ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



# ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΤΑΥΡΙΑΝΗ Ν. ΡΟΓΚΑΚΟΥ**

*ΧΑΝΙΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012*

*Εξεταστική επιτροπή:*
Κωνσταντίνος Καλαϊτζάκης, Καθηγητής (Επιβλέπων)
Ευτύχιος Κουτρούλης. Επίκουρος Καθηγητής
Αντώνιος Τσικαλάκης, Διδάσκων Π.Δ 407/80

# *Πρόλογος*

Αρχικά ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας , καθώς και τον κ. Ευτύχιο Κουτρούλη για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή μου.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κ. Αντώνιο Τσικαλάκη , για την υποστήριξη που μου παρείχε, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, την καθοδήγηση στην έρευνα αυτή και για τις γνώσεις που αποκόμισα και τον τρόπο σκέψης που μου καλλιέργησε.

Οφείλω ένα ευχαριστώ και στον κ. Άνθιμο Μπούκη υπεύθυνο στην εταιρεία ΒΕΑΛ για τα στοιχεία που μας δόθηκαν για τη λειτουργία της μονάδας βιοαερίου στον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων καθώς και την κ. Τριβυζά Ζαϊρα από την ΕΠΑ Αττικής για τα στοιχεία φυσικού αερίου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον πατέρα μου Νίκο, τα αδέρφια μου Χριστίνα, Σπύρο και Βαγγέλη για την αγάπη και τη στήριξη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και την ενθάρρυνση που μου έδιναν. Την παρούσα εργασία θα ήθελα να την αφιερώσω στη μητέρα μου Βασιλική, η οποία με στήριξε και με ώθησε στο ξεκίνημα των σπουδών μου και αν ήταν εδώ, θα της έδινα μεγάλη χαρά και ικανοποίηση.

# *Περίληψη*

Το αυξανόμενο παγκόσμιο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην αγορά ενέργειας σε συνδυασμό με την απαιτούμενη αντικατάσταση των μονάδων με συμβατικά καύσιμα για την καλύτερη διαχείριση του περιβάλλοντος , καθώς και τη διευκόλυνση και άμεση εξυπηρέτηση της ζήτησης ενέργειας καθιστά απαραίτητη διαδικασία την έρευνα, τη μελέτη και την προσπάθεια ανάπτυξης τρόπων αξιοποίησης όλων των διαθέσιμων πόρων βιομάζας. Η βιομάζα ως ανανεώσιμή πηγή ενέργειας συναντάται σε πολλές διαφορετικές μορφές που αναλύονται εκτενώς στη παρούσα διπλωματική εργασία.. Το είδος βιομάζας που επικεντρώνεται η εργασία είναι το βιοαέριο και συγκεκριμένα με προέλευση από χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ).

Για την αποφυγή ύπαρξης ανεκμετάλλευτου βιοαερίου στον χώρο , εκτός από τη δυνατότητα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ) που συναντά άνθιση τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας, ένας άλλος τρόπος που δεν είναι γνώριμος στην Ελλάδα , αλλά απαντάται μερικά χρόνια σε χώρες του εξωτερικού, είναι η αξιοποίηση του βιοαερίου και η αναβάθμιση του σε φυσικό αέριο. Η αναβάθμιση αυτή που το μετατρέπει σε βιομεθάνιο, υπό συγκεκριμένες διαδικασίες που ερευνήθηκαν και μελετώνται στην εργασία αυτή μπορεί να οδηγήσει στην χρήση του αερίου για καύσιμο μεταφορών καθώς και διοχέτευση και σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου.

Η έγχυση του βιομεθανίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου δίνει πρόσβαση στο παραγωγό βιοαερίου σε μια πολύ μεγαλύτερη αγορά των δυνητικών αγοραστών από ό, τι αν το βιοαέριο επρόκειτο να πωληθεί και να χρησιμοποιηθεί σε τοπικό επίπεδο.

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη μέσω προσομοιώσεων και έρευνας του προβλήματος της πλήρους αξιοποίησης του βιοαερίου και της πιθανής λειτουργίας των μονάδων βιοαερίου κυρίως από Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ ) σε καθεστώς ανοικτής αγοράς.

Μελετώνται και προτείνονται τρόποι για την αύξηση της ευελιξίας της λειτουργίας των μονάδων, μέσω αναβάθμισης του βιοαερίου και έγχυσης του στο δίκτυο φυσικού αερίου. Διερευνούνται οι δυνατότητες τροφοδοσίας που έχει η συγκεκριμένη εγκατάσταση σε σχέση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού και το δίκτυο φυσικού αερίου (Φ.Α.) υπό συνθήκες αγοράς ενέργειας που υφίστανται στη χώρα μας. Αναλύονται διαφορετικά σενάρια παραγωγής βιοαερίου και τιμολόγησης και εξάγονται οικονομικά συμπεράσματα που αφορούν την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης και της συνεργασίας της με τους φορείς της αγοράς.

Η μονάδα βιοαερίου που αναλύεται εκτενέστερα ως η εγκατάσταση εφαρμογής της υλοποίησης της εργασίας αυτής βρίσκεται στον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων και θεωρείται μία από τις μεγαλύτερες διεθνώς.

Μέσα από τα αποτελέσματα της υλοποίησης γίνεται φανερή η ευελιξία του συγκεκριμένου εργοστασίου να παράγει ηλεκτρισμό και φυσικό αέριο προς όφελος του διαχειριστή της εγκατάστασης (ΒΕΑΛ), καθώς επίσης καθιστά δυνατή την προοπτική συνεργασίας με τον φορέα παροχής αερίου ΕΠΑ.

## *Abstract*

There is a more and more increasing worldwide interest in the participation of renewable energy sources in the energy markets to alleviate fossil fuel production effects. One of the Renewable energy sources utilized for centuries is the biomass. The interest for improving efficiency of a variety of biomass sources and application has increased rapidly not only in the developing world, where most of the needs are met but also in well-developed economies.

In this thesis, focus is given on biogas and especially biogas coming from landfills. In many countries, including Greece, biogas from landfills is utilized in electricity production, quite often in Combined Heat Power operation, with various technologies extensively described here. An additional application of biogas can be the fuel production e.g. for cars and a more sophisticated method is the upgrading of biogas to biomethane with further feeding into the natural gas grid. The upgrade process along with some successful applications are described and the potential use in Greece is further investigated.

Such a process give the opportunity to manager of a biogas plant to entering in a much larger market of potential buyers compared to simply using locally biogas if not even worse letting it been burnt into torches.

To investigate the potential application of upgrading biogas to meet natural Gas requirements, the Attica region landfill, one of the largests in Europe was used as our case study. A variety of scenarios regarding power market prices, either subsidized or exposed to the market price fluctuation and Natural gas markets have been examined to show to what extent preferring injection to the Natural Gas grid compared to producing electricity may be beneficial for the owner of the facility.

The presented results include the financial impact on the various stakeholders of the installation and presented the potential co-operation with market players.

The results show the capability of such a plant to produce both electricity and natural gas increasing benefits for the managing authority, the environment and the security of supply. In such a way new strategic co-operation with natural gas market players, such as NG carriers can be established reducing the exposure of the facility to power market fluctuations foreseen as soon as subsidied feed –in tariff ceases.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ


*Κεφάλαιο 1 Πίνακας περιεχομένων* ---- *4*

**1.1 Ευρετήριο εικόνων** ---- **8**

**1.2 Ευρετήριο πινάκων** ---- **9**

**1.3 Ευρετήριο γραφημάτων** ---- **10**

*Κεφάλαιο 2 Γενική εισαγωγή* ---- *11*

**2.1 Ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε** ---- **11**

2.1.1 Ενεργειακή πολιτική και στρατηγική ---- 11

2.1.2 Νομοθεσία και ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα ---- 12

**2.2 Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρισμού και Διεσπαρμένη Παραγωγή (Distributed Generation) 20**

2.2.1 Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΔΗΕ) ---- 21

2.2.2 Ορισμός Διεσπαρμένης Παραγωγής ---- 22

2.2.3 Τεχνολογίες μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής ---- 24

2.2.4 Δύο πρότυπα λειτουργίας & ελέγχου διεσπαρμένης παραγωγής ---- 32

**2.3 Σκοπός της εργασίας** ---- **35**

*Κεφάλαιο 3 Η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας* ---- *37*

**3.1 Αναγκαίοι ορισμοί** ---- **37**

**3.2 Διείσδυση της Βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο** ---- **38**

3.2.1 Γενικά (Συνεισφορά στον Κόσμο) ---- 38

**3.3 Εφαρμογές και αξιοποίηση της βιομάζας** ---- **40**

3.3.1 Μη ενεργειακές εφαρμογές ---- 41

3.3.2 Ενεργειακή Αξιοποίηση της βιομάζας ---- 41

**3.4 Βιοκαύσιμα** ---- **45**

**3.5 Κατηγοριοποίηση Βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της** ---- **47**

3.5.1 Ενεργειακές καλλιέργειες ---- 48

3.5.2 Μηχανική επεξεργασία παραγωγής συμπυκνωμάτων ---- 51

3.5.3 Αξιοποίηση υπολειμματικών μορφών γεωργοκτηνοτροφικών προϊόντων ---- 53

3.5.4 Ανθρώπινες διεργασίες –Αστικό περιβάλλον ---- 58

3.5.5 Αστικά Απορρίμματα και βιολογικοί καθαρισμοί ---- 58

*Κεφάλαιο 4 Βιομάζα και ηλεκτροπαραγωγή* ---- *61*

**4.1 Τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας** ---- **61**

4.1.1 Καύση ---- 61

4.1.2 Πυρόλυση ---- 62

4.1.3 Αεριοποίηση ---- 62

4.1.4 Αναερόβια χώνευση ---- 63

**4.2 Τεχνολογίες Παραγωγής Ηλεκτρισμού από Βιομάζα** ---- **63**

4.2.1 Ατμοστρόβιλοι ---- 63

4.2.2 Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) ---- 64

4.2.3 Αεριοστρόβιλοι ---- 65

4.2.4 Μικροτουρμπίνες ---- 66

4.2.5 Κυψέλες-κυψελίδες καυσίμων( fuel cells) ---- 70

4.2.6 Μηχανές εξωτερικής καύσης –Stirling ---- 73

4.2.7 Αξιοποίηση βιομάζας σε Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ) ------ 74

**4.3 Διείσδυση Βιομάζας στο Ηλεκτρικό Ισοζύγιο.----------76**

4.3.1 Εγκατεστημένη Ισχύς στον Κόσμο και την Ευρώπη ---------- 76
4.3.2 Εγκατεστημένη ισχύς στη χώρα μας ---------- 77
4.3.3 Προβλεπόμενες εγκαταστάσεις---------- 78
4.3.4 Χαρακτηριστικά λειτουργίας μονάδων βιομάζας-Σύγκριση με άλλες ΑΠΕ ---------- 80

**4.4 Κριτήρια-κανονισμοί σύνδεσης----------84**

4.4.1 Προσαρμογή κανονισμών σύνδεσης διεσπαρμένης παραγωγής στα ελληνικά δίκτυα ------- 84
4.4.2 Κανονισμοί σύνδεσης ΑΠΕ στο δίκτυο(Ελλάδα) ---------- 88

***Κεφάλαιο 5 Βιοαέριο ---------- 91***

**5.1 Προέλευση και σύσταση βιοαερίου ----------91**

5.1.1 Η χημική σύσταση του βιοαερίου ---------- 92

**5.2 Σύστημα συλλογής βιοαερίου----------93**

**5.3 Ενεργειακή αξιοποίηση ----------94**

5.3.1 Οφέλη και πλεονεκτήματα---------- 95
5.3.2 Επιλογή πρώτης ύλης ---------- 96
5.3.3 Κατασκευή και Εγκατάσταση ---------- 97
5.3.4 Παραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από το σύστημα Συμπαραγωγής ---------- 98
5.3.5 Αξιοποίηση βιοαερίου ΧΥΤΑ---------- 99
5.3.6 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή βιοαερίου ---------- 100

**5.4 Διάδοση χρήσης βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση ---------- 101**

5.4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με βιοαέριο ---------- 101

**5.5 Πολιτική βιοαερίου και κατάσταση στην Ελλάδα---------- 104**

5.5.1 Μεγάλη η δυναμική της αγοράς βιοαερίου στην Ελλάδα ---------- 104
5.5.2 Εξέλιξη νομοθεσίας---------- 104
5.5.3 Χρηματοδότηση ---------- 105
5.5.4 Εγκαταστάσεις στην Ελλάδα---------- 106

***Κεφάλαιο 6 Καθαρισμός βιοαερίου (purification)- Αναβάθμιση ---------- 108***

**6.1 Εξευγενισμός βιοαερίου ---------- 108**

**6.2 Χρήση αναβαθμισμένου βιοαερίου ως καύσιμο μεταφορών ---------- 109**

**6.3 Έγχυση αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου ---------- 110**

6.3.1 Τεχνικά κριτήρια για την έγχυση του βιοαερίου ---------- 110
6.3.2 Επεξεργασμένα αέρια από ανανεώσιμες πηγές για δημόσια προμήθεια ---------- 112
6.3.3 Πλεονεκτήματα έγχυσης βιομεθανίου στο δίκτυο ---------- 114
6.3.4 Εμπόδια στη διαδικασία έγχυσης στο δίκτυο ---------- 114

**6.4 Κόστος επεξεργασίας βιοαερίου σε ποιότητα Φ.Α---------- 115**

6.4.1 Κόστος αναβάθμισης βιοαερίου---------- 115
6.4.2 Προτάσεις για αναβάθμιση με χαμηλό κόστος---------- 117
6.4.3 Γενικό συμπέρασμα για το κόστος αναβάθμισης ---------- 117
6.4.4 Κόστος μεταφοράς και σύνδεσης βιομεθανίου στο δίκτυο Φ.Α ---------- 118
6.4.5 Προτάσεις για τη μεταφορά του βιομεθανίου στο δίκτυο ---------- 118

**6.5 Διεθνής εμπειρία από την αναβάθμιση βιοαερίου ---------- 118**

6.5.1 Παραδείγματα έγχυσης βιομεθανίου σε δίκτυα άλλων χωρών ---------- 118
6.5.2 Εφαρμογές στην Ευρώπη---------- 118
6.5.3 Εφαρμογές στον Καναδά. ---------- 120
6.5.4 Συμπέρασμα---------- 120

***Κεφάλαιο 7 Περιγραφή εφαρμογής ---------- 121***

**7.1 Διαχείριση απορριμμάτων στην Ευρώπη ---- 121**

**7.2 Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου ---- 122**

7.2.1 Δίκτυο άντλησης ---- 122

7.2.2 Στραγγιστήρια ---- 122

7.2.3 Πυρσοί καύσης ---- 123

**7.3 Εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου ---- 124**

7.3.1 Χαρακτηριστικά εγκατάστασης ---- 125

7.3.2 Επί μέρους τεχνικά χαρακτηριστικά ---- 126

7.3.3 Συμπερασματικά ---- 127

**7.4 Στοιχεία παραγωγής ---- 127**

**7.5 Καμπύλες κατανάλωσης καυσίμου ---- 128**

7.5.1 Βιοαέριο ---- 128

7.5.2 Φυσικό αέριο ---- 129

**7.6 Διασύνδεση στο δίκτυο Ηλεκτρισμού ---- 130**

**7.7 Δίκτυα φυσικού αερίου στην Ελλάδα ---- 130**

7.7.1 Ζήτηση Φυσικού Αερίου ---- 132

7.7.2 Κοστολόγηση και διαφοροποίηση της τιμής φυσικού αερίου ---- 132

7.7.3 Τοπικό δίκτυο περιοχής Α. Λιοσίων ---- 133

**7.8 Τιμές αγοράς Ηλεκτρισμού ---- 133**

7.8.1 Ελληνική Αγορά ---- 133

**7.9 Δυνατότητα έγχυσης στο δίκτυο ---- 135**

7.9.1 Κόστος διαδικασίας ---- 135

***Κεφάλαιο 8 Υλοποίηση και αποτελέσματα ---- 136***

**8.1 Σχηματικό διάγραμμα εφαρμογής ---- 136**

8.1.1 Σύστημα Αναβάθμισης ( Biogas upgrading system ) ---- 138

**8.2 Υλοποίηση με τρέχον καθεστώς ---- 138**

8.2.1 Βήματα υλοποίησης ---- 139

8.2.2 Βήματα-αποτελέσματα ---- 140

8.2.3 Αξιολόγηση αποτελέσματος υλοποίησης ---- 143

8.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας για μικρότερες εγκαταστάσεις αντίστοιχου είδους ---- 144

**8.3 Υλοποίηση με τιμές αγοράς ---- 146**

8.3.1 Καμπύλη διάρκειας τιμών ΟΤΣ ---- 146

8.3.2 Μεταβολή εσόδων εγκατάστασης αν αποζημιωθεί με την ΟΤΣ ---- 147

8.3.3 Υπολογισμός εσόδων από τη πώληση ηλεκτρισμού και από την έγχυση για το διαχειριστή 147

8.3.4 Υπολογισμός τιμής αποζημίωσης διοχέτευσης ώστε να μη μεταβληθεί η καθαρή θέση σε σχέση με το καθεστώς FIT ---- 152

8.3.5 Ακραίες τιμές αγοράς ηλεκτρισμού και διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου ---- 160

**8.4 Υπολογισμός οριακών τιμών βάσει τιμής διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου ---- 163**

8.4.1 Με βάση το τιμολόγιο ΕΠΑ Αττικής με μηδενικό περιθώριο κέρδους ---- 163

8.4.2 Με βάση τιμολόγιο Δανίας ---- 164

**8.5 Διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί για πυρσό καύσης ---- 169**

***Κεφάλαιο 9 Συμπεράσματα ---- 171***

**9.1 Σύνοψη χαρακτηριστικών βιομάζας ---- 171**

9.1.1 Πλεονεκτήματα ---- 171

9.1.2 Μειονεκτήματα ---- 172

9.1.3 Συμπεριφορά βιομάζας σε σύγκριση με τα αιολικά ---- 172

**9.2 Βιοαέριο και προοπτική---------- 173**
9.2.1 Εξευγενισμός-αναβάθμιση βιοαερίου ---------- 173
9.2.2 Έγχυση βιομεθανίου στο δίκτυο Φ.Α---------- 173

**9.3 Εγκατάσταση ΧΥΤΑ και πληροφορίες δικτύου Φ.Α και δικτύου ηλεκτρισμού---------- 174**

**9.4 Υλοποίηση και αποτελέσματα---------- 174**
9.4.1 Υλοποίηση με τρέχον καθεστώς ---------- 174
9.4.2 Υλοποίηση με τιμές αγοράς---------- 175
9.4.3 Μεταβολή εσόδων με βάση την τιμή διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α ---------- 177
9.4.4 Μελέτη διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί για πυρσό καύσης---------- 178

**9.5 Προτάσεις για περαιτέρω ανάλυση ---------- 179**
9.5.1 Προτάσεις για την ανάπτυξη αγοράς βιοαερίου και εξέλιξη νομοθεσίας---------- 179
9.5.2 Πρόταση συνεργασίας---------- 179

***Κεφάλαιο 10 Αναφορές-Βιβλιογραφια ---------- 180***

## 1.1 Ευρετήριο εικόνων

Εικονα 2-1 Εθνικη Παραγωγη Ηλεκτρικης Ενεργειας (GWh) 2003-2012 (Ενημερωση αυγουστος 2012) ..... 15
Εικονα 2-2 Εγκατεστημενη ισχυς Μοναδων ΑΠΕ σε λειτουργια στο Διασυνδεδεμενο συστημα ..... 15
Εικονα 2-3 Αναπαρασταση της αποδοτικοτητας της πρωτογενους ενεργειας στα παραδοσιακα ΣΗΕ ..... 20
Εικονα 2-4 Αναπαρασταση της αποδοτικοτητας της πρωτογενους ενεργειας οπως αναμενεται στα μελλοντικα ηλεκτρικα δικτυα ..... 21
Εικονα 2-5 Βροχοειδες (αριστερα) και ατρακτοειδες (δεξια) δικτυο διανομης ηλεκτρικης ενεργειας ..... 22
Εικονα 2-6 Οι τεχνολογιες των μοναδων διανεμημενης παραγωγης ..... 25
Εικονα 2-7 Συστημα ηλιακου πυργου ..... 28
Εικονα 2-8 Τροπος λειτουργιας ενος ΜΥΗΣ ..... 28
Εικονα 2-9 Μικρο υδροηλεκτρικο εργο Δαφνοζωναρα-Σανιδι ..... 30
Εικονα 2-10 α) Ένα τυπικο μικροδικτυο και η διασυνδεση του με το Συστημα Ελεγχου της Διανομης β) Τα επιπεδα ελεγχου ενος Μικροδικτυου. 34
Εικονα 2-11 Μοναδα Virtual Power Plant(VPP) -Εικονικο Εργοστασιο Παραγωγης ..... 35
Εικονα 3-1 Γενικη χρηση και αξιοποιηση βιομαζας ..... 40
Εικονα 3-2 Μαγειρικες σομπες με βιομαζα ..... 42
Εικονα 3-3 Τζακι υψηλου βαθμου αποδοσης ..... 43
Εικονα 3-4 Σομπα υψηλου βαθμου αποδοσης ..... 44
Εικονα 3-5 Καταταξη των τυπων της βιομαζας αναλογα με την προελευση της πρωτης υλης ..... 47
Εικονα 3-6 Πλινθοι (Μπρικετες) ..... 51
Εικονα 3-7 Πελετες (συσσωματωματα) ..... 52
Εικονα 3-8 Πλακιδια η θρυμματα ξυλου (wood chips) ..... 52
Εικονα 3-9 Εγκατασταση βιολογικου καθαρισμου ..... 59
Εικονα 4-1 Ατμοστροβιλος τεχνολογιας Alstom ..... 64
Εικονα 4-2 Μορφη αεριοστροβιλου σε ΣΗΘ ..... 66
Εικονα 4-3 Δομη γεννητριας με μικροτουρμπινα αεριου ..... 66
Εικονα 4-4 Συστοιχια μικροτουρμπινων ..... 67
Εικονα 4-5 Εσωτερικη διεργασια κυψελιδας καυσιμου ..... 72
Εικονα 4-6 Μορφη μηχανης Stirling ..... 73
Εικονα 4-7 Συμβατικο ενεργειακο συστημα σε συγκριση με συστημα συμπαραγωγης ..... 74
Εικονα 4-8 ΣΣΔ και ΣΚΣ για μια τυπικη περιπτωση συνδεσης παραγωγου στο δικτυο ΜΤ ..... 86
Εικονα 4-9 :Τυπικη συνδεση Α.Π.Ε. στο δικτυο Χ.Τ ..... 86
Εικονα 4-10 Τυπικη συνδεση Α.Π.Ε στο δικτυο χαμηλης τασης ..... 87
Εικονα 4-11 Τυπικη συνδεση Α Π Ε στο δικτυο μεσης (MV) Scheme 1-4 αλλα και υψηλης (HV) μεσω μετασχηματιστη μεσης προς υψηλη ταση Scheme 5 ..... 88
Εικονα 5-1 Σχηματικο διαγραμμα αξιοποιησης βιοαεριου ..... 93
Εικονα 5-2 Συλλογη και ενεργειακη αξιοποιηση βιοαεριου ..... 94
Εικονα 5-3 Διαδικασια αντλησης βιοαεριου ..... 100
Εικονα 6-1 Υβριδικο λεωφορειο βιοαεριου στην Uppsala (Σουηδια) ..... 110
Εικονα 6-2 Τρενο βιοαεριου ..... 110
Εικονα 6-3 Διαδικασια διαχωρισμου των αεριων ..... 111
Εικονα 7-1 Πυρσος καυσης βιοαεριου ..... 123
Εικονα 7-2 Πανορамικη εικονα της εγκαταστασης ΧΥΤΑ Λιοσιων ..... 124
Εικονα 7-3 Μορφη ΜΕΚ τυπου Deutz TBG 620K ..... 126
Εικονα 7-4 Μορφή ΜΕΚ τυπου Jenbacher JMS 620-L.L ..... 126
Εικονα 7-5 Καμπυλη καταναλωσης καυσιμου βιοαεριου για μια μηχανη Deutz ..... 129
Εικονα 7-6 Καμπυλη καταναλωσης καυσιμου φυσικου αεριου για μια μηχανη Deutz ..... 129
Εικονα 7-7 Γεωγραφικη θεση των αγωγων προμηθειας φυσικου αεριου στην Ελλαδα ..... 131
Εικονα 8-1 Σχηματικο διαγραμμα εφαρμογης στον ΧΥΤΑ ..... 136
Εικονα 8-2 Σχηματικο διαγραμμα ιδεας υλοποιησης ..... 138

## 1.2 Ευρετήριο πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2-1 ΕΠΙΔΙΩΚΟΜΕΝΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2014, 2020 ..... 16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΠΕ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ ΜΕΧΡΙ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ 2012 ..... 17
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΟ Ε.Δ.Σ. ΓΙΑ ΤΟ 2008 ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΟ 2011 ..... 17
ΠΙΝΑΚΑΣ 2-4 ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ..... 24
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1 : ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΣΕ ΜΤΟΕ) ΑΠΟ ΣΤΕΡΕΗ ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΕ (2009-2010) ..... 39
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2 ΒΑΘΜΟΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΕ ΤΖΑΚΙΑ ΚΑΙ ΣΟΜΠΕΣ ..... 43
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ..... 45
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΤΟΥΡΜΠΙΝΩΝ ..... 69
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2 ΣΥΝΟΨΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ..... 71
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ..... 75
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4 ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2008-2011 ..... 77
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΣΜΗΕ) ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 1 ..... 79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-6 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΣΜΗΕ) ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ 2 ..... 79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΕΗ Α.Ε. ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012 ..... 79
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-8 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2011 ..... 81
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-9 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010 ..... 82
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-10 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2011 ..... 83
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-11 : ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ..... 85
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-12 ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΚΑΙ ΣΗΘΥΑ (ΝΟΜΟΣ 3851/2010) ..... 90
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1 ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ..... 92
ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ..... 106
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ..... 108
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΙΜΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΧΥΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ-ΧΥΤΑ ΛΙΟΣΙΩΝ-ΔΕΠΑ ..... 145
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-2 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΚΕΡΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ FIT-ΟΤΣ ..... 147
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-3 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ FIT, ΟΤΣ+ΟΜΟΙΑ ΤΙΜΗ Φ.Α ΜΕ FIT, ΟΤΣ +ΟΜΟΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΕΣΗ ΜΕ FIT ..... 160
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-4 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΟΤΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΚΑΙ ΟΤΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ..... 163
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ 2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΕΤΟΥΣ ΔΙΟΧΕΤΕΥΣΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ Φ.Α ..... 164
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ FIT, ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ Η ΤΙΜΗ FIT, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ ΔΑΝΙΑΣ ..... 169

## 1.3 Ευρετήριο γραφημάτων

Γραφημα 2-1 Διεισδυση ΑΠΕ στο ενεργειακο ισοζυγιο συμφωνα με το εθνικο σχεδιο δρασης ..... 12
Γραφημα 2-2 Παραμετροι λογαριασμου ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ ..... 18
Γραφημα 2-4 Συνολο καθαρης παραγωγης ηλεκτρικης ενεργειας 1αν-Αγ 2012 ..... 19
Γραφημα 3-1 : Πρωτογενης παραγωγη ενεργειας απο στερεη βιομαζα στην ΕΕ απο το 2000 εως το2010 (σε Μτοε) ..... 38
Γραφημα 4-1 Εγκατεστημενη ισχυς των ΑΠΕ στην Ε.Ε το 2009 ..... 76
Γραφημα 4-2 ανα τριμηνο ετους για την εξελιξη της εγκαταστασης ..... 77
Γραφημα 4-3 : Γεωγραφικη κατανομη εγκατεστημενης ισχυος (MW) βιομαζας-βιοαεριου στο διασυνδεδεμενο συστημα το 2011 (Άρθρο 9 Ν.3468/2006) ..... 78
Γραφημα 4-4 Capacity Factor ανα μηνα για το ετος 2011 ..... 81
Γραφημα 4-5 Capacity factor ανα μηνα για το ετος 2010 ..... 82
Γραφημα 4-6 Συγκριση Capacity factor βιομαζας-αιολικων ανα μηνα για το 2011 ..... 83
Γραφημα 5-1 Ενδεικτικες αποδοσεις παραγωγης βιοαεριου απο καλλιεργειες ..... 92
Γραφημα 5-2 Εξελιξη παραγωγης βιοαεριου στη Γερμανια ..... 103
Γραφημα 6-1 Κοστος επεξεργασιας βιοαεριου σε ποιοτητα φυσικου αεριου ..... 116
Γραφημα 6-2 Τελικη ροη βιοαεριου σε ευρω μετα την επεξεργασια ..... 116
Γραφημα 6-3 Συναρτηση κοστους αναβαθμισης βιοαεριου ..... 117
Γραφημα 7-1 Ποσοστο απορριμματων σε καθε ειδος επεξεργασιας ..... 121
Γραφημα 7-2 Καταναλωση ενεργειας ανα κατοικο ..... 128
Γραφημα 7-3 Καμπυλη διαρκειας τιμων ΟΤΣ €/MWh ..... 134
Γραφημα 7-4 Μεση τιμη MWh ανα ωρα ημερας ..... 134
Γραφημα 7-5 Μεση τιμη MWh ανα μηνα ..... 134
Γραφημα 8-1 Καμπυλη διαρκειας τιμων ΟΤΣ ετους 2011 ..... 146
Γραφημα 8-2 Ανα μηνα συχνοτητα διοχετευσης αεριου στο δικτυο ..... 149
Γραφημα 8-3 Ανα χ ωρα της ημερας συχνοτητα διοχετευσης αεριου στο δικτυο ..... 150
Γραφημα 8-4 Ανα μηνα ποσοτητα διοχετευσης $Nm^3$ αεριου στο δικτυο ..... 151
Γραφημα 8-5 Ανα χ ωρα ημερας ποσοτητα διοχετευσης $Nm^3$ αεριου στο δικτυο ..... 152
Γραφημα 8-6 Καμπυλη διαρκειας τιμων ΟΤΣ με το μηδενικο ισοζυγιο ..... 155
Γραφημα 8-7 Συχνοτητα διοχετευσης αεριου στο δικτυο ανα μηνα ..... 156
Γραφημα 8-8 Συχνοτητα διοχετευσης ανα χ ωρα ημερας αεριου στο δικτυο ..... 156
Γραφημα 8-9 Ανα μηνα ποσοτητα διοχετευσης φυσικου αεριου ..... 157
Γραφημα 8-10 Γραφημα: Ανα χ ωρα ημερας ποσοτητα διοχετευσης στο δικτυο ..... 158
Γραφημα 8-11 Καμπυλη διαρκειας τιμων με βαση τιμολογιο Δανιας ..... 166
Γραφημα 8-12 Συχνοτητα διοχετευσης ανα μηνα (με τιμολογηση Δανιας) ..... 166
Γραφημα 8-13 Συχνοτητα διοχετευσης ανα ωρα ημερας (με τιμολογηση Δανιας) ..... 167
Γραφημα 8-14 Ποσοτητα διοχετευσης φυσικου αεριου ανα μηνα (με τιμολογηση Δανιας) ..... 167
Γραφημα 8-15 Ποσοτητα διοχετευσης φυσικου αεριου ανα ωρα ημερας (με τιμολογηση Δανιας) ..... 168

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται ανάλυση της ενεργειακής πολιτικής και στρατηγικής που επικρατεί διεθνώς και ειδικά στην Ελλάδα. Αναφέρονται οι στόχοι που τίθενται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με σκοπό την περιβαλλοντική συνεισφορά στο παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα, μέσω της αντικατάστασης των συμβατικών καυσίμων. Γίνεται σύνοψη του νομοθετικού πλαισίου που αφορά τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και τις Α.Π.Ε καθώς και του εθνικού σχεδίου δράσης για τα επόμενα χρόνια. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ρόλος της διεσπαρμένης παραγωγής , καθώς και η έννοια του Μικροδικτύου και του Ιδεατού εργοστασίου παραγωγής. Επίσης παρουσιάζονται οι τεχνολογίες μονάδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διεσπαρμένη παραγωγή . Η διάρθρωση ενός μικροδικτύου αναμένεται να έχει μεγάλη διείσδυση σε περιοχές πυκνοκατοικημένες όπου οι κανόνες χωροθέτησης και όχλησης είναι πιο αυστηροί από επαρχιακές περιοχές, οπότε μία εγκατάσταση βιομάζας θα ήταν προτιμητέα από άλλες πηγές καθώς είναι πολύ πιο φιλική για το περιβάλλον.

