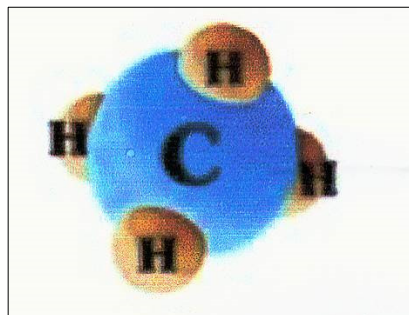


**ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**



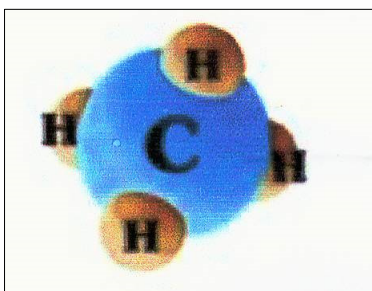
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΒΟΥΚΕΛΑΤΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:ΚΑΠΕΤΑΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ2005

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φυσικό αέριο (Φ.Α.) είναι ένα σύγχρονο αέριο καύσιμο, που επί δεκαετίες είναι σε χρήση σε πολλές χώρες του κόσμου. Ο όρος φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για να περιγράψει μίγματα αερίων υδρογονανθράκων και μη, που βρίσκονται σε υπόγειες φυσικές δεξάμενες από ιζηματογενή πετρώματα, μερικές φορές μαζί με το πετρέλαιο. Κύριο συστατικό του είναι το μεθάνιο (CH_4), το οποίο συνήθως αποτελεί το 85% με 95% του όλου. Μαζί με κάποιες πολύ μικρές ποσότητες ανόργανων αερίων, το φυσικό αέριο παίρνει την τελική μορφή για χρήση στον οικιακό, επαγγελματικό και βιομηχανικό τομέα.



Εικόνα 1. Στερεοχημικός τύπος του μεθανίου

Συγκεκριμένα το ελληνικό φυσικό αέριο ορίζεται ως προς τη σύνθεση και τις ιδιότητές του από το Νόμο 2364/95 ως εξής : «Φυσικό Αέριο ή Αέριο : Καύσιμο, σε κανονικές φυσικές συνθήκες (1,013 bar και 0 °C) αέριο, οποίο συνίσταται από μίγμα υδρογονανθράκων και εξαγεται από γεωλογικούς σχηματισμούς. Ειδικότερα, το αέριο αυτό αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (τουλάχιστον 75% κατ' όγκο) και από υδρογονάνθρακες υψηλότερου μοριακού βάρους και ενδεχομένως μικρές ποσότητες αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα, οξυγόνου και ίχνη άλλων ενώσεων και στοιχείων, στο οποίο μπορεί να έχουν προστεθεί και ωσμωτικές ουσίες. Ως φυσικό αέριο νοείται το ανωτέρω μίγμα σε οποιαδήποτε μορφή κι αν περιέλθει, με μεταβολή των φυσικών συνθηκών, όπως συμπίεση, ψύξη ή οποιαδήποτε άλλη μεταβολή».

Εδώ οφείλουμε να σημειώσουμε ότι η ακριβής τιμή της κανονικής πίεσης είναι 1,01325 bar και η κανονική θερμοκρασία 273,15 K. Επίσης αναμένεται ότι η περιεκτικότητα σε μεθάνιο θα κυμαίνεται σε ποσοστά άνω του 90% σε όγκο, κάτι που ισχύει εξάλλου σε όλες τις προηγμένες χώρες.

Ιστορική αναδρομή. Ανάπτυξη της βιομηχανίας του φυσικού αερίου.

Η ιστορία του μεθανίου ταυτίζεται με το παρελθόν του πλανήτη μας και ανάγεται σε πολύ μακρινούς χρόνους. Το μεθάνιο λοιπόν δημιουργήθηκε κάτω από ειδικές συνθήκες υγρασίας, πίεσης και θερμοκρασίας με απουσία αέρα, από την αποσύνθεση φυτικών και ζωικών οργανισμών που έζησαν σε μια δεδομένη χρονική γεωλογική περίοδο. Οι οργανισμοί αυτοί, μένοντας θαμμένοι κάτω από τα εξελισσόμενα γεωλογικά στρώματα, δημιούργησαν από την οργανική τους μάζα το φυσικό αέριο.

Τα ευρήματα της μοντέρνας βιομηχανίας του φυσικού αερίου βρίσκονται στην Φρεδονία της πολιτείας της Νέας Υόρκης. Εκεί το 1821 το φυσικό αέριο χρησιμοποιήθηκε για τον φωτισμό των δρόμων. Η μεταφορά του αερίου γινόταν μέσα σε ξύλινους σωλήνες από μια ρηχή γεώτρηση. Ωστόσο το πρώτο αναγνωρισμένο σύστημα διανομής φυσικού αερίου ολοκληρώθηκε το 1883, όπου μετέφερε φυσικό αέριο στο Πίτσμπουργκ από μια πηγή 22 km μακριά. Στο ίδιο διάστημα είχε αρχίσει η ανάπτυξη εξεύρεσης μιας πετρελαιοπηγής μαζί με «εξαρτημένο» φυσικό αέριο στο Μπακού, κοντά στην Κασπία θάλασσα. Παρ' όλα αυτά, η παραγωγή και εκμετάλλευση του φυσικού αερίου γινόταν κυρίως στις Η.Π.Α. και μόνο η Βενεζουέλα με 8% και η Σοβιετική Ένωση με 4% αναγνωρίζονταν ως παραγωγοί.

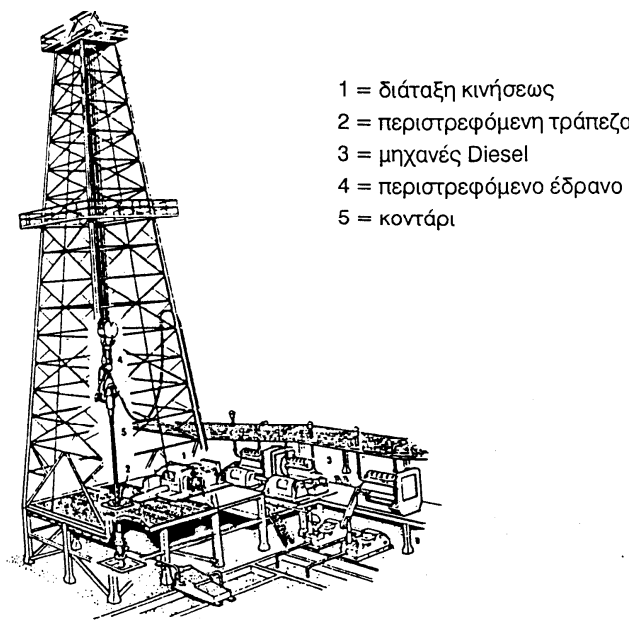
Το φυσικό αέριο εμφανιζόταν στους πρώτους κατοίκους της γης με την μορφή της φυσικής ή θειικής φωτιάς, καθώς ξεπηδώντας από σχισμές του εδάφους, αναφλεγόταν λόγω τριβής ή από κεραυνούς.

Στην αρχαία Κίνα οι επιστήμονες και οι τεχνολόγοι ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν το φυσικό αέριο σε βιομηχανική κλίμακα, για την εξάτμιση του αλατιού, στην διάρκεια των δυναστειών του Κιν (221-207 π.Χ.) και Χαν (202 π.Χ. – 9 μ.Χ.).

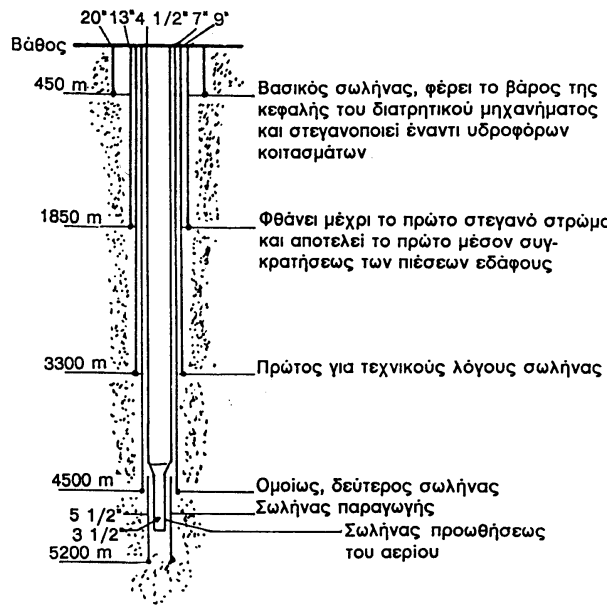
Τον Αύγουστο του 1959 η συνεργασία των Esso-Shell είχε σαν αποτέλεσμα την ανακάλυψη μιας μεγάλης πηγής φυσικού αερίου στην Ολλανδία. Η γεωλογία του εδάφους αυτής της πηγής έδειξε ότι το αέριο βρισκόταν σε πορώδεις αμμόλιθους, παγιδευμένο κάτω από ένα στεγανό στρώμα άλατος και πάνω από ένα βαθύ στρώμα κάρβουνου. Έτσι θεωρήθηκε ότι κάθε περιοχή με ένα παχύ στρώμα αλατιού πάνω από κάρβουνο μπορούσε να είναι πηγή φυσικού αερίου. Αποδείχθηκε ότι πολλές τέτοιες περιοχές βρίσκονταν στην Βόρεια θάλασσα και επομένως όλες οι χώρες παράκτια αυτής, η Ολλανδία, η Μεγάλη Βρετανία, το Βέλγιο, η Γερμανία, η Δανία και η Νορβηγία υπέγραψαν συμφωνία σχετική με τις διεκδικήσεις τους. Τον Σεπτέμβριο του 1965 η BP ανακάλυψε φυσικό αέριο 72 km ανατολικά του Humber. Όπως ήταν φυσικό, επακολούθησε γρήγορη ανάπτυξη της βιομηχανίας φυσικού αερίου στη Μεγάλη Βρετανία.

Από το 1950 και μετά η κυρίαρχη θέση των Η.Π.Α. ως ο μεγαλύτερος παραγωγός και καταναλωτής παγκοσμίως άρχισε να μειώνεται. Δύο ήταν οι αιτίες. Η μία ήταν ότι το μέγεθος των ανακαλύψεων νέων πηγών ήταν δυσανάλογο και φυσικά μικρότερο από αυτό της κατανάλωσης. Το 1968 η κατανάλωση ήταν για πρώτη φορά πιο μεγάλη από τις εφεδρείες, ενώ το 1972 η παραγωγή στις Η.Π.Α. έφτασε τη μέγιστη τιμή της, 22 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια. Η δεύτερη αιτία ήταν η εμφάνιση της Σοβιετικής Ένωσης σαν κύριος παραγωγός παγκοσμίως, καθώς η αύξηση της παραγωγής της – αν και μειωμένη στην δεκαετία του '80 – είναι ακόμη της τάξεως του 7% ετησίως.

Σημειώνεται, όπως κάπου αναφέρθηκε ο όρος «εξαρτημένο» φυσικό αέριο, ότι αυτός περιγράφει το αέριο που βρίσκεται σε στρώματα πάνω από το πετρέλαιο ή το αέριο το διαλυμένο υπό πίεση στο ακατέργαστο πετρέλαιο.



Εικόνα 2. Περιστρεφόμενο Γεωτρύπανο



Εικόνα 3. Σωλήνωση μιας γεωτρήσεως αερίου

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ Φ.Α.

1.1. Σύνθεση και ιδιότητες ορισμένων τυπικών φυσικών αερίων

Το φυσικό αέριο δεν έχει αυστηρά σταθερή σύνθεση εξαιτίας της πολύπλευρης προέλευσής του από διάφορους χώρους παραγωγής αλλά και της μεταφοράς του σε διεθνή διασυνδεδεμένα δίκτυα, στα οποία η σύνθεση και οι ιδιότητες του αερίου ελέγχονται και μετρούνται επακριβώς για τον υπολογισμό των ποσοτήτων ενέργειας και του κόστους βάσει διεθνών συμβάσεων προμήθειας.

Έτσι είναι αναγκαία η εισαγωγή ορισμένων «τυποποιημένων» αερίων «ονομαστικής» σύστασης με υπολογίσιμες ιδιότητες, τα οποία αποτελούν «αέρια αναφοράς» για τις ανάγκες σχεδιασμού και μελέτης συστημάτων φυσικού αερίου. Διευκρινίζεται ότι διεθνής τυποποίηση της ποιότητας και σύνθεσης δεν υπάρχει ακόμη. Στον Πίνακα 1 δίνονται οι συνθέσεις ενός «Τυπικού Ελληνικού Φυσικού Αερίου» ΤΕΦΑ 0 σύμφωνα με δεδομένα της Δημόσιας Επιχείρησης Αερίου (ΔΕΠΑ), ενός τυπικού ελληνικού φυσικού αερίου ΤΕΦΑ 1 όπως αυτό της ελληνικής αγοράς με αρκετές ομοιότητες με το Ρωσικό φυσικό αέριο και τέλος ενός τυποποιημένου ευρωπαϊκού αερίου ΤΥΦΑ 1 κατά τα Γερμανικά πρότυπα που η σύνθεσή του αντιστοιχεί στο Erdgas H.

Πίνακας 1. Σύνθεση τριών τυπικών φυσικών αερίων σε ποσοστό % του γραμμομοριακού όγκου. ΤΕΦΑ 0 είναι ένα Τυπικό Ελληνικό Φυσικό Αέριο μέσης σύνθεσης σύμφωνα με δεδομένα της Δημόσιας Επιχείρησης Αερίου. ΤΕΦΑ 1 είναι ένα Τυπικό Ελληνικό Φυσικό Αέριο όμοιο σε

σύνθεση με το Ρωσικό φυσικό αέριο που θα εισαχθεί στη χώρα μας. ΤΥΦΑ 1 είναι ένα Τυποποιημένο Φυσικό Αέριο με σύνθεση σύμφωνα με το Erdgas H της Γερμανίας.

α/α	Συστατικό	Τύπος	ΤΕΦΑ 0 (ΔΕΠΑ)	ΤΕΦΑ 1	ΤΥΦΑ 1
1	Μεθάνιο	CH ₄	90,000	98,272	93,200
2	Αιθάνιο	C ₂ H ₆	3,000	0,5159	2,840
3	Προπάνιο	C ₃ H ₈	2,000	0,1607	0,760
4	i-Βουτάνιο	C ₄ H ₈	-	0,0592	0,220
5	n-Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	1,000	-	-
6	i-Πεντάνιο	C ₅ H ₁₂	0,500	0,0157	0,080
7	n-Πεντάνιο	n-C ₅ H ₁₂	-	-	-
8	Εξάνιο	C ₆ H ₁₄	-	0,0055	0,040
9	Επτάνιο	C ₇ H ₁₆	-	0,0016	0,020
10	Οκτάνιο	C ₈ H ₁₈	-	0,0009	-
11	Άζωτο	N ₂	2,500	0,8858	2,550
12	Διοξ. άνθρακα	CO ₂	1,000	0,0668	0,280
13	Ήλιο	He	-	0,0157	-
14	Βενζόλιο	C ₆ H ₆	-	-	0,010

Υπό τη σύνθεση αυτή και υπό κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας ($P_n = 101.325$ Pa = 1,01325 bar και $T_n = 273,15$ K = 0 °C) τα τυπικά φυσικά αέρια ΤΕΦΑ 0 και 1, ΤΥΦΑ 1 έχουν τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Οι κυριότερες χαρακτηριστικές ιδιότητες των τριών τυπικών φυσικών αερίων.

Ιδιότητα	ΤΕΦΑ 0	ΤΕΦΑ 1	ΤΥΦΑ 1
Σχετική μοριακή μάζα M σε kg/mol	18,305	16,323	17,221
Γραμμομοριακός όγκος V_m σε m ³ /mol	22,349	22,364	22,359
Πυκνότητα ρ_n σε kg/m ³	0,819	0,7298	0,7701
Σχετική πυκνότητα d_n σε σχέση με τον αέρα	0,633	0,564	0,595
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη H_o σε MJ/m ³	42,157	39,78	40,45
Ειδική θερμοχωρητικότητα C_p σε kJ/kg *K	2,013	2,164	2,088
Ισεντροπικός εκθέτης γ	1,273	1,308	1,298
Δυναμικό ιξώδες μ σε kg/ms	10,02*10 ⁻⁶	10,23*10 ⁻⁶	10,54*10 ⁻⁶

Η σύνθεση του «ελληνικού» φυσικού αερίου στον τελικό καταναλωτή μεταβάλλεται μέσα σε περιορισμένα όρια μερικών ποσοστιαίων μονάδων, κι αυτό γιατί η προμήθειά του γίνεται από διαφορετικές χώρες – Αλγερία και Ρωσία – με κατάληξη στα διυλιστήρια του Ασπρόπυργου (ΕΛΔΑ) στην Αττική, όπου γίνεται η τελική μίξη και διοχέτευση στο εθνικό δίκτυο διανομής κυρίως για την περιοχή της Αττικής. Στις τροφοδοτούμενες από τον

κεντρικό αγωγό μεταφοράς περιοχές (Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλος κλπ) αντίθετα, διοχετεύεται το αέριο ρωσικής προελεύσεως. Ανάλογα με τις ανάγκες της κατανάλωσης και τη διαθεσιμότητα του φυσικού αερίου, η σύνθεσή του κυμαίνεται μεταξύ του Αλγερινού και του Ρωσικού αερίου. Γι' αυτό τελικά δεν είναι δυνατή μια απόλυτα σταθερή σύνθεση του ελληνικού αερίου στον καταναλωτή. Αυτό συμβαίνει επίσης σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες, επειδή το ευρωπαϊκό φυσικό αέριο διακινείται σε διακρατικό, διασυνδεδεμένο δίκτυο, στο οποίο εισρέουν αέρια αντλούμενα σε διάφορες χώρες (Ρωσία, Γερμανία, Αγγλία, Νορβηγία, Ιταλία, Αλγερία, Ολλανδία κα). Τονίζεται και πάλι ότι, η μεταβολή της σύνθεσης είναι μικρή και πάντα με χαρακτηριστικό ότι η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από 90% σε όγκο.

Στη συνέχεια δίνεται επίσημα από τη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) πίνακας με την κατ' όγκον σύσταση του Ρωσικού (σε 20 °C και 101.325 Pa) και Αλγερινού Φ.Α. (σε 0 °C και 101.325 Pa). Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΔΕΠΑ η μεταβολή της σύστασης του Ελληνικού φυσικού αερίου κυμαίνεται μεταξύ των τιμών που δίνει ο Πίνακας 3.

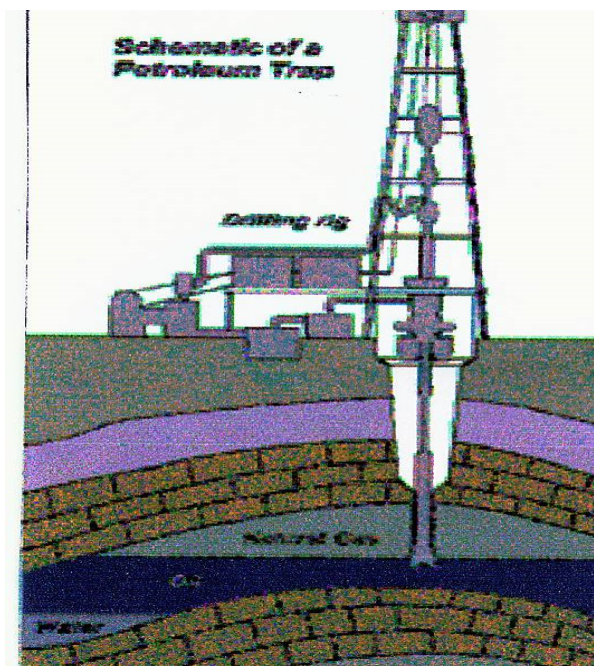
Πίνακας 3. Μεταβολή (%) της σύστασης του Ελληνικού φυσικού αερίου

Συστατικό	Ρωσικό Φ.Α.			Αλγερινό Φ.Α.		
	min %	max %	Τυπική Σύσταση (mole)	min %	max %	Τυπική Σύσταση (mole)
1. Μεθάνιο, CH ₄	85,0	-	98	85,76	96,61	92,09
2. Αιθάνιο, C ₂ H ₆	-	7,00	0,70	3,21	8,55	6,23
3. Προπάνιο, C ₃ H ₈	-	3,00	0,21	-	3,01	0,71
4. Βουτάνιο, C ₄ H ₁₀	-	2,00	0,08	-	0,70	0,06
5. Ισοβουτάνιο, i-C ₄ H ₁₀	-	-	-	-	0,52	0,05
6. Πεντάνιο, C ₅ H ₁₂	-	1,00	0,07	-	0,23	-
7. Διοξ. Άνθρακα, CO ₂	-	3,00	0,12	-	-	-
8. Αζωτο, N ₂	-	5,00	0,82	0,18	1,24	0,86
9. Οξυγόνο, O ₂	-	0,02	-	-	-	-
10. Υδροθείο, H ₂ S, mg/m ³	-	5	5,4	-	0,83	0,5 ppm vol
11. S μερκαπτανών, mg/m ³	-	15	16,1	-	2,3	2,3
12. Ολικό θείο, S, mg/m ³	-	60	64,4	-	30	30
13. Α.Θ.Δ. Κ.Θ.Δ. kcal/m ³	9.230	9.875	9.524 8.586	9.600	10.832	10034 9014
14. Δείκτης Wobbe, W	10.850	12.000	-	-	-	-
15. Σημείο δρόσου για υδρογονάνθρακες	-	< 0 °C σε 50 bar	-	-	-	-

16. Σημείο δρόσου για νερό	-	< -8 °C σε 40,2 bar	-	-	-	-
----------------------------	---	---------------------------	---	---	---	---

1.2. Προέλευση και χρήσεις του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο συναντάται σαν κοίτασμα με μορφή μίγματος αερίων υδρογονανθράκων σε ελεύθερη μορφή ή διαλυμένων υδρογονανθράκων σε νερό και πετρέλαιο ή απορροφημένων από πετρώματα. Με κριτήριο την προέλευση διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: το «συμβατικό», που είναι άμεσα απολήψιμο με γεωτρήσεις, και το «μη συμβατικό», που περιέχεται σε άμμους και σχιστόλιθους.



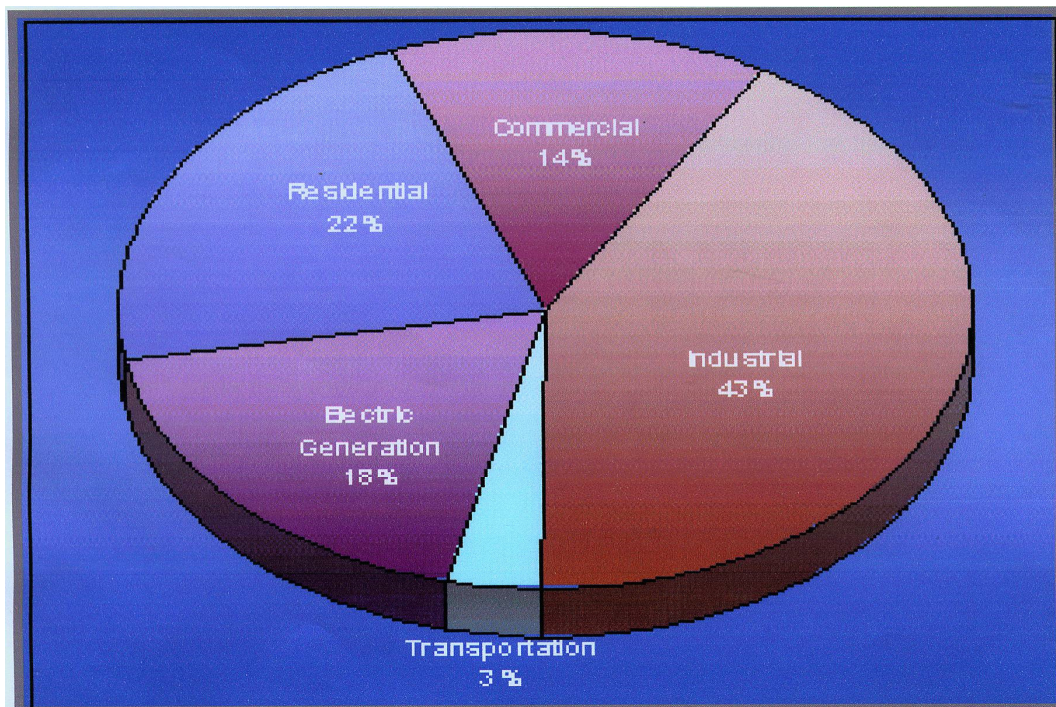
Εικόνα 4. Προέλευση φυσικού αερίου

Η πρώτη κατηγορία είναι το φυσικό αέριο που παράγεται σήμερα και θα εξακολουθεί να είναι η κύρια μορφή αερίου τουλάχιστον μέχρι την αρχή του επόμενου αιώνα. Το συμβατικό φυσικό αέριο διακρίνεται παραπέρα, σε ότι αφορά την εκμετάλλευσή του, στο «συναρτημένο» (associated) με το πετρέλαιο και στο «μη συναρτημένο» (non associated) αέριο. Το συναρτημένο είναι παραπροϊόν της άντλησης του πετρελαίου που παράγεται

κατά την άντλησή του. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το συναρτημένο φυσικό αέριο καίγεται στον αέρα σαν άχρηστο για λόγους οικονομοτεχνικούς ή ακόμη και για λόγους ληστρικής εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος πετρελαίου. Χαρακτηριστικά, εκτιμάται ότι το 1980 το ένα δέκατο της παγκόσμιας παραγωγής Φ.Α. κάηκε στον αέρα, κυρίως στην Αφρική και τη Μέση Ανατολή, γεγονός που δεν συνεχίζεται σήμερα ένεκα της γενικότερης ορθολογικοποίησης των μεθόδων παραγωγής και εκμετάλλευσης.

Οι βασικές χρήσεις του Φ.Α. είναι δύο : ως καύσιμο και ως πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Το φυσικό αέριο αποτελεί καύσιμο, είτε «πρωτογενές» για την παραγωγή θερμότητας και την άμεση υποκατάσταση του ηλεκτρισμού είτε «δευτερογενές» για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Σαν πρωτογενές καύσιμο χρησιμοποιείται άμεσα για οικιακές και εμπορικές χρήσεις (μαγείρεμα, θέρμανση νερού και χώρων κλπ) και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις και διεργασίες (τσιμεντοβιομηχανίες, υαλοργάνες κλπ). Σαν βιομηχανική πρώτη ύλη χρησιμοποιείται για την παραγωγή μιας σειράς προϊόντων, από πλαστικά υλικά μέχρι λιπάσματα, μεθανόλη και πολυολεφίνες. Διάφορες χρήσεις του Φ.Α., οι οποίες είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρες, υπάρχουν στις βιομηχανίες τσιμέντου (περιστροφικοί κλίβανοι παραγωγής κλίνκερ), μετάλλων (φούρνοι τήξεως, ανόπτησης, βαφής, ομογενοποίησης κλπ), ύαλου (φούρνοι παραγωγής γυαλιού), οικοδομικών υλικών (παραγωγή τούβλων, κεραμικών, άσβεστου), μεταλλικών κατασκευών, ηλεκτρικών συσκευών και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράσεις. Η χρήση αυτή εκτιμάται σε συνολικά 6% της παγκόσμιας κατανάλωσης Φ.Α.

Η χρήση του Φ.Α. επεκτείνεται και στην κίνηση αυτοκινήτων, κυρίως λεωφορείων και φορτηγών, επειδή σε σύγκριση με το πετρέλαιο απορρίπτει καθαρότερα καυσαέρια. Υπολογίζεται ότι οι κινητήρες Φ.Α. παράγουν κατά 80% λιγότερα οξειδία του αζώτου (NO_x) και υδρογονάνθρακες (CH), καθώς και 50% λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) σε σύγκριση με τους κινητήρες Diesel, ενώ πολύ σημαντική είναι και η μείωση των εκπεμπόμενων σωματιδίων. Βασικά προβλήματα ωστόσο υπάρχουν στο μειωμένο βαθμό απόδοσης των κινητήρων και στην αποθήκευση καυσίμων (φιάλες υψηλής πίεσης 200 bar και όγκου 120 lit), γι' αυτό απαιτείται και υψηλή υποδομή τροφοδοσίας. Ήδη στην Ελλάδα πραγματοποιείται η κυκλοφορία λεωφορείων «αεριοκίνησης» με χρήση Φ.Α. με δεξαμενές υψηλής πίεσης (CNG : compressed natural gas, συμπιεσμένο φυσικό αέριο).



*Commercial=Εμπορική Χρήση, Residential=Οικιακή Χρήση, Electric Generation=Ηλεκτροπαραγωγή,
Transportation=Μεταφορική Χρήση, Industrial=Βιομηχανική Χρήση*

Εικόνα 5. Ποσοστά επί τοις εκατό (%) των χρήσεων του φυσικού αερίου

1.3. Παγκόσμια αποθέματα και κατανάλωση φυσικού αερίου

1.3.1 Νέα αποθέματα φυσικού αερίου

Οι επιστήμονες έχουν ανακαλύψει δύο διαφορετικές ζώνες αποθεμάτων υδρογονανθράκων. Η μία είναι σχετικά ρηχή και περιέχει πετρέλαιο και φυσικό αέριο, ενώ η άλλη είναι πολύ βαθύτερη (κάτω από 15.000 ft ή 4500 m) και περιέχει περισσότερο φυσικό αέριο. Μεγάλες ποσότητες αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου βρίσκονται κάτω από 15.000 ft (4500 m). Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στα βάθη αυτά διασπούν το αργό πετρέλαιο σε αέριους υδρογονάνθρακες.

Η ανακάλυψη της βαθιάς ζώνης δεν είναι η μόνη που έχει αυξήσει τα αποθέματα φυσικού αερίου. Επιπρόσθετα, έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνικές εξερεύνησης για τον ακριβή εντοπισμό των αποθεμάτων. Σήμερα, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές μπορούν να επεξεργαστούν την ηχώ από χιλιάδες σειсмоγραφικές δονήσεις, με σκοπό την ανακάλυψη περισσότερων αποθεμάτων φυσικού αερίου. Με τον τρόπο αυτό, οι εταιρείες εξερεύνησης έχουν εντοπίσει αποθέματα, τα οποία δεν θα μπορούσαν να εντοπιστούν πριν από μερικά χρόνια.

1.3.2 Παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου

Τα συνολικά εκμεταλλεύσιμα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου, είναι πάνω από 113 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (Εικόνα 6). Από την εικόνα αυτή, βλέπουμε ότι η πρώην Σοβιετική Ένωση διαθέτει το μεγαλύτερο απόθεμα, περί τα 45 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ή 38.02%. Το δεύτερο μεγαλύτερο απόθεμα φυσικού αερίου, διαθέτουν οι χώρες της Μέσης Ανατολής (OPEC). Η πρώην Σοβιετική Ένωση και η Μέση Ανατολή, διαθέτουν μαζί τα 2/3 των παγκοσμίων αποθεμάτων. Αυτό σημαίνει, ότι το εμπόριο μεταξύ των περιοχών αυτών και των κύριων καταναλωτών φυσικού αερίου (ιδιαίτερα Ευρώπη και Ιαπωνία), θα αυξηθεί σημαντικά μέσα στα επόμενα 15 χρόνια. Η αυξανόμενη χρήση φυσικού αερίου, θα βοηθήσει στη μείωση των εισαγωγών άλλου είδους ενέργειας, καθώς και των περιβαλλοντικών προβλημάτων σχετικά με την καύση των άλλων φυσικών καυσίμων υδρογονανθράκων.

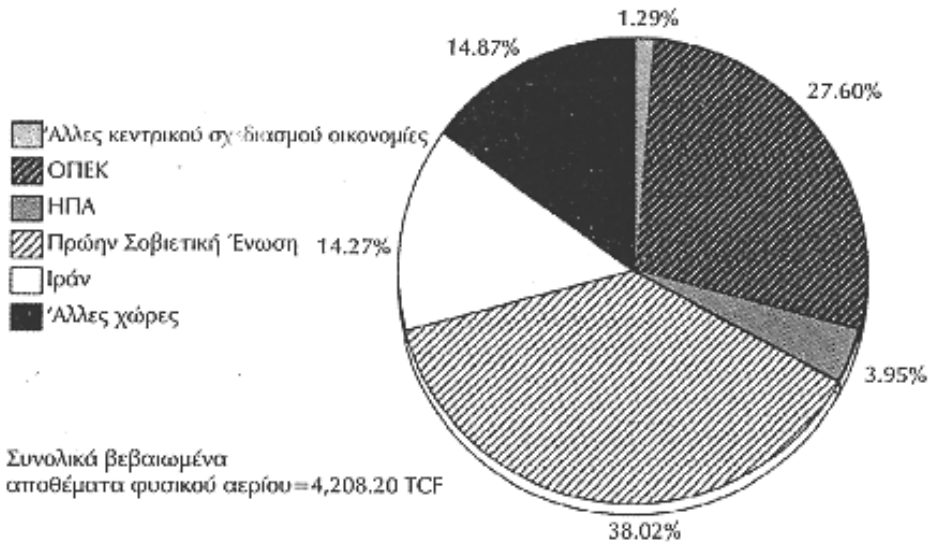
Η μελλοντική κατανομή φυσικού αερίου θα επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες. Ορισμένοι από αυτούς είναι, η τιμή σχετικά με τις τιμές των άλλων ενεργειακών πηγών, η διαθεσιμότητα κεφαλαίου για την ανάπτυξη νέων πηγών και κατασκευής συστημάτων διανομής, η ανάπτυξη ανταγωνιστικών αγορών και η ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων. Σημειώσατε ότι, τα παγκόσμια ενεργειακά αποθέματα φυσικού αερίου αυξάνονται κάθε χρόνο.

