματα βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές ενώ απαιτούνται μεγάλες επενδύσεις σε αγωγούς μεταφοράς και εξειδικευμένες τεχνολογίες (π.χ. υγροποίησης του φυσικού αερίου) ώστε να επιτευχθεί χαμηλό κόστος μεταφοράς. Καθώς όμως η ζήτηση θα είναι ισχυρή στο μέλλον, έχουν δρομολογηθεί σημαντικά έργα κατασκευής αγωγών που θα τροφοδοτήσουν τις ανεπτυγμένες αγορές.

Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη (κυρίως στη Ρωσία και τις δημοκρατίες της Μαύρης Θάλασσας) και στη Μέση Ανατολή (Ιράν) που συνολικά αντιστοιχούν στο 78% των παγκόσμιων κοιτασμάτων. Η Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας εκτιμά ότι με τους τωρινούς ρυθμούς κατανάλωσης τα ανακαλυφθέντα κοιτάσματα επαρκούν για άνω των 60 ετών.

Οι μεγαλύτερες αγορές είναι της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης-Ρωσίας οι οποίες καταλαμβάνουν σχεδόν το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης, στο μέλλον όμως αναμένεται οι αγορές της ανατολικής Ευρώπης και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης να παρουσιάσουν το μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης στην κατανάλωση καθώς θα αντικαταστήσουν

την εξάρτησή τους από τον άνθρακα με το άφθονο φυσικό αέριο των ρωσικών κοιτασμάτων. Η Ασία, η οποία παρά το πληθυσμιακό μέγεθός της έχει πολύ μικρό μερίδιο στην κατανάλωση, προβλέπεται να αυξήσει και αυτή σημαντικά τη χρήση του φυσικού αερίου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ηλεκτροπαραγωγή και η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς σε ολόκληρη την Ευρώπη, δεδομένου ότι αποτελεί την καλύτερη δυνατή επιλογή τόσο από πλευράς κόστους παραγωγής όσο και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το μερίδιο του φυσικού αερίου στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας προβλέπεται ότι θα αυξηθεί από 23% το 2001 σε 28% το 2025 καθώς αναπτύσσονται τα δίκτυα διανομής και θεσπίζονται αυστηρότερα όρια εκπομπών ρύπων τα οποία ευνοούν το «καθαρό» αυτό καύσιμο.

Οι αγορές φυσικού αερίου όμως διαφέρουν σημαντικά ως προς τη δομή τους με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μια ενοποιημένη αγορά φυσικού αερίου, όπως αυτή του πετρελαίου, αλλά πληθώρα διαφορετικών αγορών. Για παράδειγμα οι δύο μεγαλύτερες αγορές του κόσμου, της Βόρειας Αμερικής και της Ρωσίας, βρίσκονται στα δύο άκρα, με την αμερικανική να είναι πλήρως απελευθερωμένη και τη ρωσική πλήρως μονοπωλιακή. Στην ευρωπαϊκή αγορά ο βαθμός απελευθέρωσης ποικίλλει σημαντικά από χώρα σε χώρα.

Η τιμή του φυσικού αερίου καθορίζεται σημαντικά όχι μόνο από τα κόστη εξόρυξης αλλά και από τα κόστη μεταφοράς και διανομής καθώς οι περισσότερες μεγάλες πηγές φυσικού αερίου είναι ιδιαίτερα απομακρυσμένες από τις ανεπτυγμένες αγορές. Επίσης, οι τιμές του φυσικού αερίου επηρεάζονται και από τις αντίστοιχες τιμές του ηλεκτρισμού, του πετρελαίου και του άνθρακα των οποίων αποτελεί ανταγωνιστικό υποκατάστατο. Καθώς μάλιστα οι πηγές εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι κοινές, το φυσικό αέριο ακολουθεί στενά τις εξελίξεις στην τιμή του πετρελαίου. Οι τιμές του φυσικού αερίου σε Ευρώπη και Αμερική ακολούθησαν ανοδική πορεία από τα μέσα του 2002 ακολουθώντας τις αντίστοιχες αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου.