Ο ρόλος του μικροδικτύου στη βιομάζα είναι ότι δίνει τη δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας εντός του δικτύου διανομής αν χρειαστεί. Το εργοστάσιο βιομάζας μπορεί να συνδέεται και να αποσυνδέεται από το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο με την ελάχιστη διαταραχή σε αυτό.

## 2.1 Ενεργειακή πολιτική της Ε.Ε

Σύμφωνα με τη συνθήκη της Λισσαβόνας το Δεκέμβριο του 2008 η ενέργεια τίθεται πλέον στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος και της δραστηριότητας των χωρών της Ευρώπης. Η περαιτέρω διείσδυση των έργων βιοαερίου σχετίζεται σαφώς με τη διαμόρφωση της σχετικής νομοθεσίας και την επακόλουθη αντίδραση της αγοράς.

### 2.1.1 Ενεργειακή πολιτική και στρατηγική

Στα πλαίσια της πολυμορφίας των ενεργειακών πηγών και την αυξανόμενη στήριξη των ΑΠΕ, η βιομάζα θεωρείται ότι θα παίξει σημαντικό ρόλο στην Ευρωπαϊκή Ενεργειακή Πολιτική. Οι αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου και η εξάρτηση της Ευρώπης από εισαγωγές ενέργειας θεωρείται ότι απειλούν την οικονομική ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης(Ε.Ε).

Η στρατηγική των ενεργειών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής μέχρι το 2020 θέτει ως προτεραιότητες:

- Τον περιορισμό της χρήσης ενέργειας στην Ευρώπη
- Ενίσχυση της εξωτερικής διάστασης της ενεργειακής αγοράς της Ε.Ε.
- Επέκταση της ηγετικής θέσης της Ευρώπης στην ανάπτυξη της ενεργειακής τεχνολογίας και καινοτομίας
- Οικοδόμηση μιας πανευρωπαϊκή ς ενοποιημένης αγοράς ενέργειας
- Ενδυνάμωση των καταναλωτών και επίτευξη του υψηλότερου δυνατού επιπέδου και ασφάλειας

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέτοντας ως στόχο τη διασφάλιση της ελεύθερης κυκλοφορίας της ενέργειας στην εσωτερική αγορά και την ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής βιομηχανίας , επιθυμεί να επαναπροσδιορίσει το ρόλο της Ευρώπης του 2020. Αυτό προτίθεται να το κάνει μέσω της θέσπισης ενός σχεδίου δράσης που αφορά το ρόλο της Ευρώπης την

περίοδο 2020-2030 σχετικά με την ανάπτυξη του Ευρωπαϊκού Δικτύου διαχειριστών Μεταφοράς φυσικού αερίου (ENTSO for gas) http://www.entsog.eu/ και του Ευρωπαϊκού Δικτύου Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ( ENTSO for electricity) https://www.entsoe.eu/.

Μόνο με μεταστροφή προς νέες τεχνολογίες θα μπορέσει η ΕΕ να υλοποιήσει τον φιλόδοξο στόχο της για απαλλαγή των κλάδων της ενέργειας και των μεταφορών από τον άνθρακα μέχρι το 2050.

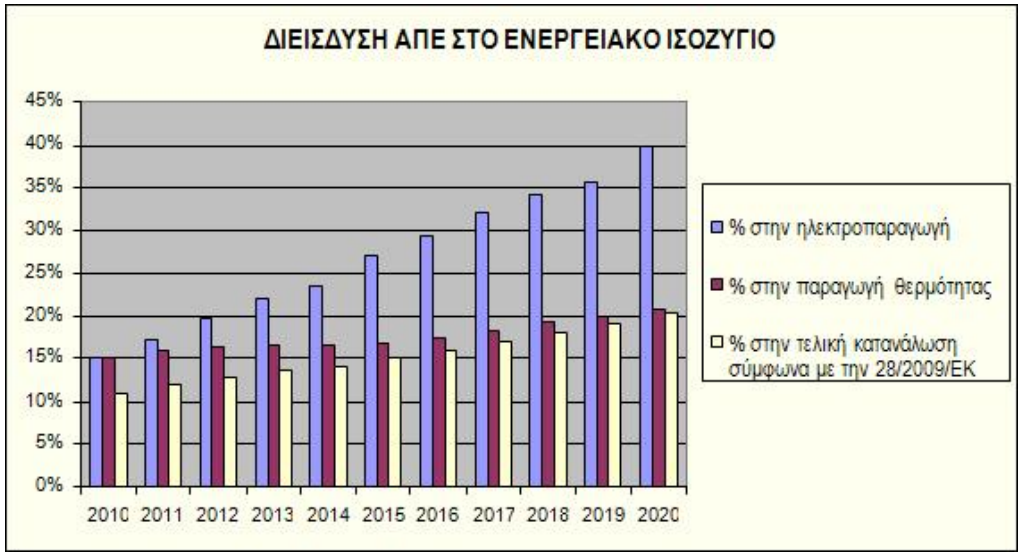
Η Επιτροπή σκοπεύει επίσης να ξεκινήσει νέα μεγάλης κλίμακας ευρωπαϊκά σχέδια σχετικά με:

- Έξυπνα δίκτυα (smart grids) που συνδέουν όλο το δίκτυο ενέργειας
- Αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας
- Μεγάλης κλίμακας βιώσιμη παραγωγή βιοκαυσίμων
- Εξοικονόμηση ενέργειας τόσο στις πόλεις και στις αγροτικές περιοχές

### 2.1.2 Νομοθεσία και ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα

#### *2.1.2.1 Εθνικό σχέδιο δράσης*

Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί σε σχέση με την ενέργεια που παράγεται από άλλες συμβατικές μονάδες βασίζεται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης.
Η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ, και περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές.




**Γράφημα 2-1 Διείσδυση ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο σύμφωνα με το εθνικό σχέδιο δράσης**

#### *2.1.2.2 Νομοθετικό πλαίσιο ΑΠΕ στην Ελλάδα*

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο που σχετίζεται με τις διαδικασίες αδειοδότησης ΑΠΕ και βιοαερίου και η εξέλιξή του τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται παρακάτω [1]:

1. **Νόμος 2244/1994** «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 168/1994). Ο νόμος αυτός αποτελεί τη βάση για την έναρξη της δυνατότητας ηλεκτροπαραγωγής από ιδιωτικές ΑΠΕ.

2. **Νόμος 2773/99** «Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 286/Α/99). Ο νόμος αυτός αποτελεί την βάση σε θέματα ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας (ενσωματώνει σε σημαντικό βαθμό το Νόμο 2244/94).

3. **Νόμος 3423/2005** «Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των Βιοκαυσίμων και των άλλων Ανανεώσιμων Καυσίμων» (ΦΕΚ 304/Α/05). Η Οδηγία 2003/30/ΕΚ μεταφέρθηκε στο εθνικό δίκαιο μέσω αυτού το νόμου για την προώθηση των βιοκαυσίμων.

4. **Νόμος 3468/2006** «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις (ΦΕΚ 129/Α/06).

5. **Νόμος 3851/2010** «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του υπουργείου περιβάλλοντος , Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής».Τέθηκε σε εφαρμογή τον Ιούνιο του 2010 για να αναμορφώσει το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο των ΑΠΕ και ειδικότερα τον νόμο 3486/2006.

   Μεταξύ άλλων ο 3851/2010 θέτοντας νέες υψηλότερες εγγυημένες τιμές ανάλογα με τον τύπο της βιομάζας αποτελεί βασικό μοχλό για να προσελκύσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον η αξιοποίηση του βιοαερίου και αρκετά έργα βιοαερίου βρίσκονται στο στάδιο αδειοδότησης και υλοποίησης .

#### *2.1.2.3 Πολιτική ΑΠΕ*

Η ανάπτυξη και περαιτέρω διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και η τάση αντικατάστασης των συμβατικών ενεργειακών πηγών συνεισφέρουν όχι μόνο στο ενεργειακό σύστημα αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος και στις ενεργειακές δεσμεύσεις της χώρας.

Οι κύριοι υποστηρικτικοί μηχανισμοί σήμερα στην Ελλάδα στα θέματα ΑΠΕ είναι:

1. η εγγυημένη τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και
2. η δημόσια χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ.

Οι κύριοι άξονες ενεργειακής πολιτικής στην Ελλάδα συνοψίζονται ως εξής :

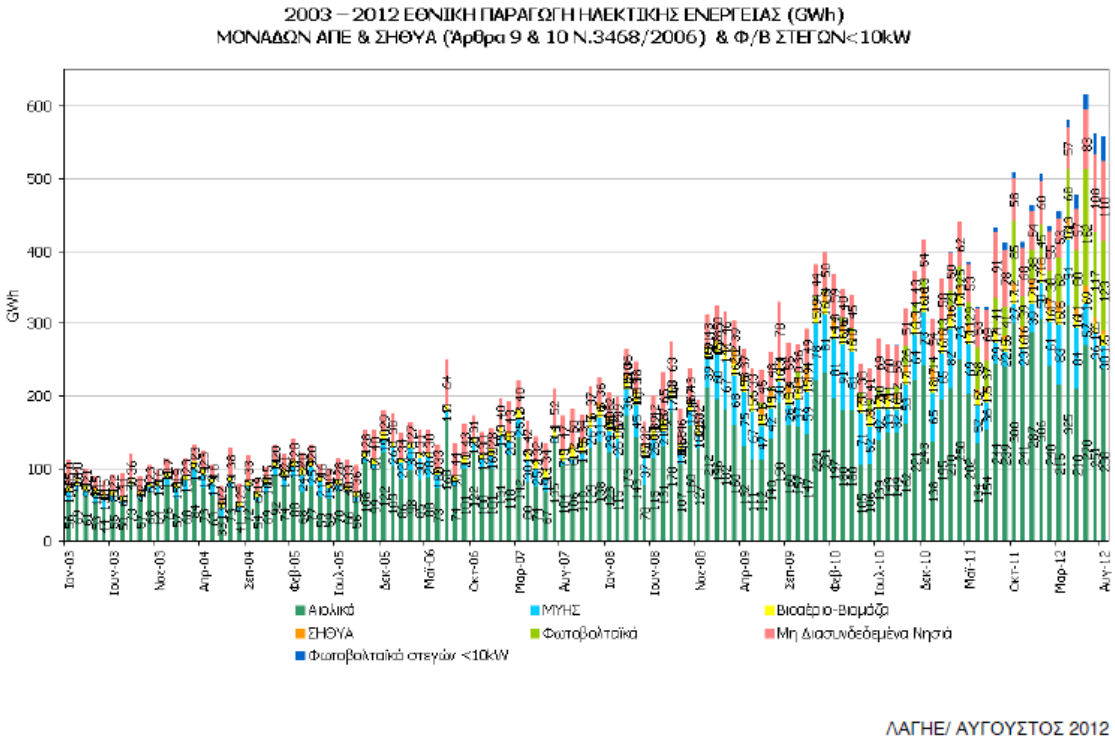
1. Ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού

2. Διαφοροποίηση ενεργειακών πηγών
3. Προστασία του περιβάλλοντος
4. Προώθηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας μέσω ενεργειακών επενδύσεων καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών εξασφαλίζοντας παράλληλα την περιφερειακή ανάπτυξη.

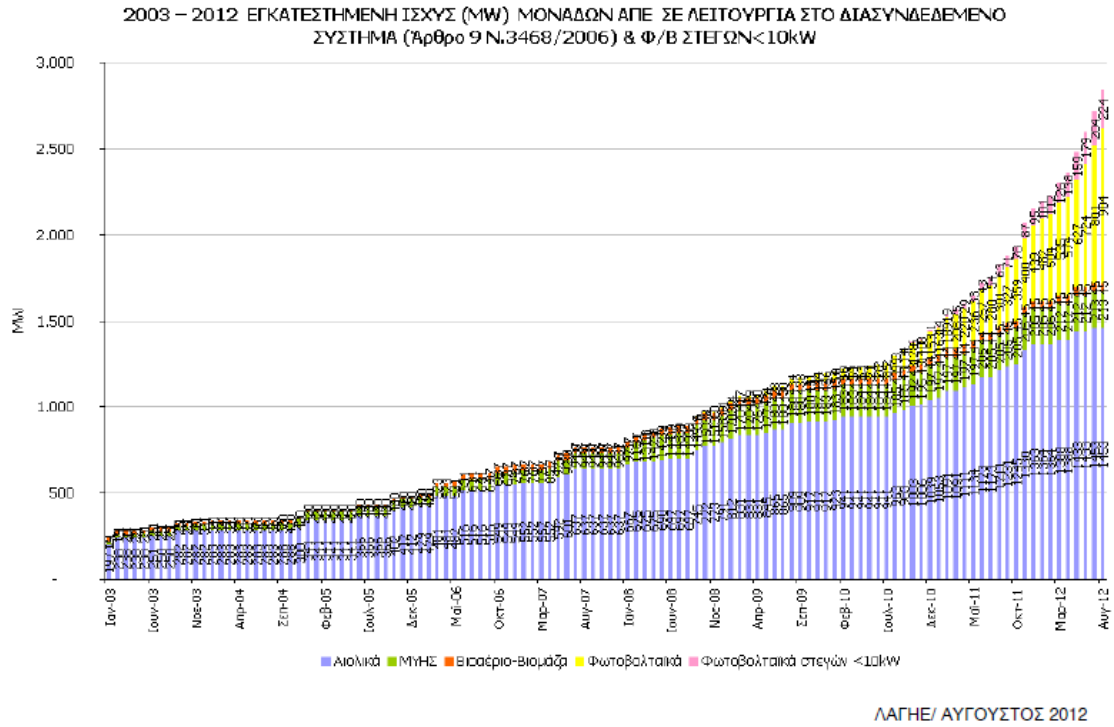
Το Υπουργείο Ανάπτυξης είναι επιφορτισμένο με την Ενεργειακή πολιτική στην Ελλάδα. Οι βασικοί στόχοι της πολιτικής αυτής είναι:

- η μείωση της πετρελαϊκής εξάρτησης της χώρας και σταδιακή υποκατάσταση του πετρελαίου από το Φυσικό Αέριο,
- η αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και των βιοκαυσίμων στο ενεργειακό σύστημα,
- η επέκταση της χρήσης Φυσικού Αερίου με την ανάπτυξη νέων δικτύων μεταφοράς και διανομής,
- η απελευθέρωση των αγορών ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου,
- η ενίσχυση των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας, στους τομείς του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του ηλεκτρισμού.

Στις παρακάτω εικόνες αποτυπώνεται η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράχθηκε στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια των ετών 2003-2012 και η αύξηση εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων ΑΠΕ κατά τη διάρκεια των ετών 2003-2012 αντίστοιχα .




**Εικόνα 2-1 Εθνική Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (GWh) 2003-2012 (Ενημέρωση αύγουστος 2012)**




**Εικόνα 2-2 Εγκατεστημένη ισχύς Μονάδων ΑΠΕ σε λειτουργία στο Διασυνδεδεμένο σύστημα**

#### *2.1.2.3.1 Στόχοι εγκατεστημένης ισχύος*

Με την υπ΄ αριθμ. ΑΥ/Φ1/οικ.19598/01.10.2010 (ΦΕΚ Β΄ 1630) απόφαση Υπ.ΠΕΚΑ καθορίσθηκε η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος μεταξύ των τεχνολογιών ΑΠΕ για τα έτη 2014, 2020.

| | 2014 | 2020 |
|---|---|---|
| Υδροηλεκτρικά | 3700 | 4650 |
| Μικρά (0-15MW) | 300 | 350 |
| Μεγάλα (>15MW) | 3400 | 4300 |
| Φωτοβολταϊκά | 1500 | 2200 |
| Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες Αγρότες της περίπτωσης (β) της παρ. 6 του αρθρ. 15 του ν. 3851/2010 | 500 | 750 |
| Λοιπές εγκαταστάσεις | 1000 | 1450 |
| Ηλιοθερμικά | 120 | 250 |
| Αιολικά(περιλαμβανομένων θαλασσίων) | 4000 | 7500 |
| Βιομάζα | 200 | 350 |

**Πίνακας 2-1 Επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος μεταξύ των τεχνολογιών ΑΠΕ για τα έτη 2014, 2020**

#### *2.1.2.4 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος από ΑΠΕ*

Σύμφωνα με την ενεργειακή πολιτική και τους στόχους εγκατεστημένης ισχύος που τίθενται σε αυτό το υποκεφάλαιο γίνεται ανάλυση της εξέλιξης της εγκατεστημένης ισχύος που έχει επιτευχθεί μέχρι στιγμής.

Το ενδιαφέρον για επενδύσεις στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, παρά τη δύσκολη οικονομική συγκυρία, παραμένει αναλλοίωτο αυξάνοντας τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στη χώρα μας κατά 477MW (27,5%) σε σχέση με τα στοιχεία του τέλους του 2010 και κατά 192MW (9,5%) σε σχέση με τον Ιούνιο του 2011.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από σταθμούς Α.Π.Ε. στη χώρα μας ενισχύθηκε κατά 28% περίπου κατά τους πρώτους εννέα μήνες του 2011, φτάνοντας συνολικά τα 2213,75MW. Η αιολική ενέργεια παραμένει η κυρίαρχη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας με συνολική ισχύ 1,5GW και ακολουθούν τα φωτοβολταϊκά με 460,4MW, τα μικρά υδροηλεκτρικά με 206MW και η βιομάζα με 44,5MW. Οι υπόλοιπες μορφές ΑΠΕ (γεωθερμία, ηλιοθερμικά, υβριδικά) δεν έχουν ακόμα έργα σε λειτουργία.

Μέχρι τον Αύγουστο του 2012 η εγκατεστημένη ισχύς από ΑΠΕ έχει φτάσει τα 2647,63MW. Η αιολική ισχύς εξακολουθεί στην πρώτη θέση με 1730,09 MW , τα φωτοβολταϊκά στη δεύτερη θέση παρουσιάζουν επίσης άνοδο στα 525,08MW και η βιομάζα στα 45,15 MW.

Στη χώρα μας, αν και ο στόχος για το 2010 ήταν η παραγωγή από ΑΠΕ να φτάνει το 20.1%, εν τούτοις υπολειπόμαστε σημαντικά στο στόχο αυτό. Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν την εγκατεστημένη ισχύ στη χώρα μας ανά τύπο ΑΠΕ καθώς και την ετήσια παραγωγή από τις μονάδες αυτές στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα**. 2**

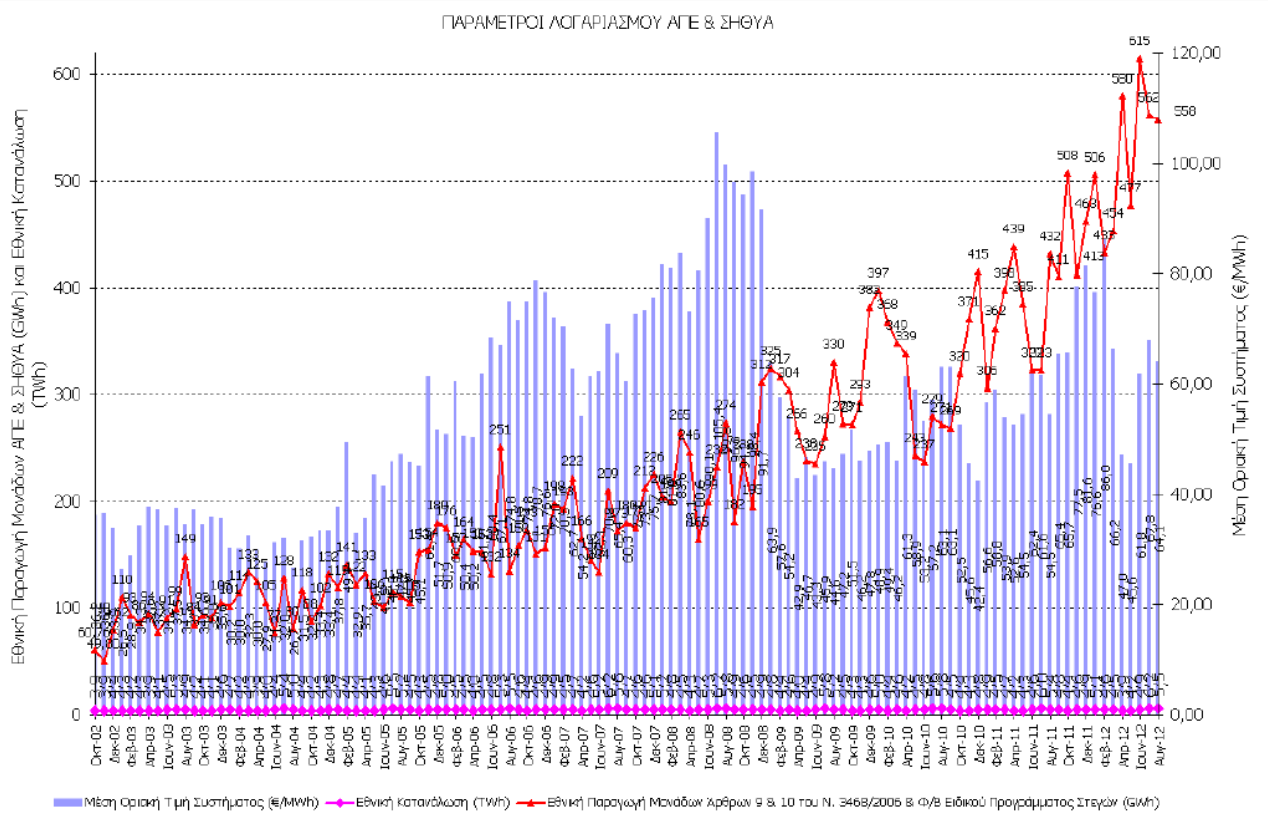
| | **Αιολικά (MW)** | **Μ.ΥΗ.Σ. (MW)** | **Βιομάζα (MW)** | **Φ/Β (MW)** |
|---|---|---|---|---|
| Ε.Δ.Σ. | 1.453,07 | 212,78 | 44,75 | 439,11 |
| Δίκτυα Νησιών | 277,02 | 0,3 | 0,4 | 85,97 |
| **Σύνολο** | **1.730,09** | **213,08** | **45,15** | **525,08** |

**Πίνακας 2-2 Εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στη χώρα μας μέχρι Φεβρουάριο 2012**

| **Έτος** | **Αιολικά (GWh)** | **Μ.ΥΗ.Σ. (GWh)** | **Βιοαέριο Βιομάζα (GWh)** | **Φ/Β (GWh)** | **Σύνολο (GWh)** | **Διείσδυση (%)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **-8ος 2012** | 2.054 | 492,78 | 129,81 | 694,94 | 3.371,53 | 10,15% |
| **2011** | 2.595 | 580,62 | 199,1 | 441,55 | 3.817,1 | 7,35 |
| **2010** | 2.061 | 753,49 | 193,9 | 131,95 | 3.140,3 | 5,99 |
| **2009** | 1.908 | 657,20 | 181,9 | 45,10 | 2.792,4 | 5,28 |
| **2008** | 1.661 | 324,93 | 176,7 | 5,09 | 2.167,8 | 3,81 |

**Πίνακας 2-3 Στοιχεία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Μονάδων Α.Π.Ε. στο Ε.Δ.Σ. για το 2008 έως και το 2011**

Στο γράφημα Γράφημα 2-2.2 παρουσιάζεται η εθνική παραγωγή μονάδων ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ, η εθνική κατανάλωση καθώς και η μέση οριακή τιμή συστήματος.




**Γράφημα 2-2 Παράμετροι λογαριασμού ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ**

### *2.1.2.4.1 Επίπεδα ζήτησης και παραγωγής ενέργειας το 2012*

**Σύνολο παραγωγής**

Σύμφωνα με το μηνιαίο Δελτίο Αυγούστου 2012 από τον ΑΔΜΗΕ η καθαρή εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τον Αύγουστο του 2012 είναι 4.521,217 GWh , 2,96% σε σχέση με το προηγούμενο έτος και η παραγωγή το διάστημα Ιανουάριος –Αύγουστος 2012 ήταν 33.203,712 GWh , δηλαδή αυξημένη κατά 2.40% σε σχέση με το 2011.

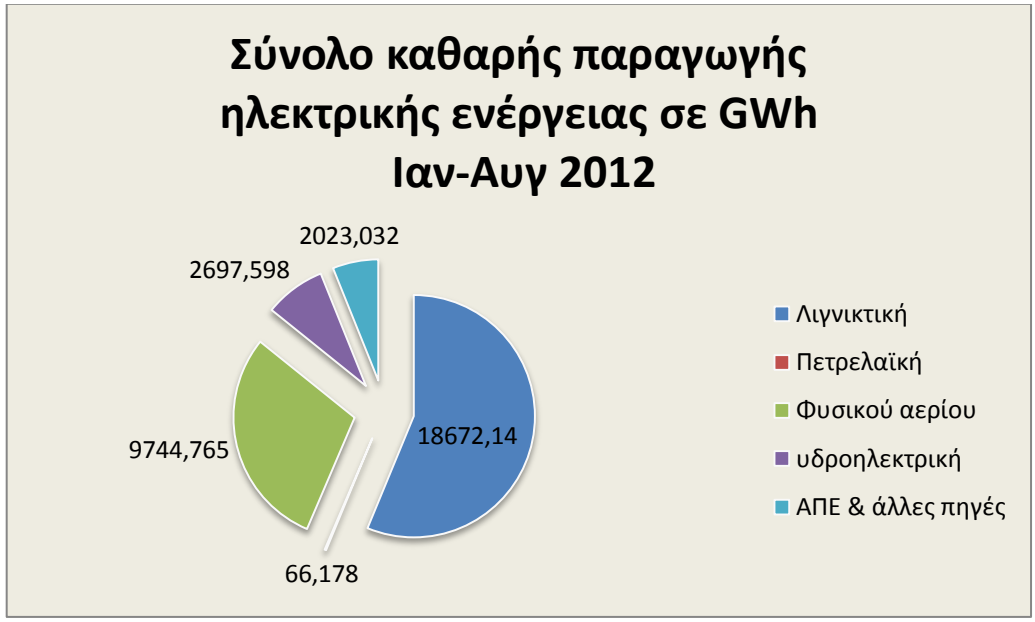
**Σύνολο ζήτησης**

Η καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τον Αύγουστο του 2012 είναι 4.765,133 GWh , 0,02% σε σχέση με το προηγούμενο έτος και η παραγωγή το διάστημα Ιανουάριος –Αύγουστος 2012 ήταν 34.531,068 GWh , -0.26% σε σχέση με το 2011. Είναι αντιληπτό ότι το επίπεδο ζήτησης ενέργειας είναι σταθερό με μία πτωτική τάση.