1.3.3 Παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου

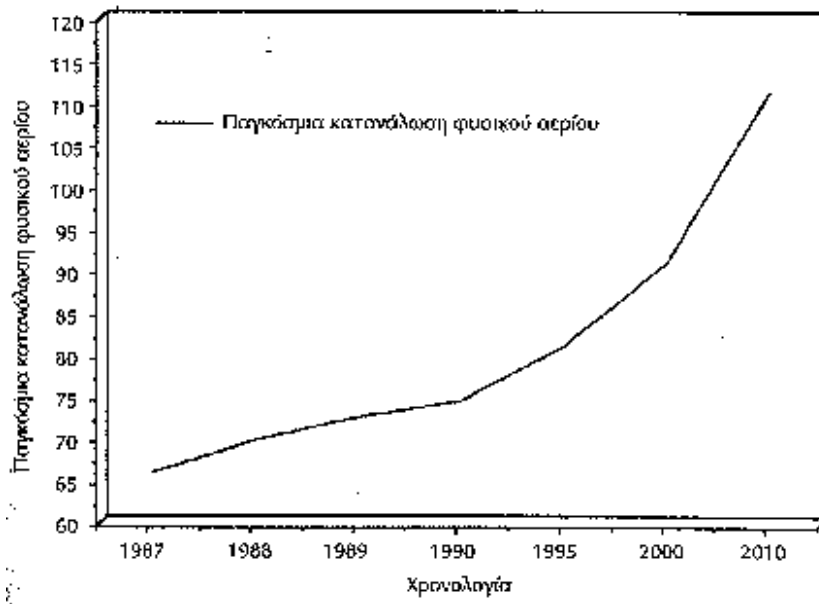
Η παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου αναμένεται να αυξηθεί δραματικά μέχρι το έτος 2010 (Εικόνα 7). Σύμφωνα με τις προβλέψεις, το φυσικό αέριο μπορεί να αποτελέσει την ταχύτερα αυξανόμενη ενεργειακή πηγή παγκοσμίως. Το συνολικό μερίδιο κατανάλωσης φυσικού αερίου, μπορεί να μεταβεί από το 1/5 της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας, περίπου στο 1/4 αυτής κατά το έτος 2010. Από την εικόνα 7, προκύπτει ότι η κατανάλωση φυσικού αερίου προβλέπεται να αυξηθεί από 1,86 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το 1987, σε περίπου 3,14 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2010. Αυτό αντιστοιχεί σε ετήσια αύξηση 2.5%.

Ένας λόγος για τον προβλεπόμενο αυτό ρυθμό αύξησης, είναι ότι οι εκτιμήσεις για τα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου συνεχίζουν να αυξάνονται. Επί πλέον, η τεχνολογική πρόοδος προσδίδει μεγάλες προσδοκίες στη χρήση του φυσικού αερίου. Οι τεχνολογικές αυτές εξελίξεις έχουν αυξήσει το βαθμό απόδοσης της καύσης του φυσικού αερίου. Επομένως, είναι πολύ πιθανή η μελλοντική χρήση φυσικού αερίου από τις ηλεκτρικές εταιρείες.

Παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου (τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια)



Εικόνα 6. Τα συνολικά εκμεταλλεύσιμα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου, είναι 4.208 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια ή 120 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Η πρώτη Σοβιετική Ένωση διαθέτει το μεγαλύτερο μερίδιο της ποσότητας αυτής, ακολουθούμενη από τις χώρες της Μέσης Ανατολής .



Εικόνα 7. Η παγκόσμια κατανάλωση φυσικού αερίου, αναμένεται να αυξηθεί με ετήσιο ρυθμό 2,5%, μέχρι το έτος 2010

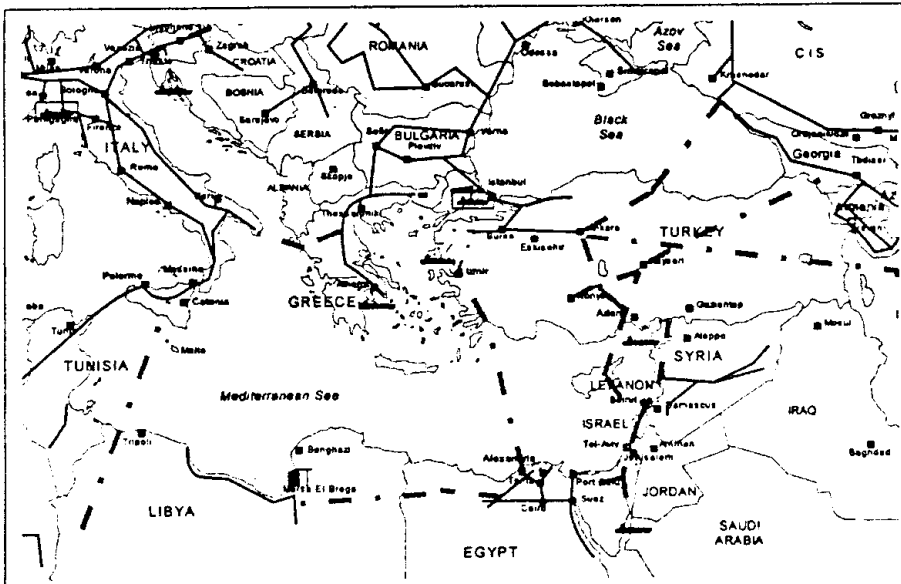
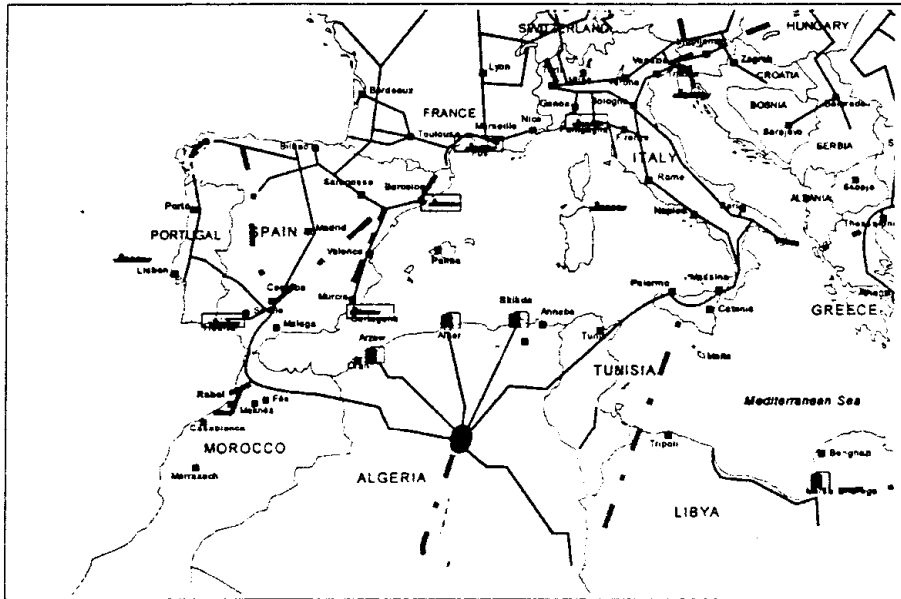
1.4. Διακίνηση του φυσικού αερίου

Το εμπόριο του φυσικού αερίου άρχισε να αναπτύσσεται περίπου πριν δύο δεκαετίες και κύρια χωρίς μεγάλη συμμετοχή των πολυεθνικών εταιριών ενέργειας, τόσο στην παραγωγή όσο και στη διακίνηση. Ο λόγος γι' αυτήν την καθυστέρηση ήταν είτε η αδιαφορία τους για την αξιοποίηση του Φ.Α. τη στιγμή που θα αύξανε το κόστος απόληψης του πετρελαίου που γι' αυτές ήταν άμεσα κερδοφόρο, είτε τα τεράστια κονδύλια που απαιτεί η μεταφορά του αερίου. Η διακρατική διακίνηση του φυσικού αερίου γίνεται σε αέρια κατάσταση με αγωγούς μεγάλων διαμέτρων (μέχρι και 2 m) ή με υγροποίηση και μεταφορά του σε υγρή κατάσταση με ειδικά «κρουγενικά» πλοία. Σχετικά πρόσφατα έχει αρχίσει επίσης η μεταφορά υγροποιημένου Φ.Α. με αγωγούς μεταφοράς.

Η εισαγωγή του Φ.Α. στην Ελλάδα είναι επακόλουθο της τεράστιας ανάπτυξης της «Βιομηχανίας Φυσικού Αερίου» τα τελευταία 30 έως 40 χρόνια στην Ευρώπη με αύξηση των εξαγωγών των αεριοπαραγωγών χωρών. Έτσι, το πρώτο σύστημα μεταφοράς υγροποιημένου Φ.Α. με κρουγενικά πλοία από την Αλγερία ξεκίνησε το 1965 προς την Αγγλία και το σύστημα αγωγών μεταφοράς από την Σοβιετική Ένωση ολοκληρώθηκε το 1973-74 καταρχήν προς Γερμανία και αργότερα προς Ιταλία. Το 1970 άρχισε η εξαγωγή υγροποιημένου Φ.Α. από Λιβύη προς Ισπανία και Ιταλία, ενώ το 1977 ένα σύστημα μεταφοράς συνέδεσε την Ολλανδία με Γερμανία, Ελβετία και Ιταλία.

Τα παραπάνω αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα της ανάπτυξης του δικτύου μεταφοράς Φ.Α. που από 75.000 km το 1970 έφθασε τα 130.000 km το 1980. μέχρι τότε η «ροή» ήταν από Βορρά προς Νότο, η οποία όμως αντισταθμίζεται βαθμιαία με τη ροή εξαγωγών από την Βόρεια Αφρική προς την Ευρώπη με δίκτυα μεταφοράς από την ενδοχώρα μέχρι τις εγκαταστάσεις υγροποίησης σε διάφορους τερματικούς σταθμούς και την μεταφορά με κρουγενικά πλοία. Σ' αυτή τη τάση αποτελεί τεχνικό επίτευγμα ο πρώτος «κρουγενικός» αγωγός υποθαλάσσιας μεταφοράς που συνέδεσε τη Τύνιδα με την Σικελία, ενώ άρχισε τελευταία η κατασκευή και δεύτερου μεταξύ Λιβύης και Σικελίας (μήκους 520 Km).

Αποτέλεσμα όλης αυτής της ανάπτυξης είναι το 1995 το συνολικό μήκος των αγωγών μεταφοράς στην Ευρώπη να φθάνει περίπου τα 174.000 km (χωρίς τα δίκτυα διανομής) και το ίδιο έτος η ζήτηση αερίου να φθάνει τα 334 δισεκατομμύρια m^3 ετησίως. Σ' αυτό το πλαίσιο αρχίζει και αναπτύσσεται ένα «μεσογειακό δίκτυο» διακίνησης Φ.Α. με αναμενόμενο αποτέλεσμα τη διασύνδεση όλων των μεσογειακών χωρών με κύριους τροφοδότες τις χώρες της Βόρειας Αφρικής. Ο ρυθμός υλοποίησης αυτής της προοπτικής εξαρτάται ασφαλώς και από τις πολιτικές εξελίξεις στην ευρύτερη αυτή περιοχή.



Εικόνα 8. Μεσογειακό δίκτυο μεταφοράς και διακίνησης φυσικού αερίου (Αερίου και Υγροποιημένου)

1.5. Πλεονεκτήματα της χρήσης φυσικού αερίου

Η χρήση του Φ.Α. ως βασικού καυσίμου, που θα αντικαταστήσει τα υπάρχοντα καύσιμα, αναμένεται να έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

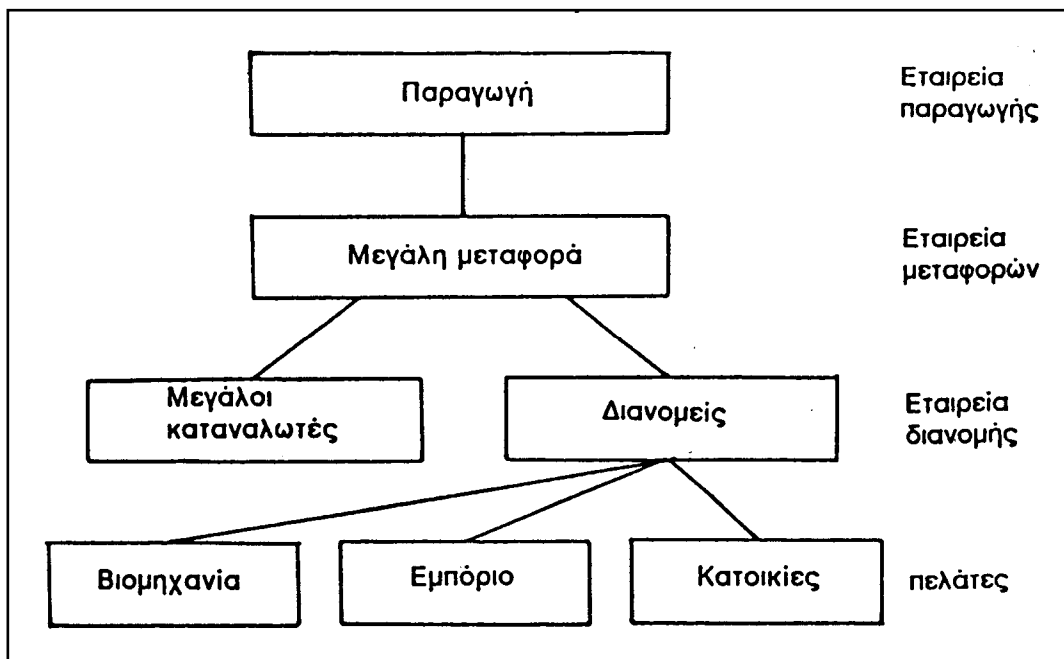
- 1) Μείωση του ενεργειακού κόστους, δηλαδή χαμηλότερη τιμή καυσίμου στην ίδια θερμοδική βάση και υψηλότερη θερμοκή απόδοση κατά την καύση

- 2) Μείωση των λειτουργικών εξόδων (μεταφοράς, αποθήκευσης, προθέρμανσης του καυσίμου), καθώς και μείωση της ανάγκης συντήρησης των συσκευών χρησιμοποίησης Φ.Α.
- 3) Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και δυνατότητα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας – ατμού σε μονάδες καύσης αερίου υψηλού βαθμού απόδοσης και χαμηλότερου κόστους
- 4) Καθαρότερη περιβαλλοντικά καύση και αποφυγή δαπανηρών επενδύσεων για περιβαλλοντικό εξοπλισμό
- 5) Λιγότερη εκπομπή ρύπων διοξειδίου του θείου από το Diesel έως και 700 φορές
- 6) Μείωση της διάβρωσης κτιρίων και μνημείων που επηρεάζονται καταστροφικά σήμερα από την καύση πετρελαιοειδών
- 7) Παραγωγή ποιοτικά αναβαθμισμένων προϊόντων στις βιομηχανίες εκείνες όπου η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου καυσίμου έχει άμεση επίπτωση στην ποιότητα του τελικού προϊόντος (π.χ. κεραμοποιίες, υαλουργίες, κλπ)
- 8) Εξασφάλιση ανώτερης ποιότητας ζωής και πιο άνετων οικογενειακών και εμπορικών προϋπολογισμών
- 9) Εξοικονόμηση συναλλάγματος για την χώρα μας

2. **ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΔΙΑΝΟΜΗ Φ.Α.**

Με βάση τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου, που αναφέρθηκαν στην 1^η ενότητα και εξαιτίας της προσπάθειας απεξάρτησης της οικονομίας από το πετρέλαιο, με εύρεση άλλων πηγών ενέργειας, η θέση αυτού (Φ.Α.) ισχυροποιήθηκε και η χρήση του σε αρκετούς τομείς τριπλασιάστηκε. Είναι γνωστό ότι το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό, ενεργειακό (ηλεκτροπαραγωγή), μεταφορών, πετροχημικό και αστικό τομέα. Η ενότητα αυτή θα ασχοληθεί μόνο με τον αστικό τομέα και συγκεκριμένα με τις συσκευές και συστήματα θέρμανσης αυτού. Πώς όμως γίνεται η μεταφορά και η διανομή μέχρι τα συστήματα και συσκευές αστικής χρήσεως.

Σε γενικές γραμμές η μεταφορά και διακίνηση του φυσικού αερίου έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος



Εικ

όνα 9. Διαχείριση φυσικού αερίου

Συγκεκριμένα το ελληνικό σύστημα μεταφοράς και διανομής αποτελείται σήμερα, αφενός μεν από τον κεντρικό αγωγό, τους κλάδους μεταφοράς υψηλής πίεσης και το σύστημα διανομής με τα δίκτυα μέσης και χαμηλής πίεσης, και αφετέρου τον Τερματικό Σταθμό υποδοχής υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) στη Ρεβυθούσα.

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς φυσικού αερίου υψηλής πίεσης έρχεται από την Ρωσία υπογείως και ξεκινά στη χώρα μας από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα καταλήγοντας στην Αττική, έχοντας διανύσει απόσταση 512 χιλιομέτρων.

Οι κλάδοι μεταφοράς υψηλής πίεσης, συνολικού μήκους 440 χιλιομέτρων, αναπτύσσονται από τους σταθμούς παραλαβής μέχρι τα αστικά κέντρα κατανάλωσης (Ανατολική Μακεδονία, Θράκη, Θεσσαλονίκη, Βόλο και Αττική).



Εικόνα 10. Δίκτυο του Φυσικού αερίου από τον κεντρικό αγωγό στις θέσεις κατανάλωσης

Τα δίκτυα μέσης πίεσης ή δίκτυα κατανομής συνολικού μήκους 170 χιλιομέτρων που αναπτύσσονται σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο, Οινόφυτα, Πλατύ Ημαθίας, Σέρρες, Ξάνθη, Καβάλα, ΒΙΠΕ Κομοτηνής.

Και τα δίκτυα χαμηλής πίεσης συνολικού μήκους 3500 χιλιομέτρων, που τροφοδοτούν τους καταναλωτές, αναπτύσσονται σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο και Κομοτηνή.

Η πύλη εισόδου του φυσικού αερίου στη χώρας μας είναι ο Μετρητικός Σταθμός Σιδηροκάστρου, 12 χιλιόμετρα από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα, σκοπός του οποίου είναι η παραλαβή του Ρωσικού φυσικού αερίου και ο προσδιορισμός της ποσότητας και ποιότητας αυτού.

Το δίκτυο του φυσικού αερίου περιλαμβάνει ακόμα :

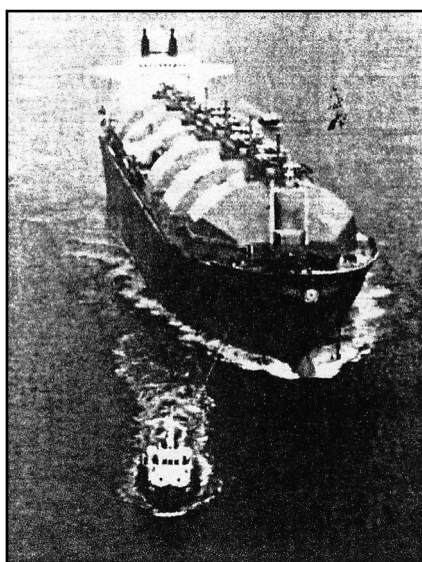


Εικόνα 11. Μετρητικός

Σταθμός Σιδηροκάστρου

- 1) Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς Σταθμούς που μετρούν και ρυθμίζουν την πίεση του αερίου στο σύστημα μεταφοράς.

- 2) Τέσσερα Κέντρα Ελέγχου Λειτουργίας και Συντήρησης που παρέχουν την τεχνική υποστήριξη στη διαχείριση του αερίου. Τα κέντρα αυτά βρίσκονται στη Θεσσαλονίκη, στη Λάρισα, στο Πάτημα Ελευσίνας Αττικής και στην Ξάνθη.
- 3) Το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου που βρίσκεται στο Πάτημα και είναι «υπεύθυνο» για την ομαλή λειτουργία του συστήματος μεταφοράς σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια. Ένα αντίστοιχο εφεδρικό κέντρο είναι το κέντρο λειτουργίας της Θεσσαλονίκης.
- 4) Σταθμούς Δικλείδων Αγωγού σε όλο το μήκος του συστήματος μεταφοράς, που παρέχουν τη δυνατότητα απομόνωσης τμημάτων του αγωγού από το υπόλοιπο σύστημα.



Εικόνα 12. Κρυογενικά πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG)

Η δεύτερη πύλη εισόδου του φυσικού αερίου στη χώρα μας είναι ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα που βρίσκεται στον κόλπο των Μεγάρων. Εκεί καταλήγουν τα κρυογενικά δεξαμενόπλοια (Εικόνα 13) που μεταφέρουν το υγροποιημένο φυσικό αέριο σε θερμοκρασία $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ και πίεση 1 ατμόσφαιρας, από την Αλγερία. Στις εγκαταστάσεις ελλιμενισμού της νήσου γίνεται η υποδοχή των πλοίων αυτών και με τη βοήθεια δύο βραχιόνων των αγωγών διαμέτρου 12 ιντσών (2x304,8 mm) αρχίζει η εκφόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου και η αποθήκευσή του στις δύο ειδικές δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 130.000 m^3 (65.000 m^3 η κάθε μία).



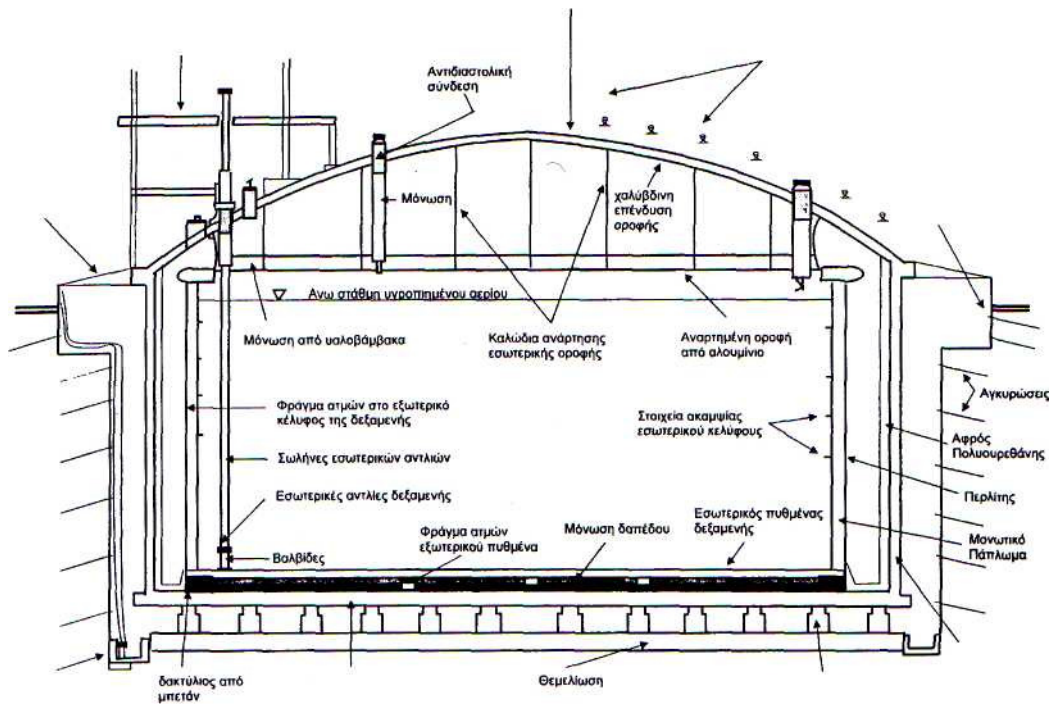
Εικόνα 13. Τερματικός Σταθμός Ρεβυθούσας

Στη συνέχεια το υγροποιημένο αέριο επανααεριοποιείται με τη βοήθεια τεσσάρων αεριοποιητών δύο ανοικτού τύπου και δύο καύσεως εμβαπτισμένου τύπου. Τέλος, μεταφέρεται μέσω διδύμου υποθαλάσσιου αγωγού στον Μετρητικό Σταθμό της Αγίας Τριάδας, όπου ελέγχεται η ποσότητα και η ποιότητά του και από εκεί πηγαίνει στα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου (ΕΛΔΑ), από όπου, μαζί με το Ρωσικό αέριο, αρχίζει η διανομή στα δίκτυα κατανομής.

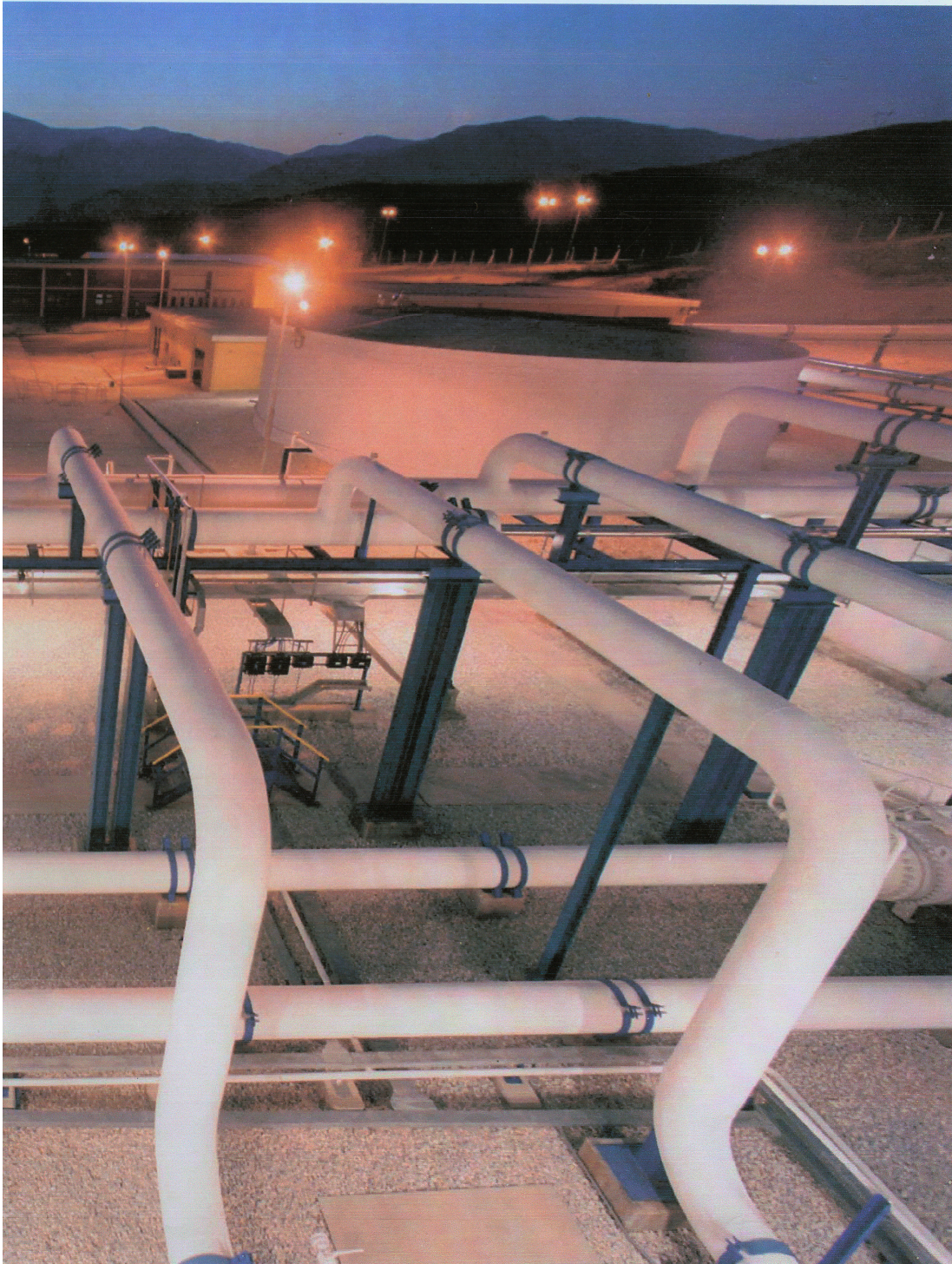
Στα επόμενα σχήματα φαίνονται :

α) Σχηματική τομή δεξαμενής 65.000 m³ του τερματικού σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου Ρεβυθούσας (Εικόνα 14).

β) Εικόνα από τα διυλιστήρια Ασπροπύργου. (Εικόνα 15)



Εικόνα 14. Δεξαμενή Τερματικού Σταθμού Ρεβυθούσας



Εικόνα 15. Διυλιστήριο Ασπροπύργου

2.1 *Μορφολογία συστημάτων διακίνησης φυσικού αερίου*

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διακίνησης φυσικού αερίου, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αποτελείται κατά κανόνα από το δίκτυο μεταφοράς (υψηλή πίεση 60-70 bar), το δίκτυο διανομής μέσης πίεσης ή δίκτυο κατανομής (μέση πίεση 19-21 bar) και το δίκτυο διανομής χαμηλής πίεσης (4-0,1 bar).

Το δίκτυο μεταφοράς (κεντρικός αγωγός και κλάδοι) μεταφέρει με υψηλή πίεση το φυσικό αέριο, έως τους σταθμούς μείωσης. Στους σταθμούς μείωσης η πίεση του αερίου υποβιβάζεται σε μέση πίεση και από την έξοδο του σταθμού αρχίζει το δίκτυο κατανομής, όπου και το αέριο «κατανέμεται» στις τροφοδοτούμενες περιοχές. Η μορφή του δικτύου κατανομής ποικίλλει και εξαρτάται από την περιοχή, που θα τροφοδοτεί (αστική ή βιομηχανική) αλλά και από άλλους παράγοντες (κλάσεις πιέσεων λειτουργίας, μορφή δικτύου διανομής). Οποιαδήποτε και εάν είναι η μορφή του δικτύου κατανομής πάντοτε καταλήγει στους σταθμούς του τομέα, όπου μειώνεται η πίεση και οριοθετείται η αρχή του δικτύου διανομής.

Τομέας λειτουργίας ονομάζεται κάθε γεωγραφικό τμήμα στο οποίο χωρίζεται το σύστημα διανομής φυσικού αερίου. Τα κοινά χαρακτηριστικά ενός τομέα είναι, ότι αποτελείται από ένα σύνολο διασυνδεδεμένων αγωγών, είναι απομονώσιμος, όλα τα δομικά στοιχεία του διαρρέονται από την ίδια πίεση και είναι ανεξάρτητος από τους γειτονικούς του τομείς της ίδιας κλάσης πίεσης.

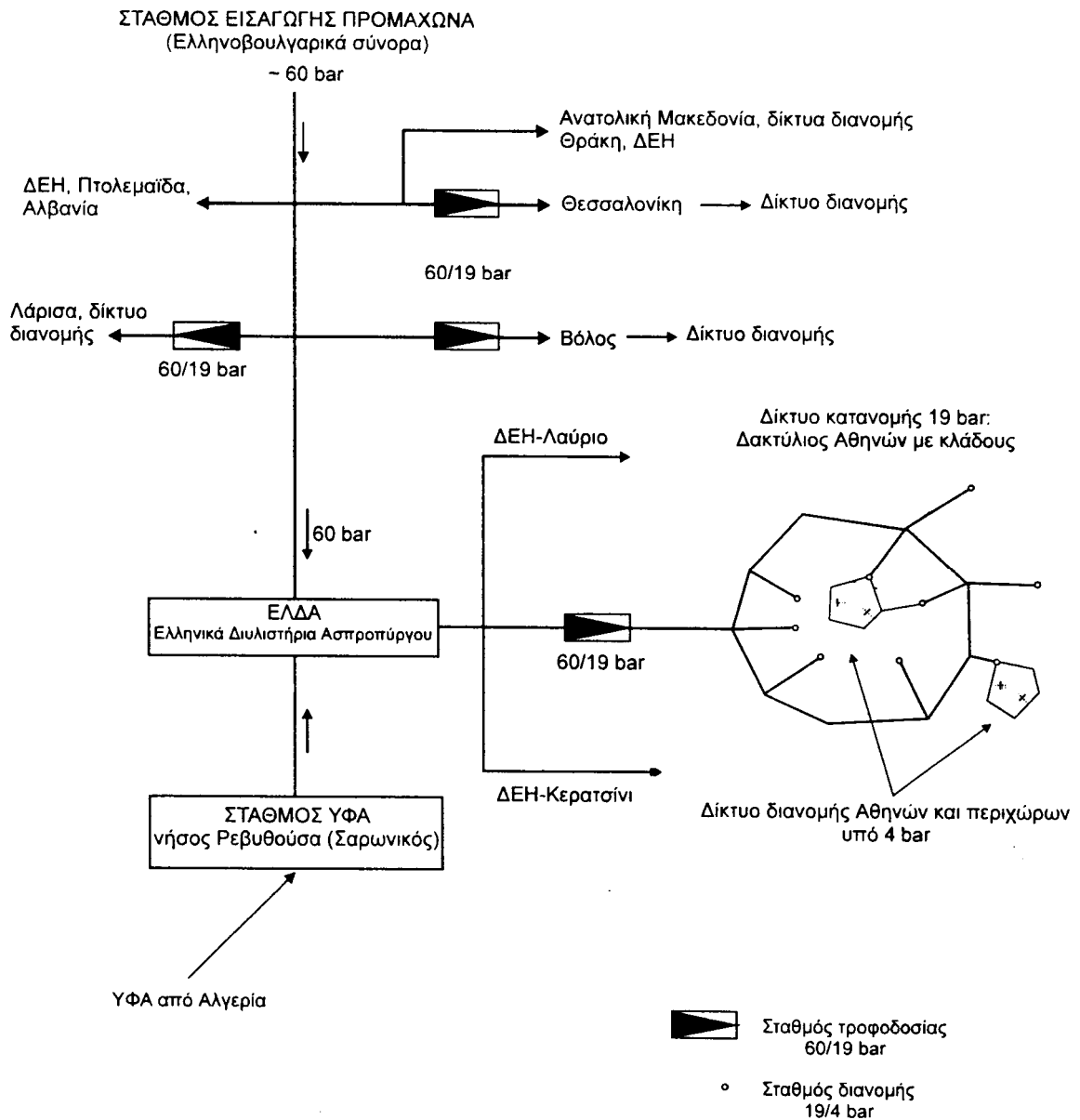
Ανεξαρτησία του τομέα από τους υπόλοιπους σημαίνει, ότι μια βλάβη στο εσωτερικό του τομέα δεν επηρεάζει τη διανομή αερίου σε άλλους τομείς. Η δυνατότητα απομόνωσης επιτρέπει άμεσες και ταχείες επεμβάσεις, ασφαλή διακοπή και ασφαλή επισκευή και επανασύνδεση.