Όσον αφορά στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 1960-1996 ο ενεργειακός τομέας προσαρμόστηκε σταδιακά στα νέα δεδομένα και δημιουργήθηκε η υποδομή για την εξυπηρέτηση των αυξανόμενων ενεργειακών απαιτήσεων των καταναλωτών. Η παραγωγή ενέργειας όμως βασίστηκε στα παραδοσιακά καύσιμα, δηλαδή στον λιγνίτη, στο πετρέλαιο και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρικά έργα. Κατά την δεκαετία του 1990, ιδιαίτερα δε μετά το 1997, παρατηρείται μία επιβράδυνση της ανοδικής τάσης της κατανάλωσης ενέργειας σε ορισμένους τομείς, όπως π.χ. στον βιομηχανικό και στον αγροτικό, ενώ συνεχίζεται η αύξηση στην κατανάλωση στον οικιακό, στον εμπορικό και στις μεταφορές. Εκ παραλλήλου, αρχίζει σταδιακά η εισαγωγή στο ενεργειακό σύστημα της χώρας νέων ενεργειακών πηγών, όπως το φυσικό αέριο και ο ηλεκτρισμός παραγόμενος από ανανεώσιμες πηγές.

Η ελληνική αγορά φυσικού αερίου ήταν σχεδόν ανύπαρκτη 10 χρόνια πριν αλλά οι εξελίξεις ήταν σημαντικές και αναπτύχθηκε η βασική υποδομή εισαγωγής και διανομής φυσικού αερίου. Η αγορά αναμένεται να παραμείνει ιδιαίτερα μικρή για 3-4 χρόνια ακόμη έως ότου δραστηριοποιηθούν πλήρως οι ανεξάρτητοι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας και αναπτυχθούν επαρκώς τα αστικά δίκτυα διανομής. Παρ' όλα αυτά η κατανάλωση φυσικού αερίου αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια κυρίως εξαιτίας της ΔΕΗ αλλά και της χρησιμοποίησης στη βιομηχανία, ενώ αναμένεται μεγάλη αύξηση της ζήτησης στο μέλλον με τη συνολική κατανάλωση να υπερδιπλασιάζεται μέχρι το 2010.

Σήμερα, ο ελληνικός ενεργειακός τομέας βρίσκεται σε μεταβατική περίοδο. Η περίοδος αυτή προσδιορίζεται από δύο παράγοντες. Πρώτον, η ολοκλήρωση της βασικής υποδομής για το φυσικό αέριο από την ΔΕΠΑ και η σταδιακή διείσδυση του στην αγορά, καθώς και η αργή, αλλά σταθερή είσοδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα δε της αιολικής στην ηλεκτροπαραγωγή. Δεύτερον, η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, η οποία εκτιμάται ότι θα έχει ολοκληρωθεί μέχρι το 2006. Οι δύο σημαντικές αυτές αλλαγές οριοθετούν το διάστημα της μεταβατικής περιόδου. Με την ολοκλήρωσή της εκτιμάται ότι θα επέλθει μία πλέον ισορροπημένη κατανομή του ενεργειακού ισοζυγίου. Επίσης, οι καταναλωτές, ιδιαίτερα στις υπηρεσίες και στην βιομηχανία, θα έχουν τη δυνατότητα επιλογής προμηθευτή και αυξημένες δυνατότητες για ιδιοπαραγωγή ενέργειας.

Οι αλλαγές αυτές φαίνεται ότι έχουν γίνει αντιληπτές από τους καταναλωτές, ιδίως δε από τις επιχειρήσεις. Από τις έρευνες τις οποίες διεξήγαγε η ICAP σε δείγμα μεταποιητικών επιχειρήσεων και νοικοκυριών, προκύπτουν θετικές ενδείξεις για την εισαγωγή του φυσικού αερίου και την απελευθέρωση των αγορών ενέργειας.

Η προβλεπόμενη αύξηση στην ζήτηση του φυσικού αερίου εκτιμάται ότι θα προέλθει κυρίως από τον οικιακό, τον εμπορικό τομέα και από τις μεταφορές, καθώς το βιοτικό επίπεδο θα βελτιώνεται και θα συγκλίνει με αυτό της υπόλοιπης Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αυξημένη ζήτηση θα ικανοποιηθεί πρωτίστως από εισαγωγές ενεργειακών πόρων, πετρέλαιο και φυσικό αέριο και αύξηση της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές όπως αιολική και ηλιακή ενέργεια. Αντίθετα, η εγχώρια παραγωγή ενέργειας από τις συνήθεις πηγές θα μειωθεί.