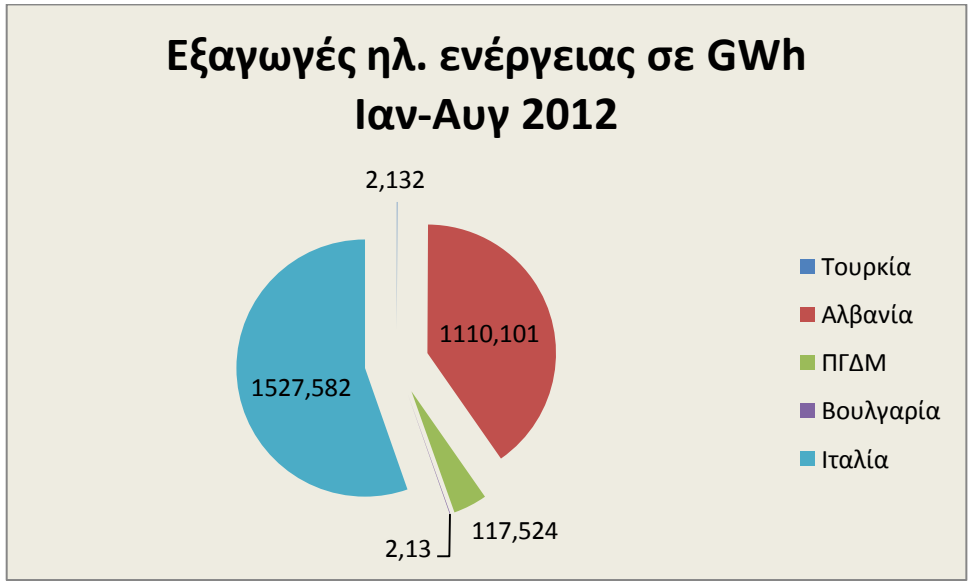
Λεπτομέρειες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το διάστημα αυτό , καθώς και για τη συνεισφορά των ΑΠΕ στο ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας του διασυνδεδεμένου συστήματος φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα:

**Ισοζύγιο Εισαγωγών-εξαγωγών & Σύνολο Παραγωγής 2012**

Το σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τους μήνες Ιανουάριο-Αύγουστο 2012 είναι 34.732,075 GWh από το οποίο 33.203,712 GWh είναι η καθαρή παραγωγή από τις διάφορες διαθέσιμες πηγές και 1.528,363 είναι το ισοζύγιο εισαγωγών-εξαγωγών μειωμένο κατά 35,50% έναντι 2011. Αναλυτικότερα τα μεγέθη φαίνονται μέσα από τα παρακάτω γραφήματα:




**Γράφημα 2-3 Σύνολο καθαρής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 1αν-Αυγ 2012**




**Γράφημα 2-5 Εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας Ιαν-Αυγ 2012**

## 2.2 Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρισμού και Διεσπαρμένη Παραγωγή (Distributed Generation)

Η αναδιάρθρωση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η ανάπτυξη των τεχνολογιών των σχετικά μικρών σε ισχύ μονάδων οδήγησε στην ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής, της παραγωγής η οποία βρίσκεται πλησιέστερα προς τα κέντρα κατανάλωσης. Η δυνατότητα εγκατάστασης μικρών μονάδων συμπαραγωγής, ακόμα και για οικιακή χρήση, αυξάνει την αποδοτικότητα της παροχής ηλεκτρισμού και θέρμανσης ταυτόχρονα. Η αύξηση της αποδοτικότητας αυτής αποσκοπεί στην τήρηση της ενεργειακής πολιτικής και στην επίτευξη των στόχων που τίθενται για τη κυκλοφορία ενέργειας διεθνώς (2.1.1).

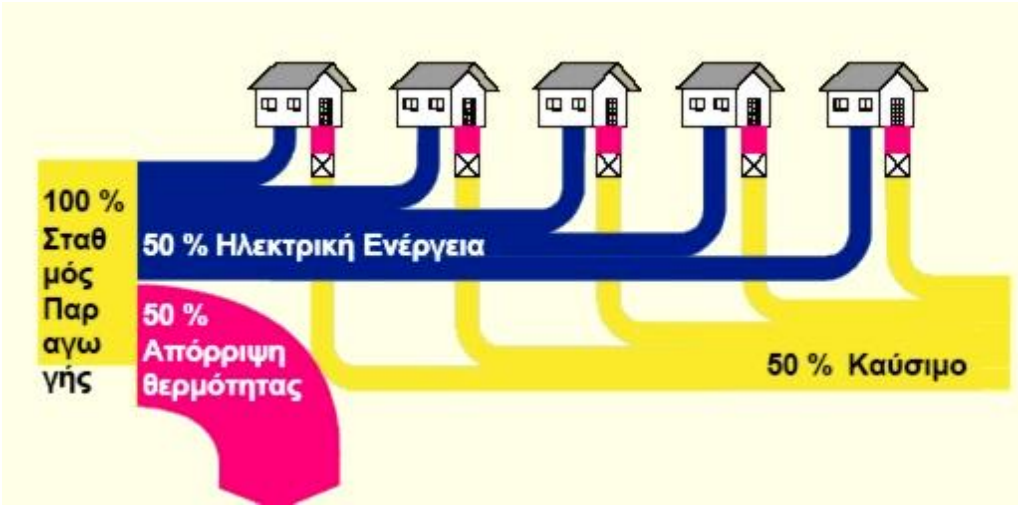
Αυτό γίνεται αντιληπτό στα σχήματα, Εικόνα 2-3 **Αναπαράσταση της αποδοτικότητας της πρωτογενούς ενέργειας στα παραδοσιακά ΣΗΕ**

και Εικόνα 2-4 **Αναπαράσταση της αποδοτικότητας της πρωτογενούς ενέργειας όπως αναμένεται στα μελλοντικά ηλεκτρικά δίκτυα**

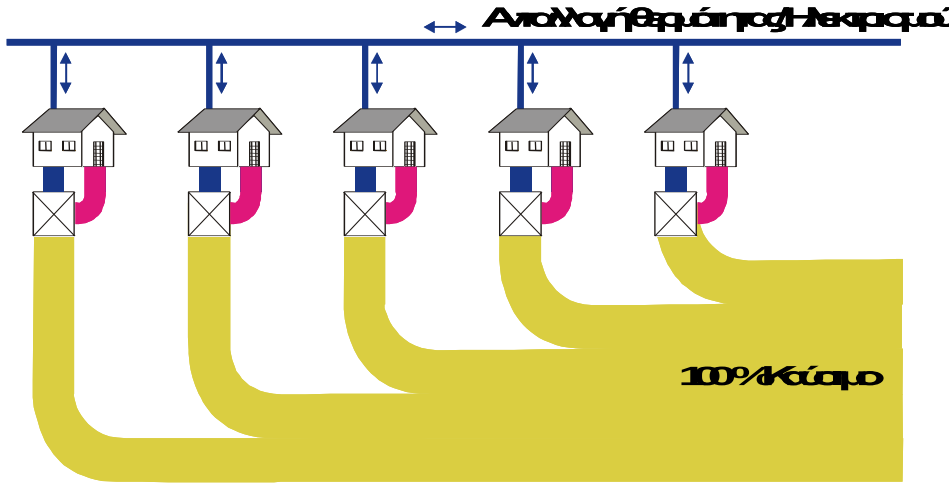
όπου φαίνεται ότι στις μέρες μας υπάρχει σημαντική απώλεια πρωτογενούς ενέργειας καθώς απορρίπτεται θερμότητα κατά την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Με την εγκατάσταση των τοπικών μονάδων συμπαραγωγής το καταναλισκόμενο καύσιμο χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των τοπικών καταναλωτών οι οποίοι μπορούν να ανταλλάσσουν ηλεκτρισμό και θερμότητα και οι απώλειες μετατροπής αλλά και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μειώνονται αισθητά. Η αύξηση της αποδοτικότητας (efficiency) της χρήσης της πρωτογενούς ενέργειας και σε συνδυασμό με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε τοπικό επίπεδο μπορεί να συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων ρύπων.

Η ανάγκη για χαμηλότερο επίπεδο τάσης ενισχύεται από την ανάγκη για την αύξηση της αξιοπιστίας, ειδικά σε καταναλωτές ΧΤ με ευαίσθητες συσκευές ή διεργασίες. Τα σημερινά δίκτυα διανομής σχεδιάζονται ώστε η απόδοση των δικτύων ΜΤ και ΧΤ να επιδρά σημαντικά στην ποιότητα παροχής ηλεκτρικής ισχύος στους καταναλωτές, ενώ σφάλματα στα δίκτυα ΥΤ να μην επηρεάζουν τους καταναλωτές που είναι συνδεδεμένοι στη ΜΤ και ΧΤ.

Στην πλειοψηφία των χωρών της Ε.Ε, περισσότερο από 80% των διακοπών ισχύος και του χρόνου διακοπής έχουν ως αιτία βλάβες σε ένα από αυτά τα επίπεδα τάσης. Από την άλλη μεριά στα δίκτυα ΧΤ δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα και η διάρκεια διακοπής εξαρτάται από τον χρόνο επισκευής της βλάβης.




**Εικόνα 2-3 Αναπαράσταση της αποδοτικότητας της πρωτογενούς ενέργειας στα παραδοσιακά ΣΗΕ**




**Εικόνα 2-4 Αναπαράσταση της αποδοτικότητας της πρωτογενούς ενέργειας όπως αναμένεται στα μελλοντικά ηλεκτρικά δίκτυα**

### 2.2.1 Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΔΗΕ)

Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αναλαμβάνουν τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και στον τελευταίο καταναλωτή. Ανάλογα με το επίπεδο τάσης διακρίνονται σε Μέσης Τάσης (ΜΤ) και Χαμηλής Τάσης (ΧΤ). Κατασκευαστικά τα Δίκτυα Διανομής μπορεί να είναι υπόγεια ή υπέργεια, λεπτομέρειες για την κατασκευή, διαστασιολόγηση και επέκταση των δικτύων διανομής παρέχονται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Τα υπόγεια δίκτυα διανομής διακρίνονται σε :

α) *βρογχοειδή* όπου οι γραμμές διανομής ΜΤ ή ΧΤ ξεκινούν και τελειώνουν στον ίδιο Υποσταθμό ΥΤ/ΜΤ ή ΜΤ/ΧΤ. (Εικόνα 2-5 **Βροχοειδές (αριστερά) και ατρακτοειδές (δεξιά) δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**

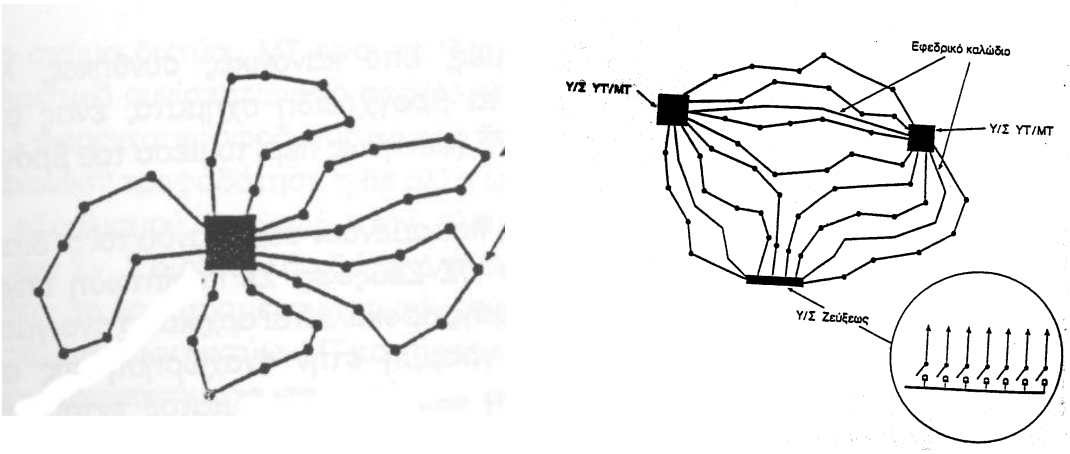
)

β) α*τρακτοειδή*, όπου οι γραμμές που ξεκινούν από τον ένα υποσταθμό καταλήγουν σε ένα άλλο. ( Εικόνα 2-5 **Βροχοειδές (αριστερά) και ατρακτοειδές (δεξιά) δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**

)

γ) δ*ιπλής τροφοδότησης*, όπου οι καταναλωτές τροφοδοτούνται από δύο διαφορετικές αναχωρήσεις του ίδιου υποσταθμού

δ) *δικτυωτά (meshed)* όπου τα καλώδια είναι συνδεδεμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν ένα πλέγμα τροφοδοσίας




**Εικόνα 2-5 Βροχοειδές (αριστερά) και ατρακτοειδές (δεξιά) δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας**

### 2.2.2 Ορισμός Διεσπαρμένης Παραγωγής

Για τη διεσπαρμένη παραγωγή απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία ταυτόσημοι όροι όπως: *Dispersed Generation*, *Distributed Generation*, *Decentralized Generation* και *Embedded Generation*. Από τους ορισμούς που έχουν δοθεί άλλοι επικεντρώνονται στο επίπεδο τάσης διασύνδεσης και άλλοι στο μέγεθος των μονάδων που συνδέονται.

Κατά τον Willis [3], μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής θεωρούνται οι σχετικά μικρές σε ισχύ μονάδες οι οποίες μπορούν να παρέχουν ισχύ σε ένα σπίτι, μία επιχείρηση ή μία βιομηχανική-βιοτεχνική εγκατάσταση χρησιμοποιώντας είτε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε καύσιμα όπως το φυσικό αέριο ή το ελαφρύ πετρέλαιο Diesel.

Σύμφωνα με την IEEE η διεσπαρμένη παραγωγή είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής σημαντικά μικρότερες σε ισχύ από τις μονάδες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να είναι εφικτή η σύνδεσή τους σχεδόν σε κάθε σημείο ενός ΣΗΕ [4].

Στην εργασία [5]ο ορισμός της διεσπαρμένης παραγωγής προσδιορίζεται σχετικά με την σύνδεση και την τοποθεσία της μονάδας. Έτσι η διεσπαρμένη παραγωγή ορίζεται ως η εγκατάσταση ηλεκτρικής πηγής απευθείας στο Δίκτυο Διανομής ή στην περιοχή του μετρητή της κατανάλωσης.

Από τις παραπάνω εργασίες τα χαρακτηριστικά της διεσπαρμένης Παραγωγής μπορούν να συνοψίζονται στα εξής στοιχεία:

- Όχι κεντρικά σχεδιαζόμενη και αναπτυσσόμενη (από την εταιρεία ηλεκτρισμού ή κάποιον διαχειριστή).
- Δεν υπάρχει κεντρικός προγραμματισμός λειτουργίας των μονάδων από το διαχειριστή του συστήματος.
- Η ισχύς των μονάδων που εγκαθίστανται δεν υπερβαίνει τα 50-100 MW αλλά συνήθως είναι της τάξης λίγων εκατοντάδων kW.
- Είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο Διανομής ανάλογα με το πώς ορίζεται για κάθε υπό μελέτη σύστημα.

Υπάρχουν 2 πρωταρχικά οφέλη που η τοπική παραγωγή μπορεί να προσφέρει στη μείωση κόστους της παραδιδόμενης ενέργειας στους καταναλωτές:

1)η παροχή βοηθητικών και άλλων υπηρεσιών

2) μειωμένη ζήτηση αιχμής, που επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση κεφαλαίου και εξοπλισμού και μείωση της απαίτησης για επέκταση της παραγωγής και των έργων μεταφοράς και διανομής.

Οι λόγοι που οδηγούν στην εγκατάσταση διεσπαρμένης παραγωγής αντικατοπτρίζοντας και τα αναμενόμενα πιθανά οφέλη τόσο για τους ιδιοκτήτες τους, όσο και για το συνδεόμενο σύστημα έχουν διερευνηθεί αρκετά στην βιβλιογραφία [6, 8-11] και συνοψίζονται στους παρακάτω άξονες:

1. Η ύπαρξη εγκατεστημένης ισχύος για παροχή εφεδρείας σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας ή και για ψαλιδισμό αιχμών του καταναλωτή και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, με τα αντίστοιχα οικονομικά οφέλη.
2. Η ανάγκη για αυξημένη αξιοπιστία και βελτίωση της παρεχόμενης ποιότητας ισχύος σε τοπικό επίπεδο μπορεί να οδηγήσει στην απόφαση εγκατάστασης μίας τοπικής μονάδας.
3. Ως εναλλακτική μέθοδος της επέκτασης του δικτύου και μείωσης των απωλειών του καθώς το απαιτούμενο φορτίο εξυπηρετείται τοπικά [7]. Μάλιστα είναι ευκολότερο να αυξηθεί σταδιακά η εγκατεστημένη ισχύς σύμφωνα με την πορεία αύξησης της ζήτησης.
4. Βελτίωση του συντελεστή χρησιμοποίησης των δικτύων δεδομένου ότι πλέον περιορίζονται οι απαιτήσεις για την υπέρ-διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων για την αντιμετώπιση μικρών σε διάρκεια αιχμών [8]
5. Υποστήριξη δικτύου με βοηθητικές υπηρεσίες όπως είναι:
   i) η παροχή άεργου ισχύος και υποστήριξης τάσης
   ii) η παροχή παραγωγής με γρήγορη απόκριση για αποφυγή διακοπής της κατανάλωσης
   iii) η δυνατότητα επανεκκίνησης μετά από διακοπή [9-12].

   Αυτές οι βοηθητικές υπηρεσίες μπορεί να προσφέρονται κάθε μία χωριστά ή περισσότερες από μία ταυτόχρονα.
6. Η εκμετάλλευση Συνδυασμένης Παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού η οποία γίνεται σε τοπικό επίπεδο π.χ σε βιομηχανικές διεργασίες κτλ.
7. Αποτελεσματική χρήση των δυνατοτήτων για φτηνά τοπικά παραγόμενα καύσιμα και η επιτόπου αξιοποίησή τους όπως για παράδειγμα το τοπικά παραγόμενο βιοαέριο στους βιολογικούς καθαρισμούς [13].

8. Ο μικρός χρόνος εγκατάστασης των μονάδων και τα χαμηλά αρχικά κόστη κεφαλαίου που απαιτούνται σε σχέση με την κατασκευή μεγάλων σταθμών παραγωγής.
9. Ευκολία εύρεσης θέσεων για την εγκατάσταση των μονάδων αυτών, ακόμη και στην οροφή ενός κτιρίου π.χ. τα φωτοβολταϊκά.
10. Μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων ειδικά αν χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και επειδή χρησιμοποιούνται περισσότερο εξευγενισμένα καύσιμα π.χ. φυσικό αέριο.

***Στη μονάδα συμπαραγωγής της προσομοίωσης μας θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη βιοαέριο παραγόμενο από οργανικά απόβλητα μονάδων ΧΥΤΑ. Τα συγκεκριμένα απόβλητα μπορούν να διατεθούν δωρεάν και το παραγόμενο βιοαέριο είναι αρκούντως αποδοτικό***. ***Η μελέτη μας θα επικεντρωθεί στα σημεία 7-9.*** **Για τα δίκτυα διανομής με διεσπαρμένη παραγωγή σημαντική διείσδυση σε βιομηχανικά δίκτυα αναμένεται να έχουν μονάδες οι οποίες στηρίζουν την παραγωγή τους στην επεξεργασία λυμάτων.**

Παρά τους παραπάνω λόγους, υπάρχουν διάφορα πιθανά προβλήματα από την περαιτέρω διάχυση της εγκατάστασης διεσπαρμένης παραγωγής στα δίκτυα διανομής τα οποία συνοψίζονται γενικά :

- Το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο για την εγκατάσταση της Διεσπαρμένης παραγωγής είναι σχετικά μικρό, λόγω του μικρού μεγέθους, αλλά είναι σημαντικό το υψηλό αρχικό οικονομικό κόστος ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος.
- Όχι σπάνια, περιορισμός των επιλογών των καυσίμων σε περισσότερο εξευγενισμένα καύσιμα από το πετρέλαιο, προκειμένου να περιορίζεται η όχληση σε τοπικό επίπεδο. Τέτοιου είδους καύσιμα ενδέχεται να απαιτούν επέκταση δικτύων μεταφοράς ή απλά να μην είναι διαθέσιμα στην περιοχή εγκατάστασης.

- Τεχνικά ζητήματα και προκλήσεις από τη σύνδεση των πηγών αυτών στο δίκτυο διανομής και την αλλαγή της ροής ισχύος σε αυτό.
- αναγκαιότητα για μείωση των εκπεμπόμενων αρμονικών ρεύματος και τάσης εξαιτίας του σημαντικού αριθμού εγκαταστάσεων μετατροπέων ηλεκτρονικών ισχύος.
- Η μεταβολή των χαρακτηριστικών των βραχυκυκλωμάτων του δικτύου και η δημιουργία υπερτάσεων και υποτάσεων κατά την είσοδο και έξοδο μονάδων.
- Η επίδραση στην υποδομή παροχής φυσικού αερίου σε περίπτωση μεγάλης επέκτασης της Διεσπαρμένης παραγωγής.
- Θέματα ρυθμιστικά για την αγορά ενέργειας όταν περιλαμβάνεται διεσπαρμένη παραγωγή.
- Η αποζημίωση όχι μόνο της παρεχόμενης ενέργειας από τις τοπικές μονάδες αλλά και η αποζημίωση για τις βοηθητικές υπηρεσίες που οι μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής προσφέρουν.
- Ο σχεδιασμός, εγκατάσταση και ιδιοκτησία μιας Διεσπαρμένης ενεργειακής πηγής.

***Στην εργασία αυτή θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα η δυνατότητα αξιοποίησης του βιοαερίου σε συνδυασμό με το φυσικό αέριο, έχοντας ως σκοπό την εξασφάλιση λιγότερης απαιτούμενης ποσότητας Φ.Α για τη λειτουργία του Δικτύου και κάλυψη με ποσότητα επεξεργασμένου εκλυόμενου βιοαερίου. Η διαδικασία αυτή και η περαιτέρω ανάλυση θα εξεταστεί στο κεφάλαιο 6.***

Ήδη η εγκατάσταση μονάδων διασπαρμένης παραγωγής στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης τάσης (ΜΤ) και χαμηλής τάσης (ΧΤ) αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, στις ΗΠΑ, Ιαπωνία με κάποιες χώρες όπως η Δανία να έχει πολύ σημαντικό ποσοστό της εγκατεστημένης της ισχύος με τη μορφή διεσπαρμένων αιολικών πάρκων και μονάδων ΣΗΘ. Η κατάσταση στον τομέα των μονάδων συμπαραγωγής με βιομάζα παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.5.4

Επομένως η αυξανόμενη εγκατάσταση διεσπαρμένης παραγωγής στα δίκτυα Μέσης και Χαμηλής Τάσης αποτελεί ήδη μία ερευνητική πρόκληση ώστε όλο το δίκτυο από τη Χ.Τ μέχρι και την Υψηλή Τάση (επίπεδο Μεταφοράς) να μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά με ασφάλεια και με διαφορετικά επίπεδα αξιοπιστίας.

### 2.2.3 Τεχνολογίες μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής

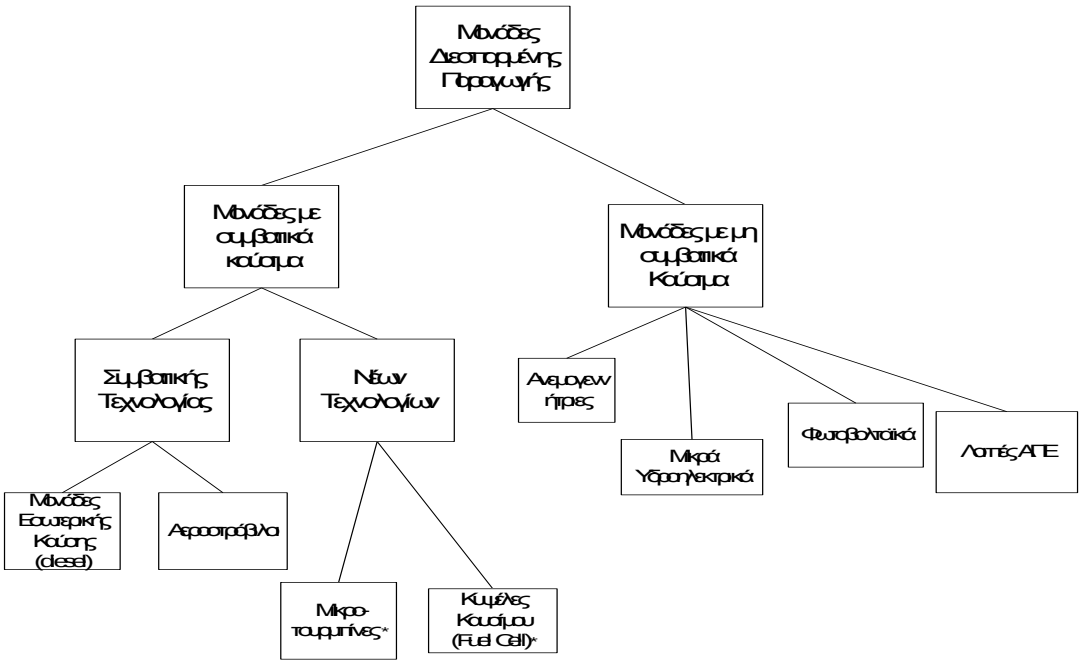
Οι κυριότερες τεχνολογίες των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής δίνονται συνοπτικά στην Εικόνα 2-6 Οι τεχνολογίες των μονάδων διανεμημένης παραγωγής. Είναι φανερό ότι μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση σε δύο μεγάλες ομάδες. Στις μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά και μη ανανεώσιμα καύσιμα και στις μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούν ανανεώσιμα καύσιμα π.χ βιομάζα ή απλά μετατρέπουν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ο Πίνακας 2-4 **Εξέλιξη και διαθεσιμότητα των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής**

παρουσιάζει μία σύνοψη της προόδου που έχει συντελεστεί στις διαφόρου τύπου μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούνται ως μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής.

| **Τεχνολογία** | Εμπορικά διαθέσιμη | Αναδυόμενη τεχνολογία |
|---|---|---|
| Μικροτουρμπίνες | ✔ | ✔ |
| Αεροστρόβιλος | ✔ | |
| Μονάδες Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) | ✔ | |
| Μηχανές Stirling | | ✔ |
| Κυψέλες Καυσίμου | ✔ | ✔ |
| Φωτοβολταϊκά συστήματα | ✔ | |
| Ανεμογεννήτριες | ✔ | |
| Μικρά υδροηλεκτρικά | ✔ | |

**Πίνακας 2-4 Εξέλιξη και διαθεσιμότητα των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής**




**Εικόνα 2-6 Οι τεχνολογίες των μονάδων διανεμημένης παραγωγής**

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο, μια αυξανόμενη τάση ανάπτυξης των Α.Π.Ε. Η διείσδυση των Α.Π.Ε, γίνεται με γοργούς ρυθμούς, καθώς νέου τύπου ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται βελτιώνοντας αισθητά την απόδοση των αιολικών πάρκων και μειώνοντας τα προβλήματα διασύνδεσής τους με το δίκτυο, τα φωτοβολταϊκά συστήματα γνωρίζουν μία εντυπωσιακή άνοδο με αισθητή μείωση του κόστους επένδυσης, τα υδροηλεκτρικά παραμένουν μία σταθερή αξία στην ανανεώσιμη ηλεκτροπαραγωγή, η βιοενέργεια παρέχει λύσεις για θέρμανση, ισχύ και καύσιμα μεταφορών, και τέλος η δε γεωθερμία χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές θέρμανσης και ηλεκτρισμού. Οι μονάδες με συμβατικά καύσιμα θα αναλυθούν εκτενέστερα στο ***κεφάλαιο 5***.

Σύμφωνα με εκτίμησης της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (ΙΕΑ), η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη αναμένεται να αυξάνεται κατά μέσο ετήσιο επίπεδο κατά 1.4% μέχρι το 2030, άλλα το μερίδιο των ΑΠΕ στο ηλεκτρικό ισοζύγιο θα διπλασιαστεί από 13% σε 26% μέχρι το 2030.

Πλέον αρμόδιος φορέας για τα δίκτυα Νησιών είναι ο ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού δικτύου στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας).

### *2.2.3.1 Μονάδες ΑΠΕ πλην βιομάζας*

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μονάδες ΑΠΕ , οι οποίες δε βασίζουν τη λειτουργία τους στη χρήση της βιομάζας. Εδώ περιγράφεται η λειτουργία μονάδων που χρησιμοποιούν μη συμβατικά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας.

Στο κεφάλαιο αυτό δε γίνεται λόγος για μονάδες που χρησιμοποιούν τη βιομάζα ως καύσιμο (ανάλυση στο κεφάλαιο 3.3 ), καθώς και για μονάδες βιοαερίου που θα τις εξετάσουμε εκτενέστερα στο **κεφάλαιο 5.3**.

#### 2.2.3.1.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας σε θερμικές εφαρμογές είναι γνωστή από την αρχαιότητα, κυρίως για την ξήρανση καρπών. Στις μέρες μας, εκτός από αυτές τις εφαρμογές που σε αρκετές αγροτικές περιοχές εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται, υπάρχει ένα σημαντικό πλήθος εφαρμογών ηλιακής ενέργειας με ποιο γνωστή και διαδεδομένη τη χρήση για παραγωγή ζεστού νερού σε οικιακό, εμπορικό (ξενοδοχεία) και βιομηχανικό επίπεδο. Μόνο η εγκατεστημένη έκταση ηλιακών θερμοσιφώνων στην Ελλάδα είναι 3,282,200 $m^2$ (2,297.5 MWth).Σχετικά πρόσφατες είναι και οι εφαρμογές ηλιακής ψύξης, ενώ τα ενεργητικά και παθητικά ηλιακά συστήματα διαχέονται ολοένα και περισσότερο με τη βοήθεια σχετικών επιδοτήσεων [14].

Πέραν όμως από αυτές τις χρήσεις, οι οποίες μπορούν να συνεισφέρουν στην υποκατάσταση και ηλεκτρικής ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δύο μεθόδους:

Α) Φωτοβολταϊκά

Β) Ηλιο-θερμικά συστήματα.