Η έκταση κάθε τομέα λειτουργίας, εξαρτάται πολλές φορές από την ύπαρξη γεωμορφολογικών ή τεχνικών εμποδίων. Ένας λόφος, ένας ποταμός, ένας αυτοκινητόδρομος ή δρόμος μεγάλης ταχύτητας, οι σιδηροδρομικές γραμμές κ.α., προσδιορίζουν συνήθως τα όρια ενός τομέα. Η έκταση του τομέα εξαρτάται επίσης από το πλήθος καταναλωτών. Συνήθως επιλέγεται ο τομέας να έχει συνολική κατανάλωση περίπου 10.000 Nm³/h, ώστε να χρειάζονται δύο σταθμοί των 5.000 Nm³/h, επειδή το μέγεθος αυτό είναι πολύ λειτουργικό και σχεδόν προτυποποιημένο, των οποίων την παροχή η εταιρεία αποδέχεται να διακόψει, για όσο χρόνο απαιτείται για την επισκευή της βλάβης και την επανασύνδεση των συσκευών κατανάλωσης. Φυσικά η συγκρότηση ενός τομέα εξαρτάται επίσης από την πολεοδομική πυκνότητα της περιοχής.

Ο τομέας λειτουργίας χαρακτηρίζεται από διάφορα δομικά στοιχεία, τα οποία είναι :

- 1) Οι σταθμοί 19/4 bar του τομέα, για τη μείωση της πίεσης κατανομής στο επίπεδο της πίεσης διανομής.
- 2) Το κυρίως δίκτυο διανομής των 4 bar που συνδέει τους δύο σταθμούς διανομής 19/4 και έχει τη μορφή δακτυλίου.
- 3) Τα δευτερεύοντα δίκτυα.

Η μορφή ολοκληρωμένου δικτύου μεταφοράς – κατανομής – διανομής ποικίλλει και εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας του κάθε τμήματος. Μια τυπική μορφολογία με βάση τα ελληνικά δεδομένα της εισαγωγής του φυσικού αερίου στη χώρα μας φαίνεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16. Αρχή λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς (60 bar) κατανομής (19 bar) και διανομής (4 bar) του ελληνικού συστήματος Φυσικού Αερίου

2.2 Δευτερεύοντα δίκτυα

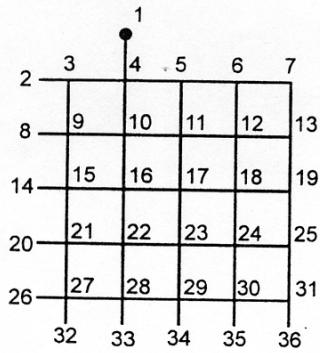
2.2.1 Οι διάφορες τυπικές μορφές δικτύων

Τα δίκτυα διανομής φυσικού αερίου δεν έχουν το «γραμμικό» χαρακτήρα των αγωγών μεταφοράς. Όπως τονίζει και η λέξη «δίκτυα», παρουσιάζουν εικόνα πολύπλοκη και ακολουθούν κατά κανόνα τη ρυμοτομία της πόλης ή του οικισμού, που εξυπηρετούν (και προσομοιάζουν σχηματικά με τα υδραυλικά δίκτυα) ενώ οι αγωγοί τους είναι

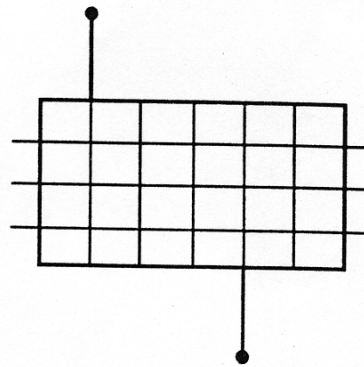
συναρμολογημένοι «εν σειρά», «εν παραλλήλω» ή με οποιονδήποτε συνδυασμό αυτών με συνθετότερο αποκορύφωμα τα μικτά δίκτυα αγωγών.

Αυτά, διαμορφώνονται σε κλάδους, δηλαδή, μπορεί να έχουν «δενδροειδή» μορφή ή να κλείνουν βρόχους («βροχοειδή»), ή να σχηματίζουν δακτύλιο γύρω από οικιστικές μονάδες, ο οποίος τροφοδοτεί τον περικλειόμενο απ' αυτόν χώρο με κατάλληλες διακλαδώσεις και διασυνδέσεις. Ενδεικτικά σχήματα δικτύων παρουσιάζονται στο Εικόνα 19. Η διαμόρφωση του δικτύου διανομής έχει επιπτώσεις στην εξασφάλιση και τη σταθερότητα της τροφοδοσίας αλλά και στο κόστος της αρχικής εγκατάστασης και το ύψος της επένδυσης κατασκευής. Η πλήρης εξασφάλιση τροφοδοσίας έχει υψηλό κόστος, γι' αυτό κάποιες οικονομικές λύσεις είναι αποτέλεσμα συνδυασμών και συμβιβασμών των διαφόρων τύπων δικτύου.

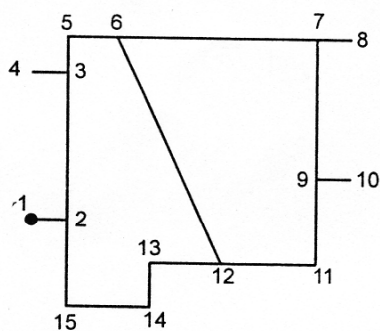
Ανάλογα με τα δομικά χαρακτηριστικά και την πυκνότητα δόμησης κάθε αστικής περιοχής τα δίκτυα διανομής μπορούν να ομαδοποιηθούν – εντελώς ενδεικτικά – στις παρακάτω κατηγορίες που φαίνονται στην Εικόνα 17.



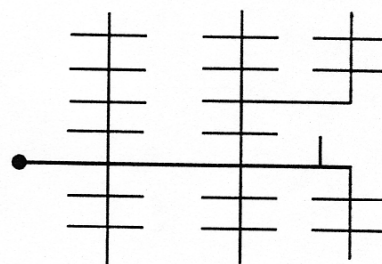
α $k=36, s=51, m=16$



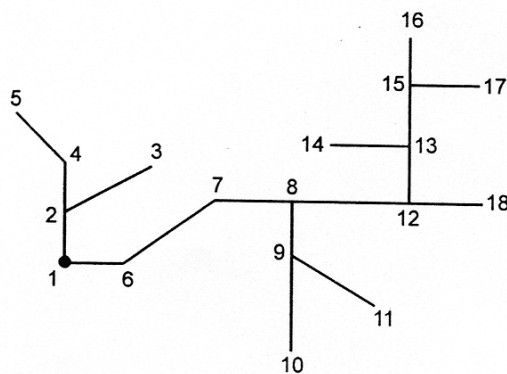
β $k=43, s=66, m=24$



γ $k=15, s=16, m=2$



δ $k=60, s=59, m=0$



ε $k=18, s=17, m=0$

Εικόνα 17. Είδη δικτύων φυσικού αερίου με βάση τη μορφολογία τους. Στα δίκτυα α, γ και ε δίνεται η αρίθμηση των κόμβων k . Με αρίθμηση των στοιχείων s προκύπτει ο αριθμός των βρόχων m για κάθε δίκτυο.

1) Βροχοειδές ή κυψελωτό δίκτυο (Εικόνα 17α) το οποίο στοιχίζει πολύ σαν επένδυση, έχει μεγάλη δυνατότητα από άποψη ισχύος και κυρίως μεγάλη ασφάλεια τροφοδοτήσεως.

- 2) Δακτυλιοειδές δίκτυο με πυκνή δικτύωση στο εσωτερικό του περιφερειακού πλαισίου (Εικόνα 17β) το οποίο έχει πολύ υψηλό κόστος κατασκευής (υψηλή επένδυση), πολύ μεγάλη δυνατότητα ισχύος και πολύ μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας. Δακτυλιοειδές δίκτυο με αραιή εσωτερική δικτύωση (Εικόνα 17γ) το οποίο έχει μέσο κόστος κατασκευής, μεγάλη δυνατότητα ισχύος και ικανοποιητική ασφάλεια τροφοδοτήσεως.
- 3) Δενδροειδές δίκτυο (Εικόνα 17) το οποίο έχει μικρό κόστος κατασκευής, μέσες δυνατότητες ισχύος και μέση ασφάλεια τροφοδοτήσεως.
- 4) Ακτινοειδές δίκτυο (Εικόνα 17ε) το οποίο έχει μικρό κόστος κατασκευής, μικρές δυνατότητες ισχύος και την μικρότερη ασφάλεια τροφοδοτήσεως.

Οι διάφοροι τύποι δικτύων δεν οριοθετούνται ακριβώς. Διαφοροποιούνται με την πάροδο του χρόνου καθώς καλούνται να προσαρμοσθούν σε μεταβαλλόμενες ανάγκες της κατανάλωσης και σε ρυμοτομικές και δομικές τροποποιήσεις. Τις περισσότερες φορές η τελική ολοκλήρωση της κατασκευής τους γίνεται κατά φάσεις, που χρονικά απέχουν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την διαφοροποίηση των συνθηκών λειτουργίας και επόμενα την τροποποίηση της αρχικής μελέτης.

Έτσι τα μεγέθη που άμεσα καθορίζουν τη δομή του δικτύου είναι: Η συνολική του γεωμετρία, δηλαδή η «τοπολογία» του, που περιλαμβάνει τις θέσεις των σημείων των διακλαδώσεων («κόμβων») και τα μήκη των κλάδων, δηλαδή των αγωγών μεταξύ των κόμβων, τα οποία για τους σκοπούς της μαθηματικής και υπολογιστικής ανάλυσης ονομάζονται «στοιχεία». Οι συντεταγμένες των κόμβων ή τα μήκη και οι διευθύνσεις των στοιχείων καθορίζουν την τοπολογία του δικτύου. Οι εσωτερικές διαμέτροι των στοιχείων και η τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας των αγωγών ολοκληρώνουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

Τα προηγούμενα δεδομένα συμπληρώνονται με τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά. Σ' αυτά ανήκουν οι θέσεις τροφοδότησης σε μερικά κατάλληλα τοποθετημένα σημεία στα όρια του δικτύου και τα σημεία κατανάλωσης, τα οποία είναι τόσα όσα και οι οικιακοί και οι άλλοι καταναλωτές και διανέμονται ανάλογα με τη θέση των κτιρίων κατά μήκος των οδών, στις οποίες έχουν τοποθετηθεί οι κλάδοι – στοιχεία του δικτύου. Οι καταναλώσεις και οι τροφοδοτήσεις καθορίζουν τις παροχές αερίου στα στοιχεία του δικτύου, στα οποία επικρατούν διάφορες πιέσεις ανάλογα με την πτώση πίεσης της ροής σε κάθε στοιχείο και με τις πιέσεις τροφοδότησης και κατανάλωσης. Κατά γενικό κανόνα, οι καταναλώσεις επιμερίζονται με κατάλληλο αναλογικό τρόπο στους κόμβους του δικτύου, στους οποίους υπολογίζονται επίσης οι πιέσεις.

2.3 Οικιακή σύνδεση

Η οικιακή σύνδεση συνδέει το δίκτυο διανομής (διανομή σε κατοικίες : χαμηλή πίεση $\leq 0,1$ bar) με την εγκατάσταση του πελάτη, υπολογιζόμενη από τον αγωγό τροφοδοσίας μέχρι τους εσωτερικούς αγωγούς των κτιρίων και οικοπέδων. Αποτελείται από τον αγωγό οικιακής σύνδεσης και ενδεχομένως την αποφρακτική διάταξη εκτός του κτιρίου, την Κύρια Αποφρακτική Διάταξη και ενδεχομένως την οικιακή συσκευή ρύθμιση της πίεσης.

Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για τα δίκτυα διανομής πόλεων για τις καταναλώσεις της οικιακής και εμπορικής οικονομίας, είναι οι πλαστικοί και συγκεκριμένα αυτοί από πολυαιθυλένιο (PE) και πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Χρησιμοποιούνται με ασφάλεια μέχρι 4 bar ή αν είναι σκληροί μέχρι 10 bar για υπόγεια δίκτυα, συνιστάται να είναι χρώματος κίτρινου (χρώμα του αερίου) και η ένωσή τους γίνεται συνήθως με ηλεκτροκόλληση.



Εικόνα 18. Πλαστικοί σωλήνες φυσικού αερίου

Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί αναφέρονται στοιχεία για τους πλαστικούς σωλήνες σε συνάρτηση με τις ονομαστικές τους διαμέτρους.

Πίνακας 4. Στοιχεία για πλαστικούς σωλήνες, εξωτερική διάμετρος da και πάχος s σε mm

	DN	50	80	100	125	150	200	250	300
PVC σκληρό (10 bar)	da	63	90	110	140	160	225	280	355
	s	3	4,3	5,3	6,7	7,7	10,8	13,4	16,9
PE σκληρό (10 bar)	da	63	90	110	140	160	225	280	335
	s	5,8	8,2	10,0	12,8	14,6	20,5	25,5	32,3

2.4. Προοπτικές ανάπτυξης του δικτύου

Σε εξέλιξη βρίσκεται η μελέτη για την κατασκευή αμφίδρομου υποβρύχιου αγωγού φυσικού αερίου Ελλάδα - Ιταλία, με τον οποίο η χώρα μας καθίσταται ενεργειακός κόμβος διαμεταφοράς από την Κεντρική Ασία προς την Ευρώπη, μετά την υπογραφή Μνημονίου Συνεργασίας ανάμεσα στη Δ.Ε.Π.Α. και την EDISON, τη μεγαλύτερη ιδιωτική Ιταλική εταιρία φυσικού αερίου. Ο αγωγός θα έρχεται από την Κεντρική Ασία μέσω Τουρκίας στην Ελλάδα και στην συνέχεια, υποβρύχια, θα πηγαίνει μέχρι την Ιταλία από όπου θα μεταφέρεται σε όλη τη Δυτική Ευρώπη.



Εικόνα 19. Προβλεπόμενο δίκτυο μεταφοράς Τουρκίας -Ελλάδας-Ιταλίας

Ακόμα, σε εξέλιξη βρίσκεται και η μελέτη για εναλλακτική προμήθεια φυσικού αερίου στη χώρα μας από το Ιράν μέσω Τουρκίας ύστερα από την υπογραφή Μνημονίου Συνεργασίας μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας. Στο μνημόνιο προβλέπεται η ολοκλήρωση του συστήματος αγωγών φυσικού αερίου συνολικού μήκους 285 χιλιομέτρων, από τα οποία τα 200 χιλιόμετρα θα κατασκευαστούν από την πλευρά της Τουρκίας, επί Τουρκικού εδάφους, και τα 85 χιλιόμετρα από την πλευρά της Ελλάδας, σε Ελληνικό έδαφος. Ήδη έχει ξεκινήσει η κατασκευή αγωγού υψηλής πίεσης Κομοτηνής - Αλεξανδρούπολης - Ελληνοτουρκικών συνόρων. Επίσης, στο μνημόνιο προβλέπεται και η δυνατότητα συνεργασίας για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου από το Ιράν στην Ελλάδα δια θαλάσσης.



Εικόνα 20. Το δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου προβλέπεται να κατασκευαστεί στην Ελλάδα

Για αυτό το λόγο η ΔΕΠΑ βρίσκεται στη φάση εκτέλεσης μελέτης σκοπιμότητας για την επέκταση του Τερματικού Σταθμού Ρεβυθούσας, τόσο από πλευράς δυναμικότητας αποθηκευμένων ποσοτήτων (3^η δεξαμενή) όσο και από πλευράς αύξησης της παροχρητευτικής δυναμικότητας από 270 m³/h σε 1.000 m³/h υγροποιημένου φυσικού αερίου προς το Εθνικό Δίκτυο Μεταφοράς.

Ταυτόχρονα, έχει αρχίσει και η διαδικασία για την επέκταση του δικτύου και σε άλλες βιομηχανικές περιοχές όπως Ξάνθη, Σέρρες, Λαμία, Κιλκίς κ.α. (Εικόνα 20) προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των βιομηχανικών μονάδων των περιοχών σε φυσικό αέριο.

2.5 Λόγοι για την αστική χρήση του φυσικού αερίου

Οι βασικοί λόγοι για την αστική χρήση του φυσικού αερίου είναι οι εξής :

1) Το φυσικό αέριο είναι η ενέργεια για κάθε χρήση.

Η χρήση του φυσικού αερίου δεν περιορίζεται μόνο στην θέρμανση χώρων, αλλά επεκτείνεται και σε άλλες ανάγκες, οι οποίες θα αναφερθούν λεπτομερώς παρακάτω.

2) Το φυσικό αέριο είναι καλύτερο για το περιβάλλον.

Σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα το φυσικό αέριο απελευθερώνει λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα και συνεπώς την επιβαρύνει λιγότερο.

3) Το φυσικό αέριο είναι καθαρότερο.

Σε σχέση με το πετρέλαιο καίγεται καθαρότερα αφήνοντας μηδαμινά κατάλοιπα στο σύστημα θέρμανσης.

4) Το φυσικό αέριο μειώνει το ενεργειακό κόστος.

Για την ίδια θερμική βάση το φυσικό αέριο έχει χαμηλότερη τιμή και υψηλότερη θερμική απόδοση κατά την καύση.

5) Το φυσικό αέριο μειώνει τα λειτουργικά έξοδα.

Η μεταφορά γίνεται μέσω δικτύου, δεν χρειάζεται χώρο αποθήκευσης και η προθέρμανση αυτού δεν είναι απαραίτητη.

6) Το φυσικό αέριο μειώνει το κόστος συντήρησης.

Το καθαρότερο καύσιμο σημαίνει μείωση της ανάγκης συντήρησης των συσκευών που χρησιμοποιούν αυτό.

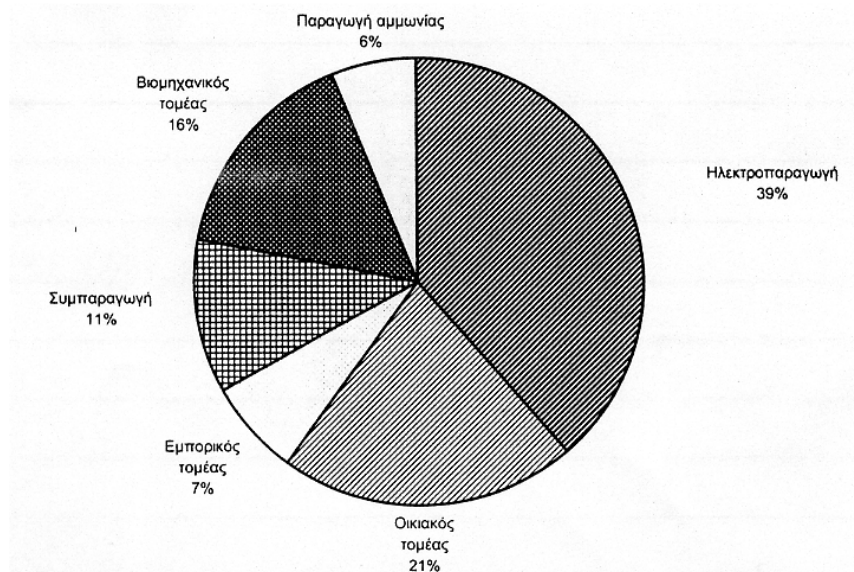
7) Το φυσικό αέριο προσθέτει αξία στο σπίτι.

Το τεράστιο εύρος των συσκευών και προϊόντων του φυσικού αερίου για την προσωπική άνεση και ευκολία του καθενός έχουν κάνει την επένδυση στο φυσικό αέριο, επένδυση αξίας για το σπίτι.

8) Η μετατροπή του συστήματος θέρμανσης από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο είναι απλή και εύκολη.

2.6 Τομείς αστικής χρήσης φυσικού αερίου

Όπως είναι γνωστό ο αστικός τομέας χωρίζεται σε δύο επιμέρους τομείς, οι οποίοι έχουν διαφορετικές ανάγκες κατανάλωσης φυσικού αερίου. Οι τομείς αυτοί είναι ο οικιακός και ο εμπορικός. Στην Εικόνα 21 φαίνεται η πρόβλεψη της ΔΕΠΑ για την αναμενόμενη κατανάλωση φυσικού αερίου ανά τομέα χρήσης.

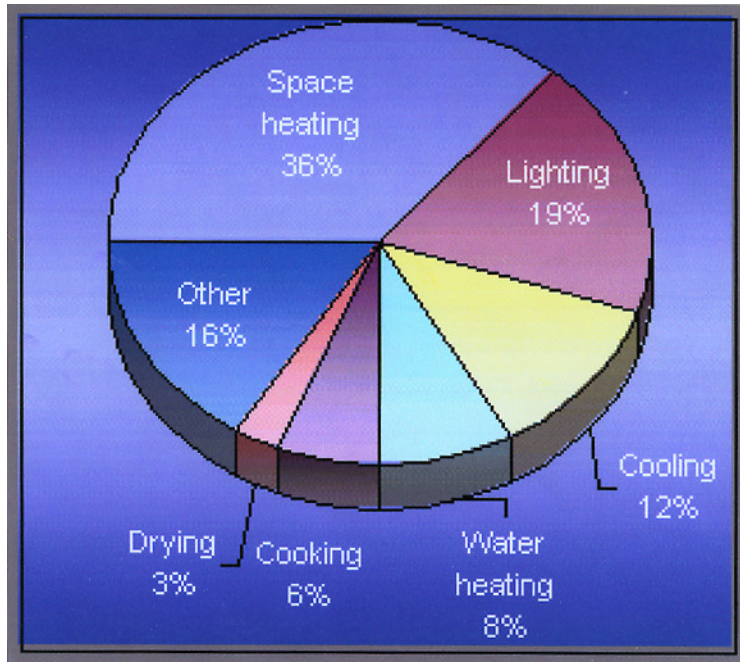


Εικόνα 21. Αναμενόμενη κατανάλωση φυσικού αερίου ανά τομέα χρήσης στην Ελλάδα το έτος 2020, ΔΕΠΑ (1994)

Όπως ήταν αναμενόμενο το ποσοστό της οικιακής κατανάλωσης ξεπερνάει το αντίστοιχο της εμπορικής, της οποίας βασικοί καταναλωτές είναι τα ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα, αρτοποιεία, εστιατόρια, πλυντήρια, εργαστήρια αργυρο-χρυσοχοΐας και οι φούρνοι βαφής. Σήμερα, στον οικιακό και εμπορικό τομέα μαζί, τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο γύρω στους 10.000 καταναλωτές, έχοντας ο κάθε τομέας τις παρακάτω εφαρμογές :

Οικιακός τομέας : 1) θέρμανση εσωτερικών χώρων, 2) θέρμανση νερού 3) μαγείρεμα 4) στέγνωμα ρούχων 5) κλιματισμός εσωτερικών χώρων 6) χρήση διαφόρων συσκευών, π.χ. φωτισμού, πλυντηρίων κ.λ.π.

Εμπορικός τομέας : 1) θέρμανση κτιρίων 2) θέρμανση νερού 3) μαγείρεμα σε επαγγελματικούς χώρους 4) κατάψυξη 5) κλιματισμός χώρων 6) άλλες χρήσεις, π.χ. φωτισμός.

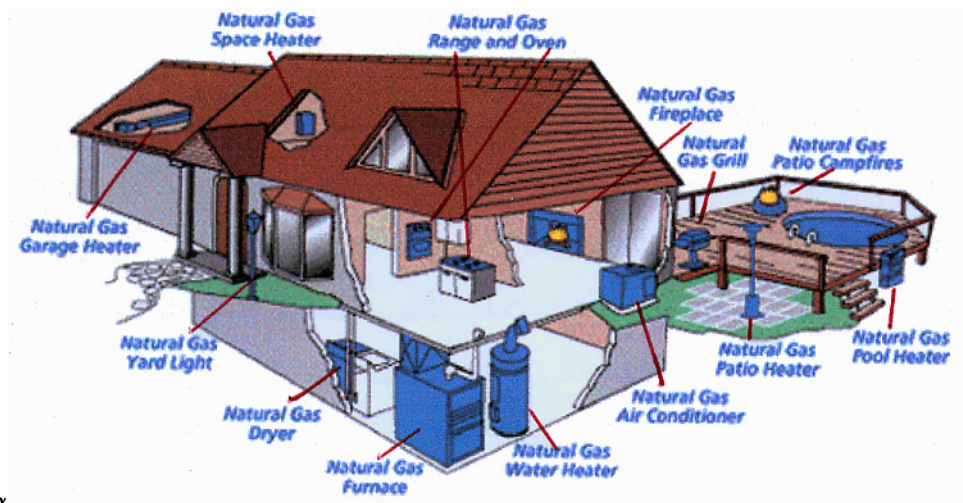


((Space heating=θέρμανση χώρων, Lighting=φωτισμός, Cooling=ψύξη, Drying=στέγνωμα, Cooking=μαγείρεμα, Water heating=θέρμανση νερού, Other=άλλες χρήσεις)

Εικόνα 22. Ποσοστό (%) κατανάλωσης Φ.Α. για τον αστικό τομέα

2.7 Συσκευές και συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου

Με βάση όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι εφαρμογές στον οικιακό και εμπορικό τομέα είναι σχεδόν ίδιες· για αυτό και εμείς θα ασχοληθούμε κυρίως με τον πρώτο, ο οποίος περιλαμβάνει μεγαλύτερη ποικιλία συσκευών. Στην Εικόνα 23 φαίνονται όλα τα σημεία εφαρμογής του φυσικού αερίου σε μια οικία.



Υπόμνημα

<i>Natural gas Range</i>	<i>Εστία μαγειρέματος φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Oven</i>	<i>Φούρνος φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Fireplace</i>	<i>Τζάκι φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Grill</i>	<i>Ψησταριά φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Patio Campfire</i>	<i>Φωτιά (κατασκήνωσης) εξωτερικού χώρου φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Pool Heater</i>	<i>Θερμαντήρας πισίνας φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Patio Heater</i>	<i>Θερμαντήρας εξωτερικού χώρου φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Air Conditioner</i>	<i>Κλιματιστικό φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Water Heater</i>	<i>Θερμαντήρας νερού φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Furnace</i>	<i>Λέβητας – καυστήρας φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Dryer</i>	<i>Στεγνωτήριο (ρούχων) φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Yard Light</i>	<i>Φως αυλής φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Garage Heater</i>	<i>Θερμαντήρας γκαράζ φυσικού αερίου</i>
<i>Natural gas Space Heater</i>	<i>Μικρός θερμαντήρας χώρου φυσικού αερίου</i>

Εικόνα 23. Εφαρμογές φυσικού αερίου σε μια οικία.

Αναλυτικότερα:

1) Φούρνοι και εστίες μαγειρέματος

α) Φούρνοι μαγειρέματος

Οι φούρνοι φυσικού αερίου διακρίνονται σε δύο κατηγορίες : σε αυτούς που θερμαίνουν με ακτινοβολία και σε αυτούς που θερμαίνουν με μεταγωγή θερμότητας. Οι πρώτοι παρέχουν σταθερή θέρμανση, η οποία είναι ιδανική για μαγείρεμα, αφού δεν θερμαίνει μόνο τον γύρω αέρα αλλά και το ίδιο το φαγητό, ενώ οι δεύτεροι κυκλοφορούν ζεστό αέρα, με ανεμιστήρα, γύρω από το φαγητό θερμαίνοντας έτσι σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η θέρμανση με φυσικό αέριο, στους φούρνους αερίου, διατηρεί την ατμόσφαιρα του εσωτερικού χώρου αυτών πιο υγρή σε σχέση με την ηλεκτρική, πράγμα το οποίο παρέχει ακριβές και καλύτερης ποιότητας ψήσιμο. Ακόμα, οι φούρνοι αερίου διατηρούν την θερμοκρασία τους περισσότερη ώρα, αφού ψύχονται μόνο κατά 10 °C μέχρι να ξαναχρησιμοποιηθούν. Έτσι, καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και άρα είναι πιο οικονομικοί. Τέλος, πολλοί φούρνοι αερίου έχουν σύστημα αυτόματου καθαρισμού, το οποίο κρατάει τον φούρνο καθαρό εύκολα και με ασφάλεια.

Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φούρνων αερίου οι οποίοι χρησιμοποιούνται και επαγγελματικά.



Α. Διπλοί Οριζόντιοι



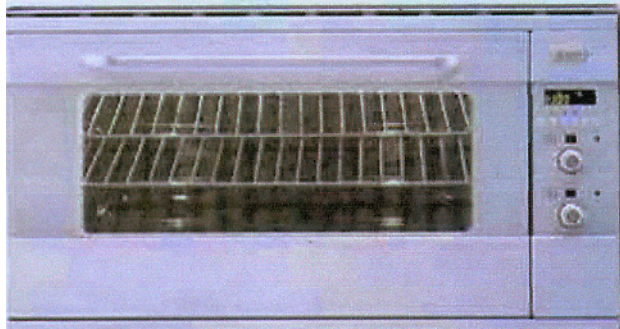
Β. Διπλοί κάθετοι



Γ. Μονοί



Δ. Maxi – φούρνοι 90x60



Ε. Maxi- φούρνος 90cm



ΣΤ. Maxi- φούρνος 80x60cm

Εικόνα 24. Διάφοροι τύπου φούρνων

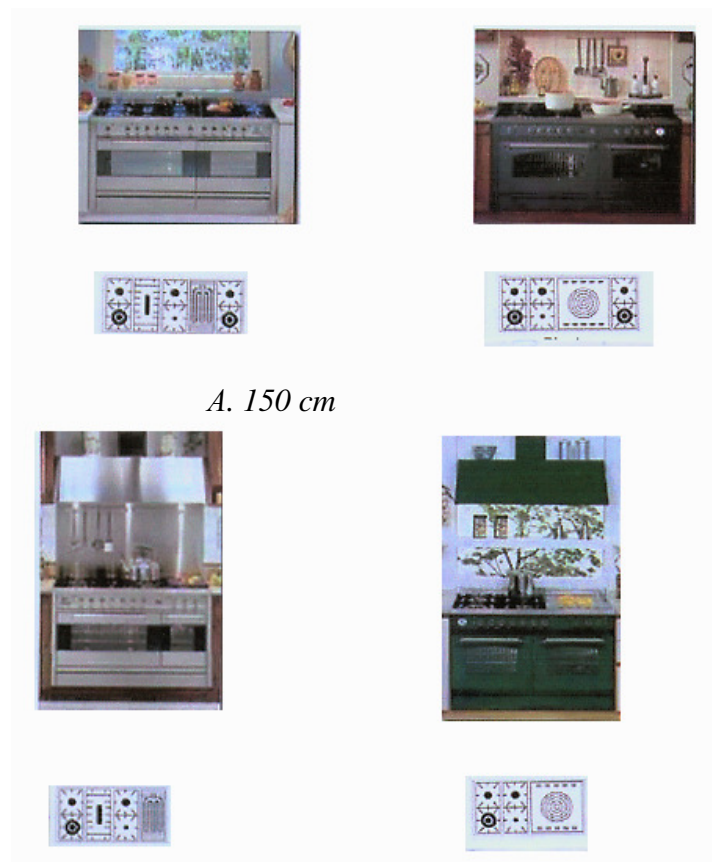
β) Εστίες μαγειρέματος

Οι εστίες φυσικού αερίου δίνουν τον απόλυτο έλεγχο του μαγειρέματος στο χρήστη, ο οποίος μπορεί, με άμεσες θερμοκρασιακές αλλαγές, να πετυχαίνει την ακριβή επιθυμητή θέρμανση του φαγητού. Αντίθετα, οι κεραμικές ηλεκτρικές χρειάζονται χρόνο για να ψηχθούν, σε περίπτωση που απαιτείται μείωση της θερμοκρασίας, και χρόνο για να θερμανθούν μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία.

Εστίες φυσικού αερίου υπάρχουν σε διάφορα είδη και σχήματα, και συνήθως ενσωματώνονται στο πάνω μέρος των ντουλαπιών της κουζίνας για την δημιουργία περισσότερου αποθηκευτικού χώρου.

Όμως, αν και ο διαχωρισμός των δύο παραπάνω συσκευών δημιουργεί μια «διπλή» κουζίνα και επομένως μεγαλύτερη άνεση μαγειρέματος, σχεδόν πάντα χρησιμοποιείται μια ενιαία συσκευή, που είναι συνδυασμός αυτών των δύο. Το κόστος αγοράς ενός φούρνου με εστίες φυσικού αερίου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό της αντίστοιχης ηλεκτρικής συσκευής, όμως, κατά την ίδια σύγκριση, η κατανάλωσή του σε ενέργεια είναι σχεδόν η μισή, πράγμα που τον κάνει πιο οικονομικό για μακροχρόνια χρήση.

Οι φούρνοι με εστίες φυσικού αερίου υπάρχουν σε πολλά είδη και μεγέθη. Στην Εικόνα 25 φαίνονται διάφοροι τύποι αυτών.