Απαραράβτος όρος για την αύξηση της ζήτησης είναι η καλλιέργεια κλίματος εμπιστοσύνης των καταναλωτών απέναντι στο φυσικό αέριο. Υπεύθυνοι για αυτό είναι οι φορείς που διαχειρίζονται τη διάθεση του φυσικού αερίου στη χώρα μας. Επειδή η χρήση του φυσικού αερίου προϋποθέτει μια επένδυση, είτε για την απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού, είτε για τη μετατροπή του υπάρχοντος, ο καταναλωτής θα πρέπει να έχει πειστεί ότι δε θα μετανιώσει στο μέλλον γι' αυτή την επιλογή του. Αυτό είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα

συμβεί, αν βρεθεί αντιμέτωπος στο μέλλον με τιμές φυσικού αερίου μη ανταγωνιστικές προς τα υγρά καύσιμα και την ηλεκτρική ενέργεια.

Η εφαρμογή των κοινοτικών οδηγιών για την πλήρη απελευθέρωση των αγορών φυσικού αερίου μέχρι το 2006 αναμένεται να προσελκύσει πληθώρα εταιριών διανομής, να εντείνει τον ανταγωνισμό και, κατά συνέπεια, να μειώσει τις τιμές διάθεσης φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Ωστόσο, η σημαντικότερη εξέλιξη που θα επηρεάσει την αγορά είναι η διασύνδεση του ελληνικού δικτύου μεταφοράς με αυτά της Τουρκίας και της Ιταλίας. Αυτό θα καταστήσει την Ελλάδα βασικό κόμβο διασύνδεσης της ευρωπαϊκής αγοράς με τα τεράστια αποθέματα των χωρών της Κασπίας ενώ θα εξασφαλίσει και εναλλακτική πηγή αερίου για την εσωτερική αγορά πλην της υπάρχουσας ρωσικής. Επίσης, η ΔΕΠΑ θα καταστεί σημαντικός παίκτης στην ευρωπαϊκή αγορά καθώς θα εξασφαλίσει σημαντικά έσοδα από τα τέλη διέλευσης του δικτύου της, κάτι το οποίο αποτυπώνεται και στο αυξημένο ενδιαφέρον από τις ευρωπαϊκές εταιρίες που ενδιαφέρονται για την πώληση του 35% της εταιρίας. [28] [29]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ζηλάκος, Κ., *Το φυσικό αέριο μπαίνει δυναμικά στη ζωή μας*, Βιοτεχνικό Επιμελητήριο Αθηνών, Αθήνα, 2002.
2. Natural Gas Supply Association, <http://www.naturalgas.org/>, εκπαιδευτική ιστοσελίδα.
3. ATMOS energy Corp., <http://www.atmosenergy.com/>, επίσημη ιστοσελίδα.
4. Εταιρία Παροχής Αερίου Θεσσαλονίκης, <http://www.epathessaloniki.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
5. Λέφας, Κ., *Εισαγωγή στην τεχνολογία του φυσικού αερίου*, Εκδ.ΣΕΛΚΑ-4Μ, Αθήνα, 2004.
6. United States Geological Survey, <http://www.usgs.gov/>, επίσημη ιστοσελίδα.
7. University of Colorado, USA, Latent Seismic Analysis, <http://lsa.colorado.edu/>, επίσημη ιστοσελίδα.
8. Βάσαλος, Ι.Α., *Ενεργειακές πρώτες ύλες*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Χημικών Μηχανικών, 2003.
9. Nature Publishing Group, <http://www.nature.com/>, επίσημη ιστοσελίδα.
10. BP Corp., *Statistical review of world energy*, June 2005.
11. Energy Information Administration, *Alternatives to traditional transportation fuels - an overview*, DOE/EIA-0585/O, Washington, June 1994.
12. Hakes, J., *Worldwide Natural Gas Supply and Demand through 2015 and the Outlook for Global LNG Trade*, Energy Information Administration, Senate Energy and Natural Resources Committee, July 1997.
13. American Gas Association, *A Comparison of Carbon Dioxide Emissions Attributable to New Natural Gas and All-Electric Homes*, Oct. 31, 1990.
14. Office of Industrial Technologies, U.S. Department of Energy, *High-efficiency direct-contact water heater*, Washington, August 2001.
15. Energy Information Administration, *Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2000*, DOE/EIA-0573(2000), Washington, January 2001.
16. Union of Concerned Scientists, *Cars and Trucks and Air Pollution*, 1998.
17. National Environmental Trust (NET), *Cleaning up Air Pollution from America's Power Plants*, 2002.
18. Σταμπολής, Κ., Μανιατάκης, Δ, κ.α., *Η αγορά ενέργειας στην Ελλάδα*, ICAP, ΔΗΛΟΣ Επικοινωνίες, Αθήνα.
19. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, <http://www.rae.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
20. Φυσικό Αέριο Αττικής, <http://www.aerioattikis.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
21. Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε., *Απολογισμός 2003*, Αθήνα, 2004.
22. Εταιρία Παροχής Αερίου Θεσσαλίας, <http://www.epathessalia.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
23. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, <http://www.ypexode.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
24. ΕΡΓΚΑΖ Α.Ε., <http://www.ergaz.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.