Το βασικό κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι η παραγωγή τους περιορίζεται κυρίως στις ώρες της ημέρας στις οποίες υπάρχει ηλιοφάνεια. Σε αντίθεση με τη αιολική ενέργεια υπάρχουν συγκεκριμένες και εκ των προτέρων γνωστές περίοδοι στη διάρκεια ενός 24 ώρου κατά τις οποίες η παραγωγή είναι μηδενική. Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της πηγής είναι η απουσία κινούμενων τμημάτων και η ελάχιστη συντήρηση ώστε να λειτουργεί το σύστημα. Οι εργασίες βαριάς συντήρησης σε αντίθεση με τα αιολικά πάρκα γίνονται στο έδαφος χωρίς πολύπλοκα μηχανήματα.

#### 2.2.3.1.2 Φωτοβολταϊκά (Φ/β) Συστήματα

Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρισμό με τη βοήθεια ημιαγωγικών υλικών τα οποία ενεργοποιούνται στο φάσμα του ηλιακού φωτός. Η διάρκεια ζωής τους μπορεί να φτάσει τα 25 έτη, με μικρή συντήρηση, κυρίως καθαρισμός από σκόνη και χαρακτηρίζονται από τα υψηλότερα ποσοστά αξιοπιστίας από τις μονάδες ΑΠΕ. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε DC και μετατρέπεται σε AC με τη βοήθεια ηλεκτρονικών ισχύος και συγκεκριμένα αντιστροφέων (Inverters).

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ανάλογα με την εγκατάσταση μπορούν να είναι είτε ακίνητα, είτε κινούμενα ακολουθώντας την πορεία του ήλιου.

Επομένως η προβλεπόμενη έξοδος μίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης εξαρτάται από :

- Την θέση του ήλιου ως προς την θέση εγκατάστασης του φ/β πλαισίου.
- Τη διαύγεια της ατμόσφαιρας και τη νεφοκάλυψη
- Την απόδοση μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική εξαιτίας του πάνελ, με τυπικές τιμές 8-12%
- Η κλίση της θέσης εγκατάστασης των φ/β ως προς τον ορίζοντα, νότο. Η τιμή του δεν αναμένεται να αλλάζει σημαντικά από μέρα σε μέρα και αναμένεται να είναι σταθερή.
- Η καθαριότητα των φ/β και η θερμοκρασία.
    - Τακτική καθαριότητα των πλαισίων εξασφαλίζει μικρή μείωση της απόδοσής τους.
    - Η παράμετρος θερμοκρασίας την οποία δίνουν οι κατασκευαστές για τη μείωση της αποδιδόμενης εξόδους για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας μεγαλύτερο από τους 25$^o$ C. Αυτή η παράμετρος μπορεί να αλλάζει ανά περιόδους μέσα στην ημέρα ανάλογα με τα αναμενόμενα επίπεδα θερμοκρασίας αν δεν είναι διαθέσιμη χρονοσειρά θερμοκρασιών.

Οι εφαρμογές των Φ/β είναι ποικίλες ειδικά σε απομακρυσμένα σημεία, όπως φάροι, σημαδούρες, τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές κτλ, αλλά χρησιμοποιούνται και σε μορφή πάρκων ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Φ/β. Επίσης εγκαθίστανται σε κτίρια, είτε στην οροφή είτε σε τοίχους γνωστά ως BIPV (Built Integrated Photovoltaics). Η σημασία τους μπορεί να είναι σημαντική στα δίκτυα διανομής καθώς προσφέρουν μείωση των απωλειών και δίνουν δυνατότητες βελτίωσης των προφίλ των τάσεων ειδικά σε ακτινικά. Τα ακτινικά δίκτυα διανομής εξασφαλίζουν μικρότερα ρεύματα

βραχυκύκλωσης και απαιτούν απλούστερα μέσα προστασίας. Η ελληνική νομοθεσία βοήθησε εδώ στην αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος.

#### *2.2.3.1.3 Ηλιο-θερμικά Συστήματα*

Αυτά τα συστήματα αξιοποιούν τη θερμότητα που αναπτύσσεται από τις ηλιακές ακτίνες προκειμένου να τη χρησιμοποιήσουν για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Για την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλά ηλιοθερμικά πάρκα επιλέγεται η λειτουργία τους να είναι υβριδική με την βοήθεια κάποιου ορυκτού καυσίμου (πχ φυσικό αέριο). Η υβριδική λειτουργία σε συνδυασμό με την θερμική αποθήκευση μπορούν να βελτιώσουν κατά μεγάλο βαθμό την λειτουργία ενός εργοστασίου διότι αφενός αυξάνουν την παραγωγή στις ώρες με χαμηλή ηλιοφάνεια (λόγω της υποβοήθησης) αφετέρου λόγω της αποθήκευσης αυξάνονται και οι ώρες παραγωγής.

Η χρησιμοποιούμενη ενέργεια που προέρχεται από φυσικό αέριο, LPG ή ντήζελ δεν μπορεί να υπερβαίνει το 15% της συνολικής ενέργειας που παράγεται σε ετήσια βάση, από τις μονάδες αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Το όριο αυτό μπορεί να προσαυξάνεται κατά 5% εάν χρησιμοποιείται βιοαερίου ή άλλα βιοκαύσιμα. Στις περιπτώσεις στις οποίες τα συστήματα χρησιμοποιούν καυστήρα Φ.Α το κόστος της ενέργειας αυξάνεται διότι με δεδομένη την τιμή αγοράς του Φ.Α το κόστος για τα καύσιμα είναι ιδιαίτερα υψηλό, με αποτέλεσμα η επιπλέον παραγωγή που έχουμε λόγο της υβριδικής λειτουργίας να είναι οικονομικά ασύμφορη[15]

Οι τρόποι αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας ως θερμικής για την παραγωγή ηλεκτρισμού είναι:

- Συστήματα Παραβολικών κατόπτρων (Parabolic Trough System)
  Παραβολικά κάτοπτρα και συγκέντρωση της θερμικής ενέργειας σε σωλήνα με θερμο- απορροφητικό υλικό ώστε να παράγεται ατμός για να κινήσει ατμοστρόβιλο.
- Συστήματα ηλιακού πύργου (Solar Power Tower System)
  Τα συστήματα ηλιακού πύργου παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την εστίαση της ηλιακής ακτινοβολίας σε έναν πύργο-εναλλάκτη θερμότητας(δέκτης). Το σύστημα χρησιμοποιεί εκατοντάδες κάτοπτρα (ηλιοστάτες) τα οποία αντικατοπτρίζουν το φως του ήλιου πάνω στο δέκτη.

- Ηλιακοί δίσκοι (Dish Engine System)
  Τα συστήματα ηλιακών δίσκων μετατρέπουν την θερμική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας σε μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια ,με τον ίδιο σχεδόν τρόπο που οι συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας μετατρέπουν την θερμική ενέργεια (από την καύση των ορυκτών καυσίμων) σε ηλεκτρικής ενέργειας.
  Υπάρχουν δύο ειδών ηλιακοί δίσκοι οι Stirling και οι Brayton. Οι ηλιακοί δέκτες Brayton είμαι οι λιγότερο ανεπτυγμένοι σε σχέση με τους Stirling. Επιπλέον Οι μηχανές Stirling παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα, μεγαλύτερη ευελιξία καυσίμου καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λίγες ώρες φυσικό αέριο, καλή συμπεριφορά σε μερικό φορτίο, χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.

Ηλιακά αεροηλεκτρικά συστήματα (Solar Aero-Electric Power Plant)

Ένα ηλιακό αεροηλεκτρικό σύστημα αποτελείται από ένα κυκλικό συνήθως «θερμοκήπιο»,με διάφανη οροφή που υψώνεται λίγα μέτρα πάνω από το έδαφος. Στο κέντρο της ηλιακής οροφής βρίσκεται μία αιωρούμενη ηλιακή καμινάδα και στην βάση της είναι τοποθετημένοι αεριοστρόβιλοι και ηλεκτρικές γεννήτριες.

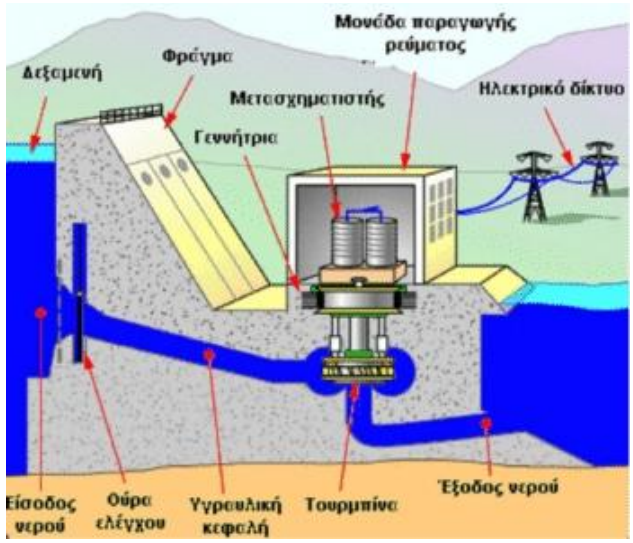


**Εικόνα 2-7 Σύστημα ηλιακού πύργου**

### 2.2.3.1.4 *Μικρά Υδροηλεκτρικά*

Η χρήση της ενέργειας των υδατοπτώσεων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι γνωστή εδώ και αρκετά χρόνια και σημαντικός αριθμός υδροηλεκτρικών έργων έχουν κατασκευαστεί. Τα έργα αυτά είτε λειτουργούν με τη φυσική ροή του ρεύματος ενός ποταμού, είτε απαιτούν φράγματα μικρής χωρητικότητας οπότε περιορίζεται η επίδραση στο φυσικό περιβάλλον. Ο ανάντη ταμιευτήρας περιορίζεται σε μία δεξαμενή που εξυπηρετεί τις ανάγκες υδροληψίας του και μόνο. Διατίθεται συνήθως και ένας υπερχειλιστής .

Για αυτό και σε αντίθεση με τα μεγάλα Υδροηλεκτρικά μπορούν να κατασκευαστούν σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ένας μεγάλος ΥΗΣ συνήθως υπερδιαστασιολογείται, με σκοπό τη μεγαλύτερη δυνατή κάλυψη των αιχμών ζήτησης, γεγονός που αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ και μικρότερες τιμές του συντελεστή φορτίου. Αντιθέτως, ένα μικρός ΥΗΣ δε δύναται να ανακουφίζει τις αιχμές ισχύος και για το λόγο αυτό η διαστασιολόγησή του γίνεται με βάση την οικονομική βιωσιμότητά.




**Εικόνα 2-8 Τρόπος λειτουργίας ενός ΜΥΗΣ**

Γενικά πλεονεκτήματα των ΥΗΣ θεωρούνται τα εξής:

- Η τεχνολογία τους είναι γνωστή και δοκιμασμένη από την αρχή του προηγούμενου αιώνα, με τους συντελεστές απόδοσης των στροβίλων σήμερα να ξεπερνούν το 90%.
- Τα διάφορα έργα υποστήριξης του σταθμού έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Τα φράγματα δύναται να λειτουργήσουν περισσότερο από 100 χρόνια με ελάχιστη μόνο συντήρηση.

Και τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Η έλλειψη επαρκών υδρολογικών στοιχείων ή η το υψηλό κόστος απόκτησής τους.
- Οι πολλές αλληλοσυγκρουόμενες χρήσεις του νερού και η εμπλοκή σε νομικής φύσεως θέματα όσον αφορά την κατασκευή και εκμετάλλευση του έργου

Λόγω της έλλειψης μεγάλων φραγμάτων η παροχή νερού αναμένεται να έχει περισσότερες διακυμάνσεις από ότι τα Μεγαλύτερα Υδροηλεκτρικά έργα στην ημερήσια παραγωγή τους. Έτσι, όταν η φυσική εισροή κυμαίνεται μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης επιτρεπόμενης παροχής για ομαλή λειτουργία του υδροστροβίλου, τότε η μονάδα λειτουργεί και παράγει ενέργεια. Στην περίπτωση που η παροχή είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη, ο υδροστρόβιλος εργάζεται στη μέγιστη παροχή και η περίσσεια του νερού διαφεύγει αναξιοποίητη. Όταν η παροχή του υδατορεύματος είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη για τη λειτουργία του υδροστροβίλου, η μονάδα παραμένει κλειστή και η παροχή υπερχειλίζει τον εκχειλιστή και διαφεύγει ανεκμετάλλευτη.16

Ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο Δαφνοζωνάρα-Σανίδι που βρίσκεται σε λειτουργία στην Ελλάδα στο νομό Ευρυτανίας & Αιτωλοακαρνανίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Για την υλοποίηση του έργου κατασκευάστηκε φράγμα βαρύτητας επί του ποταμού Αχελώου και παραπλεύρως αυτού τοποθετήθηκε ο σταθμός παραγωγής. Το έργο είναι συνεχούς ροής μιας και ο μικρός ταμιευτήρας που δημιουργείται ανάντη δεν πραγματοποιεί αναρρύθμιση παροχών. Το έργο αυτό τέθηκε σε λειτουργία τον Ιούλιο του 2011 με εγκατεστημένη ισχύ 8,5 MW αποτελούμενο από 2 υδροστρόβιλους τύπου Kaplan.



**Εικόνα 2-9 Μικρό υδροηλεκτρικό έργο Δαφνοζωνάρα-Σανίδι**

*2.2.3.1.5* *Αιολική Ενέργεια*

Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας έχει παρουσιάσει ραγδαία άνθηση τα τελευταία χρόνια. Ενώ η παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανερχόταν το 1998 σε λίγο περισσότερο από 10.000 MW συνολικά, το 2005 είχε ήδη φθάσει τα 60.000 MW. Το νούμερο αυτό αναμένεται να ανέβει στα 150.000 MW μέχρι το 2012. Το ένα τρίτο των εγκαταστάσεων αυτών βρίσκεται στη Γερμανία, το ένα τρίτο στην υπόλοιπη Ευρώπη, και το άλλο σε υπόλοιπες χώρες. Η Ευρώπη πρόκειται να παραμείνει η κινητήριος δύναμη στην παγκόσμια αγορά αιολικών για τα επόμενα 5 με 10 χρόνια.

Η βασική αιτία αυτής της ραγδαίας ανάπτυξης είναι το ολοένα και χαμηλότερο κόστος της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις άλλες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, αλλά και οι αποφασιστικές πολιτικές προώθησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Μάλιστα, το κόστος της σχετικής τεχνολογίας είναι πολύ κοντά σε εκείνο της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, γεγονός που ανοίγει το δρόμο για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως.

Το παγκόσμιο δυναμικό αιολικής ενέργειας είναι τεράστιο. Μόνο το θεωρητικό δυναμικό σε τοποθεσίες με μέση ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον 5 m/sec σε ύψος 10 μέτρων, ανέρχεται σε σύνολο τουλάχιστον 500.000 TWh ηλεκτρικής ενέργειας σε ετήσια βάση. Αυτό ισοδυναμεί σε 35 φορές περισσότερη ενέργεια από την παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σήμερα. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου ( Α/Π) δεν εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα ή άλλα αέρια που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα (μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α.), όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε όλη τη διάρκεια της χρήσης της, μία και μόνο ανεμογεννήτρια ισχύος 1,5 MW μπορεί να εξοικονομήσει περί τους 80.000

τόνους ορυκτού άνθρακα. Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο δεν εντείνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά δεν υπάρχουν και αρνητικές συνέπειες στη δημόσια υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Χάρη στην πρόοδο της τεχνολογίας, το ειδικό κόστος παραγωγής αιολικής ενέργειας έχει ήδη πέσει στο ήμισυ από το 1990, και αναμένεται ότι η απόκλιση μεταξύ του κόστους παραγωγής αιολικής ενέργειας και του κόστους ενέργειας από ορυκτά καύσιμα θα συνεχίσει να μειώνεται.

Η Ελλάδα, είναι Χώρα που διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό όπως οι περιοχές, της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Ευβοίας και πολλών νησιών του Αιγαίου, όπου είναι εγκατεστημένα τα περισσότερα Α/Π και ανέρχονται σε 1.640,46 MW συνολικής εγκατεστημένης ισχύος σύμφωνα με πληροφοριακό δελτίο του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για το έτος του 2011 [17].

#### *2.2.3.1.6 Λοιπές μονάδες ΑΠΕ*

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται αναφορά στις λοιπές μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν (ΑΠΕ). Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι μονάδες Βιομάζας και ακολούθως και του Βιοαερίου. Εκτενής αναφορά σε αυτές και λεπτομέρειες θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο.

##### **2.2.3.1.6.1 Μονάδες παραγωγής από Γεωθερμία**

Σε κάποιες περιοχές του πλανήτη η θερμοκρασιακή κλίση είναι πάρα πολύ μεγαλύτερη από τη μέση κλίση των 25 $^{o}$C/km, με αποτέλεσμα να έχουν πολύ σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο.

Οι γεωθερμικές πηγές διακρίνονται σε 4 τύπους:

α) Υδροθερμικές με νερό
β) Υδροθερμικές με ατμό
γ) Πετροθερμικές
δ) Γεωπιεστικές.

Αυτή η ανανεώσιμη Πηγή ενέργειας έχει αξιοποιηθεί στις χώρες όπου είναι διαθέσιμη, κυρίως στις περιοχές των γεωτεκτονικών πλακών, π.χ Ισλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Ν. Ζηλανδία κτλ για τη θέρμανση χώρων όπως και θερμοκηπίων ή για την αξιοποίηση της θερμότητας σε βιομηχανικές διεργασίες.

Σε περιοχές όπου το περιεχόμενο της γεωθερμικής ενέργειας είναι υψηλό μπορεί να αξιοποιηθεί ο ατμός σε ατμοστροβιλικές μονάδες παραγωγής. Έτσι οι μονάδες παραγωγής από γεωθερμία είναι ουσιαστικά ατμοστρόβιλοι και λειτουργούν ως μονάδες βάσης. Οι εγκαταστάσεις γεωθερμίας χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος εγκατάστασης και από πολύ χαμηλό έως μηδενικό κόστος παραγωγής.

Στη χώρα μας είχε εγκατασταθεί ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των 2MW στη Μήλο, αλλά λόγω περιβαλλοντικών προβλημάτων από τις γεωτρήσεις και το υψηλό θείο, υπολειτουργεί. Στη Λέσβο και το Νομό Σερρών έχουν γίνει γεωτρήσεις για τη θέρμανση θερμοκηπίων ενώ στην Κίμωλο λειτουργεί μονάδα αφαλάτωσης με γεωθερμία. Επίσης έχει δοθεί άδεια εγκατάστασης 8 MW για την κατασκευή εργοστασίου της ΔΕΗ στην Λέσβο.

#### 2.2.3.1.6.2 Μονάδες παραγωγής εκμεταλλευόμενες παλίρροια και κύματα

Η τεχνολογία που απαιτείται για να μετατραπεί παλιρροιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό μοιάζει πολύ με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε παραδοσιακά υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η ενέργεια από την παλίρροια είναι προβλέψιμη στις τοποθεσίες στις οποίες υπάρχει αξιόλογο δυναμικό. Βασικό μειονέκτημά της είναι η έλλειψη τέτοιων τοποθεσιών και το γεγονός ότι μέσα στη διάρκεια της ημέρας, το χρονικό διάστημα λειτουργίας δεν υπερβαίνει τις 10 ώρες. Το πιο αντιπροσωπευτικό έργο αυτής της κατηγορίας είναι το έργο των 240MW στην Βρετάνη της Γαλλίας (La Rance Tidal Barrage).

Τα συστήματα ενέργειας παραγωγής ενέργειας από κύματα μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες:

- Συσκευές στην Ακτή (Shoreline devices), με παράδειγμα την εγκατάσταση στο νησί islay στη Σκωτία, με πειραματική διάταξη ισχύος 75kW [18,19].
- Συσκευές κοντά στην Ακτή (Near Shore devices) σε μέτρια βάθη νερών (20-25 μέτρα), σε αποστάσεις μέχρι 500 μέτρα από την ακτή.
- Συσκευές σε απόσταση από την Ακτή (Offshore devices), εκμεταλλεύονται το δυναμικό των κυμάτων σε βαθιά νερά 25 μέτρα.

Η παραγωγή εξαρτάται από τη δύναμη των κυμάτων με αποτέλεσμα η παραγωγή ενέργειας να παρουσιάζει διακυμάνσεις από μέρα σε μέρα και από ώρα σε ώρα. Η επιλογή των τοποθεσιών απαιτεί περιοχές με έντονο και επαναλαμβανόμενο κυματισμό, αρκετές φορές το έτος. Μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για την αντοχή των κατασκευών στις ακραίες καιρικές συνθήκες.

#### 2.2.2.1.6.3 Μονάδες παραγωγής βιομάζας

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι μονάδες βιοαερίου που θα τις εξετάσουμε εκτενέστερα στο **κεφάλαιο5.3.1**. Οι μονάδες που χρησιμοποιούν τη βιομάζα ως καύσιμο δεν χρειάζεται να έχουν κάποιο πρόγραμμα πρόβλεψης της εξόδου τους γιατί αυτή μπορεί να ρυθμιστεί. Όπως και οι συμβατικές μονάδες παραγωγής προβλέπεται να έχουν κάποια μορφή κατανάλωσης καυσίμου και άρα κάποιας μορφής συνάρτηση κόστους. Καθώς οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι συχνά ατμοστροβιλικές θα χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή τεχνικού ελαχίστου συγκρινόμενες με την τιμή του τεχνικού τους μεγίστου αλλά και από σημαντικό χρόνο εκκίνησης.

Ειδικά η παραγωγή αερίου ΧΥΤΑ παρουσιάζει τριγωνική μορφή κατά την διάρκεια παραγωγικής ζωής ενός ΧΥΤΑ. Εδώ έγκειται και η πολύ καλή προοπτική χρήσης των μικροτουρμπινών σε ΧΥΤΑ στην κάλυψη δηλαδή των κενών στην αξιοποίηση του παραγόμενου αερίου από τις μηχανές ΜΕΚ.

### 2.2.4 Δύο πρότυπα λειτουργίας & ελέγχου διεσπαρμένης παραγωγής

Η εγκατάσταση της ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Λιοσίων όπου είναι και το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι μία μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής. Στην περιοχή αυτή εγκαθίσταται ένα ηλεκτρικό σύστημα , στο οποίο συνδέεται η μονάδα παραγωγής και στοχεύει στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Μ.Τ . Το ηλεκτρικό σύστημα αυτό μπορεί να οργανωθεί αποτελεσματικότερα είτε σε μικροδίκτυο (με άλλες καταναλώσεις της περιοχής) είτε μέσω εικονικού εργοστασίου παραγωγής. . Το συγκεκριμένο σύστημα είναι σχεδιασμένο ανεξάρτητα από το κεντρικό δίκτυο αλλά έχει διασύνδεση με αυτό για ανταλλαγή ενέργειας.

### *2.2.4.1 Μικρό-δίκτυα (Microgrids)*

Τα Μικροδίκτυα είναι δίκτυα διανομής κυρίως ΧΤ και δευτερευόντως, κυρίως στην Ιαπωνία, ΜΤ τα οποία περιλαμβάνουν σημαντικό αριθμό μικρών μονάδων παραγωγής (μικρό-τουρμπίνες, φωτοβολταϊκά, μικρές ανεμογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, κλπ) ισχύος από λίγα kW μέχρι 1-2 MW, συσκευών αποθήκευσης ενέργειας (συσσωρευτές, σφόνδυλοι, πυκνωτές ενέργειας, κλπ) και ελεγχόμενων φορτίων.

Το βασικό γνώρισμα αυτών των δικτύων είναι ο συντονισμένος έλεγχος τους, ώστε τελικά να εμφανίζονται στο ανάντη δίκτυο ως μία ενιαία οντότητα με το δικό της αποκεντρωμένο σύστημα ελέγχου το οποίο δεν επιβαρύνει τα συστήματα ελέγχου του ανάντη ευρισκόμενου δικτύου με τον έλεγχο κάθε μίας μονάδας ξεχωριστά. Λειτουργούν όχι μόνο διασυνδεδεμένα με το ανάντη δίκτυο ΜΤ, συνήθης λειτουργία, αλλά και απομονωμένα (νησιδοποιημένα), όταν διακοπεί η διασύνδεση με το κύριο δίκτυο με οργανωμένο και ελεγχόμενο τρόπο παρέχοντας στους καταναλωτές αυξημένη αξιοπιστία και βελτιωμένα επίπεδα ποιότητα ισχύος.

Οι καταναλωτές που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο μικροδίκτυο, όχι μόνο μπορούν όπως και πριν να ικανοποιήσουν τις ηλεκτρικές και θερμικές τους ανάγκες, αλλά μπορούν να έχουν υψηλότερα επίπεδα αξιοπιστίας και σε ώρες αιχμής, καλύτερη ποιότητα ισχύος με εξομαλυμένη καμπύλη τάσης και να επιτύχουν ακόμη και ευνοϊκότερους οικονομικά όρους για την ικανοποίηση των αναγκών τους.

Οφέλη για το σύστημα λόγω και του ελέγχου των φορτίων μπορούν να είναι:

- Η ενεργός διαχείριση των φορτίων (απόρριψη φορτίων) μπορεί να βοηθήσει σημαντικά την ευστάθεια του δικτύου αλλά και στην οικονομική λειτουργία του συστήματος.
- Η δυνατότητα απομονωμένης λειτουργίας μπορεί να εξασφαλίσει στον καταναλωτή που ανήκει στο Microgrid αδιάλειπτη λειτουργία ενώ το ανάντη δίκτυο διανομής μπορεί να είναι σε ασταθή κατάσταση ή να έχει διακοπεί προσωρινά (black out)[20].
- Ταχύτερη αποκατάσταση της παροχής σε περίπτωση σβέσης αφού το σύστημα μπορεί να ξεκινήσει απευθείας σε απομονωμένη λειτουργία.

Τυπικές πηγές ενός μικροδικτύου είναι οι γεννήτριες ντήζελ ή φυσικού αερίου, συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού (γεννήτριες, μικροστρόβιλοι), οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι κυψέλες καυσίμου, οι γεωθερμικοί και οι ηλιοθερμικοί σταθμοί, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη βιομάζα, βιοντήζελ ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας.

### *2.2.4.2 Αρχιτεκτονική ελέγχου σε ένα μικροδίκτυο – Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ MGCC*

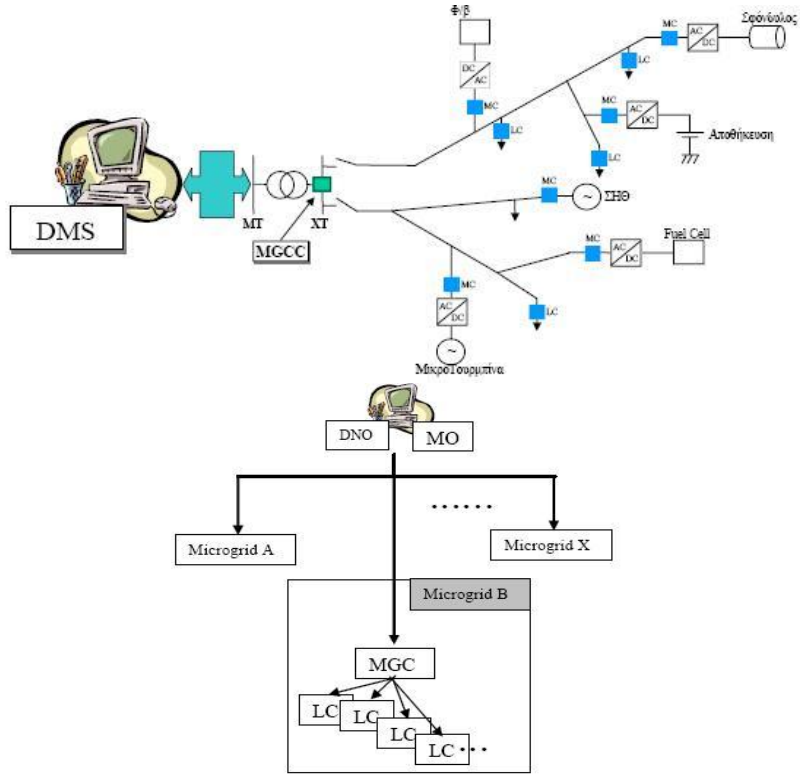
Ένα Μικροδίκτυο θεωρείται ότι λειτουργεί ως τμήμα του δικτύου διανομής και το σύστημα ελέγχου του μπορεί να διακριθεί σε τρία ιεραρχικά επίπεδα, σχήμα 1:

1. Διαχειριστής Δικτύου Διανομής (DNO) και Διαχειριστής Αγοράς (ΜΟ).
2. Κεντρικός Ελεγκτής Μικροδικτύου (MGCC).
3. Τοπικοί Ελεγκτές (LC), που διακρίνονται σε Ελεγκτές Μικροπηγών (ΕΜ) και Ελεγκτές Φορτίου (ΕΦ).

Ο DNO είναι υπεύθυνος για την τεχνική λειτουργία του συστήματος στην χαμηλή και μέση τάση. Στο κομμάτι αυτό του δικτύου μπορεί να υπάρχουν πλέον του ενός Μικροδικτύου. Ο ΜΟ είναι υπεύθυνος για την λειτουργία της αγοράς ενέργειας στην συγκεκριμένη περιοχή του δικτύου διανομής. Είναι προφανές ότι, ανάλογα με το μοντέλο της αγοράς ενέργειας, μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι του ενός ΜΟ. Έτσι λοιπόν εντός ενός Μικροδικτύου μπορεί να λειτουργεί μία αγορά, και ένα σύνολο αρκετών μικρών τέτοιων αγορών θα διαπραγματεύονται με τον διαχειριστή της αγοράς της περιοχής της.

Οι DNO/ΜΟ επικοινωνούν με το Μικροδίκτυο μέσω του Κεντρικού Ελεγκτή (Microgrid Central Controller –MGCC).