A. 150 cm

Εικόνα 25. Εντοιχιζόμενοι φούρνοι με εστίες φυσικού αερίου

2) **Θερμαντήρες εξωτερικών χώρων**

Οι θερμαντήρες εξωτερικών χώρων φυσικού αερίου επιτρέπουν στον χρήστη την «απόλαυση» της αυλής του ακόμα και τις πιο κρύες ημέρες του χρόνου, αφού προσφέρουν ίδια ζέστη με αυτή του τζακιού του σπιτιού για εξωτερική χρήση. Η φωτιά ανάβει με το πάτημα ενός κουμπιού, παρέχοντας θέρμανση σε διάμετρο 3,5 με 6 μέτρα, και σβήνει το ίδιο απλά. Τέλος, η θέρμανση γίνεται με ακτινοβολία για να θερμαίνονται τα αντικείμενα που περιέχονται στην παραπάνω διάμετρο και όχι ο αέρας που τα περιβάλλει.

3) **Φωτιές εξωτερικών χώρων**

Οι φωτιές εξωτερικών χώρων φυσικού αερίου ανάβουν χωρίς προσάναμμα, με το πάτημα ενός κουμπιού, προσφέροντας εύκολα την ζέστη μιας παραδοσιακής φωτιάς. Εφτά κορμοί δέντρων, σε στυλ, από κεραμικές ίνες αποδίδουν 17.500 W τα οποία δημιουργούν ρεαλιστικές και πληθωρικές φλόγες με απόλυτη ασφάλεια.

4) **Φώτα αυλής**

Τα φώτα αυλής φυσικού αερίου παρέχουν τον ίδιο φωτισμό με αυτόν των λαμπτήρων πυρακτώσεως 75-Watt και έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν σταματούν να δουλεύουν κατά την διάρκεια μιας διακοπής ηλεκτρισμού. Χρειάζονται πολύ λίγη συντήρηση, ομορφαίνουν την εξωτερική εικόνα του σπιτιού και μπορούν να τοποθετηθούν στην κεντρική είσοδο, στο γκαράζ, στην αυλή και κοντά στην πισίνα, χωρίς να έλκουν έντομα.



Εικόνα 26. Φως αυλής φυσικού αερίου

5) Ψησταριές

Οι ψησταριές φυσικού αερίου ξεκινούν με το πάτημα ενός κουμπιού και δεν χρειάζεται ο χρήστης να περιμένει να θερμανθούν όπως γίνεται με τα κάρβουνα. Επίσης, προσφέρουν άνεση, αφού ο χρήστης ελέγχει την θερμοκρασία μαγειρέματος, και οικονομία, γιατί κάθε μαγείρεμα κοστίζει ελάχιστα σε κατανάλωση. Τοποθετούνται στο έδαφος ή πάνω σε πλακόστρωτο και έχουν συνεχή τροφοδοσία από το δίκτυο του σπιτιού. Τέλος, αποτελούνται από ανεξάρτητες περιοχές μαγειρέματος, οι οποίες έχουν και τους αντίστοιχους ανεξάρτητους ρυθμιστές, και από σχάρες ζεστάματος και ψησίματος (Εικόνα 27)



Εικόνα 27. Ψησταριά φυσικού αερίου

6) Στεγνωτήρια ρούχων

Τα στεγνωτήρια ρούχων φυσικού αερίου καταναλώνουν, κατά την λειτουργία τους, σχεδόν τη μισή ενέργεια σε σχέση με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά, δικαιολογώντας έτσι την αρχική υψηλότερη τιμή αγοράς τους. Ακόμα, το ποσοστό του ζαρώματος των ρούχων σε αυτά είναι μικρότερο, αφού όταν σβήνουν αυτόματα (κατά το τέλος της λειτουργίας τους) το εσωτερικό τους κρύνει αμέσως διώχνοντας την θερμότητα που ενισχύει το ζαρώμα.

Ταυτόχρονα, ειδοποιούν με ειδικό σήμα ότι τα ρούχα είναι στεγνά και συνεχίζουν να στριφογυρίζουν χωρίς θερμότητα δίνοντας περισσότερο χρόνο στον χρήστη για να μαζέψει και να διπλώσει το «φορτίο». Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη και πραγματοποιείται με την μεταφορά ζεστού αέρα μέσα στα ρούχα. Ο στεγνός, ζεστός αέρας από τον καυστήρα εισέρχεται στα ρούχα καθώς το τύμπανο τα περιστρέφει, ανακατεύοντάς τα με αυτόν, ενώ ταυτόχρονα ο υγρός αέρας που βγαίνει από τα ρούχα απορροφάται μέσω φίλτρου και αντικαθίσταται από νέο ζεστό αέρα.

Τα σημερινά στεγνωτήρια φυσικού αερίου προσφέρουν ακόμα τα εξής :

α) Ελέγχους αφής (touch controls)

β) Ψηφιακές απεικονίσεις

γ) Αισθητήρες ανίχνευσης υγρασίας για μείωση του χρόνου στεγνώματος

δ) Ρυθμίσεις της θερμοκρασίας μέσω μικροϋπολογιστή για ευαίσθητα υφάσματα

Τέλος, τα μεγέθη των στεγνωτηρίων είναι τρία :

- 1) Μικρό (compact). Οι μονάδες αυτού του μεγέθους δεν ξεπερνούν το 0,5 m² και είναι σχεδιασμένες για να χωρούν σε μικρές περιοχές.
- 2) Κανονικό / Μεγάλο (Regular / Large). Οι μονάδες αυτού του μεγέθους έχουν τύμπανο κάτω του 0,17 m³ και η χωρητικότητά τους αντιστοιχεί σε μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους πλυντήρια.
- 3) Πολύ μεγάλο (Extra Large). Το τύμπανο των μονάδων του μεγέθους αυτού είναι της τάξεως των 0,2 m³ και η χωρητικότητα αυτών αντιστοιχεί σε πολύ μεγάλου μεγέθους πλυντήρια.



Εικόνα 28. Στεγνωτήριο ρούχων φυσικού αερίου

7) Κλιματιστικά

Τα κλιματιστικά φυσικού αερίου προσφέρουν την δυνατότητα θέρμανσης και ψύξης ενός χώρου με ποσοστά αποδοτικότητας, ειδικά για τη θέρμανση, άνω του 95 % , μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας ενώ ταυτόχρονα είναι φιλικά με το περιβάλλον.

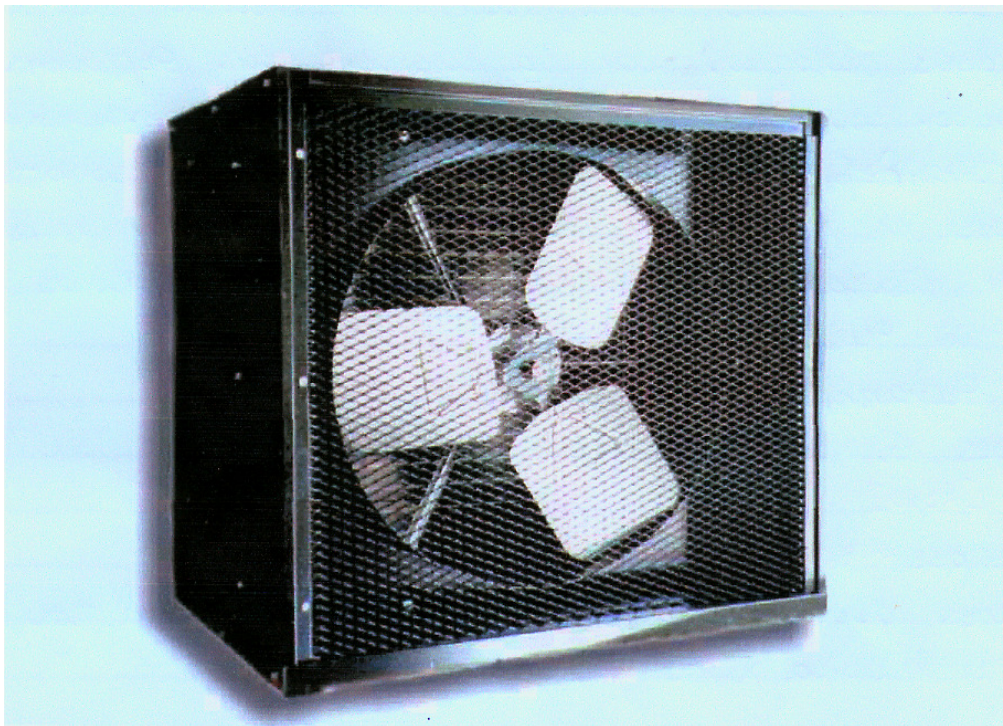
Όταν ένας χώρος χρειάζεται θέρμανση, ο θερμοστάτης ενεργοποιεί μια αντλία, η οποία κυκλοφορεί ζεστό νερό στους αγωγούς του συστήματος, με τους οποίους θα έρθει σε επαφή ο αέρας που αμέσως μετά θα διοχετευτεί ζεστός στον απαιτούμενο χώρο.

Όταν χρειάζεται ψύξη, ο συμπυκνωτής ψύχει και συμπυκνώνει το ψυκτικό αέριο, το οποίο πηγαίνει στον εξατμιστή όπου έρχεται σε επαφή με τον ζεστό αέρα, τον οποίο ψύχει, πριν αυτός διοχετευτεί στον εξωτερικό χώρο. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα ψύξης φυσικού αερίου είναι τα μηχανοκίνητα και τα συστήματα απορρόφησης (absorption cooling systems), τα οποία καταναλώνουν έως και 50 % λιγότερη ενέργεια από τα αντίστοιχα συμβατικά.

8) Θερμαντήρες πισίνας

Οι θερμαντήρες πισίνας φυσικού αερίου παρέχουν ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας με ενεργειακή αποδοτικότητα άνω του 75 % ενώ το κόστος λειτουργίας τους είναι 2,5 φορές λιγότερο από το αντίστοιχο των ηλεκτρικών θερμαντήρων. Μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, ενώ το νερό διοχετεύεται μέσω ενός βοηθητικού συστήματος το οποίο περιλαμβάνει μια αντλία, έναν θερμαντήρα και ένα σύστημα φιλτραρίσματος. Η αντλία στέλνει το νερό στον θερμαντήρα, ενώ αέρας και καύσιμο αναμειγνύονται στον καυστήρα, του οποίου η φλόγα θερμαίνει χαλκό ή άλλου είδους υλικό συγκράτησης θερμότητας για την δημιουργία ενός συστήματος μεταφοράς αυτής. Αυτά τα συστήματα θερμαίνουν το νερό γρήγορα και αποδοτικά.

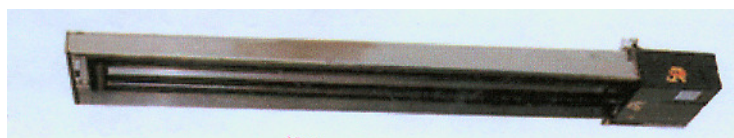
Στην Εικόνα 29 φαίνεται ένας θερμαντήρας πισίνας, ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι παρόμοιοι θερμαντήρες υπάρχουν σε πολλά μεγέθη και με διαφορετικές δυνατότητες θέρμανσης.



Εικόνα 29. Θερμαντήρας πισίνας φυσικού αερίου

9) Θερμαντήρες γκαράζ

Οι θερμαντήρες γκαράζ φυσικού αερίου είναι συνήθως υπέρυθροι, δηλαδή θερμαίνουν τον γύρω χώρο με ακτινοβολούμενη θερμότητα, ενώ το κόστος λειτουργίας τους είναι ελάχιστο. Είναι ασφαλείς κατά την λειτουργία τους και η τοποθέτησή τους, που συνήθως γίνεται πάνω σε τοίχους, είναι απλή, αφού οι περισσότεροι δεν χρειάζονται ούτε εξαεριστήρα.



Εικόνα 30. Θερμαντήρας γκαράζ φυσικού αερίου

10) Μικροί θερμαντήρες χώρων

Οι μικροί θερμαντήρες χώρων φυσικού αερίου χρησιμοποιούνται για θέρμανση όταν και όπου χρειάζονται. Είναι ιδανικοί για μικρούς χώρους, για προεκτάσεις δωματίων και για ενίσχυση της θέρμανσης σε άλλους χώρους που ήδη θερμαίνονται. Ακόμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση δύο ή περισσότερων χώρων, ενώ η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει σχεδόν παντού. Τέλος, υπάρχουν μοντέλα τα οποία έχουν ηλεκτρονική ανάφλεξη και θερμοστάτη, ο οποίος διατηρεί αυτόματα την θερμοκρασία.

Οι μικροί θερμαντήρες χώρων μπορεί να είναι :

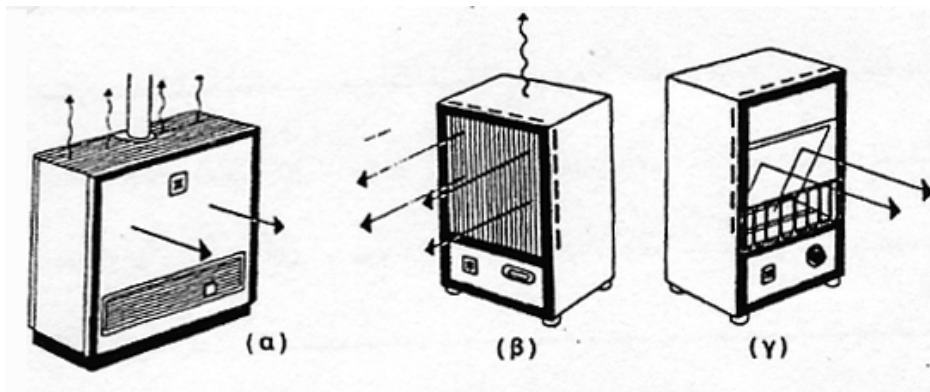
α) Θερμάστρες, β) αερόθερμα, γ) σόμπες

α) Θερμάστρες

Οι θερμάστρες φυσικού αερίου ανάλογα με τον τρόπο που θερμαίνουν τον περιβάλλοντα χώρο διακρίνονται σε :

- Θερμάστρες που θερμαίνουν με επαγωγή και ακτινοβολία,
- Θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας, και
- Καταλυτικές θερμάστρες.

Οι δύο πρώτοι τύποι θερμαστών καίνε το αέριο αναμειγνύοντάς το με αέρα του περιβάλλοντος. Στην τρίτη κατηγορία το αέριο παράγει θερμότητα με αφετηρία χημική αντίδραση που επιτυγχάνεται λόγω της καταλυτικής παρουσίας μιας πλάκας από ειδικό αμίαντο. Οι καταλυτικές αυτές θερμάστρες έχουν το σημαντικό πλεονέκτημα ότι δεν παράγουν CO. Οι καταλυτικές θερμάστρες έχουν πλέον καταργηθεί εξαιτίας της πλάκας από αμίαντο που ευθύνεται για καρκινογόνα περιστατικά.



Εικόνα 31. Τυπικές μορφές θερμαστών αερίου, τύποι (α) και (β) για θέρμανση με επαγωγή και ακτινοβολία, τύπος (γ) για καταλυτική θέρμανση

Οι θερμάστρες που λειτουργούν με επαγωγή και ακτινοβολία χρειάζονται απαραίτητα καλή εγκατάσταση καπνοδόχου.

Οι κάπως μεγάλες θερμάστρες αερίου αποτελούνται από το περίβλημα, τον θάλαμο καύσεως, το ανακλαστικό σύστημα που διαχέει τη θερμότητα και την υποδοχή συνδέσεως των σωλήνων της καπνοδόχου.

Μέσα στον θάλαμο καύσεως βρίσκονται ο κυρίως καυστήρας και ο βοηθητικός καυστήρας για τη μικρή φλόγα συντηρήσεως (καυστήρας συντηρήσεως). Η ροή του αερίου ρυθμίζεται από βαλβίδα με θερμοστατικό έλεγχο. Ο κύριος καυστήρας έχει προορισμό να αναμειγνύει το αέριο με τον αέρα στη σωστή αναλογία, ώστε να καίγεται τελείως. Τα βασικά μέρη για τα τρία αυτά είδη θερμαστών αερίου είναι :

- 1) Για τις θερμάστρες μεικτού τύπου (μεταφορά και ακτινοβολία), η ρυθμιστική βαλβίδα, ο καυστήρας συντηρήσεως, ο καθ' αυτό καυστήρας και ο εναλλάκτης θερμότητας.
- 2) Για τις θερμάστρες με υπέρυθη ακτινοβολία, ο καυστήρας, η σχάρα πυρακτώσεως και ο ανακλαστήρας για την ακτινοβολία.
- 3) Για τις καταλυτικές θερμάστρες, η πλάκα από αμίαντο (έχουν καταργηθεί).

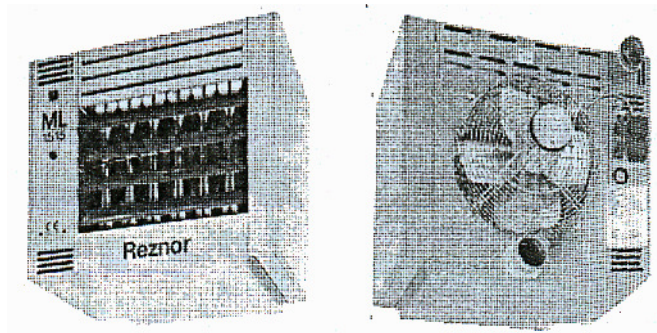
Οι θερμάστρες φυσικού αερίου σε σχέση με τις αντίστοιχες ηλεκτρικές έχουν τα εξής πλεονεκτήματα :

- 1) Η ευκολία στη χρήση (άμεση έναρξη λειτουργίας, ρύθμιση σύμφωνα με τις ανάγκες, απλή διακοπή λειτουργίας)

- 2) Η καθαρότητα της λειτουργίας τους
- 3) Η διαρκής ετοιμότητα για λειτουργία
- 4) Δεν χρειάζεται αποθήκη καυσίμου (όταν υπάρχει κεντρική διανομή) ή αρκεί ένας αεροθάλαμος μικρού όγκου
- 5) Δεν χρειάζεται καπνοδόχος όταν η θερμάστρα είναι μικρή
- 6) Δεν προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος.

β) Αερόθερμα

Τα αερόθερμα φυσικού αερίου μεταδίδουν την θερμότητα με μεταγωγή, θερμαίνοντας τον αέρα του δωματίου. Για αυτό το λόγο έχουν μικρούς ανεμιστήρες για την διανομή του ζεστού αέρα σε όλο το χώρο.



Εικόνα 32. Αερόθερμο αερίου της «Reznor» κατάλληλο για τοπική και κεντρική θέρμανση.

Μπορεί να αποδώσει μέχρι και 24 kW. Οι ανάγκες του σε αέρα είναι 1500-1700 m³/h

Γ) Σόμπες

Οι σόμπες φυσικού αερίου προσφέρουν ρεαλιστικές φλόγες, καλή ικανότητα θέρμανσης, υψηλή αποδοτικότητα και πάνω από όλα ελκυστική εμφάνιση. Ακόμα, χρησιμοποιούν εσωτερικούς ανεμιστήρες για την μετάδοση της θερμότητας με μεταγωγή, ενώ οι μεταλλικοί τους θάλαμοι και τα γυάλινα τζάμια τους παρέχουν ακτινοβολούμενη θερμότητα.



Εικόνα 35. Σόμπα φυσικού αερίου

11) Τζάκια

Τα τζάκια φυσικού αερίου ανάβουν άμεσα, με το πάτημα ενός κουμπιού ή την περιστροφή ενός διακόπτη και σβήνουν το ίδιο απλά προσφέροντας φωτιά όταν και για όσο χρόνο χρειάζεται. Ακόμα, ορισμένα μοντέλα έχουν θερμοστάτη, ο οποίος ελέγχει και διατηρεί σταθερή την θερμοκρασία του χώρου, και τηλεχειριστήριο για την αύξηση της άνεσης του χρήστη.

Γενικά, είναι προκατασκευασμένες μονάδες σε διάφορα μεγέθη και στυλ, με τον εσωτερικό τους χώρο, στον οποίο καίει η φωτιά, να ποικίλει σε πλάτος από 80 έως 115 εκατοστά. Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει σχεδόν παντού (π.χ. κάτω από παράθυρα, σε γωνίες, μεταξύ δωματίων κ.α.) αφού δεν χρειάζονται καπνοδόχο και η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται με μεταγωγή ή ακτινοβολία. Έτσι, οι μονάδες, που δεν χρησιμοποιούνται μόνο ως διακοσμητικές, αποτελούνται από ανεμιστήρες, οι οποίοι κυκλοφορούν τον ζεστό αέρα από τη φωτιά στον χώρο, θερμαίνοντάς τον, και από χυτοσίδηρες «πλάτες» (Cast-iron fire backs), ανθεκτικές στη φωτιά, οι οποίες αντανακλούν την θερμότητα για καλύτερη θέρμανση με ακτινοβολία.

Σε σχέση με τα κοινά τζάκια (ξύλου) τα αντίστοιχα φυσικού αερίου είναι πιο φιλικά με το περιβάλλον και η λειτουργία τους είναι ασφαλής και καθαρή, χωρίς κάρβουνα, σπίθες και στάχτες. Επίσης η αποδοτικότητά τους φτάνει το 80% έναντι του 25% των κοινών τζακιών, γεγονός που μαζί με την μικρή κατανάλωσή τους, τα κάνει πιο οικονομικά κατά την λειτουργία τους.





Εικόνα 34. Τζάκια φυσικού αερίου

Όταν όμως μιλάμε για τζάκια φυσικού αερίου, αξίζει να αναφερθούμε και σε δύο υποκατηγορίες αυτών που είναι : α) Τα ένθετα τζάκια φυσικού αερίου και β) τα συστήματα φυσικού αερίου σε σχήμα κορμών δέντρων.

A) Ένθετα τζάκια

Τα ένθετα τζάκια φυσικού αερίου τοποθετούνται σε ήδη υπάρχοντα τζάκια ξύλου, αυξάνοντας την αισθητική εικόνα αυτών και αναβαθμίζοντάς τα σε αποδοτικές πηγές θέρμανσης. Ένα ένθετο αποτελείται από συστήματα σε σχήμα κορμών δέντρων, χτισμένα μέσα σε ένα χαλύβδινο ή χυτοσίδηρο κουτί, μαζί με έναν ανεμιστήρα για τη μεταφορά της θερμότητας στον χώρο. Το μεταλλικό του ερμάριο (cabinet) είναι αεροστεγώς σφραγισμένο με μια γυάλινη πόρτα και συνήθως έχει ένα σύστημα δύο αυλών για 1) την τροφοδοσία του καυστήρα με αέρα και 2) τον εξαερισμό του εσωτερικού χώρου.



Εικόνα 35. Ένθετο τζάκι φυσικού αερίου

B) Συστήματα σε σχήμα κορμών δέντρων

Τα συστήματα σε σχήμα κορμών δέντρων φυσικού αερίου τοποθετούνται, όπως και τα ένθετα, σε ήδη υπάρχοντα τζάκια ξύλου και είναι τα πιο απλά, διαθέσιμα για αυτό τον σκοπό. Κατασκευάζονται από κεραμικό υλικό και είναι σχεδιασμένα για να μοιάζουν σε διάφορα είδη ξύλων, όπως βελανιδιά, πεύκο κ.α. Τα μεγέθη τους κυμαίνονται από 30 έως 150 εκατοστά και ο αριθμός των κορμών διαφοροποιείται από σύστημα σε σύστημα. Ακόμα, ορισμένα συστήματα επιτρέπουν την τοποθέτηση του κάθε «κορμού» ξεχωριστά στην επιθυμητή θέση, ενώ τα περισσότερα τοποθετούνται σαν ένα ενιαίο κομμάτι.



Εικόνα 36. Σύστημα σε σχήμα κορμών δέντρων

Τέλος, τα συστήματα σε σχήμα κορμών δέντρων δεν έχουν μεγάλη ενεργειακή αποδοτικότητα και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται τέτοια, στα οποία ο καπνοσύρτης (damper) είναι μόνο 10% ανοιχτός. Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας πηγαίνει στο χώρο, ενώ και τα αέρια απομακρύνονται. Ακόμα, σε μερικά μοντέλα υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της φλόγας και τοποθέτησης ενός ξεχωριστού ανεμιστήρα για αύξηση της θερμότητας εξόδου.

Η διαφορά ανάμεσα στις δύο παραπάνω υποκατηγορίες εντοπίζεται εύκολα από τις γυάλινες πόρτες τους. Στα μεν ένθετα είναι σφραγισμένες κλειστές και δεν ανοίγουν, στα δε συστήματα σε σχήμα κορμών δέντρων είναι πάντα ανοιχτές, όταν αυτά λειτουργούν. Τα ένθετα έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς, όμως το γεγονός ότι λειτουργούν με την πόρτα κλειστή, σφραγισμένα από παντού, αυξάνει την αποδοτικότητά τους μέχρι το 75 % , με αποτέλεσμα το κόστος λειτουργίας τους να είναι το 1/3 των άλλων συστημάτων.

Εν κατακλείδι, αξίζει να αναφέρουμε συμπληρωματικά ότι τα τζάκια φυσικού αερίου και οι υποκατηγορίες τους αποτελούν την εξαίρεση του κανόνα που θέλει τον εξοπλισμό φυσικού αερίου να λειτουργεί (καίει) πάντα με μια μπλε φλόγα. Ειδική τεχνολογία, ανεπτυγμένη για αυτά, επιτρέπει την καύση του φυσικού αερίου με μια κίτρινη φλόγα, η οποία μοιάζει πιο πολύ με την αληθινή φωτιά (Εικόνα 34-35-36) ενώ είναι ταυτόχρονα σχεδόν το ίδιο καθαρή και αποδοτική, με την αντίστοιχη μπλε.

12) Θερμαντήρες νερού

Οι θερμαντήρες νερού είναι οι δεύτεροι μεγαλύτεροι καταναλωτές ενέργειας, σε ένα σπίτι, μετά το σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού. Για αυτό το λόγο προτιμούνται οι θερμαντήρες φυσικού αερίου, των οποίων το κόστος λειτουργίας είναι λιγότερο κατά 1/3 από αυτό των ηλεκτρικών, ενώ και ο βαθμός επαναφοράς τους είναι 40 τοις εκατό γρηγορότερος. Όταν λέμε βαθμό επαναφοράς εννοούμε τον χρόνο που χρειάζεται ο θερμαντήρας για να ξαναζεστάνει το νερό που μόλις χρησιμοποιήθηκε, άρα, με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω οι θερμαντήρες φυσικού αερίου θερμαίνουν το νερό γρηγορότερα, καταναλώνοντας για την ίδια ποσότητα ζεστού νερού λιγότερη ενέργεια. Ακόμα, το μόνο μειονέκτημά τους είναι η υψηλότερη τιμή αγοράς τους, σε σχέση πάντα με αυτή των ηλεκτρικών, το οποίο όμως αντισταθμίζεται, και με το παραπάνω, από την υψηλή τους αποδοτικότητα.

Οι τύποι των θερμαντήρων νερού φυσικού αερίου είναι οι εξής :

α) Επιδαπέδιος με δοχείο αποθήκευσης νερού

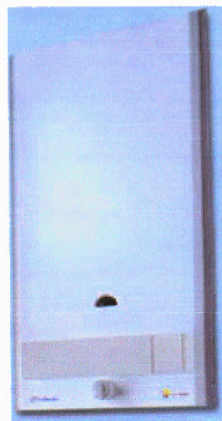
Αυτός ο τύπος θερμαντήρα είναι ο πιο συνηθισμένος και συνδυάζει έναν καυστήρα φυσικού αερίου με ένα μονωμένο δοχείο αποθήκευσης, το οποίο διατηρεί το ζεστό νερό σε μια σταθερή θερμοκρασία αποθηκευοντάς το. Το μέγεθος του δοχείου αυτού είναι συνήθως μικρότερο από το αντίστοιχο του ηλεκτρικού θερμαντήρα και κυμαίνεται από 75 έως 300 λίτρα.



Εικόνα 37. Επιδαπέδιος Θερμοσίφωνας αερίου με δοχείο αποθήκευσης νερού

β) Επιτοίχιος, στιγμιαίος, χωρίς δοχείο αποθήκευσης

Αυτός ο τύπος θερμοσίφωνα χρησιμοποιεί έναν καυστήρα φυσικού αερίου για την στιγμιαία θέρμανση του νερού, τη στιγμή που χρειάζεται. Ακόμα, είναι διαθέσιμος σε μικρά μεγέθη και καταλαμβάνει τον μισό χώρο από αυτόν του επιδαπέδιου με δοχείο διαστολής.



Εικόνα 38. Επιτοίχιος Θερμοσίφωνας αερίου

13) Λέβητες – Καυστήρες

Οι λέβητες – καυστήρες φυσικού αερίου είναι συνήθως ενιαίες μονάδες, δηλαδή είναι λέβητες που περιέχουν καυστήρες και για αυτό το λόγο και εμείς θα μιλάμε μόνο για λέβητες φυσικού αερίου, αφού πρώτα αναφερθούμε στα είδη των καυστήρων που περιέχονται σε αυτούς.

Καυστήρες :

Όπως είναι γνωστό, όταν μιλάμε για καυστήρες εννοούμε διατάξεις, που ελευθερώνουν την χημικώς συνδεδεμένη στα καύσιμα ενέργεια φέρνοντας σε επαφή τον αέρα (φορέα του αναγκαίου για την καύση οξυγόνου) με το καύσιμο και εν προκειμένω το φυσικό αέριο, ώστε να προωθηθεί καύση του που να εξελίσσεται κατά τον εκάστοτε επιθυμητό τρόπο.

Και προκειμένου περί του φυσικού αερίου οι απαιτήσεις, όσον αφορά στην διεργασία της καύσεως διαφέρουν πάρα πολύ από περίπτωση σε περίπτωση ανάλογα με τον επιδιωκόμενο εκάστοτε σκοπό.

Έτσι μπορεί να στοχεύουμε να έχουμε :

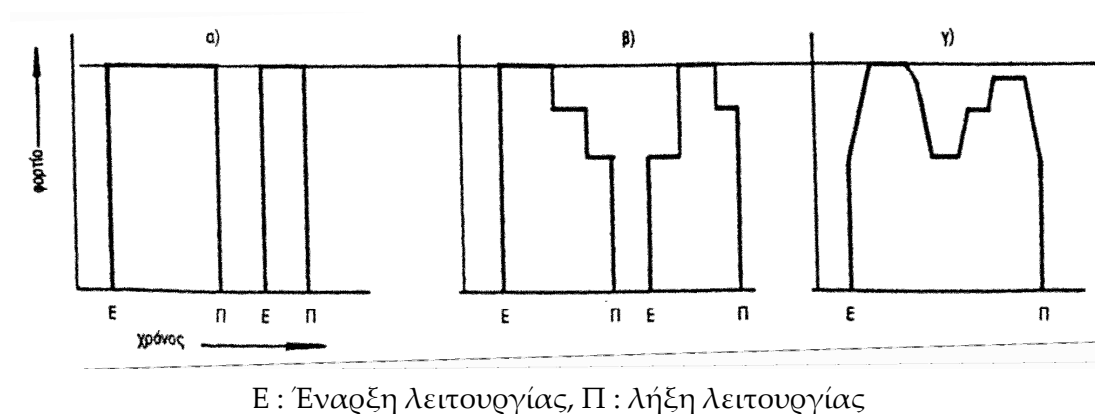
- κοντές φλόγες με υψηλή θερμοκρασία
- μακριές φλόγες με χαμηλή θερμοκρασία
- φλόγες πολύ μικρής φωτεινότητας
- φλόγες πολύ φωτεινές με μεγάλο συντελεστή ακτινοβολίας
- φλόγες, που επιτρέπουν μεγάλες ταχύτητες των αερίων κ.ο.κ.

Πολύ απλά μπορούμε να πούμε, ότι ο τρόπος που απελευθερώνεται η θερμότητα στην φλόγα, πρέπει κάθε φορά να προσήκει στην διεργασία, που χρησιμοποιεί αυτήν την θερμότητα. Όμως εκτός από το μέγεθος, το είδος και την μορφή της φλόγας ουσιώδους σημασίας για ένα καυστήρα είναι η περιοχή ρυθμίσεως της ισχύος του δηλ. μέχρι ποίου ποσοστού της ονομαστικής ισχύος του μπορεί να εξασφαλίζει την σωστή ή και επιθυμητή καύση. Επιπροσθέτως ενδιαφέρει ο τρόπος που προσαρμόζεται προς την ζήτηση της θερμότητας. Εδώ μπορούμε να διακρίνουμε τρία είδη καυστήρων :

α) Καυστήρες μιας βαθμίδας, που εργάζονται μόνον σε μια στάθμη ισχύος (on / off) χωρίς καμία δυνατότητα προσαρμογής.

β) Καυστήρες βαθμωτής προσαρμογής (συνήθως με δύο ή τρεις βαθμίδες, αλλά και με περισσότερες).

γ) Καυστήρες με δυνατότητα συνεχούς προσαρμογής προς την ζήτηση της θερμότητας, βέβαια εντός ορισμένης περιοχής. Στην Εικόνα 39 φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας αυτών των ειδών καυστήρων.



Εικόνα 39. Τρόπος λειτουργίας τριών διαφορετικών ειδών καυστήρων

Τέλος, είναι επίσης γνωστό ότι για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η καύση χρειάζεται να υπάρξει ένα κατάλληλο μίγμα αερίου και αέρα (εντός των αναλογιών εναύσεως και επαρκής θερμοκρασία).