25. National Observatory of Athens, *National Inventory Report 2005: Executive summary*, Athens, 2005.
26. Πατλιτζιάνας, Δ. Κ., Δούκας, Χ., Παπαδοπούλου, Α., και Ψαρράς Ι., *Διερεύνηση Δυνατοτήτων Αντιμετώπισης των Επιδράσεων της Κλιματικής Αλλαγής στην Ηλεκτροπαραγωγή*, ΤΕΕ, Δημερίδα Λιγνίτης και φυσικό αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή της χώρας, 9-10 Ιουνίου 2005.
27. National Observatory of Athens, *Projections of GHG emissions – Policies and Measures for reducing GHG emissions*, Athens, 2005.
28. Energy source, <http://www.naturalgas.com/>
29. Kantor Capital, *Ετήσια ενεργειακή επισκόπηση*, 2004.
30. Σπανόπουλος, Κ., *Ποιότητα της ατμόσφαιρας στις αστικές περιοχές – Νέα δεδομένα και προοπτικές*, ΤΕΕ, Ημερίδα, Αθήνα, Μάρτιος 2005.
31. EarthTrends, *Energy and Resources-Greece*, 2003.
32. Energy Information Administration, *The Basics of Underground Natural Gas Storage*, Washington, 2002.
33. Energy Information Administration, *Environmental Issues and World Energy Use*, Washington, 2004.
34. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/>, επίσημη ιστοσελίδα.
35. INOGATE, European Commission, *INOGATE 1996 – 2000*, Tacis Services, March 2001.
36. Natural Gas Supply Association, *History of Natural Gas*, 2001.
37. Natural Gas Supply Association, *Natural Gas to the Consumer*, 2002.
38. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, *Φυσικοχημικός χαρακτηρισμός ενεργειακών πρώτων υλών*, Οκτώβριος 2001.
39. Θωμαδάκης, Μ., *Τεχνολογία του φυσικού αερίου*, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εκδ. ΕΜΠ, Νοέμβριος 1999.
40. Ταμιωλάκης, Γ., *Εκτίμηση των προοπτικών διείσδυσης του φυσικού αερίου στην Ελληνική Βιομηχανία με τη βοήθεια ενεργειακών και χρηματοοικονομικών δεδομένων*, Διπλ. Εργασία ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.
41. Γκόνης, Κ., *Μελέτη χρονικά μεταβαλλόμενης ροής στο Ελληνικό σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου*, Διπλ. Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, 1999.
42. Κροκίδας, Α., *Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο*, Αθήνα, 1991.
43. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2004*, DOE/EIA-0484(2004), Washington, April 2004.
44. Μπίκος, Σ.Χ., Θεοδοσίου, Θ., *Φυσικό αέριο για βιομηχανική χρήση*, ΤΕΕ – Διείσδυση φυσικού αερίου στην αγορά ενέργειας, ΕΒΕΑ, 4 ΝΟΕ 2004.
45. Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε., <http://www.depa.gr/>, επίσημη ιστοσελίδα.
46. Περδικάκης, Β., Φώσκολος, Α., Παπανικολάου, Κ., *Οργανική γεωχημεία των ιζηματογενών πετρωμάτων*, Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργ. Ανόργανης και οργανικής γεωχημείας και οργανικής πετρογραφίας, Χανιά, 2002.