Στο χαμηλότερο επίπεδο ελέγχου ανήκουν οι LC. Οι τοπικοί ελεγκτές μπορούν να ελέγχουν μονάδες παραγωγής, Ελεγκτές Μονάδων (ΕΜ), συμπεριλαμβανομένων των μονάδων αποθήκευσης ενέργειας αλλά και κάποια από τα φορτία, Ελεγκτές Φορτίου (ΕΦ). [21]




**Εικόνα 2-10 α) Ένα τυπικό μικροδίκτυο και η διασύνδεση του με το Σύστημα Ελέγχου της Διανομής β) Τα επίπεδα ελέγχου ενός Μικροδικτύου**

### *2.2.4.3 Virtual Power Plants-Εικονικά εργοστάσια παραγωγής*

Ένα Virtual Power Plant είναι μία ομάδα μικρών, κατανεμημένων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αιολικά πάρκα, μονάδες CHP, φωτοβολταϊκά συστήματα, μικρά υδροηλεκτρικά και μονάδες βιοαερίου, αλλά και φορτίων που μπορούν να απενεργοποιηθούν, ώστε να αποτελέσουν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο. Οι εγκαταστάσεις ελέγχονται από ένα χώρο κεντρικού ελέγχου.

Οι εικονικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την παραγωγή ενέργειας από την εμπορία των κατανεμημένων συστημάτων παραγωγής, αλλά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο όσον αφορά τα ενεργειακά δίκτυα.

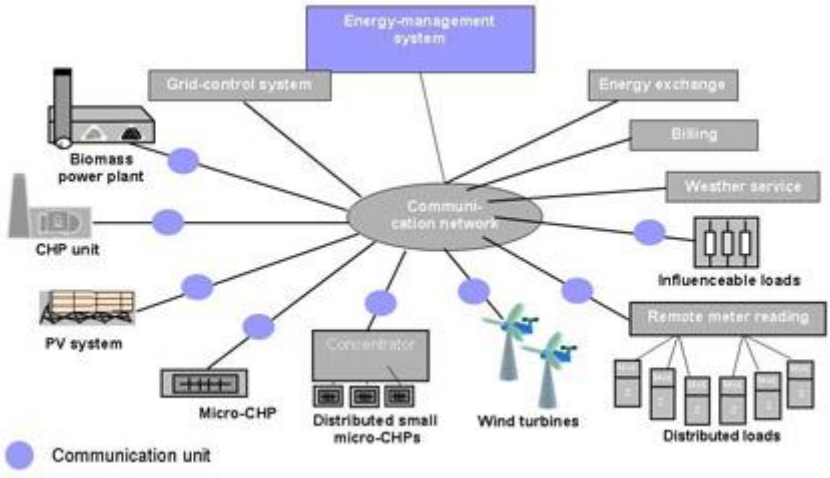
Εάν ζητηθεί, η εικονική εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής ελέγχει την άμεση αποστολή των συνδεδεμένων εγκαταστάσεων, συμβάλλοντας έτσι στη σταθερότητα του δικτύου. Η συντονισμένη επιχειρησιακή λειτουργία προσφέρει επιπλέον οφέλη, όπως την ικανότητα προσφοράς μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας βασικού φορτίου ή φορτίου με επίγνωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Μια τέτοια VPP μπορεί να αντικαταστήσει μια συμβατική εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας, παρέχοντας παράλληλα υψηλότερη απόδοση και μεγαλύτερη ευελιξία. Η καλύτερη ευελιξία επιτρέπει στο σύστημα να αντιδράσει καλύτερα στις διακυμάνσεις. Ωστόσο, ένα VPP είναι επίσης ένα σύνθετο σύστημα που απαιτεί μια

περίπλοκη βελτιστοποίηση, έλεγχο, μεθοδολογία και ασφαλή επικοινωνία. Υπάρχει και μία διαφορά λοιπόν που έγκειται στο ότι το ιδεατό εργοστάσιο δε χρειάζεται να βρίσκεται στον ίδιο χώρο με το μικροδίκτυο.

Page: 35

Ορισμένες εγκαταστάσεις όπως για παράδειγμα της ΕΥΔΑΠ από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στο υδραγωγείο του **Μόρνου** , μέχρι την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο στην **Ψυττάλεια**, θα μπορούσαν να θεωρηθούν Virtual Power Plants.




**Εικόνα 2-11 Μονάδα Virtual Power Plant(VPP) -Εικονικό Εργοστάσιο Παραγωγής**

## 2.3 Σκοπός της εργασίας

Το πρόβλημα που θα εξετάσουμε στην παρούσα εργασία είναι η λειτουργία της μονάδας αξιοποίησης βιοαερίου υπό τη διαχείριση της ΒΕΑΛ στον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων υπό διάφορες συνθήκες.

Για την αποφυγή ύπαρξης ανεκμετάλλευτου βιοαερίου στον χώρο , εκτός από τη δυνατότητα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας (ΣΗΘ), και καύσης στους υπάρχοντες πυρσούς καύση στην εγκατάσταση είναι η αξιοποίηση του βιοαερίου και η αναβάθμιση του σε φυσικό αέριο. Η αναβάθμιση αυτή που το μετατρέπει σε βιομεθάνιο, υπό συγκεκριμένες διαδικασίες που ερευνήθηκαν και μελετώνται στην εργασία αυτή μπορεί να οδηγήσει στην χρήση του αερίου για καύσιμο μεταφορών καθώς και διοχέτευση και σύνδεση με το δίκτυο φυσικού αερίου.

Με τη δυνατότητα έγχυσης του βιομεθανίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου που προτείνουμε δίνεται πρόσβαση στο παραγωγό βιοαερίου σε μια πολύ μεγαλύτερη αγορά των δυνητικών αγοραστών από ό, τι αν το βιοαέριο επρόκειτο να πωληθεί και να χρησιμοποιηθεί σε τοπικό επίπεδο. Η εγκατάσταση θα μπορεί να επεξεργάζεται και να αναβαθμίζει το βιοαέριο και να μεταφέρεται στο δίκτυο φυσικού αερίου.

Πραγματοποιείται ένα πλήθος προσομοιώσεων υπό συνθήκες που ορίζονται βάσει της υπάρχουσας νομοθεσίας και τιμολόγησης για τη συμπαραγωγή ενέργειας από τέτοιες μονάδες, βάσει των επικρατουσών συνθηκών αγοράς ηλεκτρισμού. Απαραίτητη επίσης ήταν η προσομοίωση με δεδομένες τιμές ΦΑ, για παράδειγμα τιμολόγιο της ΕΠΑ ( εταιρείας παροχής αερίου Αττικής) που καθιστά τον φορέα άμεσου ενδιαφέροντος για τη συνεργασία με το διαχειριστή της εγκατάστασης.

Στόχος της εργασίας είναι , μέσα από τα αποτελέσματα της υλοποίησης να γίνει φανερή η ευελιξία του συγκεκριμένου εργοστασίου να παράγει ηλεκτρισμό και φυσικό αέριο προς όφελος του διαχειριστή της εγκατάστασης (ΒΕΑΛ), καθώς επίσης να αναδείξει τη δυνατότητα συνεργασίας με τον φορέα παροχής αερίου ΕΠΑ. Μελετώνται και προτείνονται τρόποι για την αύξηση της ευελιξίας της λειτουργίας των μονάδων, μέσω αναβάθμισης του βιοαερίου και έγχυσης του στο δίκτυο φυσικού αερίου. Διερευνούνται οι δυνατότητες τροφοδοσίας που έχει η συγκεκριμένη εγκατάσταση σε σχέση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού και το δίκτυο φυσικού αερίου (Φ.Α.) υπό συνθήκες αγοράς ενέργειας που υφίστανται στη χώρα μας. Αναλύονται διαφορετικά σενάρια παραγωγής βιοαερίου και τιμολόγησης και εξάγονται οικονομικά συμπεράσματα που αφορούν την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης και της συνεργασίας της με τους φορείς της αγοράς.

Για να πραγματοποιηθούν αυτά τα σενάρια στην υλοποίηση έπρεπε να γίνουν κάποιες παραδοχές επειδή δεν υφίσταται στην Ελλάδα κάποια τιμολόγηση ώστε να μπορέσουμε να προσομοιώσουμε την κατάσταση. Οι παραδοχές αυτές είναι η οριοθέτηση τιμών αναβάθμισης βάσει έργων και νομοθεσίας που υφίσταται στη Γερμανία, μετά από συγκέντρωση διάφορων στοιχείων, καθώς και η τιμολόγηση του αερίου στη Δανία.

Στο παρόν κεφάλαιο έγινε μία γενική εισαγωγή στην ενεργειακή πολιτική που επικρατεί , στη λειτουργία των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στον ορισμό της διεσπαρμένης παραγωγής με έμφαση σε μονάδες ΑΠΕ πλην της βιομάζας.

Εκτενέστερη περιγραφή για τη βιομάζα, και την κατηγοριοποίηση της ανάλογα με την πηγή προέλευσης της γίνεται στο τρίτο κεφάλαιο. Γίνεται λόγος για τις εφαρμογές και δυνατότητες αξιοποίησης της. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται ο ρόλος της βιομάζας και η διείσδυση της στο ενεργειακό ισοζύγιο και στη συνέχεια γίνεται εκτενής περιγραφή στους τρόπους και διαδικασίες επεξεργασίας της καθώς και στις διαθέσιμες τεχνολογίες που υπάρχουν για αυτό το σκοπό.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για το βιοαέριο , την προέλευση και τη διαδικασία συλλογής του, καθώς επίσης δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τους τρόπους αξιοποίησης του, τη διάδοση χρήσης του και τη νομοθεσία που υφίσταται πάνω σε αυτό τον τομέα. Στο έκτο κεφάλαιο στην συνέχεια σκοπός είναι να γίνει γνωριμία με τη δυνατότητα εξευγενισμού του βιοαερίου μέσα από τις απαραίτητες προϋποθέσεις και μελέτη όλων των πλεονεκτημάτων και χρήσεων που μπορεί να έχει έπειτα από αυτήν την επεξεργασία. Επίσης δίνονται στοιχεία για την κατάσταση που επικρατεί πάνω σε αυτόν τον τομέα διεθνώς.

Στο επόμενο και έβδομο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της εγκατάστασης του ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων, πάνω στην οποία γίνεται και η μελέτη της υλοποίησης μας, δίνονται στοιχεία για τη λειτουργίας της. Σχολιάζεται η σύνδεση που έχει με το δίκτυο ηλεκτρισμού και γίνεται έλεγχος για τη δυνατότητα ύπαρξης δικτύου φυσικού αερίου στην περιοχή.

Στο όγδοο κεφάλαιο πλέον, εφόσον έχουν δοθεί και μελετηθεί όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για τη εγκατάσταση και την κατάσταση που επικρατεί στην παρούσα φάση, γίνεται υλοποίηση προσομοιώσεων και εξάγονται αποτελέσματα για τη δυνατότητα ευέλικτης λειτουργίας του εργοστασίου.

Τα αποτελέσματα αυτά σχολιάζονται στα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας στο τελευταίο ένατο κεφάλαιο και επίσης δίνονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάλυση.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Η ΒΙΟΜΑΖΑ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η πηγή των περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο ήλιος. Η φωτοσύνθεση είναι η διεργασία, με την οποία τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Η τρέχουσα ετήσια αποθηκευτική δυναμικότητα ενέργειας φωτοσύνθεσης στη βιομάζα είναι τεράστια, αφού αποτελεί το δεκαπλάσιο της παγκόσμιας ετήσιας χρήσης ενέργειας. Σύμφωνα με πολλά σενάρια η βιομάζα θα έχει ένα μεγάλο μερίδιο στα μελλοντικά ενεργειακά συστήματα. Η χρησιμοποίηση της σε μεγάλη κλίμακα θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη ζήτηση για γη και σε υποδομές βιομάζας. Η βιομάζα η οποία επιλέγεται για ενεργειακές εφαρμογές, στην ιδανική περίπτωση, θα πρέπει να είναι είδος μικρής αξίας, με μεγάλη απόδοση παραγωγής, μικρό κύκλο ανάπτυξης με ελάχιστες ή και μηδενικές ανάγκες λίπανσης και άρδευσης.

Η μεγαλύτερη συνεισφορά της βιομάζας στη ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας προέρχεται από απόβλητη βιομάζα. Η απόβλητη βιομάζα αποτελείται από υλικά, τα οποία περιέχουν ενέργεια και τα οποία απορρίπτονται. Προέρχεται είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες είτε από μερικά φυσικά φαινόμενα και περιλαμβάνει αγροτικά, δασικά, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα.

Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας ανέρχεται περίπου σε 172 δισ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Αυτό το ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).

Οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως καύσιμο βιομάζα δεν χρειάζεται να έχουν κάποιο πρόγραμμα πρόβλεψης της εξόδου τους γιατί αυτή μπορεί να ρυθμιστεί. Όπως και οι συμβατικές μονάδες παραγωγής προβλέπεται να έχουν κάποια μορφή κατανάλωσης καυσίμου και άρα κάποιας μορφής συνάρτηση κόστους. Καθώς οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι συχνά ατμοστροβιλικές 4.2.1 θα χαρακτηρίζονται από υψηλή τιμή τεχνικού ελαχίστου συγκρινόμενες με την τιμή του τεχνικού τους μεγίστου αλλά και από σημαντικό χρόνο εκκίνησης.

Ειδικά η παραγωγή αερίου ΧΥΤΑ παρουσιάζει τριγωνική μορφή κατά την διάρκεια παραγωγικής ζωής ενός ΧΥΤΑ. Εδώ έγκειται και η πολύ καλή προοπτική χρήσης των μικροτουρμπινών 4.2.4 σε ΧΥΤΑ στην κάλυψη δηλαδή των κενών στην αξιοποίηση του παραγόμενου αερίου από τις μηχανές ΜΕΚ4.2.2. Εκτενής ανάλυση στη λειτουργία ενός ΧΥΤΑ καθώς και της διαδικασίας συμπαραγωγής σε μία μονάδα βιοαερίου που βρσίκεται εν λειτουργία γίνεται στα κεφάλαια 5.3.4,5.3.5.

## 3.1 Αναγκαίοι ορισμοί

*Βιομάζα* λέγεται λοιπόν το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών, τις δασοκομικές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων.

Η βιομάζα αποτελεί μία εξαιρετικής σημασίας και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας. Λειτουργεί ως υποβοηθητικός παράγοντας για την επάρκεια των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) που παρέχονται φυσικά και εξαντλούνται συνεχώς και σταδιακά τα αποθέματα τους.

Η βιομάζα είναι ανανεώσιμη με την έννοια ότι μετασχηματίζεται, καταστρέφεται και αναδημιουργείται.

Εν γένει, για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος "βιοισχύς" περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακα) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως "βιοκαύσιμα" αναφέρονται στην καύσιμη στερεά, υγρή ή αέρια ύλη που αποτελεί προϊόν επεξεργασίας κάποιου είδους βιομάζας.

Η βιομάζα συναντάται σε στερεά μορφή στη φύση και με κατάλληλη επεξεργασία γίνεται η διαχείριση της για το μετέπειτα διαχωρισμό της και δημιουργία των παραγώγων της.

## 3.2 Διείσδυση της Βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο

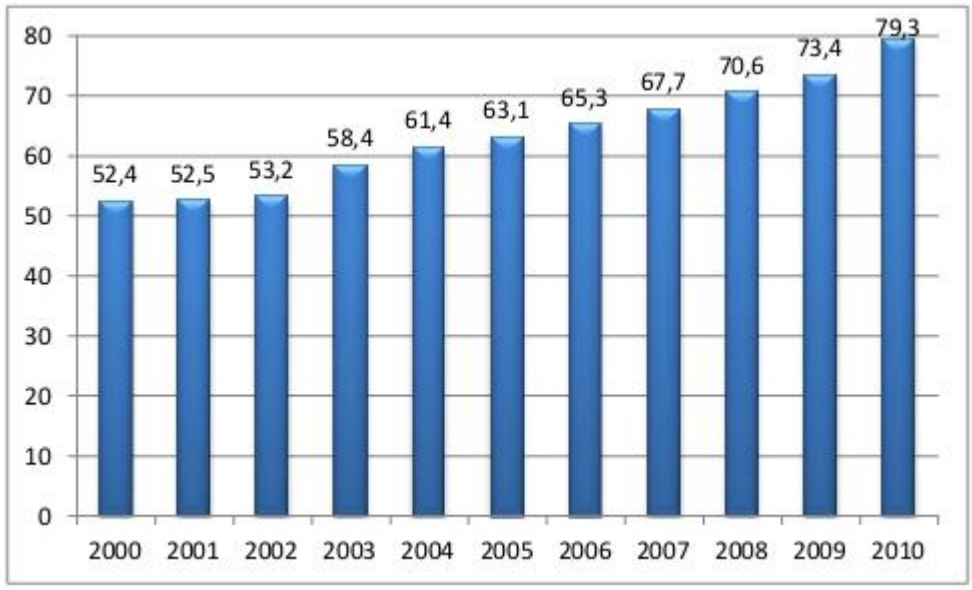
### 3.2.1 Γενικά (Συνεισφορά στον Κόσμο)

Στις αναπτυσσόμενες χώρες η βιομάζα καλύπτει μέχρι το 1/3 των ενεργειακών αναγκών. Η ποσότητα της βιομάζας που χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο είναι πολύ χαμηλότερη από τη δυναμική της στις περισσότερες περιοχές. Παρόλα αυτά, η χρήση φαίνεται να υπερβαίνει την υποστηρικτική κατανάλωση σε κάποιες περιοχές, κυρίως στην Ασία.

Στην χώρα μας η συμμετοχή της βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο εκτιμάται περίπου στο 3-5% τα τελευταία 30 χρόνια. Στην Ευρώπη η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι αρκετά διαδεδομένη.

Η αύξηση της ενεργειακής αξιοποίησης της στερεής βιομάζας για το 2010 συνιστά τη δεύτερη μεγαλύτερη αύξηση της δεκαετίας πίσω από αυτό του 2003 (9,8%), ενώ αντιστοιχεί, όμως, σε πολύ υψηλότερες ποσότητες παραγωγής ενέργειας. Αυτή η απότομη άνοδος μπορεί να αποδοθεί εν μέρει στο ότι το 2010 παρουσιάστηκαν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στην Ευρώπη, γεγονός που οδήγησε σε αύξηση απαιτήσεων θέρμανσης.

Ωστόσο, ο βαρύς χειμώνας δεν ήταν αποκλειστικά υπεύθυνος για την αύξηση της χρήσης στερεάς βιομάζας. Άλλοι παράγοντες, όπως η αύξηση των υποδομών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα (νέοι λέβητες στερεής βιομάζας, νέες μονάδες συμπαραγωγής θέρμανσης κλπ) και η καλύτερη οργάνωση της αλυσίδας , διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο . [22]




**Γράφημα 3-1 : Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα στην ΕΕ από το 2000 έως το2010 (σε Mtoe)**

Η Γερμανία, η Γαλλία και η Σουηδία είναι τα κράτη με τη μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από στερεή βιομάζα. Η Ελλάδα για το 2010 βρισκόταν στις τελευταίες θέσεις της σχετικής λίστας (Πίνακας 3-1 : Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από στερεή βιομάζα στα κράτη-μέλη της ΕΕ (2009-2010) Πίνακας 3-1).

Ένα σημαντικό παράδειγμα που δείχνει την αξία της βιομάζας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και γενικά συμπαραγωγή είναι το έργο στο Μαυρίκιο.

Η εμπειρία της συμπαραγωγής στο Μαυρίκιο είναι μία από τις σημαντικές επιτυχίες στον τομέα της ενέργειας στην Αφρική. Από το 2002, η ηλεκτρική ενέργεια συμπαραγωγής που βασίζεται στη βιομάζα (κυρίως

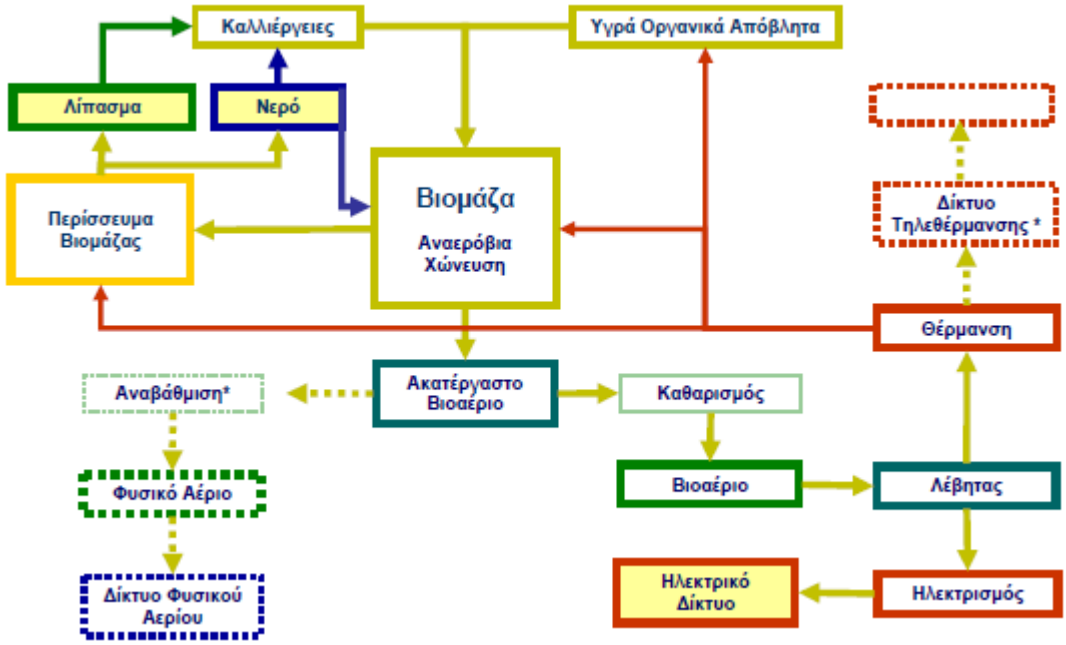
βαγάσση[1]) ανήλθε σε 40% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρισμού στην χώρα. Ο Μαυρίκιος σε μία περίοδο πάνω από δύο δεκαετιών έχει αναπτύξει μια τιμολογιακή πολιτική στη διοχέτευση ενέργειας συμπαραγωγής, η οποία ήταν το κλειδί στην εξέλιξη της παραγωγής από μονάδες συμπαραγωγής βαγάσσης.

| | 2009 | 2010 |
|---|---|---|
| Γερμανία | 11,217 | 12,230 |
| Γαλλία | 9,368 | 10,481 |
| Σουηδία | 8,621 | 9,202 |
| Φινλανδία | 6,473 | 7,680 |
| Πολωνία | 5,190 | 5,865 |
| Ισπανία | 4,494 | 4,751 |
| Αυστρία | 4,097 | 4,529 |
| Ρουμανία | 3,838 | 3,583 |
| Ιταλία | 2,76 | 3,019 |
| Πορτογαλία | 2,856 | 2,582 |
| Τσέχικη Δημοκρατία | 1,968 | 2,094 |
| Λετονία | 1,737 | 1,739 |
| Δανία | 1,422 | 1,657 |
| Ουγγαρία | 1,469 | 1,489 |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 1,357 | 1,442 |
| Ολλανδία | 1,014 | 1,033 |
| Λιθουανία | 1,002 | 1,002 |
| Εσθονία | 0,843 | 0,924 |
| Βέλγιο | 0,722 | 0,858 |
| Ελλάδα | 0,799 | 0,812 |
| Βουλγαρία | 0,766 | 0,788 |
| Σλοβακία | 0,647 | 0,740 |
| Σλοβενία | 0,537 | 0,572 |
| Ιρλανδία | 0,189 | 0,197 |
| Λουξεμβούργο | 0,034 | 0,04 |
| Κύπρος | 0,009 | 0,01 |
| Μάλτα | 0,000 | 0,000 |
| ΕΕ | 73,430 | 79,318 |

**Πίνακας 3-1 : Πρωτογενής παραγωγή ενέργειας (σε Mtoe) από στερεή βιομάζα στα κράτη-μέλη της ΕΕ (2009-2010)** [23]

Στο σχεδιάγραμμα Εικόνα 3-1αντικατοπτρίζεται η ευρεία χρήση και αξιοποίηση της βιομάζας στον τομέα ηλεκτροπαραγωγής, ανανεώσιμων καυσίμων κλπ.

[1] Ο πολτός που απομένει μετά το θρυμματισμό του ζαχαροκάλαμου για την εκχύμωση του ονομάζεται **βαγάσση.**




**Εικόνα 3-1 Γενική χρήση και αξιοποίηση βιομάζας**

## 3.3 Εφαρμογές και αξιοποίηση της βιομάζας

Η βιομάζα βρίσκει πολλές εφαρμογές με βάση και το παραπάνω σχήμα.

**<u>Αναερόβια χώνευση βιομάζας</u>**

- Παραγωγή ακατέργαστου βιοαερίου, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, το οποίο είναι πλούσιο σε μεθάνιο , συνήθως 50% κ.ο., χωρίς όμως να αποκλείονται διακυμάνσεις από πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, 25% κ.ο μέχρι και εξαιρετικές, 60% κ.ο. Τέτοιες μονάδες στη χώρα μας έχουν εγκατασταθεί στους Βιολογικούς Καθαρισμούς Χανίων και Ηρακλείου, στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων, στο ΧΥΤΑ Ταγαράδων αλλά και είναι υπό εγκατάσταση στο Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων της Ψυτάλλειας από την ΕΥΔΑΠ καθώς και σε άλλες εγκαταστάσεις που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.5.4 Μεθάνιο εκλύεται επίσης και από εγκαταστάσεις εκτροφής ζώων, όπως χοίρων, βοοειδών και πτηνών, στα σημεία απόθεσης των περιττωμάτων τους.

  - Το βιοαέριο που παράγεται καθώς φαίνεται μπορεί μέσω αναβάθμισης (6.1) να οδηγήσει στην ανατροφοδότηση του δικτύου Φ.Α.

  - Το ακατέργαστο βιοαέριο που παράγεται, μπορεί να υποστεί καθαρισμό και να μετατραπεί σε καλύτερης ποιότητας ώστε να οδηγηθεί σε μονάδα καύσης (λέβητας) και να παραχθεί ηλεκτρισμός. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει και δυνατότητα τροφοδότησης του εθνικού δικτύου ενέργειας (5.3).

    - Εφόσον οδηγηθεί σε κάποια μονάδα καύσης (λέβητα) εκτός από τον ηλεκτρισμό, παράγεται και θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο δίκτυο τηλεθέρμανσης (π.χ. ζεστό νερό χρήσης-ΖΝΧ). Θέρμανση χρειάζεται επίσης η ίδια η διαδικασία της χώνευσης.

- Από την χώνευση της βιομάζας και αφού έχει εκλυθεί βιοαέριο, μένει κάποιο περίσσευμα , υπολείμματα τα οποία δεν πρέπει να μείνουν ανεκμετάλλευτα.

  - Τα υπολείμματα αυτά οδηγούνε στην παραγωγή λιπάσματος για καλλιέργειες, καθώς και στην απορρόφηση νερού από αυτά για χρησιμοποίηση σε καλλιέργειες. Νερό επίσης χρειάζεται η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης.

    - Μέσω των καλλιεργειών μπορεί να παραχθεί επίσης βιομάζα, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτηθεί ο χωνευτής εκ νέου με σκοπό την αξιοποίηση νέας ποσότητας.

Για την παραγωγή ενέργειας επίσης γίνεται χρήση της ξυλείας των δασών ή τα καλλιεργούμενα δάση για υλοτόμηση, είτε τα υπολείμματα από το κλάδεμα των δενδρωδών καλλιεργειών, (κληματίδες κτλ). Το αποτέλεσμα είναι η θερμική παραγωγή ενέργειας και σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού-θερμότητας.

Στις καλλιέργειες περιλαμβάνονται ενεργειακές φυτείες όπως π.χ το γλυκό σόργο ή υπολείμματα μη δενδρωδών αγροτικών φυτειών όπως το άχυρο καθώς και τα υπολείμματα βιομηχανικής επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ζωοτροφών καθώς και με συνδυασμό νερού για παραγωγή λιπασμάτων σε καλλιέργειες.

Η παραγωγή της βιομάζας και η συνδυασμένη επαναχρησιμοποίηση των παραγώγων της συντελεί στην πλήρη ενεργειακή αξιοποίηση μέσω διαφόρων εφαρμογών που θα αναλυθούν παρακάτω.

### 3.3.1 Μη ενεργειακές εφαρμογές

Η βιομάζα εκτός από τη συνδυασμένη χρήση της για παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για παραγωγή $2^{ης}$ γενιάς βιοκαυσίμων, για παράδειγμα θερισμός ολόκληρου του αραβόσιτου για χρήση ως υπόστρωμα σε μονάδα βιοαερίου.

Τα αγροτικά υπολείμματα σε ορισμένες περιπτώσεις, έχουν εναλλακτικές χρήσεις, π.χ. ως ζωοτροφές, που περιορίζουν τη χρήση τους στον τομέα βιοενέργειας.

### 3.3.2 Ενεργειακή Αξιοποίηση της βιομάζας

Η βιομάζα εκτελεί παράλληλα δύο διεργασίες την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού – θερμότητας είναι η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμιάς από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

### *3.3.2.1 Μαγείρεμα*

Η βιομάζα στον **οικιακό τομέα** χρησιμοποιείται κυρίως με τη μορφή καυσοξύλων για μαγείρεμα. Στο Μπαγκλαντές περισσότερες από 40.000 εστίες έχουν δημιουργηθεί, 85 εκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν τη βιομάζα για το μαγείρεμα και η ζήτηση αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς: 171% αύξηση κατά τη διάρκεια των τελευταίων 6 μηνών του 2009. Με απώτερο στόχο τη δημιουργία 550.000 εστιών έως και το 2012.