Αυτό σημαίνει ότι ουσιώδους σημασίας για τους καυστήρες είναι η επίτευξη της σωστής αναμίξεως αερίου – αέρα. Ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτή χαρακτηρίζει τα τρία βασικά είδη των καυστήρων. Έτσι έχουμε :

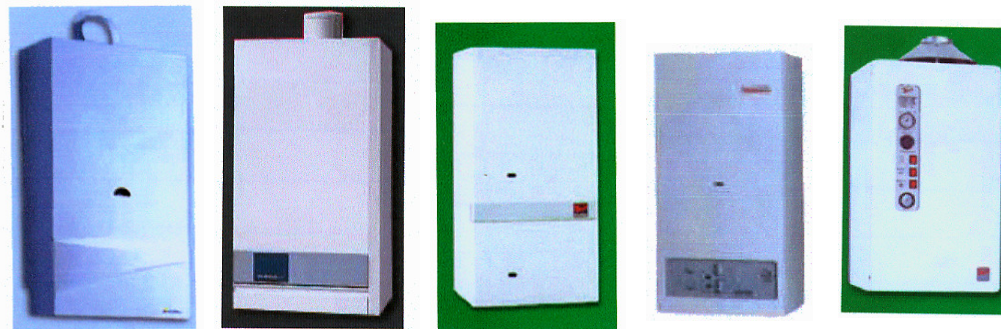
- 1) Καυστήρες με μίξη αερίου και αέρα μέσα στον χώρο καύσεως χωρίς προανάμιξη.
- 2) Καυστήρες με μερική προανάμιξη σε χωριστούς χώρους αναμίξεως ή σωλήνες αναμίξεως. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο αέρας δίδεται σε δύο βαθμίδες. Γι' αυτό ομιλούμε για πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αέρα και
- 3) Καυστήρες με πλήρη προανάμιξη αερίου και αέρα.

Λέβητες φυσικού αερίου

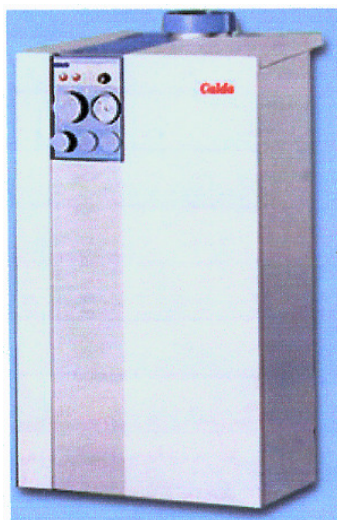
Οι λέβητες φυσικού αερίου είναι κατάλληλοι για την κεντρική θέρμανση του σπιτιού με θερμαντικά σώματα ή μέσω δικτύου εύκαμπτων αεραγωγών και στομιών, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ζεστού νερού. Η απόδοσή τους

φτάνει το 95 % και σε συνδυασμό με την άμεση και αθόρυβη λειτουργία τους καταλήγουν να είναι ο πιο άνετος και ο πιο οικονομικός τρόπος θέρμανσης όλων των χώρων.

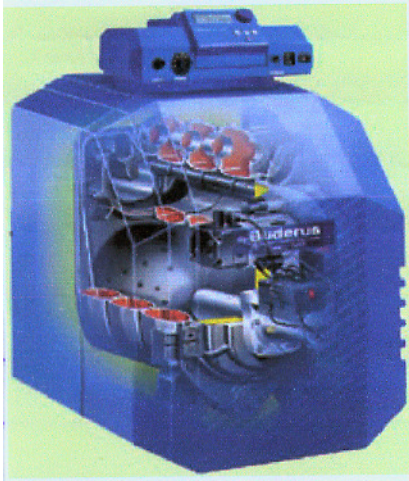
Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται διάφορα είδη λεβήτων κεντρικής θέρμανσης.



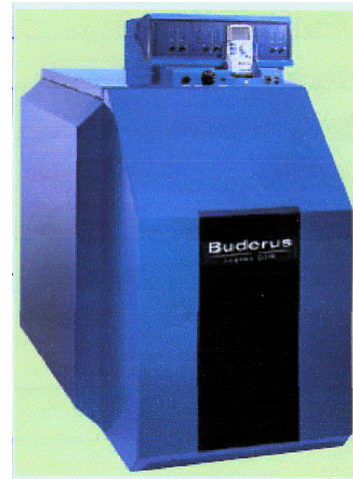
A. Επιτοίχιοι



B. Χυτοσιδηροί δαπέδου



G115. ισχύς από 17 έως 34 KW



G215. ισχύς από 35 έως 85 KW

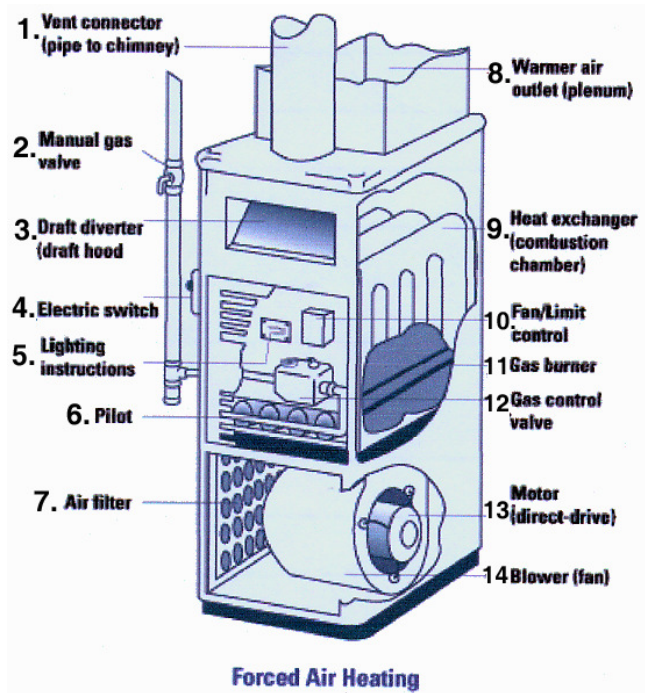
Γ. Χυτοσιδηροί δαπέδου Logano G115/G215

Εικόνα 40. Διάφορα είδη λεβήτων φυσικού αερίου

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά διάφορα συστήματα λεβήτων που κυκλοφορούν :

A) Λέβητας φυσικού αερίου λειτουργίας με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα

Το πιο συνηθισμένο είδος λέβητα κεντρικής θέρμανσης φυσικού αερίου είναι αυτό που θερμαίνει τους χώρους με το σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα. Ο κρύος αέρας έλκεται μέσα στο σύστημα, μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας, όπου θερμαίνεται από τον καυστήρα, και στην συνέχεια, μέσω ενός ανεμιστήρα, διοχετεύεται ζεστός στους αγωγούς τροφοδότησης του σπιτιού. Μετά, εισέρχεται στο δωμάτιο μέσω διαχυτών και τελικά επιστρέφει από τον αγωγό κρύου αέρα στον λέβητα, όπου φιλτράρεται, ξαναθερμαίνεται και ξανατίθεται σε κυκλοφορία. Η διαφορά βάρους μεταξύ ζεστού και κρύου αέρα διατηρεί την κυκλοφορία αυτή.



Υπόμνημα

1. Συνδετήρας αεραγωγού (σωλήνας προς την καμινάδα)
2. Χειροκίνητη βαλβίδα αερίου
3. Ρυθμιστής αέρα καμινάδας
4. Ηλεκτρικός διακόπτης
5. Οδηγίες ανάφλεξης
6. Πιλότος
7. Φίλτρο αέρα
8. Έξοδος ζεστού αέρα (πληρότητα)
9. Εναλλάκτης θερμότητας (θάλαμος καύσης)
10. Όριο ελέγχου ανεμιστήρα
11. Κανστήρας αερίου
12. Βαλβίδα ελέγχου αερίου
13. Κινητήρας
14. Ανεμιστήρας

Εικόνα 41. Σύστημα θέρμανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα

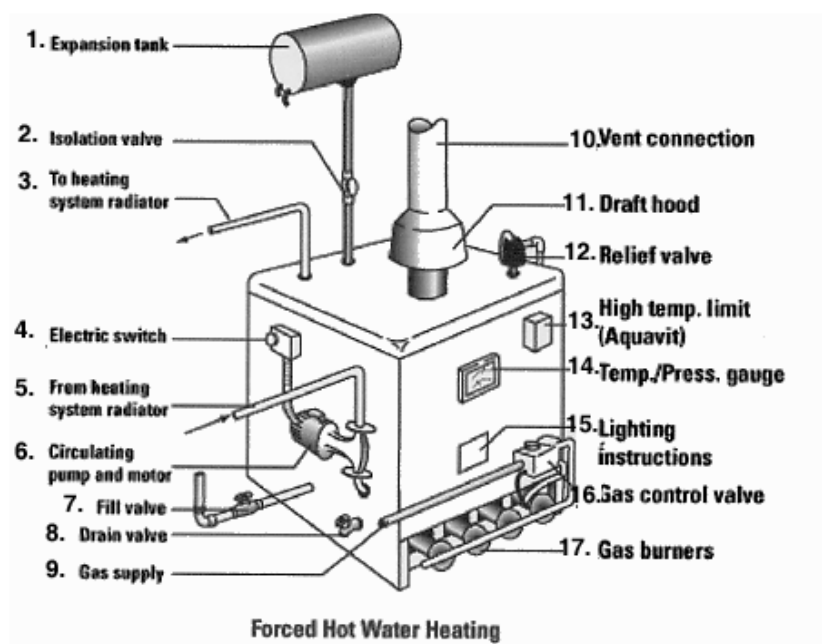
B) Συνδυασμός συστημάτων θέρμανσης νερού και θέρμανσης χώρου

Ένα άλλο είδος λέβητα κεντρικής θέρμανσης φυσικού αερίου είναι ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει τα δύο παραπάνω. Δηλαδή παρέχει σταθερή ποσότητα ζεστού νερού, όπως ένας θερμαντήρας νερού, ενώ ταυτόχρονα ζεσταίνει το σπίτι με ζεστό αέρα, όπως ένα σύστημα

θέρμανσης εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα. Η λειτουργία του γίνεται ως εξής: η ελεγχόμενη από το θερμοστάτη αντλία μεταφέρει ζεστό νερό στο σύστημα θέρμανσης μέσω ενός σπειροειδούς σωλήνα και ταυτόχρονα ένας ανεμιστήρας στέλνει αέρα σε αυτόν. Έτσι, ο αέρας ζεσταίνεται και αρχίζει η διανομή του, μέσα από τους αγωγούς σε όλο το σπίτι.

Γ) Λέβητας φυσικού αερίου λειτουργίας με εξαναγκασμένη κυκλοφορία νερού

Ο λέβητας φυσικού αερίου (natural gas boiler) αυτού του τύπου είναι ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης εξαναγκασμένης κυκλοφορίας νερού, το οποίο λειτουργεί σύμφωνα με το γεγονός ότι το ζεστό νερό ανυψώνεται. Η λειτουργία του γίνεται ως εξής : το ζεστό νερό κυκλοφορεί μέσω των σωλήνων τροφοδότησης από τον λέβητα στα θερμομαντικά σώματα και όταν κρυώσει επιστρέφει λόγω της διαφοράς πυκνότητας (μεταξύ κρύου και ζεστού νερού) πάλι σε αυτόν. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι, το χαμηλότερο θερμομαντικό σώμα να βρίσκεται ψηλότερα από τον λέβητα, ενώ οι σωλήνες που μεταφέρουν το νερό μπορούν να βρίσκονται είτε πάνω είτε κάτω από αυτόν, όπως φαίνεται στην Εικόνα 42



Υπόμνημα

1. Δεξαμενή διαστολής
2. Βαλβίδα απομόνωσης
3. Προς το σύστημα θερμομαντικών σωμάτων
4. Ηλεκτρικός διακόπτης
5. Από το σύστημα θερμομαντικών σωμάτων
6. Αντλία και κινητήρας κυκλοφορίας

7. Βαλβίδα πλήρωσης
8. Βαλβίδα εκκένωσης
9. Τροφοδοσία φυσικού αερίου
10. Σύνδεση αεραγωγού
11. Ρυθμιστής αέρα καμινάδας
12. Ανακουφιστική βαλβίδα
13. Υψηλό όριο θερμοκρασίας
14. Δείκτης Θερμοκρασίας / Πίεσης
15. Οδηγίες ανάφλεξης
16. Βαλβίδα ελέγχου αερίου
17. Κανστήρες

Εικόνα 42. Σύστημα θέρμανσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία νερού

Δ) Υποδαπέδια θέρμανση φυσικού αερίου

Η υποδαπέδια θέρμανση ακτινοβολίας παρέχει ανώτερη άνεση και μεγαλύτερη οικονομία έναντι των άλλων συστημάτων θέρμανσης εξαιτίας των παρακάτω :

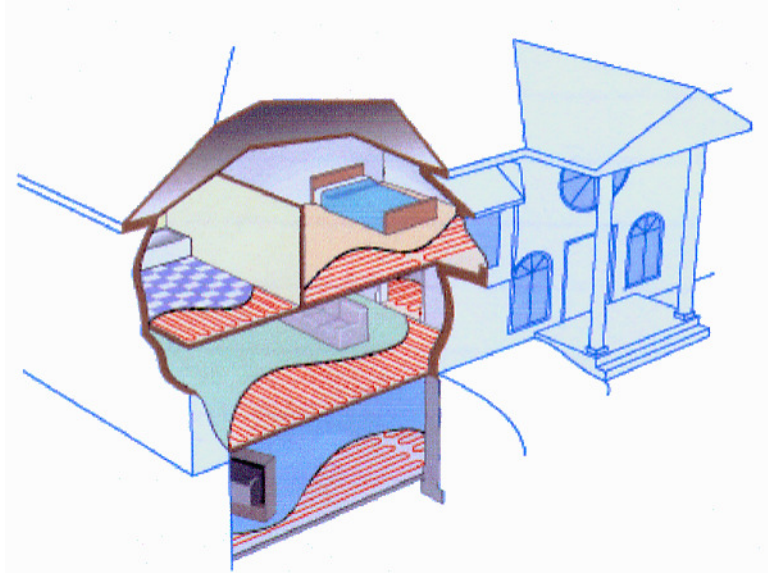
1) Ανώτερη άνεση

- Τα συστήματα ακτινοβολίας είναι αθόρυβα
- Η θερμότητα εξαπλώνεται ομοιόμορφα στον χώρο, εξαφανίζοντας οποιοδήποτε κρύο σημείο σε αυτόν
- Είναι σταθερή και όμοια σε ποιότητα μορφή θερμότητας

2) Οικονομία

- Οι χρήστες νοιώθουν ζεστά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αφού η πηγή θερμότητας είναι εκεί που κανείς την χρειάζεται περισσότερο, στα πόδια.
- Η θερμότητα που μεταδίδεται με ακτινοβολία ζεσταίνει τα αντικείμενα άμεσα, πράγμα το οποίο σημαίνει μικρότερες απώλειες (θερμότητας).
- Μονάδες διπλής λειτουργίας που παρέχουν θέρμανση χώρων και νερού προσφέρουν μικρότερο κόστος αγοράς εξοπλισμού.

- Η θέρμανση μπορεί να κατευθυνθεί σε συγκεκριμένες ζώνες ή δωμάτια με την χρήση ξεχωριστών θερμοστατών ελέγχου και έτσι να αυξηθεί η αποδοτικότητά της.



Εικόνα 43. Υποδαπέδια θέρμανση φυσικού αερίου

Η υποδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί όλο το πάτωμα ως πηγή ακτινοβολίας θερμότητας και αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία:

- 1) τους ελαστικούς και ταυτόχρονα ανθεκτικούς σωλήνες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι κάτω από το πάτωμα και
- 2) την πηγή θέρμανσης έναν λέβητα ή έναν θερμοαντήρα νερού.

Ακόμα, εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι ο ζεστός αέρας ανεβαίνει προς τα πάνω, εξαπλώνοντας έτσι την ζέση σε όλο το δωμάτιο, από κάτω προς τα πάνω.

Τέλος, υπάρχουν δύο τύποι υποδαπέδιων συστημάτων:

- 1) Το σύστημα μονής λειτουργίας, στο οποίο ένας θερμοαντήρας ζεσταίνει το νερό της υποδαπέδιας θέρμανσης και ένας βραστήρας ή λέβητας καλύπτει τις υπόλοιπες ανάγκες σε ζεστό νερό του σπιτιού και
- 2) Το σύστημα διπλής λειτουργίας, στο οποίο μια μονάδα κάνει και τις δύο παραπάνω λειτουργίες.

2.8 Σύγκριση διαφόρων συστημάτων θέρμανσης

Στον Πίνακα 5 που ακολουθεί γίνεται η σύγκριση των συστημάτων θέρμανσης, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους σε συγκεκριμένες κατηγορίες, και βάσει αυτών, στην στήλη 1, προκύπτει ο ολικός βαθμός του κάθε συστήματος.

Το σύστημα θέρμανσης φυσικού αερίου έχει την καλύτερη τελική βαθμολογία, αφού με μικρή κατανάλωση καυσίμου παρέχει υψηλή αποδοτικότητα, γρήγορη θερμική απόκριση και μικρή περιβαλλοντική επίδραση, ενώ και το κόστος εγκατάστασης του είναι σχετικά χαμηλό.

Η αποδοτικότητα του είναι της τάξεως του 90% και σε σχέση με αυτή του συστήματος πετρελαίου, που είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο στη χώρα μας, είναι μέχρι και 10% μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει γιατί το φυσικό αέριο έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη (53,42 MJ/kg ή 12.756,7 kcal/kg) από το πετρέλαιο με την ποιότητα καύσης του να είναι και αυτή καλύτερη. Έτσι, η θέρμανση με φυσικό αέριο ενός μεσαίου μεγέθους σπιτιού σε μέτριο κλίμα, κοστίζει 5% λιγότερο από αυτή με πετρέλαιο ενώ και η περιβαλλοντική ρύπανση αυτής κυμαίνεται σε πολύ πιο χαμηλά επίπεδα. Τέλος, το σύστημα θέρμανσης με φυσικό αέριο έχει μικρότερο κόστος εγκατάστασης από το αντίστοιχο του πετρελαίου αφού η καύσιμη ύλη του διανέμεται σε δίκτυο και δεν απαιτεί χώρο αποθήκευσης.

Πίνακας 5. Σύγκριση συστημάτων θέρμανσης (1= καλύτερο, 8= Χειρότερο)

Τύπος Συστήματος	Ολικός Βαθμός	Κόστος Εγκατάστασης	Κόστος Λειτουργίας	Περιβαλλοντική επίδραση	Θερμική Απόκριση
Φυσικό αέριο	1	2	1-3	2	1
Υγραέριο	2	5	2-4	4	8
Πετρέλαιο θέρμανσης	4	3	2-5	5	1
LPG (Προπάνιο /βουτάνιο)	5	2	6	4	1
Σόμπες ξύλου	6	2-6	2-6	2-4	4
Τζάκια ξύλου	7	5	5-8	6-8	5-8
Ηλεκτρική αντίσταση	8	1	8	8	3

3. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η καύση του φυσικού αερίου, όπως και των άλλων καυσίμων, είναι ένα από τα σημαντικότερα φυσικοχημικά φαινόμενα μετατροπής ενέργειας με απεριόριστες τεχνολογικές εφαρμογές. Αυτή η σπουδαιότητα σε συνδυασμό με τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει η καύση στο (ατμοσφαιρικό) περιβάλλον καθιστούν τα σχετικά φαινόμενα σαν ένα κατ' εξοχήν αντικείμενο μελέτης και έρευνας. Για τις τρέχουσες τεχνολογικές εφαρμογές υπάρχουν τυποποιημένες υπολογιστικές και μελετητικές διαδικασίες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να εφαρμόζονται με πιστότητα από το μελετητή. Η σύγχρονη έρευνα για τη βελτίωση της τεχνολογίας της καύσης έχει επίσης μεγάλο ενδιαφέρον, είναι πολύπλευρη αλλά συναντάει μεγάλες δυσκολίες για τρεις κυρίως λόγους : (α) Ακόμη και σήμερα υπάρχει ανεπαρκής κατανόηση των μηχανισμών της καύσης, (β) υπάρχουν ασαφείς συσχετισμοί ανάμεσα σ' αυτούς τους μηχανισμούς και τα ροϊκά φαινόμενα, ιδιαίτερα αυτά της τυρβώδους ροής και (γ) οι χημικές αντιδράσεις κατά την καύση είναι δυσπρόσιτες για την ακριβή πειραματική ανάλυση, ενώ η εξομοίωσή τους σε υπολογιστικές αναλύσεις προσκρούει σε προβλήματα «ακαμψίας», κυρίως επειδή πολύ γρήγορες και πολύ αργές αντιδράσεις, που παράγουν ή απορροφούν τοπικά ή / και χρονικά μεγάλες ποσότητες θερμότητας, συνυπάρχουν και κατά πεπλεγμένο τρόπο συνδέονται με τα φαινόμενα ροής.

Αυτές οι δυσκολίες υποχρεώνουν, η παρουσίαση της καύσης του φυσικού αερίου στις τεχνολογικές εφαρμογές να γίνεται σε δύο επίπεδα : Στο ένα με δοκιμασμένα υπολογιστικά εργαλεία ημιεμπειρικού χαρακτήρα για τις μηχανολογικές και άλλες μελέτες εφαρμογής, όπως γίνεται στα ακόλουθα, και στο άλλο επίπεδο με τις εξελιγμένες μεθόδους ανάλυσης για σκοπούς ανάπτυξης υψηλής τεχνολογίας και έρευνας.

Το κεφάλαιο αυτό καλύπτει τα πλέον ουσιώδη θέματα της καύσης του φυσικού αερίου από θεωρητικής και πρακτικής πλευράς και δίνει τα απαραίτητα εργαλεία ανάλυσης για το σχεδιασμό εγκαταστάσεων.

3.1 Καύση του φυσικού αερίου

3.1.1 Η παραγωγή θερμότητας από την καύση

Όπως σε όλα τα αέρια καύσιμα η καύση του φυσικού αερίου είναι ευκολότερη από αυτή των στερεών ή ακόμη των υγρών καυσίμων. Πριν ή και κατά τη διάρκεια της καύσης η

ανάμιξη αερίου και αέρα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη ώστε να εξασφαλίζεται η πληρότητα της καύσης.

Σκοπός της καύσης του φυσικού αερίου είναι η μετατροπή όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μέρους της χημικής ενέργειας, που περιέχεται στο φυσικό αέριο, σε θερμική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την αντίδραση των στοιχείων του αερίου με οξυγόνο (οξειδωση), οπότε παράγονται τα αντίστοιχα οξείδια με έκλυση θερμότητας, η οποία ονομάζεται θερμότητα καύσης. Η θερμότητα καύσης είναι η διαφορά μεταξύ : (α) της χημικής ενέργειας του καυσίμου και (β) της χημικής ενέργειας των προϊόντων της καύσης και της θερμικής ενέργειας που απάγεται με τα καυσαέρια. Η καύση μετά την έναρξή της είναι μια αυθόρμητη διεργασία, που γίνεται πάντα με αύξηση της εντροπίας. Αυτό σημαίνει πως ένα μέρος της διαθέσιμης ενέργειας του καυσίμου «χάνεται» κατά τη διεργασία της καύσης, μετατρέπεται δηλαδή αναντίστρεπτα σε άλλη μη-εκμεταλλεύσιμη ενέργεια. Έτσι η θερμότητα που περιλαμβάνεται στην καύση δίνει λιγότερο έργο σε σχέση με τη χημική ενέργεια, που περιέχει το καύσιμο φυσικό αέριο. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, στην οποία παραλαμβάνεται η θερμότητα τόσο περισσότερο έργο μπορεί να δώσει.

Από πλευράς ενεργειακής αξιοποίησής του φυσικού αερίου λοιπόν, όλες οι προσπάθειες στη διεργασία της καύσης πρέπει να αποβλέπουν στην απόληψη όσο το δυνατόν περισσότερης θερμότητας σε όσο το δυνατόν υψηλότερη θερμοκρασία. Ταυτόχρονη (απαραίτητη) επιδίωξη πρέπει να είναι η συνεχής βελτίωση του βαθμού απόδοσης του συστήματος καύσης και η ελαχιστοποίηση της παραγωγής ρυπαντών που επιβαρύνουν το περιβάλλον.

3.1.2 Η χημική διεργασία και οι προϋποθέσεις της καύσης

Το σύνολο των συστατικών του μίγματος ενός τυπικού αερίου σε «ξηρά» κατάσταση, δηλ. χωρίς υγρασία και σε «κατ' όγκον» σύνθεση, μπορεί να παρασταθεί στο ακόλουθο συμβολικό άθροισμα που περιλαμβάνει κατά σειρά τα αέρια μονοξείδιο του άνθρακα CO, υδρογόνο H₂, μεθάνιο CH₄, αιθάνιο C₂H₆, ανώτερους υδρογονάνθρακες C_nH_m, διοξείδιο του άνθρακα CO₂, άζωτο N₂, οξυγόνο O₂, θείο S και υδρόθειο H₂S



Το χημικό σύμβολο με τον άνω δείκτη f δείχνει το κλάσμα όγκου του συστατικού στον όγκο του καυσίμου μίγματος. Το φυσικό αέριο συνήθως δεν περιέχει θείο ή, μετά από διεργασία αποθείωσης πριν τη διανομή του, οι ποσότητες θείου είναι πολύ μικρές. Αν τα παραπάνω αέρια θεωρηθούν ιδανικά τότε η κατ' όγκο σύνθεση είναι επίσης η γραμμομοριακή

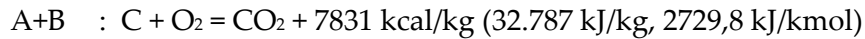
σύνθεση. Ενδεχόμενη περιεκτικότητα του φυσικού αερίου σε νερό (υδρατμούς), H₂O δεν δίνεται σε ποσοστό όγκου αλλά σαν «υγρασία» w_e συνήθως σε γραμμάρια ανά κανονικό κυβικό μέτρο (g/m³). Συνιστώσες του καυσίμου που δεν συμμετέχουν άμεσα στην καύση είναι συνήθως τα «αδρανή» αέρια άζωτο ή / και διοξείδιο του άνθρακα καθώς και άλλα αέρια που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος συμμετέχει στην καύση σε περίπου δεκαπλάσια ποσότητα σε σχέση με το φυσικό αέριο. Στην πραγματικότητα όμως και αυτά τα αέρια συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις, όμως σε αμελητέα ποσότητα σε ότι αφορά την απόδοση της καύσης, αλλά πολύ σημαντική για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Διότι εκτός από παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα, που έχει αρνητικές επιπτώσεις στο ευρύτερο φαινόμενο του θερμοκηπίου, παράγονται οξειδία του αζώτου (NO_x) με σοβαρές επιπτώσεις στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

Όταν μια καύσιμη ουσία καίγεται πλήρως με τόσο μόνο οξυγόνο, όσο θεωρητικά χρειάζεται για την ολοκλήρωση των χημικών αντιδράσεων, τότε λαμβάνει χώρα μια «πλήρης στοιχειομετρική καύση». «Πλήρης» επειδή δεν παραμένουν άκαυστες ουσίες, όπως άνθρακας, υδρογονάνθρακες ή μονοδείξιο του άνθρακα, και «στοιχειομετρική», επειδή χρησιμοποιεί ακριβώς την ποσότητα οξυγόνου που διατίθεται, δηλαδή δεν υπάρχει καθόλου περίσσεια οξυγόνου. Πρόκειται για μια ιδεατή διεργασία καύσης, γιατί στην πραγματικότητα η καύση είναι ατελής και υπάρχει πάντα περίσσεια αέρα και κατά συνέπεια περίσσεια οξυγόνου.

Εάν στα προϊόντα της καύσης, δηλαδή στα καυσαέρια, υπάρχουν άκαυστα, όπως άνθρακας, μονοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες, τότε υπάρχει μια «ατελής καύση». Τέλος αν στην καύση παρέχεται περισσότερο οξυγόνο από όσο στοιχειομετρικά απαιτείται για την πλήρη καύση τότε υπάρχει περίσσεια οξυγόνου. Σε βιομηχανικές συνθήκες καύσης αλλά και αλλού, όταν η ανάμιξη αέρα – καυσίμου δεν είναι καλή, είναι δυνατό να προκύψει ατελής καύση παρότι υπάρχει περίσσεια οξυγόνου.

Γενικά οι διεργασίες της καύσης είναι πολύπλοκα φυσικοχημικά φαινόμενα. Γι' αυτό για τις τεχνολογικές εφαρμογές η θεώρηση περιορίζεται στην ανάλυση της κατάστασης του αερίου καυσίμου πριν και μετά την καύση, δηλ. στη σύνθεση αέρα – καυσίμου και τη σύνθεση των καυσαερίων (προϊόντων της καύσης). Η θερμότητα που εκλύεται όμως εξαρτάται μόνο από τα τελικά προϊόντα, δηλ. το τελικό αποτέλεσμα, και είναι ανεξάρτητη από τις ενδιάμεσες αντιδράσεις. Ένα απλό παράδειγμα είναι η καύση του άνθρακα προς μονοξείδιο και στη συνέχεια του μονοξειδίου προς διοξείδιο του άνθρακα :





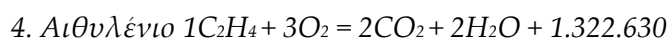
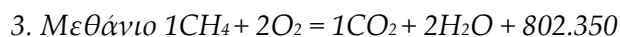
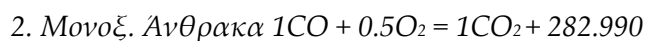
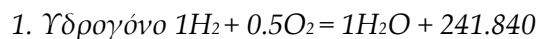
Η εκλυόμενη θερμότητα αναφέρεται ανά kg του καυσίμου, δηλ. του άνθρακα. Η εκλυόμενη θερμότητα της τρίτης αντίδρασης είναι το άθροισμα των δύο προηγούμενων. Δηλαδή, είτε θεωρηθεί ότι ο άνθρακας καίγεται με τα δύο επί μέρους βήματα Α και Β, είτε απευθείας προς το διοξείδιο του άνθρακα, η εκλυόμενη συνολικά θερμότητα είναι η ίδια.

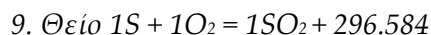
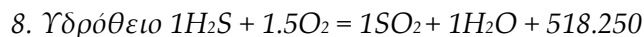
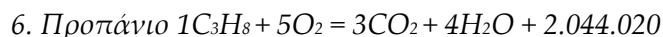
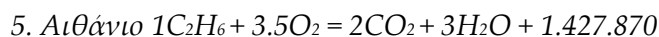
Γενικά μπορεί να παρατηρηθεί ότι καύση λαμβάνει χώρα, όταν εκπληρώνονται οι εξής συνθήκες :

- 1) Πρέπει να διατίθεται το αναγκαίο οξυγόνο, το οποίο κατά κανόνα βρίσκεται στον αέρα. Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο, όπως στις συγκολλήσεις, όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες.
- 2) Αέριο καύσιμο και αέρας πρέπει να αναμιγνύονται πολύ καλά.
- 3) Για την εκκίνηση της καύσης απαιτείται η έναυση ή ανάφλεξη, δηλ. η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας του μίγματος στην απαιτούμενη «θερμοκρασία ανάφλεξης». Για τα συνήθη φυσικά αέρια η θερμοκρασία ανάφλεξης είναι περίπου 550 έως 650 °C, δηλαδή αρκετά υψηλότερη από τον άνθρακα και πετρελαίου που είναι 250 °C και 450 °C, αντίστοιχα.

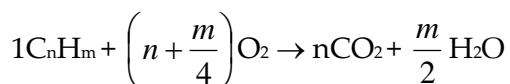
3.1.3 Οι χημικές αντιδράσεις κατά την καύση του φυσικού αερίου

Για αέρια καύσιμα όπως είναι ένα τυπικό φυσικό αέριο με σύνθεση, όπως στην προηγούμενη εξίσωση, παράγονται καυσαέρια με σύνθεση, που προκύπτει από τις ακόλουθες σχέσεις χημικών αντιδράσεων από τις οποίες προκύπτει αντίστοιχη έκλυση ενέργειας σε kJ/kmol. (Ας παρατηρηθεί ότι η εκλυόμενη ενέργεια είναι η κατώτερη θερμογόνο δύναμη, ΚΘΔ, του κάθε συστατικού. Οι τιμές δίνονται στον πίνακα 6)





Για την καύση τυχαίων υδρογονανθράκων, οι οποίοι μπορεί να υπάρχουν στο φυσικό αέριο, ισχύει σε γενικευμένη μορφή η ακόλουθη χημική αντίδραση :



Οι σχέσεις αυτές ισχύουν για ένα μόριο καυσίμου, αλλά επίσης για ένα γραμμομόριο (mol) ή χιλιογραμμομόριο (kmol). Αν τα συστατικά μπορούν να θεωρηθούν ως ιδανικά αέρια ισχύουν επίσης για 1 m³ σε κανονικές συνθήκες, αφού 1 kmol ή 1 m³ ιδανικού αερίου σε κανονικές συνθήκες περιέχει ένα συγκεκριμένο αριθμό μορίων, τον αριθμό Avogadro N_A ή τον μη-χρησιμοποιούμενο πλέον αριθμό Loschmidt N_L :

$$N_A = 6,022045 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$$

$$N_L = N_A / V_{mo} = 2,687 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$$

με το μοριακό όγκο ιδανικού αερίου V_{mo}

$$V_{mo} = 22,4136 \text{ m}^3 \text{ kmol}^{-1}$$

Πρέπει να παρατηρηθεί, ότι οι προηγούμενες σχέσεις είναι χημικές αντιδράσεις και όχι αλγεβρικές σχέσεις. Με τη βοήθεια αυτών των σχέσεων μπορούν να υπολογιστούν η απαιτούμενη ποσότητα αέρα για την καύση και η ποσότητα και η σύνθεση των καυσαερίων.

Τέλος σημειώνεται ότι η μετατροπή των παραπάνω μονάδων γίνεται σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις ως εξής :

$$\frac{kJ}{kg} = 4,1868 \frac{kcal}{kg}, \frac{kJ}{kg} = \frac{1}{M} \frac{kJ}{kmol} \text{ και } \frac{kJ}{m^3_n} = \frac{1}{V_{mo}} \frac{kJ}{kmol}$$

Όπου M η σχετική μοριακή μάζα («μοριακό βάρος») του αερίου

Πίνακας 6. Ανωτέρα και κατώτερα θερμογόνος δύναμη αερίων καυσίμων σύμφωνα με το DIN 51850. Οι τιμές για όλα τα αέρια που υγροποιούνται στις κανονικές συνθήκες 0°C και $1,01325 \text{ bar}$ έχουν τεθεί σε παρένθεση.

Καύσιμο	Μοριακή μάζα M kg/kmol	Μοριακός κανονικός όγκος V_{mn} m ³ /kmol	Ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη					
			H_{om}	H_{um}	H_o	H_u	H_{om}	H_{um}
			MJ/kmol		MJ/kg		MJ/m ³	
Μονοξ. άνθρακα CO	28,0104	22,400	282,99	282,99	10,103	10,103	12,633	12,633
Υδρογόνο H ₂	2,0158	22,428	285,84	241,84	141,80	119,972	12,754	10,783
Μεθάνιο CH ₄	16,043	22,360	890,35	802,35	55,498	50,013	39,819	35,883
Αιθίνιο (Ακετυλένιο) C ₂ H ₂	26,038	22,226	1.299,61	1.255,61	49,912	48,222	58,473	56,493
Αιθένιο (Αιθυλένιο) C ₂ H ₄	28,054	22,245	1.410,64	1.322,63	50,283	47,146	63,414	56,457
Αιθάνιο C ₂ H ₆	30,069	22,191	1.559,88	1.427,87	51,877	47,486	70,293	64,345
Προπένιο C ₃ H ₆	42,080	21,998	2.058,49	1.926,48	48,918	45,781	93,576	87,575
Προπάνιο C ₃ H ₈	44,096	21,928	2.220,03	2.044,02	50,345	46,354	101,242	93,215
1,3-Βουταδιένιο C ₄ H ₆	54,0914	21,664	2.541,74	2.409,73	46,990	44,549	117,326	111,232
1-Βουτένιο C ₄ H ₈	56,107	21,587	2.717,01	2.541,00	48,426	45,288	125,863	117,710
n-Βουτάνιο C ₄ H ₁₀	58,123	21,461	2.877,08	2.657,08	49,500	45,715	134,061	123,810
ίσο-Βουτάνιο C ₄ H ₁₀	58,123	21,550	2.868,72	2.648,71	49,356	45,571	133,119	122,910
n-Πεντάνιο C ₅ H ₁₂	72,150	(20,90)	3.536,15	3.272,14	49,011	45,352	(169,19)	(156,56)
n-Εξάνιο C ₆ H ₁₄	86,177	(20,10)	4.194,92	3.886,91	48,678	45,104	(208,70)	(193,38)
n-Επτάνιο C ₇ H ₁₆	100,203	(18,3)	4.853,57	4.501,55	48,437	44,924	(251,48)	(233,24)
n-Οκτάνιο C ₈ H ₁₈	114,230	(17,0)	5.511,71	5.115,69	48,251	44,784	(324,22)	(300,92)
Βενζόλιο C ₆ H ₆	78,113	(20,9)	3.301,51	3.169,51	42,266	40,576	(157,97)	(151,65)
Τολουόλη C ₇ H ₈	92,140	(18,9)	3.947,94	3.771,93	42,847	40,937	(208,89)	(199,57)
Ο-Ξυλόλη C ₈ H ₁₀	106,167	(15,5)	4.596,29	4.376,28	43,293	41,221	(296,53)	(282,34)
Αμμωνία NH ₃	17,0304	22,065	379,00	313,00	22,254	18,379	17,177	14,185
Υδροκυάνιο HCN	27,0256	(21,20)	665,00	643,00	24,606	23,792	(31,37)	(30,33)
Υδροθείο H ₂ S	34,076	22,192	562,25	518,25	16,500	15,209	25,336	23,353
Μεθυλοαλκοόλη H ₂ (OH)	32,042	(21,1)	763,82	675,82	23,838	21,092	(36,20)	(32,03)
Αιθυλοαλκοόλη C ₂ H ₅ (OH)	46,0688	(21,0)	1.408,50	1.276,49	30,574	27,708	(67,07)	(60,79)

3.2 Φυσικό αέριο και περιβάλλον

Οι οικολογικές βλάβες που προκαλεί η καύση του φυσικού αερίου προέρχονται από εστίες κεντρικής θέρμανσης, θερμοσίφωνες αερίου, βιομηχανικές εστίες καύσης, εγκαταστάσεις αεριοστροβίλων ηλεκτροπαραγωγής και άλλες περιορισμένων εφαρμογών εγκαταστάσεις και συσκευές. Πρέπει να τονιστεί εξ αρχής, ότι το φυσικό αέριο, όπως σχεδόν όλα τα αέρια καύσιμα, είναι λιγότερο επιβλαβές περιβαλλοντικά σε σχέση με το πετρέλαιο ή τον άνθρακα. Τούτο όμως ισχύει αναφορικά με την παραγωγή οξειδίου του θείου και τα στερεά σωματίδια αιθάλης. Δεν ισχύει όμως πάντοτε για τα παραγόμενα κατά την καύση οξείδια του αζώτου.

Κατά την διάρκεια της απελευθέρωσης της θερμότητας σχηματίζονται σε μεγάλες ποσότητες αβλαβή αέρια καύσης, όπως είναι οι υδρατμοί H_2O και το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , του οποίου οι αρνητικές επιπτώσεις έχουν μακροσκοπικό χαρακτήρα, επειδή επηρεάζουν όχι άμεσα το περιβάλλον κοντά στην περιοχή όπου αυτό παράγεται, αλλά γενικότερα συντείνουν στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου (βαθμιαία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας). Παράλληλα όμως σχηματίζονται και τα επιβλαβή αέρια καύσης, που είναι δηλητηριώδη ακόμη και σε μικρές ποσότητες.

Γενικά οι κυριότεροι αέριοι ρυπαντές μπορούν να ομαδοποιηθούν σε «πρωτογενείς και δευτερογενείς». Οι πρώτοι εκπέμπονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα, ενώ οι δευτερογενείς σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σε δεύτερο στάδιο μετά από φωτοχημικές ή / και χημικές αντιδράσεις διαφόρων προϊόντων καύσης.

3.3 Οι κυριότεροι αέριοι ρυπαντές : Δημιουργία και παραγωγή κατά την καύση φυσικού αερίου Χαρακτηριστικά και επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Οι αέριοι ρυπαντές που παράγονται από την καύση των συνήθων υγρών και στερεών καυσίμων (πετρέλαιου και άνθρακα διαφόρων ποιοτήτων) αλλά και του φυσικού αερίου (από τη καύση ή την έκλυση αυτού στην ατμόσφαιρα) καθώς και η προέλευσή τους (Πίνακας 8) μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής :

3.3.1 Οξείδια του άνθρακα

Το μονοξείδιο CO και το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , παράγονται κατά τη καύση, ενώ CO_2 περιέχεται και στο φυσικό αέριο σε πολύ μικρό ποσοστό. Μονοξείδιο του άνθρακα CO

παράγεται κατά την καύση σε πρώτο στάδιο και ακολουθεί η παραπέρα οξείδωση και μετατροπή του σε διοξείδιο CO₂. Αυτή η διεργασία εξελίσσεται σε ότι αφορά την κινητική της χημικής αντίδρασης σχετικά αργά. Σε περίπτωση που προκύψει γρήγορη ψύξη, δηλ. ταχεία πτώση της θερμοκρασίας των προϊόντων της καύσης, μπορεί η διεργασία παραγωγής του CO₂ να διακοπεί με αποτέλεσμα την παραμονή του CO στα καπναέρια, έστω και αν από θερμοδυναμικής σκοπιάς με την προβλεπόμενη περίσσεια αέρα δεν θα έπρεπε να προκύπτει CO. Έτσι προκύπτει ανεπιθύμητη εκπομπή με υψηλές συγκεντρώσεις σε CO. Εδώ προκύπτει και η αντίθεση, ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες καύσης και καυσαερίων μειώνονται τα οξείδια του αζώτου NO_x, αλλά αυξάνεται η παραγωγή του CO. Ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνονται τα NO_x και μειώνεται το CO. Πάντως σε ότι αφορά την παραγωγή CO₂ και CO οι προδιαγραφές επιβάλλουν μια ελάχιστη ποσότητα παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα σαν δείγμα καλής καύσης, οπότε και υπάρχει ελαχιστοποίηση του CO. Έτσι οι ελληνικές περιβαλλοντικές διατάξεις επιβάλλουν τα καυσαέρια να έχουν ελάχιστη επιτρεπόμενη κατ' όγκον περιεκτικότητα σε CO₂ από 8 έως 10% ανάλογα με το είδος της εγκαταστάσεως (δηλαδή να περιέχουν τουλάχιστον αυτό το ποσοστό για να θεωρείται η λειτουργία τους ενεργειακά και περιβαλλοντικά επιτρεπτή κατά το νόμο).

Το CO₂ είναι υπεύθυνο ως ένα σημαντικό βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο αυτό συνίσταται στην μεταβολή της θερμοκρασίας που προκαλείται από παγίδευση θερμικής ακτινοβολίας στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η παγίδευση οφείλεται στην παρουσία ειδικών μορίων στην ατμόσφαιρα τα οποία είναι «διαφανή» και διαταράσσουν την ανταλλαγή ενέργειας με το διάστημα. Αφήνουν δηλαδή να διέλθει η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, συγκρατούν όμως τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη γη (τη νύχτα). Το αποτέλεσμα είναι η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του γήινου περιβάλλοντος και η δημιουργία έτσι του λεγόμενου «φαινομένου του θερμοκηπίου». Εκτιμήσεις δείχνουν ότι στην ευθύνη για τη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου το διοξείδιο του άνθρακα συμμετέχει κατά 55%.

Το μονοξείδιο του άνθρακα CO, που σχηματίζεται κατά τη διεργασία της καύσης, συντελεί κατ' ανάλογο τρόπο στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, στην οποία όμως γρήγορα μετατρέπεται σε CO₂. Είναι ακίνδυνο για τη χλωρίδα και τα οικοδομήματα. Ειδικότερες επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα CO είναι ότι είναι δηλητηριώδες για τον άνθρωπο και τα ζώα και προκαλεί διαταραχές στο κεντρικό νευρικό σύστημα και στο καρδιακό κυκλοφορικό σύστημα. Το CO δεσμεύει ερυθρά αιμοσφαίρια διαταράσσοντας έτσι την μεταφορά οξυγόνου στο αίμα.

3.3.2 Οξείδια του θείου SO_x

Το θείο υπάρχει στο αέριο σε οργανική μορφή και σε πολύ μικρότερες ποσότητες από τα άλλα καύσιμα. Το ελληνικό φυσικό αέριο σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΠΑ περιέχει μικρές ποσότητες καθαρού θείου (S) και υδρόθειου (H_2S), οι οποίες στη χειρότερη περίπτωση είναι :

- Ολικό θείο S σε περιεκτικότητα 65 mg/m^3 για το Ρωσικό αέριο και 30 mg/m^3 για το Αλγερινό αέριο
- Υδρόθειο H_2S σε περιεκτικότητα $5,4 \text{ mg/m}^3$ για το Ρωσικό και $0,83 \text{ mg/m}^3$ για το Αλγερινό αέριο
- Θείο μερκαπτανών $16,1 \text{ mg/m}^3$ και $2,3 \text{ mg/m}^3$ αντίστοιχα.

Στη λιγότερο ευνοϊκή περίπτωση και για λόγους ασφαλείας των υπολογισμών πρέπει να λαμβάνεται ως βάση αναφοράς η μεγαλύτερη περιεκτικότητα. Γενικά το φυσικό αέριο που διακινείται στην Ευρώπη περιέχει μικρές ποσότητες θείου ή θειούχων ενώσεων. Π.χ. η γερμανική τεχνική οδηγία DVGW 260 (1980) προβλέπει για τα αέρια καύσης του γερμανικού φυσικού αερίου L και H μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε θείο S 120 mg/m^3_n και σε υδρόθειο H_2S 5 mg/m^3_n , ενώ στα καπναέρια διοξείδιο θείου SO_2 7.6 mg/MJ (300 mg/m^3_n). Οι περιορισμοί αυτοί είναι πολύ αυστηροί σε σύγκριση με την καύση του πετρελαίου EL και γίνονται αυστηρότεροι από το 1987 με μέγιστη επιτρεπόμενη εκπομπή ανά μονάδα όγκου καυσαερίων $35 \text{ mg/m}^3 SO_2$ για όλες τις εγκαταστάσεις καύσης αερίου. Η μείωση αυτών των ορίων εκπομπής από εστίες καύσης δείχνει ότι υπάρχει βελτίωση της τεχνολογίας της καύσης αλλά και μείωση της περιεκτικότητας του φυσικού αερίου σε θείο.

Από το θείο κατά την καύση σχηματίζεται το διοξείδιο του θείου SO_2 το οποίο αποτελεί μια από τις σοβαρότερες σύγχρονες απειλές για την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Από το SO_2 , μια μικρότερη ποσότητα κατά τη διάρκεια της διεργασίας καύσης μετατρέπεται σε τριοξείδιο SO_3 . Το αρνητικό είναι ότι τούτο με τους υδρατμούς των καυσαερίων σχηματίζει θειικό οξύ (H_2SO_4) και αυξάνει έτσι το σημείο δρόσου των προϊόντων της καύσης, γεγονός που οδηγεί σε φθορές από διάβρωση. Επειδή η αποθείωση των καπναερίων έχει υψηλό κόστος, επιδιώκεται η όσο το δυνατόν καλύτερη αποθείωση του φυσικού αερίου πριν από τη διοχέτευσή του στην κατανάλωση.

Το υδρόθειο H_2S , που περιέχεται σε μικρές ποσότητες στο φυσικό αέριο, είναι τοξικό αέριο. Δηλητηρίαση σε ατμόσφαιρα περιεκτικότητας 7.000 mg/m^3 οδηγεί σε θάνατο από παράλυση του αναπνευστικού συστήματος. Ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι

δυνατή η πρόκληση μόνιμων βλαβών των αναπνευστικών οργάνων, του κυκλοφορικού και του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Οι κυριότερες επιπτώσεις από τα οξείδια του θείου είναι ότι προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα στον άνθρωπο, συντελούν στη μείωση της χλωροφύλλης στα φυτά και προκαλούν διάβρωση σε κτίρια και μεταλλικές κατασκευές.

3.3.3 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου παράγονται κατά την καύση σε ζώνες υψηλής θερμοκρασίας της φλόγας καθώς και στα καπναέρια. Στον Πίνακα 7 δίνονται σχετικές λεπτομέρειες για τον τρόπο και τις περιοχές δημιουργίας του NO και NO_2 , μερικούς από τους σπουδαιότερους μηχανισμούς αντίδρασης και την επίδραση διαφόρων παραμέτρων και συνθηκών καύσης πάνω στην παραγωγή τους.

Η δημιουργία οξειδίων του αζώτου ευνοείται από τις υψηλές θερμοκρασίες σε αντίστοιχες ζώνες της φλόγας και από το χρόνο παραμονής του αερίου σε αυτές, ο οποίος συνήθως είναι κλάσματα του δευτερολέπτου, ενώ η κατάσταση ισορροπίας για μεγάλη παραγωγή οξειδίου είναι της τάξης του ενός δευτερολέπτου. Στην ελεύθερη ατμόσφαιρα μέρος του διοξειδίου του αζώτου μετατρέπεται σε οξείδιο του αζώτου υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (h.v, αντίδραση 9 στον Πίνακα 7). Επίσης έχει βρεθεί ότι στα καυσαέρια θερμοηλεκτρικών εργοστασίων περίπου 50% του NO μετατρέπεται σε NO_2 υπό την επίδραση του όζοντος O_3 και του οξυγόνου O_2 , (αντιδράσεις (8) και (11) του Πίνακα 7).

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) είναι παράγωγα της καύσης του φυσικού αερίου, παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης και η παραγωγή τους έχει να κάνει τόσο με το είδος του καυστήρα όσο και με την παροχή του αέρα και του οξυγόνου καύσης. Τα NO_x θεωρείται ότι συμμετέχουν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά αδρές εκτιμήσεις κατά το 10%.

Τέσσερα είναι τα γνωστότερα NO_x : Το μονοξείδιο NO , το διοξείδιο NO_2 , το τριοξείδιο N_2O_3 και το πεντοξείδιο του αζώτου N_2O_5 . Από αυτά το διοξείδιο NO_2 είναι το τοξικότερο, διότι σε υψηλές συγκεντρώσεις βλάπτει τα αναπνευστικά όργανα, ενώ παράλληλα οδηγεί στην «κιτρινωπή θολερότητα» της ατμόσφαιρας, δηλ. το λεγόμενο «φωτοχημικό νέφος» που αποτελεί σήμερα την πλέον χαρακτηριστικά περιβαλλοντική επιβάρυνση των μεγάλων πόλεων. Τα NO και NO_2 επίσης ερεθίζουν και βλάπτουν τους πνεύμονες σε συγκεντρώσεις των $280 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ προκαλείται θανατηφόρα μόλυνση των πνευμόνων και στα 47 mg/m^3 βρογχίτιδα.

Η δημιουργία του «άμεσου NO» είναι σχεδόν αναπότρεπτη, έστω και σε μικρές ποσότητες. Σε μονοβάθμια καύση με περίσσεια αέρα μετρούνται ποσότητες περίπου 50 ppm. Μέγιστη σημασία για την εκπομπή των NO_x έχει το θερμικό NO, το οποίο σχηματίζεται με την αντίδραση (1) και (2) σε περιοχές περίσσειας αέρα και με την αντίδραση (3) σε περιοχές ελλείψεως αέρα καύσης όπως μπορούμε να δούμε από τον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. Δημιουργία οξειδίων αζώτου κατά την καύση φυσικών αερίων κατά Kremer.

Τρόπος και περιοχή παραγωγής	Μηχανισμός αντίδρασης	Περιοχή δημιουργίας Μέγεθος επίδρασης
1. Δημιουργία μονοξειδίου αζώτου NO		
Θερμικό NO	α) Περίσσεια O ₂ O + N ₂ = NO + N (1) N + O ₂ = NO + O (2) β) Περίσσεια καυσίμου N + OH = NO + H (3)	Φλόγα, ζώνη δευτερευουσών αντιδράσεων Συγκέντρωση O ₁ Διάσπαση O ₂ Μεγάλη διάρκεια παραμονής Θερμοκρασία > 1300 °C
Άμεσο NO (κατά Fenimore)	CN + H ₂ = HCN + H (4) CN + H ₂ O = HCN + OH (5) CH + N ₂ = HCN + N (6)	Φλόγα (O- και N- ρίζες) Συγκέντρωση O ₂ Θερμοκρασία
2. Δημιουργία διοξειδίου αζώτου NO ₂		
Σε φλόγες (κατά Fenimore)	NO + HO ₂ = NO ₂ + OH (7)	Γρήγορη εξέλιξη αντίδρασης καύσης Αεριοστρόβιλοι
Σε αγωγούς καπναερίων	2NO + O ₂ = 2NO ₂ (8) (κατά Bodenstein)	Θερμοκρασία < 650 °C Συγκέντρωση O ₂ Χρόνος παραμονής
Σε ελεύθερη ατμόσφαιρα	NO ₂ + h.v = NO + O (9) O + O ₂ + M = O ₃ + M (10) NO + O ₃ = NO ₂ + O ₂ (11)	Συγκέντρωση O ₂ Ηλιακή ακτινοβολία Χρόνος παραμονής Αέρια ρύπανση Σχηματισμός νέφους

3.3.4 Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις

Υπάρχουν στα καυσαέρια του φυσικού αερίου σε περιπτώσεις ατελούς καύσης ή όταν αέριο εκλύεται ανεξέλεγκτα στην ατμόσφαιρα από διάφορες αιτίες. Από τους άκαυστους υδρογονάνθρακες το μεθάνιο CH_4 εκτιμάται ότι συμβάλλει στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά περίπου 10%, οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες κατά 15%, ενώ άλλες συναφείς οργανικές ενώσεις επίσης κατά 10%.

3.3.5 Αιωρούμενα σωματίδια

Σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων καύσης φυσικού αερίου δεν προκύπτουν σημαντικές εκπομπές στερεών σωματιδίων. Μόνο κατά την καύση του και σε εξαιρετικές περιπτώσεις και υπό συνθήκες μειωμένης ποσότητας αέρα καύσης παράγονται σωματίδια αιθάλης, τα οποία γίνονται ορατά όταν συσσωματωθούν υπό την επίδραση της υγρασίας.

Επιτρεπόμενες ποσότητες στερεών σωματιδίων αιθάλης είναι, π.χ. κατά τους γερμανικούς κανονισμούς, μικρότερες από 5 mg/m^3 . Για τη χώρα μας ισχύουν ανάλογες διατάξεις, τις οποίες θα μελετήσουμε παρακάτω, αλλά ως μέτρο μετρήσεων ελέγχου λαμβάνεται ο «δείκτης αιθάλης της δεκαβάθμιας κλίμακας Bacharach» με τιμές μικρότερες του 1 ή 2 ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης αερίου. Ο αντίστοιχος έλεγχος συνίσταται στη σχετική διαβάθμιση της μελανότητας ενός λευκού χάρτινου φίλτρου. Πρόκειται για μια πολύ αδρή μέθοδο μετρήσεως που έχει κυρίως ποιοτικό και όχι ποσοτικό χαρακτήρα, η οποία κρίνεται ως ανεπαρκής για μέτρηση της αιθάλης σε καυστήρες αερίου.

3.3.6 Λοιποί αέριοι ρυπαντές

Άλλοι αέριοι ρυπαντές δεν υπάρχουν στο φυσικό αέριο, ώστε να προκαλείται περιβαλλοντική επιβάρυνση από την καύση.

Πίνακας 8. Προέλευση των εκπεμπόμενων ρυπαντών κατά την καύση αερίων, υγρών και στερεών καυσίμων.

Ρυπαντής	Προέλευση
1. Διοξείδιο του θείου SO ₂	Όλα τα καύσιμα με περιεκτικότητα θείου ή θειικών ενώσεων
2. Τριοξείδιο του θείου SO ₃	Οξειδωση του SO ₂
3. Μονοξείδιο του αζώτου NO	Καύση του ατμοσφαιρικού αζώτου ή του περιεχόμενου στο καύσιμο
4. Διοξείδιο του αζώτου NO ₂	Καύση (λίγο) Οξειδωση του NO μετά την ολοκλήρωση της καύσης
5. Υδρογονάνθρακες	Καύσιμο Προϊόν ατελούς καύσης
6. Μονοξείδιο του άνθρακα CO	Ατελής καύση
7. Αιθάλη	Καύση: Πολυμερισμός ριζών ακετυλενίου
8. Συσσωματωμένη αιθάλη	Συσσωματώσεις σωματιδίων αιθάλης
9. Σκόνη άνθρακα	Καύση πετρελαίου και άνθρακα
10. Στάχτη	Καύσιμο: μόνο πετρέλαιο και άνθρακας

3.4 Προσπάθειες για τη μείωση των οξειδίων του αζώτου : Μετρήσεις της AGA και νεότερες έρευνες

Το μονοξείδιο του αζώτου NO και το διοξείδιο του αζώτου NO₂ παράγονται σε όλες τις περιπτώσεις καύσης υδρογονανθράκων και γενικά ονομάζονται στην τρέχουσα τεχνολογική ορολογία «οξειδία του αζώτου NO_x». Προκαλούν – όπως ήδη αναφέρθηκε – σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, συνεισφέροντας στο σχηματισμό της «όξινης βροχής» και επίσης αντιδρούν με διάφορα πτητικά οργανικά συστατικά στην ατμόσφαιρα σχηματίζοντας στα στρώματα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους όζον ή το λεγόμενο αστικό «φωτοχημικό νέφος» (urban smog).

Για τη μείωση των οξειδίων του αζώτου οι προσπάθειες της σύγχρονης τεχνολογίας επικεντρώνονται στον καλύτερο και καταλληλότερο για το σκοπό αυτό σχεδιασμό καυστήρων και ειδικότερα καυστήρων φυσικού αερίου, το οποίο, αν και θεωρείται ως το «καθαρότερο» σήμερα καύσιμο, παράγει κατά την καύση του οξειδία του αζώτου ίδιων σχεδόν ποσοτήτων όπως και το πετρέλαιο. Η καταπολέμηση της δημιουργίας των NO_x

στην πηγή τους είναι ο κυριότερος στόχος και ο πλέον συμφέρων σε σύγκριση με τις καταλυτικές μεθόδους παγίδευσης των οξειδίων μετά την έξοδο τους από το χώρο καύσης.

Η American Gas Association (AGA) ήδη προ εικοσαετίες είχε αρχίσει συστηματικές έρευνες σε καυστήρες αερίου κλασσικής τεχνολογίας, δηλ. μονοβάθμιους κατασκευής της δεκαετίας 1975-85, οι οποίοι όμως αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό των σήμερα ήδη εγκατεστημένων καυστήρων σε εγκαταστάσεις ηλικίας 10 έως 20 ετών.

Οι έρευνες αφορούσαν πιεστικούς καυστήρες 90.000 έως 200.000 Btu/h (26,4 έως 58,6 kW) και τα αποτελέσματα, που αναφέρονται στην έκθεση Thraser (1975), δείχνουν παραγόμενες ποσότητες κατά μέσο όρο για 38 είδη καυστήρων 50 g NO_x ανά 10⁶ Btu/h, δηλ. περίπου 0,17 g/kW.

Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα μετρήσεων σε 24 διαφορετικούς οικιακούς θερμοσίφωνες αερίου, ισχύος από 31.000 έως 380.000 Btu/h (περίπου 9 έως 111,4 kW), Thraser (1977) με παραγωγή NO_x κατά μέσο όρο 68 g ανά 10⁶ Btu/h, 0,23 g/kW. Παρόμοιες μετρήσεις σε 17 θερμαντήρες κλειστών χώρων (room heaters) έδειξαν ανάλογα αποτελέσματα με ελαφρώς μεγαλύτερη παραγωγή NO_x (Thraser 1979).

Σημειώνεται ότι και στις παραπάνω περιπτώσεις μετρήθηκαν και όλοι οι άλλοι αέριοι ρυπαντές (CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες). Γενική είναι η διαπίστωση ότι η παραγωγή των ρύπων εξαρτάται τόσο από το είδος του καυστήρα, αλλά κυρίως και από την απόκλιση της λειτουργίας από τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα. Όσο μεγαλύτερη η απόκλιση τόσο περισσότερο αυξάνεται η παραγωγή ρυπαντών.

Τα τελευταία δέκα χρόνια και μετά τους επιβληθέντες αυστηρούς περιορισμούς της περιβαλλοντικής νομοθεσίας διεθνώς, έχουν γίνει μεγάλες βελτιώσεις στην τεχνολογία των καυστήρων με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση παραγωγής των αερίων ρύπων – προϊόντων καύσης του φυσικού αερίου.

Σε πρόσφατες δημοσιεύσεις της AGA αναφέρονται βελτιώσεις (δηλ. μειώσεις των NO_x) κατά 5-15% για καύση με μικρή περίσσεια αέρα, κατά 25-35% για καυστήρες με παροχή αέρα καύσης κατά βαθμίδες, κατά 40-50% για καυστήρες με παροχέτευση του καυσίμου κατά βαθμίδες και τέλος βελτίωση 60-75% για καυστήρες με παροχέτευση καυσίμου κατά στάδια και μερική ανακύκλωση των καυσαερίων και όλες αυτές οι βελτιώσεις σε σχέση με την κλασσική τεχνολογία των μονοβάθμιων καυστήρων.

Συμπερασματικά πρέπει να τονιστεί ότι η έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της καύσης βρίσκεται σε εξέλιξη με πρωτεύοντα στόχο να επιτευχθεί «καθαρότερη» καύση σε καυστήρες και εστίες μεγάλης ισχύος, π.χ. σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, διυλιστήρια κλπ, ενώ βαθμιαία αλλά με αργότερο ρυθμό αναμένονται βελτιώσεις σε εγκαταστάσεις μικρής ισχύος, δηλ. επαγγελματικής και οικιακής χρήσεως.

3.5 Οριακές τιμές περιεκτικότητας και παραγωγής ατμοσφαιρικών ρύπων σε εγκαταστάσεις αερίου

Ανεξάρτητα από τη σύνθεση του χρησιμοποιούμενου φυσικού αερίου και των περιεχομένων σ' αυτό αερίων, που μπορούν να προκαλούν παραγωγή αερίων ρύπων, οι εγκαταστάσεις καύσης πρέπει να ανταποκρίνονται τόσο στις τεχνολογικές απαιτήσεις αποδοτικής λειτουργίας όσο και στους περιορισμούς, που επιβάλλει η προστασία του περιβάλλοντος. Η τελευταία οδηγεί στη λήψη αναγκαίων μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών, δηλ. τη μείωση τόσο των συγκεντρώσεων των ρύπων στην ατμόσφαιρα ή τους χώρους εργασίας και κατοικίας, όσο και των παροχών των ρύπων που εκρέουν από τις εγκαταστάσεις.

Με ευθύνη του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε) σε συνεργασία με το Υπουργείο Ανάπτυξης (Διευθύνσεις Βιομηχανίας) έχουν θεσπιστεί στη χώρα μας όρια εκπομπών αερίων αποβλήτων, όπως τούτο γίνεται (με μεγαλύτερη αυστηρότητα και συνέπεια) και σε άλλες προηγμένες χώρες. Ειδικότερα, ισχύουν Προεδρικά Διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις, που προδιαγράφουν τους όρους λειτουργίας και τα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών αερίων αποβλήτων από οικιακούς και βιομηχανικούς λέβητες, ατμογεννήτριες και αερόθερμα που λειτουργούν με καύσιμο μαζούτ, ντίζελ ή αέριο. Έτσι σε γενικές γραμμές προβλέπονται :

- Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας με τα καυσαέρια 20%
- Ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης 1 έως 2 και σε εξαιρετικές περιπτώσει 4 της κλίμακας Bacharach μετρούμενος με τη μέθοδο αναφοράς που προδιαγράφεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ 525-1 και ανάλογα με την ισχύ του συστήματος καύσης και την παλαιότητά του.
- Η περιεκτικότητα των αερίων αποβλήτων σε διοξείδιο του άνθρακα CO₂ μετρούμενη σύμφωνα με τη μέθοδο αναφοράς που προδιαγράφεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ 897 πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση του 10% κατ' όγκο

- Αντί της περιεκτικότητας των αερίων αποβλήτων σε CO₂ μπορεί να μετράται η περιεκτικότητα σε οξυγόνο O₂ σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 897. Τότε η περιεκτικότητα των αερίων σε O₂ πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση του 7,5% κατ' όγκο.

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω διατάξεις είναι περισσότερο προσανατολισμένες σε μαζούτ ή ντίζελ και λιγότερο σε αέριο ως καύσιμο. Σε άλλες χώρες τα όρια εξειδικεύονται κατά κατηγορία καυσίμου και τούτο αναμένεται να γίνει και στην ελληνική νομοθεσία. Έτσι για το φυσικό αέριο παρατίθεται για σύγκριση ο ακόλουθος Πίνακας 9 από γερμανικές διατάξεις :

Πίνακας 9. Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών αερίων ρύπων σε εγκαταστάσεις καύσης φυσικού αερίου στη Γερμανία, Cebre.

Βιομηχανικές εγκαταστάσεις	Οριακή συγκέντρωση εκπομπών σε mg/m ³			
	Σκόνη	CO	NO ₂	SO ₂
Ισχύς < 100 MW	5	100	200	35
Ισχύς > 100 MW	5	100	350	35
≥ 100 MW παλαιάς κατασκευής	-	100	500	-

Επίσης για λέβητες θέρμανσης ο γερμανικός κανονισμός DIN 5702 εισάγει τον «πρότυπο συντελεστή εκπομπής E_N», που αντιπροσωπεύει τον λόγο της οριακής τιμής μιας εκπεμπόμενης ουσίας μάζας m_E αναφορικά με τη «θερμότητα καύσης Q_B» ανηγμένη στη κατώτερη θερμογόνο δύναμη H_u του καυσίμου :

$$E_N = \frac{m_E}{Q_B} \text{ σε } \frac{mg}{kWh}$$

Ο συντελεστής εκπομπής για διοξείδιο του άνθρακα CO και οξειδία του αζώτου NO_x έχει ανώτατες τιμές ως εξής :

- Λέβητες καυστήρα με φυσική αερίωση :
E_{CO} = 100 mg/kWh και E_{NO} = 120 mg/kWh
- Λέβητες ατμοσφαιρικού καυστήρα :
E_{CO} = 100 mg/kWh και E_{NOx} = 200 mg/kWh

Τα παραπάνω όρια είναι τυπικά για την δεκαετία 1990-2000. Ήδη προγραμματίζονται για την επόμενη δεκαετία αυστηρότεροι περιορισμοί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, ιδιαίτερα σε σχέση με τη περιεκτικότητα σε σωματίδια.

3.6 Τεχνολογικά μέτρα για τη μείωση παραγωγής και εκπομπής ρύπων

3.6.1 Ο περιορισμός των εκπομπών σε εγκαταστάσεις καύσης μπορεί να επιτευχθεί με τη λήψη διαφόρων τεχνολογικών μέτρων, τα οποία αποτελούν αντικείμενο έρευνας και ανάπτυξης στο διεθνή επιστημονικό και βιομηχανικό χώρο. Τα μέτρα αυτά μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες :

1. Χρησιμοποίηση πρόσθετων ουσιών σε μικρές ποσότητες σε περιοχές των συσκευών, όπου παράγονται ανεπιθύμητοι ρύποι, με στόχο τη μείωση αυτών μέσω χημικών αντιδράσεων.
2. Βελτίωση του τρόπου καύσης στην εγκατάσταση σε σχέση με τη παραγωγή οξειδίου του αζώτου και του μονοξειδίου του άνθρακα.
3. Προσθήκη μετά τη συσκευή καύσης πρόσθετων εγκαταστάσεων, που μετατρέπουν ανεπιθύμητους ρύπους σε άλλες ουσίες ή σε λιγότερο επιβαρύνσεις εκπομπές.