Με το πρόγραμμα εστιών μαγειρικής επιτυγχάνεται 50% λιγότερη κατανάλωση καυσίμων. Πάνω από 2.000 τεχνικοί και επιχειρηματίες, ιδίως γυναίκες, έχουν εκπαιδευτεί και παρέχουν αποτελεσματική εξυπηρέτηση ακόμα και μετά την πώληση σε τοπικό επίπεδο. Μέσω του καινοτόμου τρόπου χρηματοδότησης με χαμηλότοκα δάνεια, δίδεται η δυνατότητα σε όλο και περισσότερο πληθυσμό να συμβάλει στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



**Εικόνα 3-2 Μαγειρικές σόμπες με βιομάζα**

### *3.3.2.2 Θέρμανση Οικιών*

Η παλαιότερη χρήση της βιομάζας είναι η καύση. Επιτυγχάνεται παρουσία αέρα σε θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 1000-1500°C και παρέχει θερμότητα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μεγάλες ποσότητες βιομάζας χρησιμοποιούνται σήμερα με καύση κυρίως για παραγωγή θερμότητας, αλλά σαν διεργασία έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης, συνήθως κάτω του 40%.

Τα παραδοσιακά τζάκια έχουν βαθμό απόδοσης, που κυμαίνεται μεταξύ 10-20%, ενώ μερικές σύγχρονες κατασκευές τζακιών επιτυγχάνουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης της τάξης του 60-80%.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση κτιρίων με τζάκι, σόμπα ή σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η καύση ξύλων σε σόμπες είναι ευρύτατα διαδεδομένη σήμερα σε αγροτικά σπίτια, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες βιομάζας, κυρίως από το κόψιμο δένδρων και κυρίως ελιάς.

Πολλά σπίτια χρησιμοποιούν για θέρμανση τζάκια με την καύση ξύλων. Ενώ τα παλαιότερα τζάκια είχαν χαμηλούς βαθμούς απόδοσης, σήμερα τα σύγχρονα τζάκια έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση ολόκληρης της κατοικίας.

Οι σημερινοί βαθμοί απόδοσης σε τζάκια και σόμπες φαίνονται στον πίνακα Πίνακας 3-2. [24]

| Τζάκια | Απόδοση | Σόμπες | Απόδοση |
|---|---|---|---|
| Ανοικτής εστίας | 0.1 | Μη αεροστεγής | 0.3 |
| Ανοικτής εστίας με φυσική κυκλοφορία ζεστού αέρα | 0.2 | Αεροστεγής | 0.5 |
| Κλειστής εστίας με φυσική ή τεχνητή κυκλοφορία αέρα ή νερού | 0.7 | Αντίστροφης έλξης καυσαερίων, με θυρίδες | 0.6 |
| Κλειστής εστίας με προθέρμανση αέρα | 0.8 | Αεροστεγής με καταλυτικό φίλτρο | 0.9 |

**Πίνακας 3-2 Βαθμοί απόδοσης σε τζάκια και σόμπες**



**Εικόνα 3-3 Τζάκι υψηλού βαθμού απόδοσης**




**Εικόνα 3-4 Σόμπα υψηλού βαθμού απόδοσης**

### *3.3.2.3 Βιοτεχνικές βιομηχανικές διεργασίες*

Στην Κρήτη αλλά και αλλού το πυρηνόξυλο χρησιμοποιείται από πολλές βιοτεχνίες σαν καύσιμη ύλη, όπως φούρνοι, ασβεστοκάμινα κ.ά., κυρίως λόγω της χαμηλής τιμής του σε σχέση με τη θερμιδική αξία του.

Χρησιμοποιείται, όμως, και σαν κύρια καύσιμη ύλη στα πυρηνελαιουργεία, δηλαδή στις βιομηχανίες που το παράγουν. Τα καυσαέρια από την καύση του χρησιμοποιούνται για την ξήρανση της υγρής ελαιοπυρήνας στο ξηραντήριο, ενώ επίσης χρησιμοποιείται και στους λέβητες παραγωγής ατμού.

### *3.3.2.4 Τηλεθέρμανση*

Η βιομάζα, είτε δασική είτε άλλης μορφής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τηλεθέρμανση.

Στην περίπτωση αυτή παράγεται θερμό νερό σε έναν κεντρικό καυστήρα με την καύση της βιομάζας και το θερμό νερό μεταφέρεται με έναν καλά μονωμένο υπόγειο σωλήνα στην περιοχή χρήσης του.

Κάθε κτίριο, που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιήσει το θερμό νερό για να καλύψει τις ανάγκες θέρμανσής του. Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο κεντρικοί σωλήνες, σε κλειστό δίκτυο, ένας για τη προσαγωγή του θερμού νερού και ένας για την απαγωγή του και την επαναφορά του στο λέβητα για αναθέρμανση.

Στην Ελλάδα έχει ήδη εγκατασταθεί η πρώτη μονάδα τηλεθέρμανσης με χρήση βιομάζας. Η μονάδα αυτή, που βρίσκεται στην κοινότητα Νυμφασίας του Νομού Αρκαδίας, έχει ονομαστική ισχύ1.200.000 kcal/h και καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης80 κατοικιών και 600 μ2 κοινοτικών χώρων. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνται τρίμματα ξύλου, τα οποία προέρχονται από τεμαχισμό σε ειδικό μηχάνημα υπολειμμάτων υλοτομίας από γειτονικό δάσος ελάτων. Το έργο αυτό αποτελεί πρότυπο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών σε κοινότητες και δήμους της χώρας, δεδομένου ότι εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων και συνεισφέρει στη βελτίωση του περιβάλλοντος.25

### *3.3.2.5 Συμπαραγωγή*

Συνίσταται στη ταυτόχρονη συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας ξεκινώντας από μία μονάδα παραγωγής. Αυτή η μορφή αξιοποίησης της βιομάζας είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη αποτελεί κοινή πρακτική και σε αγροτικές περιοχές της χώρας μας. Μέσω της συμπαραγωγής μπορεί να γίνει επίτευξη ισχυρής αποδοτικότητας, ορθολογικής χρήσης καυσίμου, εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας, μείωσης ρύπων και ενεργειακής αυτονομίας. Αυτός ο τρόπος ενεργειακής αξιοποίησης είναι ευρέως διαδεδομένος και έχει συνεχή εξέλιξη ανά τον κόσμο, με

διαφορετικά είδη καυσίμων σαν είσοδο. Στη Δανία για παράδειγμα οι εγκατεστημένες μονάδες ΣΗΘ (συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας) χρησιμοποιούν άχυρο ως καύσιμο. Στη μονάδα συμπαραγωγής της προσομοίωσης μας θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη βιοαέριο παραγόμενο από οργανικά απόβλητα μονάδων ΧΥΤΑ. Τα συγκεκριμένα απόβλητα μπορούν να διατεθούν δωρεάν και το παραγόμενο βιοαέριο είναι αρκούντως αποδοτικό. Περισσότερη ανάλυση θα γίνει στα κεφάλαια 5.3.4,7.5.

#### *3.3.2.6 Παραγωγή Καυσίμων μεταφορών (βιοκαύσιμα)*

Επίσης μία μορφή αξιοποίησης της βιομάζας είναι η παραγωγή βιοαερίου ή biodiesel και στη συνέχεια η καύση του σε μονάδες εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και σε μικρο-τουρμπίνες. Σημαντικό είναι το ενδιαφέρον για μονάδες βιοαερίου σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού.

### 3.4 Βιοκαύσιμα

Τα τελευταία χρόνια η σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος έχει στρέψει το παγκόσμιο ενδιαφέρον στην αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από βιοκαύσιμα. Ως προϊόντα ανανεώσιμων πηγών, τα βιοκαύσιμα είναι καθαρά, μη τοξικά και δεν περιέχουν ενώσεις επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία. Το πιο σημαντικό ίσως πλεονέκτημά τους είναι ότι κατά την καύση τους δεν αυξάνεται το διοξείδιο του άνθρακα ($CO_2$), κατά συνέπεια δεν επιδεινώνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού τα φυτά από τα οποία παράγονται τα βιοκαύσιμα έχουν δεσμεύσει προηγουμένως με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης το παραγόμενο $CO_2$. Η μη επιβάρυνση του ισοζυγίου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα όπως επίσης και το γεγονός ότι οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους, μπορούν να καλλιεργηθούν στους αγρούς οδηγεί στην ανεξαρτητοποίηση σε μεγάλο ποσοστό από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες γεγονός που ώθησε την Ε.Ε. να επιβάλει την χρήση τους από τις χώρες μέλη.

#### *3.4.1 Διαδικασίες μετατροπής βιομάζας σε Βιοκαύσιμα*

Η μετατροπή της Βιομάζας σε Βιοκαύσιμα ακολουθεί τρεις κυρίως δρόμους που χαρακτηρίζονται τόσο από τις διαφορετικές διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται, όσο και από το είδος του καυσίμου που παράγεται από αυτές Πίνακας 3-3.

| | ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ | ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΚΑΥΣΙΜΑ |
|---|---|---|---|
| **ΒΙΟΜΑΖΑ** | **Αγροχημική** | **Συμπίεση, Έκθλιψη Μετεστεροποίηση** | **Φυτικά Έλαια Βιοντίζελ** |
| | **Θερμοχημική** | **Ανθρακοποίηση Πυρόλυση Αεριοποίηση Υγροποίηση** | **Κάρβουνο Βιοϋδρογόνο** |
| | | | **Βιοέλαια** |
| | | | **Βιομεθανόλη Syngas** |
| | **Βιοχημική** | **Αλκοολική Ζύμωση Αναερόβια Χώνευση** | **Βιοαιθανόλη Βιοαέριο, Βιοϋδρογόνο** |

**Πίνακας 3-3 Διαδικασίες επεξεργασίας βιομάζας**

### *3.4.2 Είδη βιοκαυσίμων κατά την ελληνική νομοθεσία*

Βιοκαύσιμο λέγεται το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα και ειδικότερα γίνεται η εξής κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το άρθρο 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 $A^{26'}$):

i) Βιοντίζελ (πετρέλαιο βιολογικής προέλευσης): Οι μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (ΜΛΟ-FAME) που παράγονται από φυτικά ή και ζωικά έλαια και λίπη και είναι ποιότητας πετρελαίου ντίζελ, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

ii) Βιοαιθανόλη: Η αιθανόλη που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα αποβλήτων, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

iii) Βιοαέριο: Το καύσιμο αέριο που παράγεται από Βιομάζα ή από το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, το οποίο μπορεί να καθαρισθεί και να αναβαθμισθεί σε ποιότητα φυσικού αερίου, για χρήση ως Βιοκαύσιμο, ή το ξυλαέριο.

iv) Βιομεθανόλη: Η μεθανόλη που παράγεται από Βιομάζα, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

v) Βιοδιμεθυλαιθέρας: Ο διμεθυλαιθέρας που παράγεται από Βιομάζα, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

vi) Βιο-ΕΤΒΕ: Ο αιθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (ΕΤΒΕ) που παράγεται από βιοαιθανόλη, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

vii) Βιο-ΜΤΒΕ: Ο μεθυλο-τριτοταγής-βουτυλαιθέρας (ΜΤΒΕ) που παράγεται από βιομεθανόλη, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

viii) Συνθετικά Βιοκαύσιμα: Οι συνθετικοί υδρογονάνθρακες ή τα μίγματα συνθετικών υδρογονανθράκων που παράγονται από Βιομάζα.

ix) Βιοϋδρογόνο: Το υδρογόνο που παράγεται από Βιομάζα ή βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, για χρήση ως Βιοκαύσιμο.

x) Καθαρά Φυτικά Έλαια: Τα έλαια που παράγονται από ελαιούχα φυτά μέσω συμπίεσης, έκθλιψης ή ανάλογων μεθόδων, φυσικά ή εξευγενισμένα αλλά μη χημικώς τροποποιημένα, όταν είναι συμβατά με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου κινητήρα ή εξοπλισμού και τις αντίστοιχες απαιτήσεις εκπομπών αερίων ρύπων.

### *3.4.3 Υγρά βιοκαύσιμα*

Η αγορά των υγρών βιοκαυσίμων (βιοντήζελ, βιοαιθανόλη) για τις μεταφορές έχει αρχίσει πλέον να διαμορφώνεται και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παραγωγή βιοντήζελ στην Ευρώπη το 2000 εκτιμάται σε 500.000 τόνους κι η αντίστοιχη σε βιοαιθανόλη σε 190.000 τόνους. Τα κύρια εμπόδια για τη μεγαλύτερη διείσδυση των τεχνολογιών παραγωγής βιοντήζελ στην αγορά είναι το υψηλό κόστος παραγωγής του και η έλλειψη υποστηρικτικών φορολογικών ρυθμίσεων.

Τα υγρά Βιοκαύσιμα όπως το Βιοντίζελ, η Βιοαιθανόλη και η Βιομεθανόλη, με την εξαίρεση των Βιοελαίων από πυρόλυση Βιομάζας, προορίζονται σχεδόν αποκλειστικά για την κίνηση οχημάτων, αρχικά σε ανάμιξη σε μικρά ποσοστά με τα αντίστοιχων ιδιοτήτων συμβατικά καύσιμα, που προβλέπεται ν' αυξάνονται σταθερά για τουλάχιστον τα 15 επόμενα χρόνια - ορισμένα αυτοκίνητα ντίζελ έχουν σήμερα τη δυνατότητα να κινηθούν με αυτούσιο Βιοντίζελ (Β100), ενώ είναι ήδη διαθέσιμα σε πολλές χώρες "πλειοκαύσιμα" αυτοκίνητα.

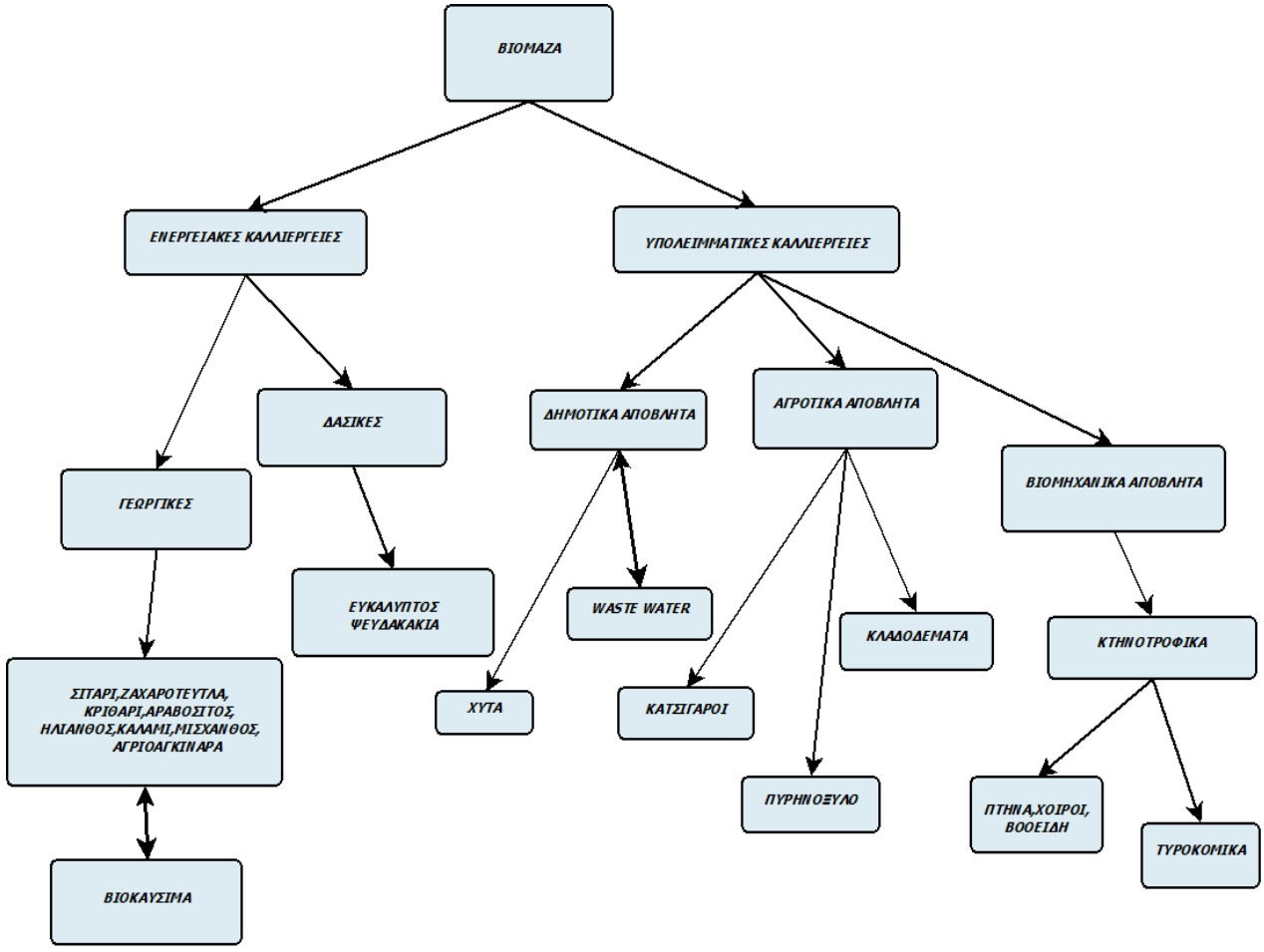
Η μείωση του κόστους παραγωγής τους, όμως αναμένεται να επιτευχθεί με τη βελτίωση των αποδόσεων των διεργασιών σε υγρό καύσιμο.

### *3.4.4 Αέρια Βιοκαύσιμα*

Η παγκόσμια κοινότητα προσανατολίζεται προς την ενεργειακή κυρίως χρήση των αερίων Βιοκαυσίμων και ειδικότερα προς την παραγωγή (ή συμπαραγωγή) ηλεκτρισμού και θερμότητας από το syngas (θερμοχημική αεριοποίηση Βιομάζας), το Βιοαέριο από αναερόβιους χωνευτήρες και ΧΥΤΑ, και σε μικρότερο βαθμό σήμερα από το Βιοϋδρογόνο. Για το τελευταίο επιφυλάσσεται μια ευρύτερη χρήση που στο μέλλον θα περιλαμβάνει την αξιοποίησή του τόσο για ηλεκτροπαραγωγή σε μικρή κλίμακα όσο και για την κίνηση οχημάτων μέσω των κυψελών καυσίμου (fuel cells). Θεωρείται δε το καύσιμο του μέλλοντος, η βάση της "κοινωνίας του υδρογόνου", της μετά το πετρέλαιο εποχής.

## 3.5 Κατηγοριοποίηση Βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της

Στην Εικόνα 3-5 Κατάταξη των τύπων της βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της πρώτης ύλης παρατίθεται ένα διάγραμμα που παρουσιάζει συνοπτικά την κατάταξη των τύπων της βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται.




**Εικόνα 3-5 Κατάταξη των τύπων της βιομάζας ανάλογα με την προέλευσή της πρώτης ύλης**

### 3.5.1 Ενεργειακές καλλιέργειες

Πρόκειται για καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη τα οποί παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. όπως παραγωγή βιοκαυσίμων. Φυτά που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο είναι: ψευδακακία, ευκάλυπτος, αγριαγκινάρα, καλάμι, σόργο, ελαιοκράμβη. Οι νέες ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και χωρίζονται στις γεωργικές και δασικές.

#### *3.5.1.1 Οι ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα*

Σύμφωνα με τους τελευταίους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν μέσω του Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης Επιδοτήσεων (ΟΣΔΕ), στον ΟΠΕΚΕΠΕ (*Οργανισμός πληρωμών και ελέγχου κοινοτικών ενισχύσεων προσανατολισμού και εγγυήσεων*) [27] εκτιμούν την έκταση ενεργειακών καλλιεργειών σε περίπου 730.000 στρέμματα το έτος 2010. Οι ενεργειακές καλλιέργειες αφορούν κατά κύριο λόγο τον ηλίανθο και δευτερευόντως την ελαιοκράμβη, ενώ λίγες εκτάσεις καλλιεργούνται με σόγια και ελάχιστες με ατρακτυλίδα.

Στην Ελλάδα, όπου η ετήσια κατανάλωση βενζίνης ανήλθε σε 4.381.000 χιλιόλιτρα για το 2010, η διάθεση βιοαιθανόλης ήταν στο ...0%, ενώ το ίδιο έτος, καταναλώθηκαν 2.027.620 χιλιόλιτρα πετρελαίου για μεταφορές, με τις ποσότητες βιοντίζελ που διατέθηκαν να διαμορφώνονται στα 132.000 χιλιόλιτρα. [28]

Η παραγωγή εντοπίζεται κυρίως στην περιοχή που εκτείνεται από την Κεντρική Ελλάδα και πάνω, ενώ αξιοσημείωτη είναι η καλλιέργεια στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, που αντιστοιχεί στο 70% περίπου της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης της χώρας μας (ειδικά ο νομός Έβρου αποτελεί περίπου το 50% της συνολικά καλλιεργούμενης έκτασης στη χώρα μας).29

#### *3.5.1.2 Γεωργικές*

Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διαχωρίζονται σε ετήσιες και πολυετείς.

##### *3.5.1.2.1 <u>Σιτάρι-Κριθάρι</u>*

Πρόκειται για ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών. Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των υπόλοιπων δημητριακών. Το κριθάρι χρησιμοποιείται κυρίως σα ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η χρήση του σιταριού και του κριθαριού τα τελευταία χρόνια είναι ευρεία για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Και τα δύο είναι ετήσια φυτά και ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών (Graminae). Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή 537,5 εκατομμύριων τόνων το 2002. Το κριθάρι από την άλλη, χρησιμοποιείται κυρίως για ως ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η παραγωγή του για το 2002 έφτασε τα 136,5 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Υπολογίζεται ότι ένα στρέμμα σιταριού μπορεί να παράγει κατά μέσο όρο 150 με 800 kg σπόρου, από τα οποία μπορούν να παραχθούν 45 με 240 λίτρα βιοαιθανόλης. 30

##### *3.5.1.2.2 <u>Αραβόσιτος</u>*

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια αραβόσιτου είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Τα τελευταία χρόνια, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης με πρώτη παραγωγό χώρα τις ΗΠΑ.

*3.5.1.2.3 Ηλίανθος*

Ο ηλίανθος είναι ετήσιο φυτό, το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια του ηλίανθου συγκεντρώνεται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού-ελαίου διατροφής.

*3.5.1.2.4 Καλάμι*

Είναι ένα πολυετές φυτό το οποίο συναντάται κοντά σε ποτάμια και σε λίμνες και γενικά δίπλα σε μέρη τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Το ύψος του φυτού μπορεί να φτάσει τα 10 μέτρα. Ως πιθανές χρήσεις του φυτού αυτού προκύπτουν με σκοπό την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.

*3.5.1.2.5 Ζαχαρότευτλα*

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διετής τύπος τεύτλου λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών σε σάκχαρα. Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

*3.5.1.2.6 Μίσχανθος*

Καλλιεργείται εδώ και πολλά χρόνια ως καλλωπιστικό φυτό. Ο χρόνος ζωής μίας τέτοιας φυτείας είναι 20-25 χρόνια. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες, επίσης παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και κιτρικών. Μελετάται η καλλιέργειά του για παραγωγή βιοκαυσίμων ή χαρτοπολτού.

*3.5.1.2.7 Αγριαγκινάρα*

Η αγριαγκινάρα είναι ένα πολυτελές είδος αγκαθιού. Ως πιθανές χρήσεις αναφέρονται η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και βιο-ελαίου.

**3.5.1.2.7.1 Παραγωγή και διάθεση στην περιοχή της Κοζάνης**

Η καλλιέργεια αγριαγκινάρας άρχισε συστηματικά το 2009 στο λεκανοπέδιο Κοζάνης-Πτολεμαΐδας με στόχο την παραγωγή πλούσιας βιομάζας που θα αναμειγνύεται με τον λιγνίτη και θα καίγεται στους σταθμούς της ΔΕΗ.

Η καλλιέργεια επιδοτήθηκε για δύο χρόνια και το 2010 παραδόθηκαν στη ΔΕΗ/ΑΗΣ Καρδιάς **1.800 τόνοι** ξηρής μάζας αγριαγκινάρας, η οποία κάηκε σε μείγμα 8-10% με λιγνίτη υπό την επίβλεψη ειδικών επιστημόνων από το εξωτερικό.

Ενδεικτικά στοιχεία σχετικά με τη θερμογόνο δύναμη φαίνεται παρακάτω [31]:

- αγκινάρας 16 -18 MJ/kg θερμική αξία, δηλαδή 2 κιλά ισοδυναμούν με 1 λίτρο πετρέλαιο
- αγριαγκινάρα: 3700-5000 kcal/kg με σπόρο
- λιγνίτης: 1200-1400 kcal/kg ή 5-6 MJ/kg

Η τιμή αγοράς της αγριαγκινάρας από τη ΔΕΗ ήταν **51ευρώ/τόνο** ξηρής μάζας, ωστόσο το 2011 η Εταιρεία καθυστέρησε να δώσει τιμή για τη φετινή απορρόφηση της παραγωγής και πολλοί στράφηκαν σε άλλες καλλιέργειες.Ως εκ τούτου, από τα 4.000 στρέμματα του 2010, το 2011 στο λεκανοπέδιο Κοζάνης – Πτολεμαΐδας καλλιεργήθηκαν μόνο **1.150 στρέμματα**. 32

*3.5.1.2.8 Σόργο και Ελαιοκράμβη*

**Γλυκός σόργος**

Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου, λόγω των πολύ υψηλών αποδόσεων, φαίνεται να μπορεί να σταθεί σε όλες τις περιπτώσεις αντικατάστασης υπαρχουσών καλλιεργειών. Λόγω περιεκτικότητας σε άμυλο και σάκχαρα εφόσον ανήκει στην κατηγορία των δημητριακών χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

**Τα πλεονεκτήματα του γλυκού σόργου**

Απαριθμώντας τα πλεονεκτήματα του γλυκού σόργου ως πρώτης ύλης για την παραγωγή βιοαιθανόλης, γίνεται λόγος για τη μεγάλη παραγωγή βιομάζας, την υψηλή απόδοση ζύμωσης (90%-92%, έναντι 85%-88% για το ζαχαροκάλαμο), την απαίτηση χαμηλής ενέργειας (1/4), τα λιγότερα απόβλητα μετά την παραγωγή αιθανόλης, σε σχέση με τα σιτηρά και την ανώτερη ποιότητα/υψηλά οκτάνια (μέχρι 25%).

Οι αποδόσεις του γλυκού σόργου σε βιομάζα κυμαίνονται συνήθως από 1,8 έως 10 τόνους ανά στρέμμα, ενώ με τη ζύμωση μπορούν να παραχθούν 380-560 λίτρα βιοαιθανόλης ανά στρέμμα.

**Ελαιοκράμβη**

Είναι ένα πλατύφυλλο είδος της οικογένειας Cruciferare και ανήκει στο γένος Brassica. Η καλλιέργειά της εξαπλώνεται με ραγδαίους ρυθμούς σ΄όλο τον κόσμο, λόγω της μεγάλης ζήτησης του λαδιού που βγαίνει από τον καρπό της.
30-50% περ/κότητα σε λάδι. 150-250 Kg/στρ/ σε σπόρο και 300-800 Kg/στρ. σε βιομάζα. Λόγω περιεκτικότητας σε λάδι χρησιμοποιείται για παραγωγή βιοντίζελ.33

***3.5.1.3 Δασικές***

*3.5.1.3.1 Ευκάλυπτος*

Ο ευκάλυπτος έχει προέλευση από την Αυστραλία, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και είναι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.

*3.5.1.3.2 Ψευδακακία*

Πρόκειται για ενδημικό δένδρο της Βορείου Αμερικής. Η ψευδακακία, εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.5.2 Μηχανική επεξεργασία παραγωγής συμπυκνωμάτων

Η απλούστερη μέθοδος μετατροπής της ποώδους Βιομάζας σε πιο βολική και αποδοτικότερη καύσιμη ύλη είναι η παραγωγή πυκνών συσσωματωμάτων με την ξήρανση και τη συμπίεσή της. Οι δύο βασικοί τύποι τέτοιων συσσωματωμάτων Βιομάζας είναι οι μπρικέτες και οι πελέτες (pellets), κυλινδρικής τις περισσότερες περιπτώσεις μορφής, διαφορετικών όμως διαστάσεων και πυκνότητας. Επιπλέον, στην περίπτωση των δασικών ξυλωδών, η μηχανική επεξεργασία περιλαμβάνει και την κατάτμησή της σε μικρά κομμάτια (πλακίδια ή θρύμματα ξύλου – wood chips).

#### *3.5.2.1 Πλίνθοι ή μπρικέτες*

Παράγονται με έκθλιψη μέσω συμπίεσης, μικρών ποσοτήτων Βιομάζας, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχουν και να σπάσουν οι ελαστικές της ίνες. Αν αυτό δεν γίνει σωστά, η Βιομάζα τείνει να ανακαταλάβει τον αρχικό της όγκο. Η συμπίεση γίνεται σε θερμοκρασία 80°-120°C και πίεση 180-250 kg/cm$^2$ με κοχλιοφόρες ή υδραυλικές πρέσες. Σε αυτές από συνθήκες, οι φαινόλες που περιέχονται στην Βιομάζα συνεργούν στην συμπύκνωσή της, δρώντας ως φυσικά συγκολλητικά.



**Εικόνα 3-6 Πλίνθοι (Μπρικέτες)**

#### *3.5.2.2 Πελέτες ή συσσωματώματα*

Η παραγωγή των πελετών Βιομάζας, είναι μια διαδικασία συμπύκνωσης με διέλαση (extrusion) που έχει τελικό προϊόν μικρούς κυλίνδρους διαμέτρου < 25mm (συνήθως 6-12mm), ύψους 10-12mm και μειωμένης υγρασίας (6-8%). Οι πελέτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν σαν καύσιμο για την παραγωγή ατμού από θερμικές μονάδες. Διακρίνονται τα εξής στάδια επεξεργασίας:

Η Βιομάζα ξηραίνεται ώστε να μειωθεί η υγρασία στο επιθυμητό ποσοστό (κάτω του 10%).