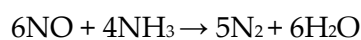
Σε ότι αφορά το παραπάνω πρώτο μέτρο, είναι δυνατή η μείωση των οξειδίων του αζώτου NO_x με προσθήκη αμμωνίας NH_3 για να προκληθεί η χημική μετατροπή του οξειδίου σε άζωτο. Είναι μια απλή και σχετικά φθηνή χημική μέθοδος, κατά την οποία αμμωνία σε μικρές ποσότητες προστίθεται στο χώρο καύσης στις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη μείωση των παραγομένων οξειδίων του αζώτου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και επεκτάθηκε και στην Ευρώπη.

Το δεύτερο μέτρο αφορά την επιτυχία μείωσης των οξειδίων του αζώτου, π.χ. με επαναφορά μέρους των καυσαερίων στο χώρο καύσης μετά από πρόσμιξη με τον αέρα καύσης με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας καύσης. Πειράματα δείχνουν, ότι τα NO_x μειώνονται στο ήμισυ, όταν 10 έως 15% των καυσαερίων ανακυκλώνεται. Όμως παράλληλα υπάρχει το αρνητικό αποτέλεσμα της αύξησης κατά περίπου 50% του μονοξειδίου του άνθρακα CO .

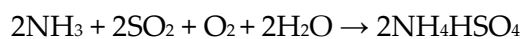
Λέβητες αερίου με καυστήρες χωρίς φυσητήρα παράγουν συνήθως γύρω στα 200 mg NO_x / m^3 (αντιστοιχεί σε περίπου 110 ppm), ενώ με φυσητήρα παράγουν 100 mg NO_x / m^3 . Σε άλλους καυστήρες γίνονται μετασκευές στις ζώνες υψηλής θερμοκρασίας και με

κατάλληλα εξαρτήματα (όπως π.χ. μεταλλικά πλέγματα που πυρακτώνονται) αφαιρείται θερμότητα, η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα ακτινοβολίας, που εκπέμπεται στα τοιχώματα του λέβητα. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση των NO_x κατά περίπου 35% χωρίς να αυξηθεί το διοξείδιο του άνθρακα CO₂.

Το τρίτο από τα παραπάνω μέτρα έχει μεγάλη πρακτική σημασία που βρίσκει ήδη εφαρμογή σε παγκόσμιο επίπεδο, με την εφαρμογή καταλυτικών συστημάτων για τον καθαρισμό των καυσαερίων από τα NO_x πριν από την έξοδό τους στην ατμόσφαιρα. Στα καυσαέρια προστίθεται αμμωνία και το μίγμα διερχόμενο μέσω του καταλύτη υπόκειται σε χημική αντίδραση της μορφής



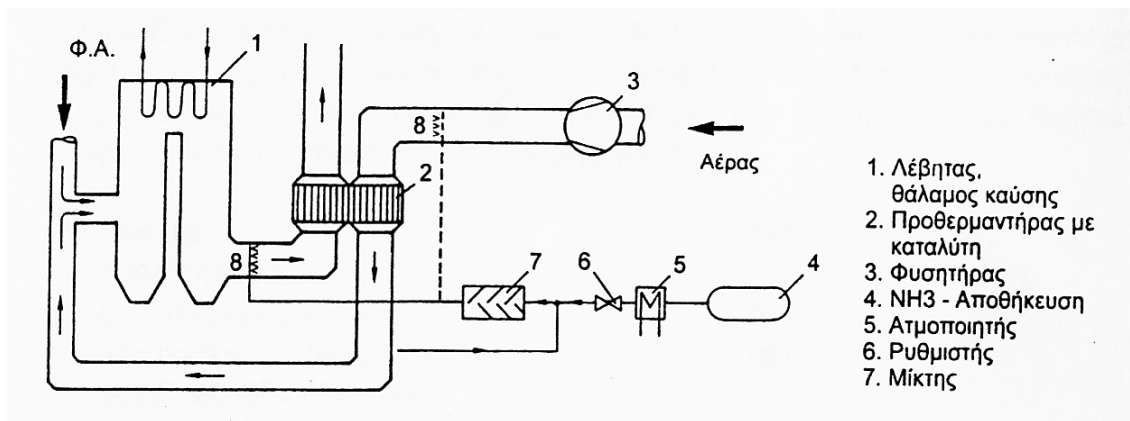
Αν περιέχεται επίσης διοξείδιο του θείου τότε προκύπτει η δευτερεύουσα αντίδραση



Αποτέλεσμα είναι η παραγωγή καυσαερίων απαλλαγμένων από οξείδιο του αζώτου. Η λειτουργία μιας εγκατάστασης καταλύτη φαίνεται Στην εικόνα 45. Η διεργασία γίνεται σε θερμοκρασία 250 έως 450 °C και ονομάζεται μέθοδος SCR (=selective catalytic reduction)

3.6.2 Η απαγωγή των καυσαερίων με υψηλές καπνοδόχους συνηθίζεται να εντάσσεται στα μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων των εκπομπών παρότι δεν πρόκειται για μείωση των αερίων ρύπων αλλά για την κατάλληλη διασπορά τους, ώστε οι επιπτώσεις να διανέμονται σε μεγαλύτερη έκταση. Επιπρόσθετα συνιστάται το άνοιγμα εξόδου της καπνοδόχου να εξέχει τουλάχιστον 0,4 m πάνω από το υψηλότερο σημείο της στέγης, όταν αυτή έχει κλίση μεγαλύτερη από 20°. Για κλίσεις μικρότερες των 20° το άνοιγμα πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 1 m πάνω, από τη στέγη. Για τον υπολογισμό καπνοδόχων μεγάλων εγκαταστάσεων, π.χ. θερμοηλεκτρικών σταθμών, εφαρμόζεται ειδικός τρόπος υπολογισμού.

Το ζήτημα της διασποράς και διάχυσης αερίων ρύπων αποτελεί ιδιαίτερο αντικείμενο και η λήψη μέτρων πρόβλεψης και ελεγχόμενου σχεδιασμού εξετάζεται σε ειδικά εγχειρίδια. Ένα τέτοιο αποτελεί και το «Εγχειρίδιο Ατμοσφαιρικής Διάχυσης» του U.S. Department of Energy, το οποίο έχει εκδοθεί στα ελληνικά με απόδοση του καθηγητή Γ. Μπεργελέ.



Εικόνα 44. Εγκατάσταση λέβητα φυσικού αερίου με έγχυση αμμωνίας και καταλύτη για τη μείωση οξειδίων του αζώτου

3.7 Οριακές τιμές επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

3.7.1 Οριακές τιμές επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο ευρύτερο περιβάλλον

Για την προστασία του ανθρώπου, της χλωρίδας και της πανίδας και γενικά για την προστασία του περιβάλλοντος, έχουν θεσμοθετηθεί σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες ανώτατες τιμές ρύπων, οι οποίες δηλώνουν οριακές τιμές περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε επιβλαβείς αέριες ουσίες. Δίδονται κατά κανόνα σε μονάδες μάζας της ουσίας ανά μονάδα όγκου του ατμοσφαιρικού αέρα υπό κανονικές φυσικές συνθήκες και μάλιστα σε mg ή μg ανά m³ ή στη μονάδα όγκου ppm (parts per million = μέρη ανά εκατομμύριο, δηλ. cm³ / m³ σε κανονικές συνθήκες).

Είναι προφανές ότι οι οριακές τιμές ρύπανσης αποκτούν σημασία σε περιοχές επιβαρημένες περιβαλλοντικά από διάφορες πηγές αερίων ρύπων, από τις οποίες συνήθως οι σπουδαιότερες είναι οι κινητήρες των αυτοκινήτων, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις καύσης και οι εγκαταστάσεις θέρμανσεως των κτιρίων. Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις εφαρμογών και ιδιαίτερα στις δύο τελευταίες η συμμετοχή του φυσικού αερίου είναι σημαντική αφού η συμμετοχή του στην ενεργειακή κατανάλωση προβλέπεται σε 15 έως 20%. Γι' αυτό οι οριακές τιμές ρύπανσης είναι σημαντικές επίσης για την τεχνολογία φυσικού αερίου, κυρίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές του λεκανοπεδίου των Αθηνών και της Θεσσαλονίκης.

Για την Περιοχή της Αθήνας έχουν θεσπιστεί νομοθετικά οριακές τιμές ρύπανσης από το 1993, όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10. Οριακές τιμές ρυπάνσεων για την περιοχή της Αθήνας (ΦΕΚ 369/Β/24.5.93). Οι τιμές σε παρενθέσεις προβλέπονται από οδηγία της Ε.Ε. (ΦΕΚ 52/Α/88 και 13/Α/87)

Στάδια Ρύποι	1 ^ο στάδιο προειδοποίησης	Α βαθμίδα μέτρων	Β βαθμίδα μέτρων
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	Μέγιστη ωριαία τιμή 400 μg/m ³	Μέγιστη ωριαία τιμή 500 μg/m ³	Μέγιστη ωριαία τιμή 700 μg/m ³
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Μέση 8ωρη τιμή 20 mg/m ³	Μέση 8ωρη τιμή 25 mg/m ³	Μέση 8ωρη τιμή 35 mg/m ³
Όζον (O ₃)	Μέγιστη ωριαία τιμή 250 μg/m ³	Μέγιστη ωριαία τιμή 300 μg/m ³	Μέγιστη ωριαία τιμή 500 μg/m ³
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Μέση 24ωρη τιμή 250 mg/m ³	Μέση 24ωρη τιμή 300 μg/m ³	Μέση 24ωρη τιμή 400 μg/m ³
Καπνός	Μέση 24ωρη τιμή 250 μg/m ³	Μέση 24ωρη τιμή 300 μg/m ³	Μέση 24ωρη τιμή 400 μg/m ³

$$1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g} = 1.000.000 \text{ mg} = 1.000.000.000 \text{ }\mu\text{g}$$

Ο Πίνακας 10 δείχνει οριακές τιμές ρύπανσης που έχουν θεσπιστεί από το 1993 και συχνότατα βρίσκουν εφαρμογή για την περιοχή των Αθηνών, όταν το «νέφος γίνεται απειλητικό». Η απλοϊκή αυτή έκφραση απεικονίζει την εξής πραγματικότητα : υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μετεωρολογικές συνθήκες οδηγούν σε καιρική κατάσταση με μειωμένες εναλλαγές θερμοκρασίας και ανέμου. Σε τέτοιες καταστάσεις η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος είναι η λεγόμενη «θερμοκρασιακή αναστροφή» αντίθετα με τη φυσιολογική περίπτωση της μείωσης της καθ' ύψος.

Επίσης όταν επικρατεί νηνεμία ή ταχύτητα του ανέμου στο έδαφος μικρότερη από 3 m/s, τότε υπάρχει πολύ μικρή ή μηδενική διασπορά και διάχυση των αερίων αποβλήτων. Τα φαινόμενα αυτά επιδεινώνουν την κατάσταση, όπου ο (έστω και ελαφρός) άνεμος φυσάει από δυσμενή κατεύθυνση. Τούτο συμβαίνει π.χ. στο Λεκανοπέδιο Αθηνών στην περίπτωση ελαφρού νοτίου ή νοτιοδυτικού ανέμου, οπότε όλοι οι αέριοι ρυπαντές στρέφονται προς τις κατοικημένες περιοχές και όχι προς τη θάλασσα του Σαρωνικού, όπως συμβαίνει με τους βορείους ανέμους.

Οι τιμές του Πίνακα 10 συγκρίνονται με τις τιμές μετρήσεων σε διακεκριμένα σημεία της επιβαρημένης από τους αέριους ρύπους περιοχής, οι οποίες καταγράφονται σε συνεχή βάση. Έτσι π.χ. για το διοξείδιο του αζώτου NO₂ αν η μέτρηση δίνει αποτέλεσμα μεγαλύτερο των 400 μg/m³ επί μια ώρα δίνεται προειδοποίηση του πρώτου σταδίου. Αν η τιμή αυτή αυξηθεί και υπερβεί τα 500 μg/m³ στη διάρκεια μιας ώρας λαμβάνονται μέτρα της Α βαθμίδας, όπως προβλέπονται στο σχετικό διάταγμα (π.χ. περιορισμός λειτουργίας βιομηχανικών εγκαταστάσεων). Εφόσον η αύξηση της συγκέντρωσης των NO₂ συνεχίζεται και υπερβαίνει τη μέγιστη ωριαία τιμή των 700 μg/m³ τότε ξεκινάει η λήψη μέτρων της Β βαθμίδας (π.χ. περιορισμός της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων). Ανάλογη είναι η μέτρηση και παρακολούθηση της εξέλιξης με τους υπόλοιπους αέριους ρύπους: μονοξείδιο του άνθρακα CO, όζον O₃, διοξείδιο του θείου SO₂ και καπνός.

Σημειώνεται ότι οι ελληνικές οριακές τιμές του Πίνακα 10 είναι αυστηρότερες από αυτές των γερμανικών προδιαγραφών, οι οποίες π.χ. για το SO₂ προβλέπουν όρια 600, 1.200 και 1.800 μg/m³, αντίστοιχα στο 1^ο στάδιο προειδοποίησης και στην Α και Β βαθμίδα μέτρων.

Αντίθετα ουσιαστικά αυστηρότεροι παρουσιάζονται οι περιορισμοί στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ο ομοσπονδιακός νόμος Environmental Policy Act δίνει τις οριακές τιμές του Πίνακα 11 ως πρότυπο ποιότητας του αέρα περιβάλλοντος (Ambient Air Quality Standards) :

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το φθινόπωρο 1997 τα όρια προστασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος γίνονται αυστηρότερα. Τα καταρχήν προβλεπόμενα όρια έχουν τις εξής (προσεγγιστικές) τιμές : μέγιστη επιτρεπόμενη μέση τιμή σε ετήσια βάση σε διοξείδιο του θείου προβλέπεται στα περίπου 20 μg/m³ (από 140 μg/m³ μέχρι σήμερα). Για το διοξείδιο του αζώτου οι αντίστοιχες τιμές είναι 30 έως 40 μg/m³ (από 80 μg/m³), ενώ για τα σωματίδια (σκόνη, αιθάλη, καπνός κλπ.) το αναμενόμενο όριο είναι 20 έως 30 μg/m³ (μέση ετήσια τιμή, από τα 75 έως 150 μg/m³ σήμερα).

Πίνακα 11. Οριακές τιμές αέριας ρύπανσης σύμφωνα με τον κανονισμό για την ποιότητα του αερίου περιβάλλοντος των ΗΠΑ κατά την ASHRAE

<i>Ρυπαντής</i>	<i>Τιμή</i>	
1. Σωματίδια σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
• Ετήσιος γεωμετρικός μέσος	75	
• Μέγιστο όριο σε 24ωρη βάση	260	
2. Διοξείδιο θείου σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
• Ετήσιος αριθμητικός μέσος	80	(0.003 ppm)
• Μέγιστο όριο σε 24ωρη βάση	365	(0.14 ppm)
• Μέγιστο όριο σε ωριαία βάση	1300	(0.5 ppm)
3. Μονοξείδιο του άνθρακα σε mg/m^3		
• Μέγιστο όριο σε 8ωρη βάση	10	(9 ppm)
• Μέγιστο όριο σε ωριαία βάση	40	(35 ppm)
4. Όζον σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
• Σε ωριαία βάση	160	(0.08 ppm)
5. Σωματίδια μολύβδου σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
• Μέση τιμή, τετραμηνιαία	160	(0.24 ppm)
6. Διοξείδιο αζώτου σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
• Ετήσια αριθμητική μέση τιμή	100	(0.05 ppm)

3.7.2 Οριακές τιμές επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε κλειστούς και ανοιχτούς χώρους εργασίας

Όμως πέραν των ανωτέρω οριακών τιμών ρύπανσης της ευρύτερης ατμόσφαιρας υπάρχουν προδιαγραφές για τους αέριους ρύπους στους χώρους εργασίας και σε ανοιχτούς χώρους. Ο Πίνακας 12 δίνει οριακές τιμές μέγιστων συγκεντρώσεων χώρου εργασίας σε mg/m^3 (τιμή ΜΑΚ κατά τους γερμανικούς κανονισμούς, όπως έχει υιοθετηθεί επίσης από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) και τιμές Μέγιστων Συγκεντρώσεων σε ανοιχτούς χώρους (τιμές ΜΙΚ). Βασική προϋπόθεση για τη μη υπέρβαση αυτών των ορίων είναι η καλή λειτουργία των εγκαταστάσεων (αερισμού, κλιματισμού κ.λ.π.) και η πρόβλεψη ενδεχομένων κινδύνων στο στάδιο της μελέτης των βιομηχανικών και λοιπών εγκαταστάσεων.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι εφαρμογή των ανωτέρων περιορισμών και μέτρων, που μόνο σκοπό έχουν να προστατεύσουν τον άνθρωπο και το περιβάλλον, προϋποθέτει συνεπή

παρακολούθηση, δηλ. την ανελλιπή μέτρηση των αντίστοιχων τιμών των αέριων ρύπων. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν προδιαγραφές μεθόδων μέτρησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης ΕΛΟΤ. Σε περίπτωση ελλείψεως ελληνικών προτύπων μπορούν να εφαρμόζονται προδιαγραφές αναγνωρισμένων από τον ΕΛΟΤ διεθνών οργανισμών, όπως οι γερμανικοί DIN, οι διεθνείς ISO, αγγλικοί BS κ.λ.π.

Η Τ.Ο.ΤΕΕ 2425/86 δίνει έναν απλό τρόπο υπολογισμού του απαιτούμενου «φρέσκου» αέρα, ο οποίος απαιτείται να εισρέει σε ένα χώρο εργασίας με τη βοήθεια ενός συστήματος αερισμού. Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως σε ειδικές περιπτώσεις αερισμού (γκαράζ, βαφεία κ.λ.π.), όπου είναι γνωστός ο ρυθμός παραγωγής επιβλαβών ουσιών που επιβαρύνουν τον αέρα του χώρου.

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται ο απαιτούμενος αερισμός για να πετύχουμε μια ορισμένη καθαρότητα του αέρα στο χώρο. Η απαιτούμενη ποσότητα του αέρα V προκύπτει από τη σχέση:

$$V = \frac{K}{MAK - Ka} \text{ σε m}^3/\text{h}$$

όπου K : παραγόμενη ποσότητα επιβλαβούς για την υγεία αερίου (m^3/h)

Ka : αναλογία επιβλαβούς αερίου στον προσαγόμενο αέρα
(m^3 αερίου / m^3 προσαγόμενου αέρα)

MAK : μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ανθυγιεινής ουσίας στο χώρο
(m^3 αερίου / m^3 αέρα)

Τιμές MAK για διάφορες ουσίες δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 12.

Πίνακας 12. Μέγιστες συγκεντρώσεις αερίων ρύπων σε χώρους εργασίας (τιμές MAK) και σε ελεύθερους χώρους (τιμές MAK) σε mg/m³ κατά τους γερμανικούς κανονισμούς που εν μέρει υιοθετεί η Τεχνική Οδηγία του TEE 2425/86

	Τιμές MAK (mg/m ³)		
	Μέγιστη τιμή	Μέση 24ωρη τιμή	Μέση ημίωρη τιμή
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	33	10	50
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	9000	-	-
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	5	0,3	1
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	9	0,1	0,2
Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	-	0,5	1
Όζον (O ₃)	0,2	0,05	0,15

3.8 Ευρύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καύση και ευρωπαϊκή πολιτική ανάπτυξης ενεργειακής τεχνολογίας

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με κοινή συμφωνία των ευρωπαϊκών κρατών έχει καταστρώσει μια πολιτική ανάπτυξης ενεργειακής τεχνολογίας λαμβάνοντας υπόψη ως σημαντικότερο παράγοντα την προστασία του περιβάλλοντος. Η υλοποίηση της πολιτικής αυτής γίνεται με λήψη μέτρων του κάθε κράτους μέλους αλλά και με την ανάπτυξη κατάλληλων ενεργειακών τεχνολογιών στο πλαίσιο ερευνητικών και αναπτυξιακών προγραμμάτων που χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Σε αδρές γραμμές η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος από τις επιπτώσεις της ενέργειας αναπτύσσονται στα επόμενα με αναφορά στις σχετικές δημοσιεύσεις της περιόδου 1994-95.

3.8.1 Οι επιπτώσεις της ενέργειας στο περιβάλλον

Η ενέργεια έχει τόσο σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του περιβάλλοντος, ώστε να είναι αδιανόητη κάποια θεώρηση της ενεργειακής πολιτικής ξεχωριστά από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), διοξειδίου του

θείου (SO₂) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) είναι συνδεδεμένες με την παραγωγή ενέργειας και κάθε ένα από αυτά έχει καταστροφικές επιπτώσεις στο περιβάλλον :

Το CO₂ είναι το κυριότερο αέριο που δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Το SO₂ είναι η κύρια αιτία της όξινης βροχής και τα NO_x συμβάλλουν τόσο στην όξινη βροχή όσο και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τα ευρωπαϊκά ενεργειακά τεχνολογικά προγράμματα στοχεύουν στη μείωση αυτών των επιβλαβών εκπομπών μέσω της προώθησης των εφαρμογών των νέων, καινοτόμων, ενεργειακών τεχνολογιών, οι οποίες αντιπροσωπεύουν οικονομικά αποδοτικές λύσεις για τη μείωση τόσο της ενεργειακής κατανάλωσης όσο και των ρυπογόνων εκπομπών. Έτσι προωθείται η εκτεταμένη εφαρμογή τεχνολογιών στους εξής τομείς των διαφόρων εφαρμογών :

- Ορθολογική χρήση ενέργειας
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Βελτίωση διεργασιών εκμετάλλευσης και καύσης στερεών καυσίμων
- Βελτίωση εκμετάλλευσης και χρήσης υδρογονανθράκων

Στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνεται και η τεχνολογία του Φυσικού Αερίου και των Υγραερίων.

Η όξινη βροχή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι οι δύο κύριες περιβαλλοντικές προκλήσεις που σχετίζονται με την ενέργεια και τις οποίες αντιμετωπίζουν οι Ευρωπαίοι πολίτες και τα ενεργειακά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

3.8.2 Η όξινη βροχή

Η όξινη βροχή προκαλείται από την καύση, σε μεγάλη κλίμακα, ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε στις βιομηχανικές διεργασίες. Το SO₂ είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή περίπου κατά τα δύο τρίτα και το NO_x κατά το υπόλοιπο ένα τρίτο.

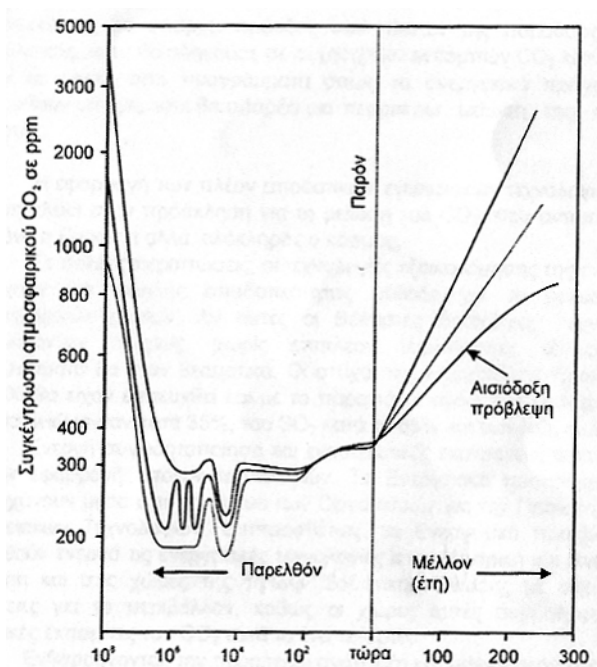
Η ζημιά που προκαλεί η όξινη βροχή είναι εμφανής στη διάβρωση των ιστορικών κτιρίων, στην καταστροφή και ερήμωση των δασών της Ευρώπης, και στις επιπτώσεις στις λίμνες

και τους ποταμούς, οι οποίοι δεν μπορούν πλέον να διατηρήσουν τους υδρόβιους οργανισμούς και τα πτηνά στη ζωή.

3.8.3 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Αν και η όξινη βροχή καταλαμβάνει μια από τις πρώτες θέσεις στον κατάλογο των περιβαλλοντικών θεμάτων, το πλέον πιεστικό πρόβλημα είναι η απειλή της υπερθέρμανσης του πλανήτη και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό προκαλείται από αέρια στην ατμόσφαιρα, τα οποία επιτρέπουν μεν στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει και να θερμάνει την επιφάνεια της γης, αλλά παγιδεύουν την υπέρυθη ακτινοβολία και την εμποδίζουν την αντανάκλασή της πίσω στο διάστημα. Έτσι, λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως οι γυάλινες επιφάνειες του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Τον τελευταίο αιώνα, η αυξανόμενη εξάρτηση του ανθρώπου από τα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας, σε συνδυασμό με την εκτεταμένη καταστροφή των δασών, οδήγησε στην αύξηση των επιπέδων του CO₂ κατά 25% όπως μπορούμε να δούμε στην Εικόνα 45.



Εικόνα 45. Η συγκέντρωση του CO₂ σε ppm στην ατμόσφαιρα στο παρελθόν και το μέλλον

Σήμερα, το CO₂ υπολογίζεται ότι αποτελεί το 55% των αερίων του θερμοκηπίου. Το σύνολο των εκπομπών του CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχεται σε 24 δισεκατομμύρια τόνους το

χρόνο, το 80% των οποίων προέρχεται από την παραγωγή, μετατροπή και κατανάλωση ενέργειας. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα μόνο συμβάλλει με το 13% των συνολικών εκπομπών, περίπου με 2,2 τόνους ισοδύναμου άνθρακα ανά άτομο στο σύνολο του πληθυσμού.

Αν δεν ληφθούν μέτρα να επανορθώσουν αυτή την τάση, το κλίμα του πλανήτη θα αλλάξει, με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως :

- ανύψωση της επιφάνειας της θάλασσας, που είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό φαινόμενο για χώρες που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο
- μεγαλύτερη πίεση στη ζήτηση των υδάτινων πόρων
- αλλαγές στις μεθόδους παραγωγής τροφίμων σε παγκόσμια κλίμακα
- αυξανόμενη ερήμωση εδαφών
- αύξηση των ασθενειών που προκαλούνται από βακτηρίδια και ιούς
- επίσπευση στην εξαφάνιση ειδών του ζωικού βασιλείου

Επομένως, η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι η πλέον σημαντική και πιεστική πρόκληση της ενεργειακής πολιτικής.

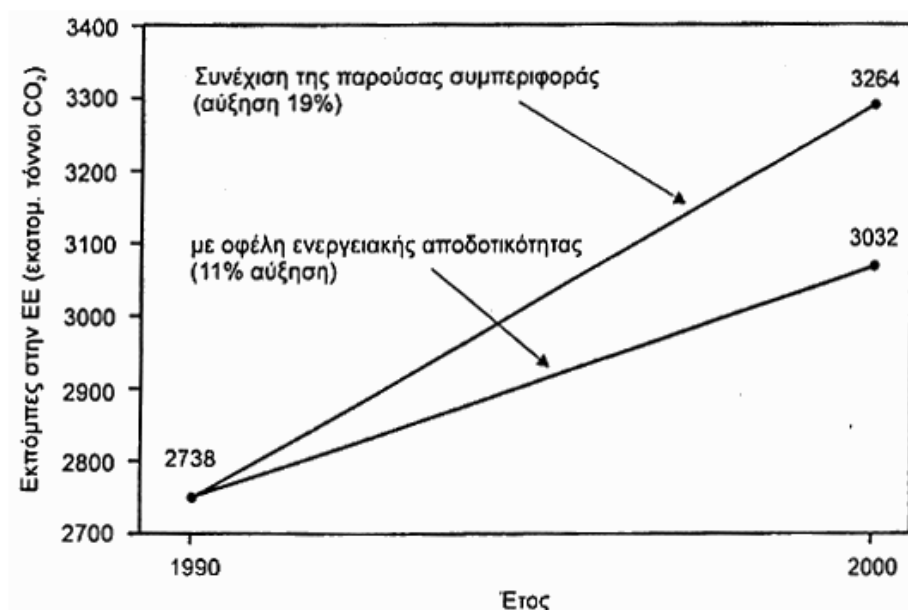
3.8.4 Προστασία του περιβάλλοντος και ενεργειακή κατανάλωση

Πολλά έχουν ήδη επιτευχθεί για τη μείωση των εκπομπών των αερίων της όξινης βροχής, τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια, οι τεχνολογίες που προωθήθηκαν μέσω των ενεργειακών και περιβαλλοντικών προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης μείωσαν τις εκπομπές SO₂ και NO_x κατά 410.000 και 430.000 τόνους αντίστοιχα ετησίως.

Η απειλή για υπερθέρμανση του πλανήτη θέτει ένα πολύ πιο άμεσο πρόβλημα. Τα Ενεργειακά προγράμματα αποτελούν κεντρικό τμήμα της στρατηγικής της Επιτροπής για τη μείωση των επιπέδων του CO₂ και ήδη οι τεχνολογίες που υποστηρίζονται από την Κοινότητα και προωθούνται από τα ειδικά προγράμματα έχουν αποτελέσματα.

Τα Ενεργειακά προγράμματα θα μειώσουν τις εκπομπές του CO₂ στην Κοινότητα κατά 60 εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο. Εν τούτοις, η γενική τάση όσον αφορά τις εκπομπές του CO₂ είναι ακόμη ανοδική, οφειλόμενη κυρίως στην αυξανόμενη ζήτηση και τις σχετικά χαμηλές τιμές ενέργειας. Ως συμπέρασμα, υπάρχουν πολλά που πρέπει να γίνουν, αν οι

εκπομπές πρόκειται να σταθεροποιηθούν στα επίπεδα του 1990, δηλαδή στους 2.738 εκατομμύρια τόνους το 2000 (Εικόνα 46).



Εικόνα 46. Τάσεις αύξησης των εκπομπών CO₂, στην δεκαετία 1990-2000

Τρία σενάρια δείχνουν πώς τα ενεργειακά και τα άλλα τεχνολογικά προγράμματα μπορούν να βοηθήσουν :

- αν συνεχιστεί η τρέχουσα τάση και δεν επιτευχθούν οφέλη αποδοτικότητας, τότε τα επίπεδα του CO₂ θα αυξηθούν δραματικά.
- θεωρώντας ότι υπάρχει πρόοδος των τάσεων της παρούσας πολιτικής, αυτό θα οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών CO₂ κατά πολύ μικρότερο ποσοστό.
- αν τα οφέλη από προγράμματα όπως τα ενεργειακά προγράμματα ληφθούν υπόψη, τότε θα υπάρξει μια περαιτέρω μείωση της αύξησης αυτής.

Η εφαρμογή των πλέον αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών είναι η λύση κλειδί στην πρόσκληση για τη μείωση του CO₂, που αντιμετωπίζει, όχι μόνο η Ευρώπη αλλά, ολόκληρος ο κόσμος.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι τεχνολογίες εξοικονόμησης της ενέργειας παρέχουν μια υψηλής αποδοτικότητας μέθοδο για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Αν αυτές οι βέλτιστες διαθέσιμες τεχνολογίες εφαρμόζονταν πλήρως, χωρίς επιπλέον τεχνολογικές εξελίξεις, τα αποτελέσματα θα ήταν θαυμαστικά. Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2000 θα

είχαν επιτευχθεί και με το παραπάνω εφόσον οι εκπομπές του CO₂ θα μειώνονταν κατά 35%, του SO₂ κατά το 65% και των NO_x κατά 25%.

Για την εφαρμογή τέτοιων τεχνολογιών απαιτούνται ενεργή συνειδητοποίηση και ενημερωτικές εκστρατείες. Τα Ενεργειακά προγράμματα το επιτυγχάνουν μέσα από το δίκτυο των Οργανισμών για την Προώθηση των Ενεργειακών Τεχνολογιών. Επιπροσθέτως, τα Ενεργειακά προγράμματα προωθούν ενεργά τις ενεργειακές τεχνολογίες στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης με σημαντικές συνέπειες για το περιβάλλον, καθώς οι χώρες αυτές συμβάλλουν στις συνολικές εκπομπές του CO₂ κατά το ένα τέταρτο.

Ενθαρρύνοντας την περαιτέρω ανάπτυξη και εκτενέστερη εφαρμογή των νέων ενεργειακών τεχνολογιών, τα Ενεργειακά προγράμματα μπορούν να βελτιώσουν το περιβάλλον της Ευρώπης περισσότερο :

- κάνοντας περισσότερο αποδοτικές τις κατοικίες μας, τα γραφεία, τις βιομηχανίες και τα μεταφορικά δίκτυα.
- ανακτώντας περισσότερη ενέργεια από την ήλιο, τον αέρα, και τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- αναζητώντας νέες, καθαρές, αποδοτικές μεθόδους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνθρακα.
- προωθώντας τις ενεργειακές τεχνολογίες στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και στις χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, όπου η σοβαρότητα της περιβαλλοντικής καταστροφής έχει αρχίσει να γίνεται εμφανής ήδη από την δεκαετία του 1990.

4. ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ

4.1 Διεργασίες ξήρανσης με φυσικό αέριο. (*)

Η ξήρανση ορίζεται ως η μείωση της ποσότητας νερού ενός προϊόντος και κατά επέκταση της ποσότητας νερού ενός διαλύτη. Για αρκετές χιλιάδες χρόνια οι διεργασίες ξήρανσης αφορούσαν κυρίως τα κτίρια, τις οικιακές εφαρμογές και την διατήρηση τροφίμων. Χρησιμοποιούσαν φυσικές πηγές ενέργειας, τον ήλιο ως πηγή ακτινοβολίας και τον άνεμο ως πηγή μεταφοράς θερμότητας.