Στην συνέχεια εισέρχεται σε ειδικό μηχάνημα (pulverizer) που αλέθει και κονιορτοποιεί την ξηραμένη Βιομάζα σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος σωματιδίων.

Ακολουθεί το στάδιο της διέλασης όπου η Βιομάζα πιέζεται ώστε να περάσει μέσα από την διάτρητη έξοδο του extruder.

Οι ξηροί και θερμοί σβώλοι πλέον, προωθούνται σε θάλαμο ψύξης με ρεύμα ψυχρού αέρα απ’ όπου εξέρχονται έτοιμοι για αποθήκευση ή μεταφορά.



**Εικόνα 3-7 Πελέτες (συσσωματώματα)**

### *3.5.2.3 Πλακίδια ή θρύμματα ξύλου (wood chips)*

Είναι μικρά κομμάτια ξύλου που κόβονται από ειδικούς "μύλους" σε μέγεθος σπιρτόκουτου.
Η πρώτη ύλη είναι, είτε :
α) άχρηστα κομμάτια ξύλου, ακατάλληλα για άλλες χρήσεις, προερχόμενα από εργοστάσια παραγωγής ξυλείας,είτε,
β) δένδρα και τμήματα δένδρων που προέρχονται από υλοτομία δασών, διανοίξεις δρόμων, κλπ.

Στην πρώτη περίπτωση, τα πλακίδια παράγονται από στατικούς μύλους, συνήθως των ίδιων των βιομηχανιών ξυλείας και θωρούνται καλής ποιότητας καύσιμο. Στην δεύτερη περίπτωση, είτε τα δένδρα μεταφέρονται με φορτηγά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, είτε χρησιμοποιούνται κινητοί μύλοι για επί τόπου επεξεργασία και φόρτωση μέσα στο δάσος. Όταν τα πλακίδια αυτού του τύπου προέρχονται από επιλεγμένα, προηγουμένως καθαρισμένα τμήματα δένδρων (κορμοί και μεγαλύτερα κλαδιά), είναι πιθανότερο να έχουν ομοιόμορφες διαστάσεις, ενώ σοβαρότερα προβλήματα ανομοιομορφίας παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται ολόκληρα δένδρα.
Ξύλο στην μορφή των wood chips (που είναι φθηνότερα από τις πελέτες) χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρισμού από Βιομάζα, είτε απευθείας, είτε ύστερα από ένα δεύτερο στάδιο μετατροπής (π.χ. κονιορτοποίηση για χρήση σε καυστήρες αιωρούμενων σωματιδίων – suspension burners). Η ομοιομορφία των πλακιδίων έχει μεγάλη σημασία, αφού κομμάτια μεγαλύτερα από ένα συγκεκριμένο μέγεθος μπορούν να μπλοκάρουν τα συστήματα αυτόματης τροφοδοσίας των εργοστασίων, με αποτέλεσμα την προσωρινή διακοπή της παραγωγής.



**Εικόνα 3-8 Πλακίδια ή θρύμματα ξύλου (wood chips)**

### 3.5.3 Αξιοποίηση υπολειμματικών μορφών γεωργοκτηνοτροφικών προϊόντων

Η παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων, ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων της σύγχρονης κοινωνίας, καθώς και η συνεχώς αυξανόμενη ρύπανση του περιβάλλοντος, η οποία δε γνωρίζει σύνορα, έχει μετατοπίσει το παγκόσμιο ενδιαφέρον από την άνευ ορίων βιομηχανική ανάπτυξη στην ανάπτυξη τεχνικών και μεθόδων για μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, αλλά και για αξιοποίηση των πάσης φύσεως αποβλήτων.
Τα απόβλητα ορίζονται ως "παραπροϊόντα" των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, τα οποία αφού δεν έχουν άμεση πλέον χρησιμότητα για τον άνθρωπο, θα πρέπει να διατεθούν στο φυσικό περιβάλλον με ασφαλή τρόπο για το τελευταίο. Τα απόβλητα διαχωρίζονται σε υγρά και στερεά, ανάλογα με τη βασική τους φάση (στερεή ή υγρή) και προέρχονται από βιομηχανικές -
επαγγελματικές, οικιακές, αγροτικές καθώς και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Η επεξεργασία, τόσο των υγρών όσο και των στερεών αποβλήτων, πριν τη διάθεσή τους στους φυσικούς υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, ποτάμια, λίμνες) ή στο υπέδαφος είναι απαραίτητη διαδικασία και πρέπει να γίνεται με τέτοιες προδιαγραφές οι οποίες θα εξασφαλίζουν την ομαλή βιοαποικοδόμησή τους.

Τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα είναι μία κατηγορία αποβλήτων που δημιουργούν τεράστια προβλήματα περιβαλλοντικά , κυρίως λόγω της αυξημένης παραγόμενης ποσότητας τους και της μεγάλης περιεκτικότητας τους σε οργανικό φορτίο.
Οι αγροτοβιομηχανίες είναι συνήθως μικρές μονάδες, οι οποίες επεξεργάζονται αγροτικά προϊόντα με στόχο την παραγωγή εδώδιμων αγαθών. Ανάλογα με το είδος των παραγόμενων αγαθών γίνεται η κατηγοριοποίησή τους ως εξής:

α) γαλακτοβιομηχανίες,
β) κονσερβοποιίες
γ) ζυθοποιίες και οινοποιίες,
δ) βιομηχανίες παραγωγής και συσκευασίας κρέατος (συμπεριλαμβανομένων των κτηνοτροφικών μονάδων και των ορνιθοτροφείων),
ε) βιομηχανίες παραγωγής ζάχαρης και
στ) βιομηχανίες παραγωγής ποικίλων τροφών όπως καφές, ρύζι, κλπ.
η) βιομηχανίες παραγωγής μέσω ελαιοκαλλιεργειών, κατσίγαροι.

Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει συνήθως ένα αρχικό στάδιο καθαρισμού της πρώτης ύλης, στάδιο απομάκρυνσης των προσμίξεων, το στάδιο της κύριας επεξεργασίας για την παραγωγή του προϊόντος και το τελικό στάδιο της συσκευασίας. Ταυτόχρονα παράγονται απόβλητα τα οποία προέρχονται από απώλειες πρώτης ύλης, απώλειες προϊόντος, νερά πλύσης, συμπύκνωσης και ψύξης και κυρίως από τα υπολείμματα τα οποία προκύπτουν κατά της επεξεργασία της πρώτης ύλης.

#### *3.5.3.1 Άχυρο*

Το άχυρο κανονικά περιέχει 14-20% νερό, που εξατμίζεται κατά την καύση. Η ξηρά ουσία περιέχει περίπου 50% του άνθρακα, υδρογόνο 6%, 42% οξυγόνο καθώς και μικρές ποσότητες αζώτου, θείου, πυριτίου, αλκαλίων, χλωρίου και άλλων. Το άχυρο που χρησιμοποιείται ως καύσιμο, η περιεκτικότητα σε νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20% γιατί υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης της μονάδας από τις συμπαγείς μπάλες άχυρου.
Άχυρο από καλλιέργεια συνήθως χρησιμοποιείται για την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας για τηλεθέρμανση στη Δανία με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση και γνωστή τεχνολογία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το άχυρο χρησιμοποιείται μαζί με ροκανίδια, αστικά απόβλητα και / ή άνθρακα.

Υπήρξε μια συνολική παραγωγή άχυρου των 5,5 εκατ. τόνων ανά έτος μεταξύ 2004-2008, κατά μέσο όρο, εκ των οποίων 3,4 εκατομμύρια τόνοι ήταν που χρησιμοποιήθηκαν στη γεωργία και για ενεργειακούς σκοπούς. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει ένα ετήσιο πλεόνασμα από άχυρο, περίπου 2,1 εκατ. τόνους.

Εγκαταστάσεις θέρμανσης από άχυρο, έχουν κατασκευαστεί στη Δανία από 1980, και μέχρι σήμερα, υπάρχουν περίπου 55 μονάδες σε λειτουργία. Αρκετές από τις μονάδες έχουν δημιουργηθεί σε συνεργασία με τοπικούς αγρότες . Η εγκατεστημένη ισχύς κυμαίνεται από περίπου 500 kW έως 12 MW.[34]

### *3.5.3.2 Κλαδοδέματα*

Πρόκειται για γεωργικά υποπροϊόντα που είναι ενεργειακά αξιοποιήσιμα. Προέρχονται κατά κύριο λόγο από τη κλάδευση καλλιεργειών εσπεριδοειδών (λεμόνια, πορτοκάλια, μανταρίνια).

Χρησιμοποιούνται κυρίως ως καυσόξυλα για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, είτε των ίδιων των παραγωγών (τζάκια σπιτιών), είτε άλλων επαγγελματικών αναγκών (αρτοποιεία, φούρνοι) και για μαγείρεμα.

### *3.5.3.3 Καυσόξυλα-Ξυλεία*

Αποτελούν την αρχική πηγή καυσίμων από το 1800, όταν μετατοπίστηκε από τον άνθρακα στην αρχή και στη συνέχεια από το πετρέλαιο**.** Τα τεμάχια συμπαγούς ξύλου (κούτσουρα) είναι τα τεμάχια ξύλου ενός μήκους που ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του
λέβητα. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι είναι υλικό διαθέσιμο παντού. Μερικά από τα μειονεκτήματα που έχει το κούτσουρο είναι ότι η αυτοματοποίηση του καθίσταται δύσκολη λόγω της χειρωνακτικής φόρτωσης που απαιτείται και της δυσκολίας αποθήκευσής του, ενώ η απόδοση της καύσης του δε ξεπερνά το 75%. Γενικότερα, το ποσοστό ανακτώμενης ενέργειας από τη χρήση καυσόξυλων είναι της τάξης των 3-70 kW.

### *3.5.3.4 Ελαιουργεία*

Κατά τη διαδικασία της παραγωγής του ελαιόλαδου παράγονται κυρίως τρία είδη αποβλήτων: τα φύλλα και άλλα μέρη του δένδρου τα οποία μεταφέρονται στο ελαιοτριβείο μαζί με τον καρπό, ο πυρήνας μαζί με ένα τμήμα από το αλεσμένο μέρος του καρπού και το υδάτινο μέρος του αποβλήτου το οποίο αποτελείται από λάδι, στερεά από τον καρπό και νερό από τον καρπό αλλά και νερό το οποίο εισήχθη κατά την προετοιμασία του καρπού και κατά την παραγωγή.

Ο ελαιοπυρήνας συνίσταται από τα αλεσμένα στερεά του καρπού της ελιάς, δηλαδή από το εξωκάρπιο, το σαρκώδες μεσοκάρπιο και το αποξυλωμένο ενδοκάρπιο.

**<u>Πυρηνόξυλο</u>**

Το πυρηνόξυλο αποτελεί ένα σημαντικό ενεργειακό πόρο για τις περιοχές που καλλιεργείται η ελιά. Από 100 kg ελιάς παράγονται 20 – 25 kg κιλά ελαιόλαδο, 37 – 40 kg ελαιοπυρήνα, 5 kg φύλλα και 40 – 44 kg υγρών αποβλήτων. Το πυρηνόξυλο είναι παραπροϊόν της εξαγωγής πυρηνελαίου από τον ελαιοπυρήνα.

***<u>Ενεργειακή αξιοποίηση πυρηνόξυλου</u>***

Μπορεί να αναμιχθεί με υγρά απόβλητα ελαιουργείων και να αποτελέσει ένα αποδοτικό καύσιμο, μειώνοντας παράλληλα και τις επιπτώσεις απόρριψης των υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον. Η πυρόλυση και η αναερόβια αποσύνθεση με ταυτόχρονη εκμετάλλευση του παραγόμενου βιοαερίου αποτελούν εναλλακτικούς τρόπους εκμετάλλευσης του παραπροϊόντος αυτού.

Μία σχετικά νέα μέθοδος θέρμανσης θερμοκηπίων με χρήση βιομάζας αποτελεί η θέρμανση με ελαιοπυρηνόξυλο. Το πυρηνόξυλο από κατάλληλα σιλό μεταφέρεται σε ένα καυστήρα/λέβητα, και το θερμό νερό που παράγεται κυκλοφορώντας σε επιδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων που βρίσκεται εντός του θερμοκηπίου θερμαίνει το χώρο.
Η μέθοδος αυτή θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν τα θερμοκήπια βρίσκονται κοντά σε ελαιοπαραγωγικές περιοχές, που υπάρχει διαθέσιμο ελαιοπυρηνόξυλο, διαφορετικά η μεταφορά του κοστίζει αρκετά.
Τα συστήματα αυτά θέρμανσης βρίσκουν τελευταία πολλές εφαρμογές στην Κρήτη αλλά και αλλού για θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, καθώς παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Χαμηλό κόστος καυσίμου
- Δυνατότητα πλήρους αυτοματισμού
- Ύπαρξη τοπικά της ενεργειακής πρώτης ύλης.

Παρατηρούμε ότι στα βόρεια διαμερίσματα της χώρας, Ήπειρο, Μακεδονία, Θράκη, όπου το κλίμα είναι πιο ψυχρό και απαιτείται πιο συστηματική θέρμανση των θερμοκηπίων απ' ότι στην Κρήτη, η παραγωγή του ελαιοπυρηνόξυλου είναι χαμηλή και συνεπώς η μέθοδος θέρμανσης με το καύσιμο αυτό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη.

**Συμπερασματικά**
Τα απόβλητα διαφέρουν ως προς τη σύσταση τους ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για να παραχθεί το προϊόν αλλά και από την ποικιλία της ελιάς.
Τα περισσότερα από τα προϊόντα που παράγονται κατά την καλλιέργεια και επεξεργασία της ελιάς (φύλλα, κλαδιά, ρίζες, πυρηνόξυλο κ.α.) είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια μπορεί να παραχθεί είτε με απευθείας καύση των υλικών, είτε με καύση του παραγόμενου βιοαερίου από την σήψη της βιομάζας.
Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι δύσκολη λόγω της εποχικότητας της παραγωγής τους από Οκτώβριο έως Φεβρουάριο.

Οι μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι στιγμής για αυτήν την επεξεργασία χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

- Βιολογικές
- Χημικές
- Βιοχημικές

### *3.5.3.5 Παραγωγή βιοαερίου από απόβλητα ελαιουργείων*

Τα απόβλητα των ελαιουργείων έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, είναι δύσκολα επεξεργάσιμα με συμβατικά συστήματα αερόβιας βιολογικής επεξεργασίας, περιέχουν πολλές οργανικές ουσίες και είναι κατάλληλα για παραγωγή βιοαερίου με αναερόβια χώνευση. Σε μία πιλοτική εγκατάσταση επεξεργασίας ελαιουργικών αποβλήτων στην Κάνδανο Χανίων τα απόβλητα καθιζάνουν με την παραμονή τους σε μεγάλες δεξαμενές για ορισμένο χρονικό διάστημα. Το υπερκείμενο υγρό και το υπόλειμμα υφίστανται αναερόβια χώνευση σε διαφορετικούς χωνευτές με διαφορετικούς χρόνους παραμονής. Το παραγόμενο βιοαέριο οδηγείται σε αεριοφυλάκιο, από όπου στη συγκεκριμένη εγκατάσταση καίγεται ελεύθερα.35

### *3.5.3.6 Κτηνοτροφικά*

Τα απορρίμματα από κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις χωρίζονται ανάλογα με τη μορφή που συναντώνται σε:

- Υγρά-Ημιυγρά: χοιροστάσια, βουστάσια

- Ημιστερεά: βουστάσια, πτηνοτροφεία αυγοπαραγωγής, κονικλοτροφεία
- Στερεά: Βουστάσια, πτηνοτροφεία κρεοπαραγωγής, αιγοπροβατοστάσια

Η επεξεργασία των αποβλήτων που προέρχονται από ζώα, στοχεύει στην αραγωγή ενέργειας και στη βελτίωση των λιπαντικών ιδιοτήτων των αποβλήτων. Πλούσια σε ινώδη κυτταρινούχα συστατικά, αμμωνιακό άζωτο και οργανική ουσία (80-90% των ολικών τους στερεών) με pH σταθερά πάνω από 7,0. Εξαιρετικά κατάλληλα για σταθερή και 'αυθόρμητη' παραγωγή βιοαερίου.

Η παραγωγή βιοαερίου από υγρά κτηνοτροφικά απόβλητα είναι μια διαδικασία με πολλές προοπτικές στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
Οι αγροτικές μονάδες βιοαερίου επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που κυρίως προέρχονται από την αγροτική παραγωγή. Τα συνηθέστερα είδη πρώτης ύλης για αυτές τις εγκαταστάσεις είναι η ζωική στερεή και η υδαρής κοπριά, τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα από τη συγκομιδή λαχανικών και άλλων αγροτικών προϊόντων και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Η στερεή και η υδαρής κοπριά από βοοειδή και χοίρους είναι η κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών μονάδων βιοαερίου αν και ο αριθμός των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τις ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνεται τα τελευταία χρόνια.

Ένα σύστημα διαχείρισης ζωικών λυμάτων με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος θεωρείται επιτυχημένο όταν αποτελείται από τα παρακάτω στάδια, τα οποία είναι:

- η ελαχιστοποίηση του όγκου των λυμάτων
- η συλλογή - απομάκρυνση των λυμάτων
- η μεταφορά των λυμάτων
- η αποθήκευση των λυμάτων
- η επεξεργασία των λυμάτων
- η διάθεση των λυμάτων

### *3.5.3.7 Πτηνά*

Σχεδόν σε όλα τα στάδια λειτουργίας παράγονται απόβλητα ως εξής:

1. Υγρά απόβλητα:
   · Μικρές ποσότητες λυμάτων από την έκπλυση των υποστατικών.
2. Στερεά απόβλητα:
   · Κοπριά
   · Νεκρά πτηνά
   · Υλικά συσκευασιών
3. Αέριες εκπομπές, Σκόνες, Θόρυβοι:
   · Εκπομπή αέριων ρύπων από την κοπριά (δύσοσμες ουσίες, αμμωνία)
   · Θόρυβος και εκπομπή ρύπων από την κίνηση των οχημάτων από και προς το πτηνοτροφείο.
   · Θόρυβος και σκόνες κατά την διάρκεια της διαδικασίας συλλογής και μεταφοράς των πτηνών στο σφαγείο.

### *3.5.3.8 Χοίροι*

Για να καλυφθούν οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε χοιρινό κρέας, έχει αλλάξει ουσιωδώς ο τρόπος εκτροφής των χοίρων. Βασικό χαρακτηριστικό της νέας αυτής μορφής εκτροφής είναι η αύξηση του μεγέθους των μονάδων, η υψηλή συγκέντρωση των ζώων ανά μονάδα επιφάνειας και η ολοένα και μεγαλύτερη παραγωγή λυμάτων.
Τα παραπάνω χαρακτηριστικά οξύνουν το πρόβλημα της διάθεσης των λυμάτων χοιροστασίων, τα οποία μάλιστα χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής λόγω του γεγονότος ότι τόσο η οργανική ουσία όσο και τα θρεπτικά συστατικά που εμπεριέχονται σε αυτά απαντώνται σε μεγάλη ποσότητα.

Τα απόβλητα χοιροστασίων είναι συνήθως υγρής μορφής και αποτελούνται από:

I. Νερό

II. Οργανική ουσία

III. Θρεπτικά στοιχεία

IV. Άλατα

V. Παθογόνους μικροοργανισμούς

### *3.5.3.9 Βοοειδή*

Βοοτροφία ορίζεται ο κλάδος της Κτηνοτροφίας ο οποίος έχει ως αντικείμενο την εκτροφή των βοοειδών, για την παραγωγή κυρίως γάλακτος, κρέατος και δέρματος.
Οι κοπριές των ζώων αποθηκεύονται συνήθως στις περιοχές γύρω από μεσαίου και μεγάλου μεγέθους κτηνοτροφικές μονάδες και δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα όπως μόλυνση υπόγειων υδάτων ή εκπομπή αερίων και οσμών. Οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί πλέον συνιστούν για την διαχείριση των αποβλήτων είτε κομποστοποίηση είτε παραγωγή βιοαερίου.

### *3.5.3.10 Τυροκομικά*

Λόγω του υψηλού ρυπαντικού φορτίου και της ποσότητας παραγόμενου αποβλήτου η πιο συνηθισμένη μέθοδος διαχείρισης των αποβλήτων των τυροκομείων είναι η αναερόβια χώνευση ή για την αποφυγή προβλημάτων υπερφόρτισης των δεξαμενών επεξεργασίας η αναερόβια συγχώνευση με άλλα απόβλητα που παράγονται στην περιοχή. Εκτός από τη χρήση τους σε ανάμειξη με άλλα απόβλητα κτηνοτροφικών διαδικασιών, η αξιοποίηση του τυρογάλακτος στην παραγωγή βιοαερίου οδηγεί επιπλέον και στην επίλυση του προβλήματος των αποβλήτων των τυροκομείων.

Μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των αποβλήτων αυτών είναι οι ακόλουθες:

1) Αναερόβια χώνευση
2) Αερόβια επεξεργασία
3) Αναερόβια –αερόβια-Επιπλεόντων φυτών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ
Σε σύγκριση με τα περισσότερα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα το απόβλητο των τυροκομικών προϊόντων είναι ένα υποπροϊόν που παράγεται καθ’όλη τη διάρκεια του χρόνου, οπότε μπορεί να διατίθεται για επεξεργασία συνεχώς.

### 3.5.4 Ανθρώπινες διεργασίες –Αστικό περιβάλλον

#### *3.5.4.1 Δημοτικά-Αστικά απόβλητα*

Τα προβλήματα της διαχείρισης των απορριμμάτων έχουν οξυνθεί τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα με αποτέλεσμα αρκετές σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πρόκειται για στερεά απόβλητα που παράγονται από τα νοικοκυριά (οικιακά απόβλητα) , εμπορικές δραστηριότητες (εμπορικά απόβλητα), τον καθαρισμό των δρόμων και άλλων κοινόχρηστων χώρων, στερεά απόβλητα από ιδρύματα ,νοσοκομεία, επιχειρήσεις κλπ.

Σύμφωνα με το υλικό σύνθεσης τους χωρίζονται σε:

1. Χαρτί-χαρτόνι
2. Μέταλλα
3. Γυαλί
4. Ύφασμα, δέρμα, λάστιχο ,ξύλο
5. Πλαστικά
6. Αδρανή
7. Ζυμώσιμα
8. Υπόλοιπα

Περισσότερη ανάλυση για τη προέλευση και τη σύσταση των αστικών αποβλήτων, καθώς και για τους βιολογικούς καθαρισμούς γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο.

### 3.5.5 Αστικά Απορρίμματα και βιολογικοί καθαρισμοί

Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου που συνεχώς αυξάνεται σε συνάρτηση με την οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων φέρει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας των σκουπιδιών καθώς και τη διαφοροποίηση της σύστασης τους.

Η ανάγκη επεξεργασίας καθαρισμού των αποβλήτων έγινε αισθητή μετά την επέκταση των δικτύων υπονόμων και την αποχέτευση σε αυτά των λυμάτων. Για να αντιμετωπισθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη διάθεση των αποβλήτων σε μεγάλες εκτάσεις, αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι καθαρισμού των αποβλήτων με επιτάχυνση του ρυθμού μέσα σε ευνοϊκό τεχνητό περιβάλλον.

#### *3.5.5.1 Βιολογικοί Καθαρισμοί*

Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται μέσω μίας διαδικασίας που ονομάζεται βιολογικός καθαρισμός και έχει σκοπό τη μείωση του οργανικού φορτίου και τον καθαρισμό των λυμάτων.

Κατά το βιολογικό καθαρισμό γίνεται η αερόβια επεξεργασία των λυμάτων και η διάσπαση των διαλυμένων οργανικών υλικών με τη συμμετοχή μικροοργανισμών.

Αποτελεί τη δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων, καθώς έπεται συνήθως της πρωτοβάθμιας μηχανικής επεξεργασίας και ακολουθείται, όταν αυτό είναι απαραίτητο, από τριτοβάθμια φυσικοχημική επεξεργασία.

**Στάδια επεξεργασίας των λυμάτων**

Η βιολογική διεργασία πραγματοποιείται μέσα σε μία δεξαμενή, το βιοαντιδραστήρα, όπου διοχετεύονται τα απόβλητα, αφού σε προηγούμενη βαθμίδα έχει γίνει κατακράτηση των στερεών υλών που περιέχονται σε αυτά. Μέσα στο βιοαντιδραστήρα υπάρχει μεγάλος αριθμός ετεροτροφικών μικροοργανισμών, που αποτελούν τη βιολογική ιλύ (λάσπη), ενώ παράλληλα, μέσω ενός συστήματος αερισμού, διοχετεύεται στη μάζα των αποβλήτων αέρας, που είναι απαραίτητος για τη διεργασία, και γίνεται συνεχής ανάδευση του νερού και της βιολογικής μάζας. Συχνά, αντί για αέρας διοχετεύεται στα απόβλητα καθαρό οξυγόνο, που αυξάνει την απόδοση του βιοαντιδραστήρα, δηλαδή την ικανότητα επεξεργασίας αποβλήτων ανά μονάδα όγκου του.

Οι μικροοργανισμοί διασπούν τους οργανικούς ρύπους και τρέφονται από αυτούς, ενώ ταυτόχρονα πολλαπλασιάζονται. Όταν πλέον οι μικροοργανισμοί καταναλώσουν όλη την ποσότητα των οργανικών ουσιών που έχουν την ικανότητα να διασπάσουν και ολοκληρωθεί η βιολογική διεργασία, αρχίζουν να καταναλώνουν το δικό τους οργανικό υλικό, οπότε μειώνεται η συνολική τους μάζα.

Τότε τα απόβλητα διοχετεύονται σε μία δεξαμενή καθίζησης, όπου οι εναπομείναντες ζώντες μικροοργανισμοί διαχωρίζονται και αναδιοχετεύονται στο βιοαντιδραστήρα, ενώ το καθαρισμένο νερό μπορεί να μεταβιβαστεί σε υδάτινους αποδέκτες στο περιβάλλον ή να περάσει από τρίτη βαθμίδα επεξεργασίας.

Μετά το διαχωρισμό των μικροοργανισμών, στη δεξαμενή καθίζησης παραμένει ένα υπόλειμμα (ιλύς) από στερεά υλικά, οργανικές ουσίες που δεν αποικοδομήθηκαν, νεκρούς μικροοργανισμούς κ.λπ. Η ιλύς αυτή πρέπει να αδρανοποιηθεί πριν απορριφθεί στο περιβάλλον, πρέπει επομένως να υποστεί επεξεργασία-συμπύκνωση (πάχυνση), αερόβια ή αναερόβια ζύμωση για τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων, αφυδάτωση και τελικά απόθεση στο περιβάλλον ή καύση. Πρόσφατα, άρχισαν να εφαρμόζονται δύο μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας της ιλύος, η θέρμανση υπό πίεση και η υγρή οξείδωση. Η ανάγκη επεξεργασίας της ιλύος εισάγει γενικά ένα επιπλέον κόστος στη διαδικασία του βιολογικού καθαρισμού.

Στην Εικόνα 3-9 φαίνεται πρότυπο δικτύου εργοστασίου επεξεργασίας λυμάτων (βιολογικός καθαρισμός).




**Εικόνα 3-9 Εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού**

### *3.5.5.2 Waste water*

Ορίζεται ως κάθε νερό που έχει επηρεαστεί αρνητικά στη σύσταση του ύστερα από την ανθρώπινη ή περιβαλλοντική παρέμβαση. Αποτελούνται από υγρά απόβλητα που συναντώνται σε βιομηχανία, γεωργία, οικιακά ακίνητα, εμπορικά ακίνητα και μπορούν να είναι αιτία πληθώρας ρύπων και πολλών περιβαλλοντικών άσχημων επιπτώσεων.

Χαρακτηριστικά είδη υγρών αποβλήτων αναφέρονται παρακάτω:

- Ανθρώπινα απόβλητα, συνήθως από αποχωρητήρια, γνωστά και ως Blackwater
- Νερά πλύσης (πλυντήριο, διαδικασία προσωπικού πλυσίματος ή αντικειμένων) γνωστά και ως sullage ή greywater
- Διείσδυση θαλασσινού νερού (αλάτι ή μικροοργανισμοί)
- Εισροή υδάτων ποταμών ( περιεκτικότητα σε πιθανώς μεγάλη ποσότητα ζωντανών μικροοργανισμών)
- Βιομηχανικά απόβλητα
- Αποστράγγιση βιομηχανικών εργοταξίων (λάσπη, άμμος, χημικά κατάλοιπα, πετρέλαιο)
- Αστική απορροή από βροχοπτώσεις σε δρόμους, σπίτια κλπ.
- Υπόλοιπα πλεονάζοντα υγρά από διάφορες οικιακές χρήσεις( μαγειρικό λάδι, ποτά, υγρά καθαρισμού, λιπάσματα κλπ.)
- Σύνολο αποχετεύσεων δημοσίων και ιδιωτικών
- Υπόγεια ύδατα που εισρέουν στις αποχετεύσεις.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΒΙΟΜΑΖΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας, ουσιαστικά οι χημικές διεργασίες που μπορούν να γίνουν για να αξιοποιηθεί παραγωγικά η βιομάζα. Στη συνέχεια αναλύονται οι τεχνολογίες μέσω των οποίων γίνεται η ηλεκτροπαραγωγή.

## 4.1 Τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας

Ορισμένες τεχνολογικές εφαρμογές που προκύπτουν από κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας αναφέρονται παρακάτω:

### 4.1.1 Καύση

Η απευθείας καύση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια, θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, και παγκοσμίως παρέχει το 90% της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα. Συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες θερμοχημικές διεργασίες (αεριοποίηση, πυρόλυση), είναι πιο απλή και περισσότερο αναπτυγμένη.
Για τον σχεδιασμό της εστίας καύσης ή του λέβητα όπου θα γίνεται καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας, αναλύεται η ακολουθία των διεργασιών, που συντελούνται κατά την καύση των στερεών καυσίμων. Στο πρώτο βήμα αυτής της αλληλουχίας καταναλώνεται ενέργεια: πρόκειται για την εξάτμιση του περιεχομένου νερού στο καύσιμο, δηλαδή την ξήρανση.