Σήμερα η ξήρανση καλύπτει ευρεία γκάμα εφαρμογών και βρίσκεται σε πολλές βιομηχανίες, από τις βιομηχανίες τροφίμων ως τα οικοδομικά υλικά, από την κλωστοϋφαντουργία ως την ξήρανση τροφής κ.τ.λ. Αν οι διεργασίες ξήρανσης χρησιμοποιούσαν το ίδιο είδος ενέργειας, μηχανική, απαγωγική και μεταφοράς θερμότητας, σπάνια προέρχονται από την φύση και οι διεργασίες δεν είναι πλέον εμπειρικές. Η βιομηχανική ξήρανση είναι σχετικά σύγχρονο φαινόμενο που συνδέεται με τρεις βασικές παραμέτρους :

- Την αναζήτηση μεγαλύτερης παραγωγικότητας, επιτυγχάνοντας έτσι αύξηση στην απόδοση.
- Την επιθυμία για βελτίωση στην ποιότητα μέσου καλύτερου ελέγχου της διεργασίας.
- Τη δημιουργία νέων προϊόντων ή νέων χρήσεων των γνωστών προϊόντων.

4.1.1 Δεσμοί νερού / προϊόντος

Πριν εξετάσουμε τον τρόπο απομάκρυνσης του νερού από ένα προϊόν, είναι ενδιαφέρον να δούμε πως ενώνεται αυτό το νερό με το προϊόν. Υπάρχουν διαφορετικά είδη δεσμών, με διαφορετικό επίπεδο ενέργειας : φυσικός, μηχανικός, με απορρόφηση και με όσμωση. Το φυσικά ενωμένο νερό έχει εναποτεθεί σε ένα προϊόν ως εξωτερικό στρώμα στην επιφάνεια του. Συγκρατείται με επιφανειακή τάση και μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί. Το μηχανικά ενωμένο νερό περιέχεται μέσα στο προϊόν, σε πόρους μεγέθους μικρότερο από 1 mm. Η υγρασία συγκρατείται με δυνάμεις επιφανειακής τάσης, στους «καμπύλους» δεσμούς το νερό συγκρατείται στο σημείο επαφής μεταξύ των συσσωματωμάτων κόκκων και ο χώρος μεταξύ των κόκκων περιέχει φάση ατμού / υγρού. Στους «φυσσαλιδοειδείς» δεσμούς, το νερό σχηματίζει ένα δακτύλιο γύρω από τους κόκκους, με τριχοειδικές δυνάμεις. Ένας υπολογισμός μέσω πρότυπων (όπου οι κόκκοι είναι τελείως σφαιρικοί) δείχνει ότι η ενέργεια που απαιτείται για την καταστροφή τέτοιων μηχανικών δεσμών είναι μικρή, όταν συγκριθεί με άλλους δεσμούς. Ο δεσμός απορρόφησης ορίζεται από την μετατόπιση του

νερού στο οριακό στρώμα μεταξύ δύο παρακειμένων φάσεων. Είναι αυτόματη και εξώθερμη λειτουργία. Η διαφορική θερμότητα απορρόφησης είναι η θερμότητα που παράγεται όταν μία δεδομένη ποσότητα νερού προσροφάται πάνω στη είδη προσροφημένη ποσότητα. Για να απομακρυνθεί το προσροφημένο νερό, πρέπει να χορηγηθεί ποσότητας θερμότητας ίση με την διαφορική θερμότητα απορρόφησης. Αυτή η θερμότητα που είναι γύρω στα 120 kJ/kg (33 Wh/kg) για ένα ξηρό προϊόν, μειώνεται υπερβολικά για να φτάσει στο 0 για υγρασία 70%. Η μέγιστη διαφορική θερμότητας απορρόφησης διαφέρει από το ένα προϊόν στο άλλο, όπως φαίνεται για τα ακόλουθα προϊόντα, όπου δίνεται σε kJ (ή Wh) ανά kg προσροφημένου νερού:

- Ζελατίνη : 954 kJ/kg
- Αλφάλφα : 1110 kJ/kg
- Κυτταρίνη : 1630 kJ/kg
- Ξύλο : 1630 kJ/kg
- Πηλός : 1100 kJ/kg

Η ενέργεια που απαιτείται για την καταστροφή των δεσμών νερού / προϊόντος αντιπροσωπεύει περίπου το ένα τρίτο της ενέργειας εξάτμισης του νερού, αλλά πρακτικά, σε βιομηχανικό εξοπλισμό, επιδιώκεται μόνο μερική αφαίρεση. Γενικά δεν απαιτείται περισσότερη από 43 kJ/kg (12 Wh/kg).

Η ώσμωση παρατηρείται όταν το νερό, αφού απομακρυνθεί με προσρόφηση, δηλαδή πάνω από το οριακό σημείο όπου η διαφορική θερμότητα απορρόφησης μηδενίζεται, απομακρύνεται από το προϊόν χωρίς να απελευθερώνεται ενέργεια. Μπορούν έτσι να βρεθούν μεγάλες ποσότητες νερού (η ζελατίνη για παράδειγμα, απομακρύνει πενήντα φορές την ποσότητα νερού που απορροφά). Αυτό το νερό της ώσμωσης απομακρύνεται με εξάτμιση.

4.1.2 Ξήρανση με μέσα μεταφοράς θερμότητας

Θεωρούμε στα ακόλουθα ότι το ξηραντικό ρεύμα είναι ζεστός αέρας. Η διαδικασία ξήρανσης μεταφέρει νερό από το προϊόν στο ξηραντικό ρευστό. Η ενέργεια που περιέχεται στο θερμό αέρα πρέπει να πραγματοποιήσει διαφορετικές εργασίες κατά την διάρκεια της ξήρανσης :

- Να θερμάνει το νερό που περιέχεται στο προϊόν και να το εξατμίσει, γεγονός που προκαλεί θέρμανση του ίδιου του προϊόντος.
- Να ξεπεράσει την ενέργεια του δεσμού προϊόντος / νερού.
- Να αντισταθμίσει τις απώλειες θερμότητας.

Το τμήμα της ενέργειας που χρησιμοποιείται για να εξατμίσει και να θερμάνει το νερό, που είναι αισθητή θερμότητα, ανευρίσκεται στον αέρα που αφήνει την μονάδα ξήρανσης ως λανθάνουσα θερμότητα. Μπορεί στη συνέχεια να ανακτηθεί συμπυκνώνοντας τους υδρατμούς. Όλη η υπόλοιπη ενέργεια χάνεται εκτός από ορισμένες περιπτώσεις που μπορεί και αυτή να ανακτηθεί. Έτσι ο ιδανικός ξηραντήρας θα χρησιμοποιούσε ενέργεια μόνο για να καταστρέψει τους δεσμούς προϊόντος / νερού. Οι βιομηχανικοί ξηραντήρες απέχουν από αυτήν την περιγραφή και καταναλώνουν διπλάσια ή τριπλάσια θερμότητα από τη λανθάνουσα θερμότητα του εξατμισμένου νερού. Όσο για την ενέργεια που απαιτείται για να διασπαστούν οι δεσμοί, είναι πολύ μικρότερη από αυτή που απαιτείται για την εξάτμιση.

4.1.3 Μηχανισμός ξήρανσης

Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του προϊόντος και του περιβάλλοντος θερμού αέρα δημιουργεί μετάδοση θερμότητας από τον αέρα προς το προϊόν, προκαλώντας έτσι εξάτμιση του νερού. Προκαλεί επίσης μεταφορά μάζας από την επιφάνεια στον αέρα του περιβάλλοντος. Η ξήρανση ακολουθεί τρεις κύριες φάσεις :

- Κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης η ποσότητα της επιφανειακής υγρασίας είναι τόσο μεγάλη ώστε η μερική πίεση του εξατμισμένου επιφανειακού νερού τείνει προς την κορεσμένη πίεση σε δεδομένη ενθαλπία. Ο ρυθμός εξάτμισης είναι σχεδόν σταθερός όσο το νερό που κινείται από το εσωτερικό του προϊόντος αντικαθιστά το νερό που εξατμίζεται.
- Κατά την διάρκεια της δεύτερης φάσης, το νερό που κινείται δεν αντισταθμίζει πλέον το νερό που εξατμίζεται, και η διεργασία επιβραδύνεται γρήγορα.
- Στην τρίτη και τελευταία φάση, η διεργασία ξήρανσης είναι συνάρτηση της κατανομής της υγρασίας στο προϊόν. Ο ρυθμός εξάτμισης δεν εξαρτάται πλέον από την «ικανότητα εξάτμισης» του ρευστού, αλλά από τα χαρακτηριστικά του υλικού που ξηραίνεται.

Πλεονεκτήματα της ξήρανσης προϊόντων με την χρήση του φυσικού αερίου

- Καλύτερος έλεγχος της θερμοκρασίας στις διάφορες φάσεις της ξήρανσης, με αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα του προϊόντος.
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ανά μονάδα προϊόντος μέχρι 50%.
- Αύξηση της παραγωγικότητας, λόγω της μείωσης του χρόνου επεξεργασίας.
- Δυνατότητα επεξεργασίας παραπροϊόντων των διεργασιών, όπως χρώματα και διαλύτες.

Στη βάση των παραπάνω πλεονεκτημάτων, έχουν σχεδιαστεί ξηραντήρια για την ξήρανση κλωστών και υφασμάτων, πορσελάνης, βαφών αυτοκινήτων, δημητριακών και άλλων τροφίμων.

4.1.4 Ικανότητα εξάτμισης του νερού

Για να καθοριστεί η γενική περιγραφή μίας διεργασίας ξήρανσης ή τα χαρακτηριστικά ενός ξηραντήρα, είναι σχεδόν εύκολο να χρησιμοποιηθεί η αρχή της δύναμης εξάτμισης ενός υγρού. Καθορίζεται ως η μέγιστη ποσότητα του νερού που μπορεί να εξατμιστεί από μία μονάδα όγκου ή μάζας του υγρού. Η ικανότητα εξάτμισης εξαντλείται έτσι μόνο όταν γίνεται κορεσμένο το ξηραντικό υγρό.

Πρακτικά καθώς αυτός ο ορισμός δεν λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα της εξάτμισης, το υγρό που εξατμίζεται γενικά δεν είναι κορεσμένο όταν αφήνει τον ξηραντήρα. Παρακάτω θα δοθεί ένα παράδειγμα υπολογισμού της ικανότητας εξάτμισης.

Παράδειγμα 1.

Ξήρανση σπόρων σιταριού.

- Οι σπόροι του σιταριού περιέχουν 40% κατά βάρος νερό. Το ξηρό προϊόν πρέπει να περιέχει 15% νερό. Για να διατηρήσουν τις ιδιότητες τους οι σπόροι δεν πρέπει να θερμανθούν πάνω από τους 46 °C.
- Ο αέρας της ξήρανσης, που περιέχεται από την ατμόσφαιρα, περιέχει 8g νερού ανά κιλό ξηρού αέρα. Θερμαίνεται στους 46 °C. Λόγω των ατμοσφαιρικών συνθηκών πρέπει να φύγει στους 25 °C.

Το κύριο εργαλείο για τον υπολογισμό της ικανότητας εξάτμισης είναι ένα «διάγραμμα υγρού αέρα». Δείχνει ότι στις προαναφερόμενες συνθήκες εισαγωγής (46 °C, 8g/kg), η ενθαλπία του αέρα είναι ίση με 67 kJ/kg (18,6 Wh/kg). Όπως προαναφέρθηκε η ενθαλπία του υγρού είναι σταθερή σε όλη την διεργασία ξήρανσης. Έτσι ψάχνουμε την τομή της καμπύλης ισοενθαλπίας με την ισόθερμη 25 °C στο διάγραμμα που αντιστοιχεί σε περιεκτικότητα υδρατμών 16,5 g/kg ή σε σχετική υγρασία 83%. Η ποσότητα της ισχύος εξάτμισης είναι ίση με $16,5-8=8,5\text{g/kg}$. Η ποσότητα του νερού που απομακρύνεται από τους σπόρους είναι η διαφορά μεταξύ της αρχικής και της τελικής ποσότητας νερού που μπορεί να βρεθεί επιλύοντας την εξίσωση « $Z=X-Y$ » όπου :

$X=0,4\text{ kg νερού / kg αρχικού προϊόντος}$, το X αντιπροσωπεύει την αρχική περιεκτικότητα νερού των σπόρων.

$Y/(0,6+Y)=0,15\Rightarrow Y=0,106\text{ kg νερού/kg αρχικού προϊόντος}$, το Y αντιπροσωπεύει την τελική περιεκτικότητα σε νερό των σπόρων.

Αυτό σημαίνει ότι 0,294 kg νερού/kg αρχικών σπόρων πρέπει να εξαχθούν με ζεστό αέρα, όπως είδαμε ήδη, για να εξατμιστούν 8,5 g νερού ανά kg ξηρού αέρα. Έτσι, χρειάζονται 36 kg αέρα για να ξηράνουν 1 kg σπόρων. Αυτή η μεγάλη ποσότητα αέρα που απαιτείται για να ξηράνει τους σπόρους σιταριού οφείλεται στις συγκεκριμένες συνθήκες (χαμηλή θερμοκρασία αέρα, υψηλή αρχική υγρασία των σπόρων). Και λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες θερμότητας μέσω των τοίχων, την ειδική θερμότητα του προϊόντος που υπόκειται σε επεξεργασία και την ενέργεια που απαιτείται για να καταστραφεί ο δεσμός νερού / σπόρων, μπορεί να αναμένεται διπλάσια ποσότητα αέρα.

Όπως αναφέρθηκε ήδη ο θερμός αέρας είναι το κύριο ρευστό που χρησιμοποιείται για την ξήρανση των προϊόντων. Αυτός ο αέρας μπορεί να υποβληθεί σε άμεση ή έμμεση θέρμανση. Η άμεση θέρμανση, που αποτελεί ειδικότητα των αέριων καυσίμων, αναπτύχθηκε πριν κάποια χρόνια, με την εμφάνιση του φυσικού αερίου ως πηγή ενέργειας. Η έμμεση θέρμανση ήταν γνωστή στο παρελθόν, κυρίως μέσω εναλλακτών ατμού ή με ηλεκτρικούς θερμοαντήρες. Ερευνάται τώρα ένας νέος έμμεσος εναλλάκτης που πυροδοτείται με αέριο.

4.1.5 Άμεση θέρμανση

Η απλούστερη τεχνολογία είναι επαφή ανάμεσα στις φλόγες που παράγονται από **καυστήρα ράβδου**, με το προϊόν που θα ξηραθεί. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται πάντα για να στεγνώσει το μελάνι σε έγγραφα που τυπώνονται αλυσιδωτά όπως οι ημερησίες ε-

φημερίδες στα τυπογραφεία. Απαιτούνται καυστήρες ράβδου που είναι ικανοί να δημιουργήσουν κοντή και έντονη φλόγα με μέγιστη ποσότητα πρωτογενούς αέρα προκειμένου να μη δημιουργηθεί καπνός.

Ο άλλος εξοπλισμός άμεσης θέρμανσης με αέρα είναι επίσης εύκολος στο χειρισμό καθώς δεν έχει εναλλάκτη και είναι αποκεντρωμένος, η θερμική αδράνεια είναι μικρή σε σύγκριση με τον κλασικό ατμολέβητα και το σύστημα εναλλάκτη. Υπάρχουν διάφορες λύσεις, όλες βασισμένες στην ίδια αρχή : τα καυσαέρια από τον καυστήρα αναμειγνύονται με τον αέρα που θα θερμανθεί. Για αυτό η τεχνολογία είναι για αέρια καύσιμα : τα προϊόντα από την καύση του αερίου είναι καθαρά και περιέχουν μόνο CO₂, N₂, κάποιο O₂ και H₂O. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι καυστήρων όπως:

Ο "**καυστήρας αεραγωγού**" που κατασκευάζεται από σωλήνα, διάτρητο με εγχυτήρες που τροφοδοτείται με αέριο. Τοποθετούνται φλάντζες με οπές, σε κάθε πλευρά του σωλήνα. Τοποθετημένες στη ροή του αέρα, οι φλάντζες διοχετεύουν κάποια ποσότητα αέρα προς τη ζώνη καύσης για να πραγματοποιηθεί η καύση. Η ανάφλεξη γίνεται με σπινθήρα και η ασφάλεια εξασφαλίζεται με βύσμα ιονισμού.

Πρόκειται για καυστήρα χαμηλού κόστους επένδυσης, που χρειάζεται περιορισμένο χώρο για εγκατάσταση. Σχεδιασμένος για να λειτουργεί σε παροχές αέρα με ταχύτητα ως 15 m/s είναι ιδιαίτερα ευέλικτος καυστήρας, από το 1 έως το 15. Σε αντίθεση με τους εναλλάκτες ατμού, που περιορίζουν την θερμοκρασία του αέρα στους 190 °C δεν έχει όριο θερμοκρασίας, εκτός από αυτό της επεξεργασίας, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την παραγωγή. Αφού είναι αρθρωτή συσκευή, αυτός ο καυστήρας μπορεί να τοποθετηθεί σε διαφορετικά σχήματα για να θερμάνει ομοιόμορφα έναν ολόκληρο αγωγό αέρα. Λόγω του απλού σχεδιασμού του και της ευκολίας στη χρήση του, ανευρίσκεται σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς όπως η ξήρανση σιταριού, το γάλα σε σκόνη, το στέγνωμα των υφασμάτων και λοιπά.

Παράδειγμα 2..

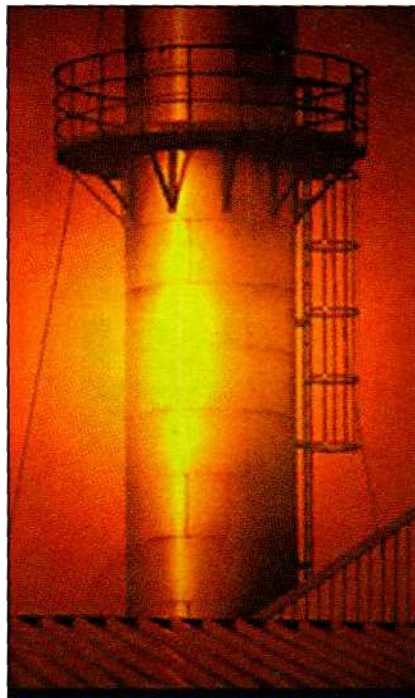
Ξήρανση γάλακτος.

Το συμπυκνωμένο γάλα (ξηρή ύλη περίπου 48%) ψεκάζεται σε πύργο ξήρανσης. Τα σταγονίδια ξηραίνονται με επαφή με θερμό αέρα στους 310 °C. Ο αέρας αφήνει τον πύργο σε θερμοκρασία μεταξύ 60 και 90 °C. Παροχή ζεστού αέρα 35.000 kg/h, που παράγεται από καυστήρα αεραγωγού, εξατμίζει 2800 kg/h. Η ειδική κατανάλωση είναι 0,74 kWh/kg, που

αντιπροσωπεύει εξοικονόμηση καυσίμων 35-40% σε σχέση με τον προηγούμενο εξοπλισμό καυστήρα ράβδου.

Ο "**συμπαγής καυστήρας**" χρησιμοποιείται σε ορισμένες ειδικές εργασίες όπως η ξήρανση αλφάλφα. Ο καυστήρας αποτελείται από εγχυτήρα αερίου που τοποθετείται στη ροή του περιδινούμενου αέρα, που παράγεται από έναν μεγάλο φυσητήρα τοποθετημένο στον καυστήρα. Ο όλος εξοπλισμός τοποθετείται μπροστά από τον θάλαμο καύσης. Ένα περιστρεφόμενο τύμπανο τροφοδοτείται με φύλλα αλφάλφα.

Ο "**καυστήρας αντίθετων περιδινήσεων**" βασίζεται στην αρχή της έγχυσης αέρα στη ζώνη καύσης μέσω δύο σειρών εφαπτόμενων εγχυτήρων, γεγονός που σταθεροποιεί την φλόγα. Αυτός ο καυστήρας λόγω του μεγάλου εύρους στις παροχές αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χορηγεί καυτό μίγμα αέρα και αερίων της καπνοδόχου. Ο καυστήρας τροφοδοτείται με μεγάλη ποσότητα αέρα, μέρος του οποίου χρησιμοποιείται ως αέρας καύσης και το υπόλοιπο ως αέρας αραιώσης.



Εικόνα 47. Εξαγωγέας καυσαερίων φυσικού αερίου

4.1.6. Έμμεση θέρμανση

Η έμμεση θέρμανση του αέρα είναι γνωστή εδώ και καιρό. Ο αέρας προθερμαίνεται με εναλλάκτη κατασκευασμένο από σωλήνες όπου κυκλοφορούσε ατμός. Ο ατμός παραγόταν σε λέβητα, που τροφοδοτούνταν με πετρέλαιο καύσης. Η συνολική θερμαντική απόδοση ήταν σχετικά χαμηλή, περίπου στο 60%.

Παράδειγμα 3.

Ξηραντήρας σωλήνων κονιάματος

Αποτελείται από δύο επίπεδα ξηραντήρων, ο κατώτερος είναι μήκους 120 m και ο δεύτερος, σε δύο επίπεδα, είναι μήκους 2X80 m. Το δεύτερο επίπεδο χρησιμοποιείται για σωλήνες μικρής διαμέτρου. Ο όγκος του ξηραντήρα είναι 3.900 m³ με τρεις αλλαγές αέρα ανά ώρα. Η θέρμανση του αέρα πραγματοποιείται με 2 σειρές πτερυγιοφόρων σωλήνων υπερθερμασμένου νερού, που τοποθετούνται στο πρώτο επίπεδο και 4 φυσητήρων αέρος, 3 στο πρώτο επίπεδο και ενός στο δεύτερο. Ο ατμός εγχύεται στον ξηραντήρα για να διατηρήσει ένα δεδομένο ποσοστό υγρασίας σε αυτόν.

Έχουν μετρηθεί οι ακόλουθες τιμές :

Πρώτη σειρά σωλήνων : 10.695 kW max.

Δεύτερη σειρά σωλήνων : 813 kW max

Καθένας από τους τρεις φυσητήρες αέρα στο πρώτο επίπεδο: 287 kW max. Τέταρτος φυσητήρας αέρος στο δεύτερο επίπεδο : 565 kW max.

Εγχυόμενος ατμός : 644 kW max

Ολική θερμότητα που παρέχεται : 3.421 kW

Το σύνολο δεν ισούται με το άθροισμα των μεμονωμένων εισαγωγών καθώς δεν λειτουργούν συνέχεια σε πλήρη απόδοση. Οι μετρήσεις γίνονται στην είσοδο κάθε συσκευής και έτσι δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις αποδόσεις της παραγωγής (λέβητας) και τη μεταφορά (γραμμές παροχής) του ατμού.

Όταν ερευνήθηκαν προγράμματα για εξοικονόμηση ενέργειας, ορισμένοι από αυτούς τους θερμαντήρες αντικαταστάθηκαν με συσκευές άμεσης θέρμανσης. Αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, η άμεση θέρμανση δεν ήταν δυνατή, όπως στην περίπτωση ιδιαίτερα εύφλεκτων υλικών, ή όταν το προϊόν θα μπορούσε να αντιδράσει με τα καυσαέρια.

Σήμερα με την εμφάνιση εμπορικών δυσκολιών που συνδέονται με την παραγωγή ΝΟ_x, η άμεση θέρμανση παρουσιάζει δυσκολίες και η έμμεση θέρμανση αρχίζει ξανά να ερευνάται, αλλά με νέες τεχνολογίες.

Σε αντίθεση με τους ηλεκτρικούς έμμεσους θερμαντήρες ή αυτούς που χρησιμοποιούν ατμό ή θερμαντικό ρευστό, που έχουν ήδη εξεταστεί στις επικεντρωμένες μονάδες, οι έμμεσοι εναλλάκτες δεν είναι πολλοί. Μπορούμε να αναφέρουμε τον εναλλάκτη KLEINWEFFER, που είναι σε θέση να θερμάνει αέρα στους 400 °C, για κόστος επένδυσης 100 €/kW.



Εικόνα 48. Αγωγός μεταφοράς φυσικού αερίου

(*) Οι πληροφορίες για την παράγραφο 4.1 πάρθηκαν από ένα Γαλλικό άρθρο του περιοδικού «τεχνική επιθεώρηση» και η απόδοση του στα Ελληνικά δεν είναι επιστημονική.

4.2 Χρήση Φυσικού Αερίου για την θέρμανση θερμοκηπίων

Η χρήση Φυσικού Αερίου για την θέρμανση θερμοκηπίων είναι ιδιαίτερα πλεονεκτική. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι, πέραν των γνωστών πλεονεκτημάτων του, το Φυσικό Αέριο προσφέρει τη δυνατότητα εμπλουτισμού του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που υπάρχει στα απαέρια του.

Όταν η θερμοκρασία, το φως και η υγρασία είναι στα κατάλληλα επίπεδα για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια του θερμοκηπίου, τότε το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ο παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στην πορεία της φωτοσύνθεσης και συνεπώς στην εξέλιξη της παραγωγής.

Με το Φυσικό Αέριο, γίνεται εύκολα η ρύθμιση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2).

Η φυσική περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι περίπου 300 ppm. Η βέλτιστη περιεκτικότητα για την καλλιέργεια είναι περίπου 1.000 ppm, ανάλογα πάντα με το είδος της καλλιέργειας.

Γενικά, η θέρμανση θερμοκηπίων γίνεται με αερόθερμα ή με λέβητα νερού.



Εικόνα.49. Χρήση φυσικού αερίου σε θερμοκήπιο

Η αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) γίνεται με προσαγωγή μέρους καυσαερίων, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση αέρα ή νερού, στον χώρο του θερμοκηπίου, αφού πρώτα περάσουν από τη "μονάδα εμπλουτισμού" του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), όπου γίνεται αφύγρανση και έλεγχος της περιεκτικότητας σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

Η μονάδα εμπλουτισμού περιλαμβάνει μεταξύ άλλων :

- Αναλυτή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), με ανώτερο και κατώτατο όριο, βάσει του οποίου γίνεται ρύθμιση της έκχυσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον χώρο του θερμοκηπίου.
- Ηλεκτρονικό ρολόι προγραμματισμού, με το οποίο προγραμματίζεται η ώρα έκχυσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- Στόμια έκχυσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον χώρο του θερμοκηπίου (περίπου 1 στόμιο ανά 400 m² θερμοκηπίου).

Πρέπει να σημειωθεί ότι 1 m³ αερίου δίνει με την καύση του 1 m³ ή περίπου 2 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) επηρεάζει καθοριστικά :

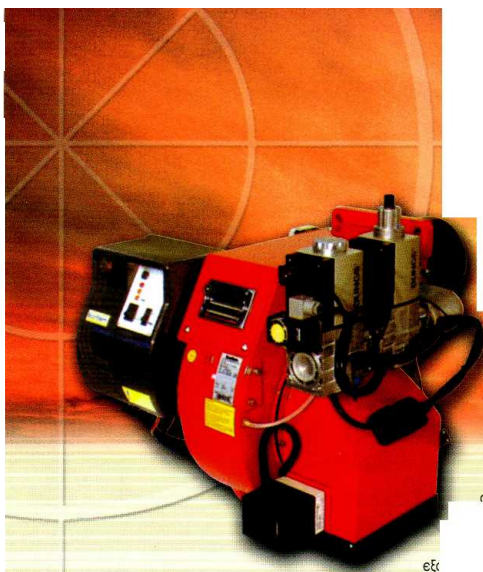
- Την αύξηση της παραγωγής.
- Τη βελτίωση της ποιότητας.
- Την επίτευξη της πρωιμότητας.
- Τον περιορισμό των αναγκών σε λίπασμα.

Τα καυσαέρια του αερίου, πριν περάσουν στη "μονάδα εμπλουτισμού", πρέπει να περάσουν από στοιχείο υγροποίησης. Δηλαδή ψύχονται σε εναλλάκτη από το νερό επιστροφής στον λέβητα.

Έτσι, αφενός απομακρύνεται η υγρασία των καυσαερίων πριν από τη διοχέτευση τους στον χώρο του θερμοκηπίου και αφετέρου, γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι η ανάκτηση θερμότητας που επιτυγχάνεται φθάνει το 5-10%, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής

4.2.1 Τύποι καυστήρων που χρησιμοποιούνται για θέρμανση θερμοκηπίων

Η σειρά **BLU** της **Ecoflam** καλύπτει αποδόσεις από 60 έως 2.000 kW, με πλήρεις και παγκόσμιες προδιαγραφές, για να ταιριάζει στα διάφορα χαρακτηριστικά του λέβητα και της μονάδας θέρμανσης με οποία πρόκειται να συνδεθεί ο καυστήρας. Η σειρά BLU αναγνωρίζεται από το υψηλό επίπεδο λειτουργικής ενσωμάτωσης όλων των στοιχείων του καυστήρα: ασφάλεια, αξιοπιστία, απόδοση και αθόρυβη λειτουργία είναι οι προτεραιότητες της Ecoflam. Η χαμηλή φλόγα (1ο στάδιο ή εξοικονόμηση φλόγας) ελαττώνει το θόρυβο της καύσης και βελτιώνει την εποχιακή απόδοση της θέρμανσης, μέσω μεγαλύτερων χρόνων λειτουργίας του καυστήρα και αξιοσημείωτα χαμηλότερων θερμοκρασιών απαερίων. Επιπλέον, το διπλό στάδιο λειτουργίας μειώνει σημαντικά τον αριθμό των εκκινήσεων, των προκαταρκτικών κύκλων κάθαρσης και τη ρύπανση κατά το στάδιο όπου η διάταξη παραγωγής θερμότητας φτάνει στην κανονική λειτουργία της. Τα μοντέλα από το BLU 2000,1 PAB έως τα πιο ισχυρά μοντέλα είναι εξοπλισμένα με σύστημα αποσιώπησης της λήψης του αέρα, που μειώνει σημαντικά τα επίπεδα θορύβου. Οι αυστηρές δοκιμές των εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια της κατασκευής και η τελική δοκιμή πυρός εγγυώνται την αξιοπιστία και την απόδοση των καυστήρων.



Εικόνα 50 Καυστήρας τύπου Blu P-P AB της Ecoflam που χρησιμοποιείται για θέρμανση θερμοκηπίων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Δ.Σ. Καϊλίδης, Ρύπανση Φυσικού Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη 1985
- 2) Νικ. Κιούρος, Φυσικό Αέριο, Θεσσαλονίκη 1996
- 3) Β.Η. Σελλούντος, Θέρμανση –Κλιματισμός, ΤΟΜΟΣ Α, Αθήνα 1996, εκδόσεις Δορυφόρος
- 4) Β.Η. Σελλούντος, Θέρμανση –Κλιματισμός, ΤΟΜΟΣ Β, Αθήνα 1996, εκδόσεις Δορυφόρος
- 5) Schwaller – Gilberti, energy Technology – Sources of Power (2nd Edition), 1996 , Πολυτεχνείο Πάτρας (Μετάφραση στην Ελληνική, Γεώργιος Σάγος, Αθήνα 1999)
- 6) Περιοδικό «τεχνική επιθεώρηση», τεύχος 91, Νοέμβριος 1999
- 7) Κων. Χ. Λέφας, Εισαγωγή Στην Τεχνολογία του Φυσικού Αερίου (Με προσθήκες & ειδικές αναφορές από τον Β.Η Σελλούντο) Αθήνα 2004, εκδόσεις ΤΕΚΛΟΤΙΚΗ
- 8) Έντυπο υλικό από την ΔΕΠΑ (ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ)
- 9) Περιοδικό «ΤΕΧΝΙΚΑ» , τεύχος 212, Μάρτιος-Απρίλιος 2005
- 10) Έντυπο υλικό από 7^η Διεθνή Έκθεση Αερίου 2005 (Εκθεσιακό Κέντρο Ο.Λ.Π., Πειραιάς 15-18 Απριλίου)
- 11) Ιστοσελίδες Διαδικτύου (www.rae.gr , www.polienrgy.gr)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	02
1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ Φ.Α	05
1.1 Σύνθεση και ιδιότητες ορισμένων τυπικών φυσικών αερίων	05
1.2 Προέλευση και χρήσεις του φυσικού αερίου	07
1.3 Παγκόσμια αποθέματα και κατανάλωση φυσικού αερίου	10
1.4 Διακίνηση του φυσικού αερίου	12

1.5 Πλεονεκτήματα της χρήσης φυσικού αερίου	14
2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΔΙΑΝΟΜΗ Φ.Α.	15
2.1 Μορφολογία συστημάτων διακίνησης φυσικού αερίου	22
2.2 Δευτερεύοντα δίκτυα	24
2.3 Οικιακή σύνδεση	28
2.4 Προοπτικές ανάπτυξης του δικτύου	29
2.5 Λόγοι για την αστική χρήση του φυσικού αερίου	30
2.6 Τομείς αστικής χρήσης φυσικού αερίου	31
2.7 Συσκευές και συστήματα θέρμανσης φυσικού αερίου	33
2.8 Σύγκριση διαφόρων συστημάτων θέρμανσης	63
3. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	65
3.1 Καύση του φυσικού αερίου	65
3.2 Φυσικό αέριο και περιβάλλον	71
3.3 Οι κυριότεροι αέριοι ρυπαντές : Δημιουργία και παραγωγή κατά την καύση φυσικού αερίου. Χαρακτηριστικά και επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον	71
3.4 Προσπάθειες για τη μείωση των οξειδίων του αζώτου : Μετρήσεις της AGA και νεότερες έρευνες	77
3.5 Οριακές τιμές περιεκτικότητας και παραγωγής ατμοσφαιρικών ρύπων σε εγκαταστάσεις αερίου	79
3.6 Τεχνολογικά μέτρα για τη μείωση παραγωγής και εκπομπής ρύπων	81
3.7 Οριακές τιμές επιπτώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης	83
3.8 Ευρύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την καύση και ευρωπαϊκή πολιτική ανάπτυξης ενεργειακής τεχνολογίας	88
4. ΧΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	94
4.1 Διεργασίες ξήρανσης με φυσικό αέριο	94
4.2 Χρήση φυσικού αερίου για την θέρμανση θερμοκηπίων	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104