Η διεργασία της καύσης πραγματοποιείται σε στάδια. Αμέσως μετά την είσοδο του καυσίμου στο θάλαμο καύσης θερμαίνεται γρήγορα λόγω ακτινοβολίας των τοιχωμάτων και λόγω συναγωγής από τα θερμά αέρια που υπάρχουν στο θάλαμο. Η υγρασία του καυσίμου απομακρύνεται, όπως απομακρύνονται και τα πτητικά συστατικά του. Τότε τα πτητικά αναφλέγονται και παραμένει ο καθαρός άνθρακας που καίγεται. Η διάρκεια του κάθε βήματος, όπως επίσης και ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από τη φύση του καυσίμου και το μέγεθος των σωματιδίων του.

Είναι χαρακτηριστικό των βιοκαυσίμων ότι τα τρία τέταρτα ή και περισσότερο της ενέργειας τους περιέχεται στην πτητική ύλη (εν αντιθέσει, το ποσοστό στον άνθρακα είναι λιγότερο απ' το μισό). Επομένως είναι υψίστης σημασίας ο σχεδιασμός οποιουδήποτε καυστήρα ή λέβητα να εξασφαλίζει την καύση των πτητικών ουσιών ώστε να μη διαφεύγουν από την καμινάδα άκαυστα. Για την πλήρη καύση, ο αέρας πρέπει να έρχεται σε επαφή με όλη τη μάζα του καυσίμου, γεγονός που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας καύσιμο τεμαχισμένο σε μικρά κομμάτια. Η ροή του αέρα πρέπει να είναι ελεγχόμενη. Μικρή ποσότητα οξυγόνου οδηγεί σε ατελή καύση και παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ενώ μεγάλη περίσσεια αέρα είναι ενεργοβόρα, δεδομένου ότι μεταφέρει τη θερμότητα στο ρεύμα καυσαερίων.

#### *4.1.1.1 Μικτή καύση βιομάζας*

Η μικτή καύση βιομάζας με ορυκτά καύσιμα (άνθρακα, λιγνίτη) προωθείται σε μεγάλο βαθμό, στις υφιστάμενες μονάδες παραγωγής ενέργειας, με άμεσο στόχο διείσδυσης 10% επί της συνολικής τροφοδοσίας (με βάση τη θερμογόνο δύναμη του μίγματος) ενώ προβλέπεται μελλοντική διείσδυση ως 35%.
Στο λεκανοπέδιο Κοζάνης - Πτολεμαΐδας σε χωράφια που βρίσκονται στη «σκιά» των ατμοηλεκτρικών σταθμών του λιγνίτη έχει δημιουργηθεί εγκατάσταση μικτής καύσης βιομάζας από αγριαγκινάρα-λιγνίτη. Στόχος της πρωτοποριακής προσπάθειας την οποία επωμίστηκαν εξ ολοκλήρου η Αυτοδιοίκηση και η «Αναπτυξιακή Κοζάνης Α.Ε.» ήταν να παραχθεί μια πλούσια βιομάζα που θα αναμειγνύεται με τον λιγνίτη και θα καίγεται στους ΑΗΣ, προσφέροντας πολλαπλά οφέλη τόσο στο περιβάλλον όσο και στην τοπική αγροτοοικονομία. 36

#### *4.1.1.2 Πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας της καύσης*

Υποσχόμενα πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας αποτελούν:

α) η καύση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη υψηλής απόδοσης που μπορεί να αξιοποιήσει μεγάλο εύρος μίγματος καυσίμων περιεκτικότητας μέχρι και 60% σε υγρασία,

β) η καύση κονιορτοποιημένης βιομάζας σε κεραμικούς αεριοστρόβιλους, η οποία αναμένεται να γίνει εμπορική στο άμεσο μέλλον σε κλίμακα 0,1-0,5 MW. Κατά τη συγκεκριμένη καύση παράγεται θερμότητα ή πεπιεσμένος ατμός, ο οποίος στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή χρήση βιομάζας ως καυσίμου σε μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής σε περιοχές που η παραγόμενη θερμική ενέργεια μπορεί να διατεθεί σε κοντινούς καταναλωτές, η οποία μπορεί να αποδειχθεί οικονομικά ελκυστική. Εκτός από τη θερμότητα παράγεται και ηλεκτρισμός.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που παράγεται κατά την καύση, συμπεριλαμβανομένων του ατμοστροβίλου, των μηχανών Stirling 4.2.6, έμμεσης καύσης αεριοστροβίλου και άμεσης καύσης αεριοστροβίλου 4.2.3

### 4.1.2 Πυρόλυση

Τα τελευταία χρόνια το επίκεντρο της προσοχής βρίσκεται στην παραγωγή πυρολυτικών λαδιών από βιομάζα, τα οποία είναι ευκολότερα στο χειρισμό και έχουν υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο (για τον ίδιο όγκο) από τη βιομάζα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμο σε λέβητες, μηχανές και στροβίλους. Ωστόσο τα λάδια έχουν κάποιες ανεπιθύμητες ιδιότητες, όπως χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, υψηλό ιξώδες και είναι ασταθή κατά τη θέρμανσή τους.

Πρόκειται για τη θερμική αποδόμηση της βιομάζας απουσία οξειδωτικού μέσου (αέρα) λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 500 – 800 °C και παράγονται αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, οι σχετικές αναλογίες των οποίων, εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, το χρόνο παραμονής, το είδος της πρώτης ύλης βιομάζας και τη χρήση καταλυτών. Το βιοέλαιο αποτελεί το κύριο προϊόν της διεργασίας πυρόλυσης και αποτελείται από τις παρακάτω οργανικές ενώσεις: οξέα, αλκοόλες, αλδεΰδες, εστέρες, κετόνες, σάκχαρα και φαινόλες. Τα αέρια προϊόντα της πυρόλυσης αφορούν σε μίγματα H2, CH4, CO, CO2 και ελαφρών υδρογονανθράκων.
Τόσο τα αέρια όσο και οι ατμοί της υδατικής φάσης αποτελούν δυνάμει καύσιμο των κυψελών καυσίμου τύπου SOFC(solid oxide fuel cells) **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**.

### 4.1.3 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο. Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καύσιμων (και μη) αερίων. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas).
Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρας, η θερμογόνος δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις, πάντως, η θερμογόνος δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού.
Η θερμογόνος δύναμη του αερίου σύνθεσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (περίπου το ένα τρίτο αυτής του φυσικού α ερίου) και για αυτό απαιτούνται εξειδικευμένες μηχανές για την καύση του.

Διάφορες εφαρμογές αεριοποίησης βιομάζας έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκόσμια με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με καύση σε λέβητες, μηχανές ντήζελ, αεριοστροβίλους 4.2.3. ή μηχανές δίδυμου καυσίμου μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων, της πίσσας και του νερού. Σε βιομηχανική κλίμακα η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίνη και η επακόλουθη καύση του παραγόμενου αερίου σε τυπικό λέβητα φαίνεται να είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος χρήσης βιομάζας, καθώς δεν απαιτούνται σοβαρές μετατροπές στους τυπικούς λέβητες ούτε καθαρισμός του αερίου (χαμηλό κόστος). Η συνδυασμένη καύση του αερίου με στερεά καύσιμα (κάρβουνο) είναι επίσης επιτεύξιμη. Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών αεριοποίησης βιομάζας και συνδυασμένου κύκλου με την ανάκτηση θερμότητας ανοίγει τον δρόμο στη ηλεκτροπαραγωγή από βιομάζα με υψηλές αποδόσεις. Αποδόσεις σε παραγωγή ηλεκτρισμού 35-45% θεωρούνται εφικτές ενώ με συμπαραγωγή επιπλέον απόδοση 30-50% μπορεί να επιτευχθεί με τη μορφή ενθαλπίας χαμηλής θερμοκρασίας.

Τέλος η ανάπτυξη κυψελών καυσίμου 0 επιτρέπει την άμεση μετατροπή της χημικής ενέργειας του παραγόμενου αερίου σε ηλεκτρισμό επιτυγχάνοντας αποδόσεις της τάξης των 40-60%. Για κυψέλες που λειτουργούν σε υψηλή θερμοκρασία είναι εφικτή η αύξηση της απόδοσης με ανάκτηση θερμότητας. Αν και οι κυψέλες καυσίμου φαίνονται επαρκείς για παραγωγή ηλεκτρισμού σε εφαρμογές μικρής κλίμακας απαιτείται περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη και μείωση του κόστους για την ευρύτερη χρήση τους.

### 4.1.2 Αναερόβια χώνευση

Από την κατηγορία των βιοχημικών μεθόδων επεξεργασίας, μεγαλύτερο ρόλο σήμερα παίζει *η αναερόβια χώνευση*, δηλαδή η αποσύνθεση οργανικής ύλης από ένα μίγμα συμβιωτικών μικροοργανισμών όπως τα βακτήρια, απουσία μοριακού οξυγόνου, για την παραγωγή αερίου καυσίμου πλούσιου σε μεθάνιο (Βιοαερίου). Η διαδικασία αυτή θα μας απασχολήσει περισσότερο στο κεφάλαιο 5.3.

## 4.2 Τεχνολογίες Παραγωγής Ηλεκτρισμού από Βιομάζα

Παρακάτω αναλύονται μονάδες που χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα όπως πετρέλαιο κλπ.
Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται οι παλινδρομικές μηχανές, οι αεροστροβιλικές μονάδες, οι μικροτουρμπίνες, οι ατμολέβητες και οι κυψέλες καυσίμου. Συνήθως σε συστήματα συμπαραγωγής χρησιμοποιούνται μικροί ατμοστρόβιλοι ή αεριοστρόβιλοι.

### 4.2.1 Ατμοστρόβιλοι

Ο ατμοστρόβιλος εξαρτάται από κάποια χωριστή πηγή ενέργειας και δεν μετατρέπει άμεσα το καύσιμο σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ατμοστρόβιλοι (τουρμπίνες) είναι κινητήριες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό υψηλής πίεσης που παράγεται σε κάποιο λέβητα ή ατμοπαραγωγό ανάκτησης θερμότητας για την παραγωγή κινητικής ενέργειας. Στα καύσιμα των λεβήτων συμπεριλαμβάνονται ορυκτά καύσιμα, όπως ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ή ανανεώσιμα καύσιμα, όπως το ξύλο ή τα αστικά απορρίμματα. Ο ατμοστρόβιλος μπορεί να αποτελείται από πολλές βαθμίδες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να οριστεί με την ανάλυση της εκτόνωσης του ατμού από μία υψηλότερη σε μία χαμηλότερη πίεση.
Ο θερμοδυναμικός κύκλος του ατμοστροβίλου είναι ο κύκλος Rankine, παρόλο που εφαρμόζονται και κάποιοι άλλοι, όπως οι κύκλοι αναθέρμανσης και αναγέννησης, και ο
συνδυασμένος κύκλος. Ο κύκλος Rankine είναι ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών
ηλεκτροπαραγωγής και συνίσταται κατ' αρχήν από μια πηγή θερμότητας (λέβητας) που μετατρέπει το νερό σε ατμό υψηλής πίεσης. Ο ατμός ρέει μέσα από το στρόβιλο και παράγει
μηχανική ισχύ, και μπορεί να είναι υγρός, ξηρός κορεσμένος ή υπέρθερμος. Όταν εξέρχεται από τον στρόβιλο συμπυκνώνεται και επιστέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των στροβίλων είναι:

- Η κατανάλωση ατμού, tn/h
- ολικός και οι μερικοί βαθμοί απόδοσης
- Η πραγματική ισχύς.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στα κτίρια, χρησιμοποιούνται κυρίως συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) με τυπική τεχνολογία ατμοστροβίλων.
Οι μικρού μεγέθους ατμοστρόβιλοι (< 25 MW) είναι συνήθως ακριβοί και με μικρές αποδόσεις.
Πολύ μεγάλες μονάδες ατμοστροβίλων μπορεί να έχουν 30-40% ηλεκτρική απόδοση. Τεχνολογία ατμοστροβίλων χρησιμοποιείται κατά κόρον στη Δανία. 24 παραπάνω2424



**Εικόνα 4-1 Ατμοστρόβιλος τεχνολογίας Alstom**

### 4.2.2 Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ)

Μια μηχανή εσωτερικής καύσης μετατρέπει την ενέργεια που περιέχεται σε κάποιο καύσιμο σε μηχανική ενέργεια. Αυτή η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός άξονα μέσα στη μηχανή. Μια γεννήτρια συνδέεται με τη μηχανή εσωτερικής καύσης για τη μετατροπή της περιστροφικής κίνησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι διαθέσιμες από μικρά μεγέθη (5kW για εφεδρική γεννήτρια σε κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel.

Υπάρχουν διάφορα είδη ΜΕΚ από τα οποία δύο είναι περισσότερα κατάλληλα για στατικές εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής: *τετράχρονες μηχανές με σπινθηριστή (κύκλος Otto)* και οι μηχανές ανάφλεξης με συμπίεση *(κύκλος Diesel)*.

Τα κύρια μηχανικά μέρη των μηχανών κύκλου Otto και Diesel είναι τα ίδια. Και οι δύο χρησιμοποιούν ένα κυλινδρικό θάλαμο καύσης κατά μήκος του οποίου κινείται ένα κατάλληλα εφαρμοσμένο έμβολο. Το έμβολο συνδέεται σε έναν στροφαλοφόρο άξονα που μετασχηματίζει τη γραμμική κίνηση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο σε περιστροφική κίνηση στο στροφαλοφόρο άξονα.Οι περισσότερες μηχανές διαθέτουν πολλαπλούς κυλίνδρους που κινούν ένα κοινό στροφαλοφόρο άξονα. Τόσο οι μηχανές κύκλου Otto όσο και οι τετράχρονες μηχανές Diesel ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

1) εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο,
2) συμπίεση με καύση του καυσίμου,
3) επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος), και
4) αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο.

Η κύρια διαφορά μεταξύ των κύκλων Otto και Diesel είναι η μέθοδος της καύσης του καυσίμου. Στον κύκλο Otto χρησιμοποιείται ένας σπινθηριστής για την ανάφλεξη ενός έτοιμου μίγματος αέρα καυσίμου που εισάγεται στον κύλινδρο. Από την άλλη, μια μηχανή Diesel συμπιέζει τον αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο σε υψηλή πίεση, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του στα επίπεδα της θερμοκρασίας ανάφλεξης του καυσίμου που εγχέεται υπό υψηλή πίεση.

Ένα παράδειγμα ΜΕΚ είναι η εγκατάσταση του ΧΥΤΑ στα Άνω Λιόσια που γίνεται εκτενής ανάλυση στην παρούσα εργασία στο κεφάλαιο 7. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι μηχανές αυτές λειτουργούν για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από ακατέργαστο βιοαέριο που εκλύεται από την αναερόβια χώνευση των αστικών απορριμμάτων.

Πλεονεκτήματα

- Σχετικά υψηλή απόδοση ανεξαρτήτως φορτίου
- Σχετικά μικρό αρχικό κόστος ανά kW ηλεκτρικής ισχύος

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος συντήρησης
- Ατμός χαμηλής πίεσης και ζεστό νερό χαμηλής θερμοκρασίας

### 4.2.3 Αεριοστρόβιλοι

Οι αεριοστρόβιλοι χρησιμοποιούν τα θερμά αέρια που παράγονται άμεσα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Το θερμό αέριο εκτονώνεται μέσα από τα πτερύγια του δρομέα του στροβίλου αναγκάζοντας τα να κινηθούν.

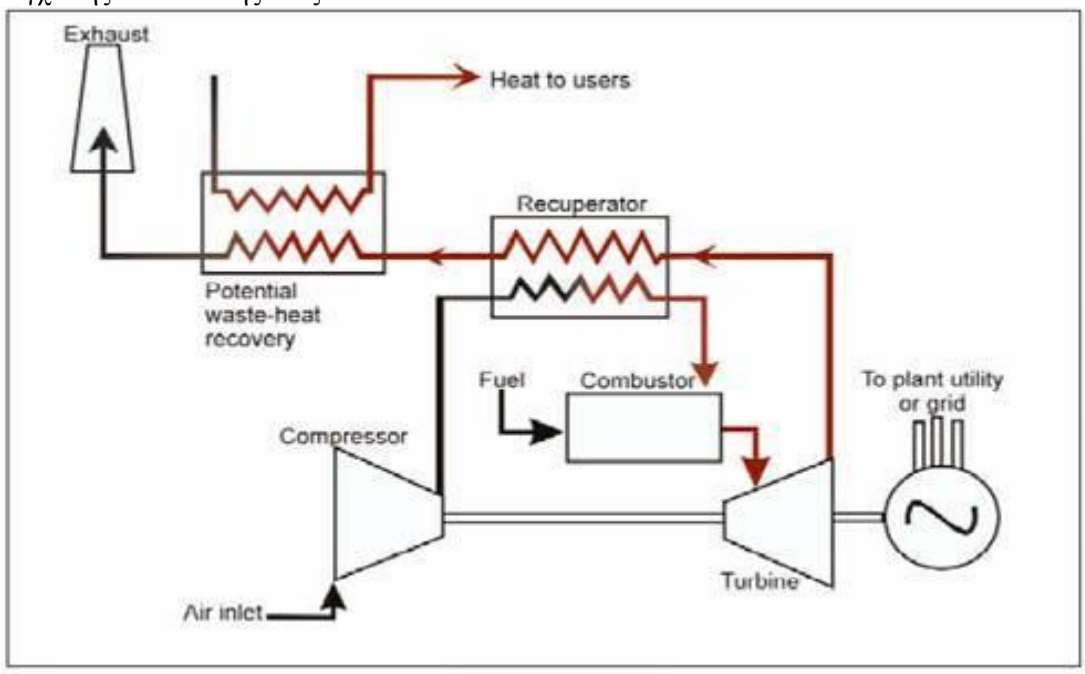


**Εικόνα 4-2 Μορφή αεριοστροβίλου σε ΣΗΘ**

### 4.2.4 Μικροτουρμπίνες

#### *4.2.4.1 Εισαγωγή*

Οι μικροτουρμπίνες είναι μικροί στρόβιλοι αερίου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για μικροσκοπικές αεριωθούμενες μηχανές που συνδέονται με μικρές ηλεκτρικές γεννήτριες. Έχουν περίπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία τους επιτρέπουν να παρέχουν ασφαλή και αποδοτική λειτουργία με διαρκή έλεγχο της κατάστασης τους.




**Εικόνα 4-3 Δομή γεννήτριας με μικροτουρμπίνα αερίου**

Αντίθετα από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, οι μικροτουρμπίνες μπορούν να χρησιμοποιούνται από ιδιώτες, εγκαθίστανται εύκολα, έχουν χαμηλές εκπομπές ρύπων και βρίσκονται ακριβώς δίπλα στη ζήτηση της ενέργειας – οικία ή επιχείρηση. Σε περιπτώσεις όπου τα τιμολόγια του αερίου είναι χαμηλά – που είναι και το σύνηθες - ενώ η ηλεκτρική

ενέργεια σχετικά ακριβή, καθίσταται πιο οικονομική η χρησιμοποίηση μονάδων μικροτουρμπίνων αντί της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου.

Έχοντας ως μέτρο σύγκρισης τους μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι ολόκληρα κτίρια με παραγόμενη ισχύ από 600MW ως 1000MW, το μικρό μέγεθος των μικροτουρμπίνων είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα, που επιτρέπει την τοποθέτησή τους ακριβώς δίπλα στο φορτίο. Αυτό αποβάλλει τις ενεργειακές απώλειες που εμφανίζονται συνήθως κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία της ζήτησης.

Οι μικροτουρμπίνες έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να συνδυάσουν την αξιοπιστία των γεννητριών των εμπορικών αεροσκαφών, με το χαμηλό κόστος των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν τουρμπίνες (turbochargers).

#### *4.2.4.2 Χαρακτηριστικά[37]*

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μικροτουρμπίνων είναι:

- Σχεδόν αθόρυβη λειτουργία με λίγες δονήσεις
- Χαμηλά επίπεδα εκπομπής καυσαερίων(< 9 – 50 ppm) NOx
- Υψηλές ταχύτητες της τάξης των 60,000 rpm
- Μικρές ανάγκες συντήρησης και υψηλή αξιοπιστία
- Εύρος ισχύος 25 – 250 kW
- Καύσιμα Φυσικό αέριο, υδρογόνο, LPG, diesel
- Ηλεκτρική απόδοση 20 – 30% (με προθέρμανση)
- Απόδοση συμπαραγωγής μέχρι και 90%
- Ποιότητα παραγόμενης θερμότητας ,παραγωγή ζεστού νερού χαμηλής προς υψηλής θερμοκρασίας (50 – 80°C)



**Εικόνα 4-4 Συστοιχία μικροτουρμπινών**

#### *4.2.4.3 Απόδοση-εφαρμογές*

Όταν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές συνδυασμένης θερμότητας και ισχύος (combined heat and power – χρήση της μηχανής για την ταυτόχρονη παραγωγή όχι μόνο ηλεκτρικής ισχύος αλλά και χρησιμοποιούμενης θερμότητας), συχνά επιτυγχάνονται αποδόσεις μεγαλύτερες από 80%.

Οι μικροτουρμπίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή ισχύος σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης, για ποιοτική και αξιόπιστη παραγωγή ισχύος και κυρίως σε εφαρμογές συμπαραγωγής θερμότητας. Οι μικροτουρμπίνες μπορούν να είναι πολύ χρήσιμες για εγκαταστάσεις μικρών εμπορικών κτιρίων όπως σε εστιατόρια, ξενοδοχεία, μικρά γραφεία, εμπορικά μαγαζιά κ.α.

#### *4.2.4.4 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα των Μικροτουρμπινών*

Οι μικροτουρμπίνες προσφέρουν τέλος κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα έναντι άλλων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για μικρής κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:

- Υψηλή αξιοπιστία, αποδοτικότητα χάρη στα λίγα κινούμενα μέρη
- Δυνατότητα απλής εγκατάστασης σε περιορισμένο χώρο
- Μικρό κόστος συντήρησης
- Συμπαγές –μικρό μέγεθος
- Χαμηλό βάρος
- χαμηλότερα κόστη ηλεκτρικής ενέργειας
- δυνατότητες χρησιμοποίησης των καυσίμων που προέρχονται από απόβλητα (waste fuels)

Τέλος οι μονάδες μικροτουρμπίνων προσφέρουν πολλά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, παραδείγματος χάριν, όπως και οι περισσότεροι στρόβιλοι που καίνε φυσικό αέριο, οι μικροτουρμπίνες έχουν ελάχιστες τοξικές εκπομπές .Επιπλέον, η τοποθέτηση της πηγής ηλεκτρικής ενέργειας πιο κοντά στους τελικούς χρήστες αποβάλλει τις ηλεκτρικές απώλειες, που συνδέονται με τη μεταφορά της ισχύος, κατά μήκος του δικτύου μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Οπότε συνοπτικά:

- Χαμηλά επίπεδα θορύβου
- Αποβολή ηλεκτρικών απωλειών
- Χαμηλά επίπεδα εκπομπών ρύπων
- Υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων

*Μειονεκτήματα*

Ένα μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι το υψηλό κόστος .

| **Τεχνολογία** | **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** | **Επιλογές καυσίμου** | **Μέγεθος (kW)** |
|---|---|---|---|---|
| ***Μικροτουρμπίνες***<br><br>Απόδοση<br>28%- 33% | • Η ανάκτηση θερμότητας βελτιώνει την απόδοση<br>• Παράγει θερμότητα ικανή για την ικανοποίηση οικιακών ή μικρών εμπορικών εφαρμογών<br>• Μπορεί να λειτουργήσει ως βασική γεννήτρια, γεννήτρια αιχμής ή εφεδρική<br>• Είναι διαθέσιμη στην αγορά σε περιορισμένες ποσότητες | • Δεν παράγει αρκετή θερμότητα για την ικανοποίηση βιομηχανικών εφαρμογών | Φυσικό αέριο, προπάνιο, diesel, πολλαπλά καύσιμα | 15-250 |
| ***Μικρές τουρμπίνες καύσης αερίου***<br><br>Απόδοση<br>25% - 40% | • Έχει υψηλή απόδοση όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ανάκτηση θερμότητας<br>• Είναι διαθέσιμη στην αγορά – καλύτερη υποψηφιότητα για την κάλυψη των τοπικών αναγκών >3 MW σε εφαρμογές διασπαρμένης παραγωγής<br>• Μπορεί να λειτουργήσει ως βασική γεννήτρια, γεννήτρια αιχμής ή εφεδρική<br>• Υπάρχουν πολλοί κατασκευαστές<br>• Σχετικά μικρό κόστος εγκατάστασης | • Υπάρχουν προοπτικές δυσβάσταχτων περιορισμών σε άδειες και τοποθεσίες εγκατάστασης<br>• Προκύπτουν περιβαλλοντικές ανησυχίες για εκπομπές και θόρυβο<br>• Πιθανώς να χρειαστούν αποθήκες καυσίμου | Φυσικό αέριο, μεθάνιο | 3,000-15,000 |

**Πίνακας 4-1 Χαρακτηριστικά μικροτουρμπινών**

### *4.2.4.5 Ειδικά για αξιοποίηση με βιομάζα*

Όταν το καύσιμο που θα χρησιμοποιηθεί είναι αέριο όπως φυσικό αέριο, προπάνιο, αέριο ΧΥΤΑ και αέριο αναερόβιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων πρέπει να συμπιεστεί. Η συνήθης συμπίεση ανέρχεται στο ύψος των 5 – 6.0 bar. Η ανάγκη συμπίεσης του αέριου καυσίμου αποτελεί το μεγαλύτερο παρασιτικό φορτίο της μονάδας. Μονάδες ΜΤ έχουν εγκατασταθεί σε εφαρμογές σε βιολογικούς καθαρισμούς και σε μία τέτοια περίπτωση μπορούν να θεωρηθούν μονάδες ΑΠΕ.

### 4.2.5 Κυψέλες-κυψελίδες καυσίμων( fuel cells)

**Οι κυψέλες** είναι ηλεκτροχημικές συσκευές οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα μετατροπής της χημικής ενέργειας ενός καυσίμου απευθείας σε ηλεκτρισμό.
Μια κυψέλη καυσίμου συνδυάζει το υδρογόνο ,ως καύσιμο, και το οξυγόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρισμού-θερμότητας) , με το νερό και τη θερμότητα ως υποπροϊόν του. Ο ηλεκτρισμός παράγεται με τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Η πρώτη κυψέλη φτιάχτηκε από τον Sir William Grove, το 1839.

Οι κυψέλες καυσίμου αποτελούνται από δυο ηλεκτρόδια (την άνοδο- αρνητικό ηλεκτρόδιο και την κάθοδο- θετικό ηλεκτρόδιο), τα οποία διαχωρίζονται από έναν ηλεκτρολύτη, ο οποίος λέγεται αλλιώς και μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (proton exchange membrane, PEM).

Ο ηλεκτρολύτης είναι από πολυμερές ή άλλο υλικό, το οποίο επιτρέπει την διέλευση ιόντων, αλλά όχι τη διέλευση των ηλεκτρονίων. Ένα καύσιμο που περιέχει υδρογόνο (π.χ. φυσικό αέριο) εισάγεται από την πλευρά της ανόδου, όπου τα ηλεκτρόνια του υδρογόνου ελευθερώνονται και κινούνται σε ένα εξωτερικό κύκλωμα δίδοντας ηλεκτρικό ρεύμα. Τα θετικά φορτισμένα ιόντα υδρογόνου διαπερνούν τον ηλεκτρολύτη και φτάνουν στην κάθοδο, όπου ενώνονται με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και το οξυγόνο, παράγοντας νερό. Για να επιταχυνθεί η διαδικασία του ιονισμού του υδρογόνου χρησιμοποιείται ένας καταλύτης υψηλής αγωγιμότητας στα ηλεκτρόδια (π.χ. πλατίνα), χωρίς να επηρεάζει την άνοδο ή την κάθοδο. Ο καταλύτης είναι συνήθως μια σκληρή και πορώδης σκόνη που καλύπτεται από χαρτί άνθρακα ή ύφασμα έτσι ώστε η μέγιστη δυνατή επιφάνεια να είναι εκτεθειμένη στο υδρογόνο ή το οξυγόνο.

. Ορισμένοι τύποι κυψελών μπορούν επίσης να λειτουργήσουν και με διοξείδιο του άνθρακα ή υδρογονάνθρακες. Όσο είναι δυνατός ο ανεφοδιασμός με καύσιμα, η κυψέλη καυσίμου θα συνεχίσει να παράγει ενέργεια. Εφόσον η μετατροπή του καυσίμου σε ενέργεια πραγματοποιείται μέσω μιας ηλεκτροχημικής διαδικασίας, και όχι καύσης, η διαδικασία είναι καθαρή, ήσυχη και υψηλής απόδοσης –δύο έως τρεις φορές πιο αποτελεσματική από την καύση καυσίμων.

#### *4.2.5.1 Απόδοση συστημάτων Κυψελών Καυσίμου*

Η απόδοση των συστημάτων των κυψελών καυσίμου είναι συνάρτηση του τύπου της κυψέλης και της δυναμικότητάς της. Η ηλεκτρική απόδοση μιας κυψέλης, καθορίζεται από τις αντίστοιχες αποδόσεις των επί μέρους υποσυστημάτων που τη συνθέτουν. Γενικά, παρουσιάζουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης κατά 1/6 έως 1/3 από τις μονάδες εσωτερικής καύσης (ηλεκτρική απόδοση μέχρι και 45% αλλά μικρή απόδοση συμπαραγωγής) με σαφώς μικρότερες εκπομπές ρύπων και πιο αθόρυβη λειτουργία. Η επισκευή τους όμως απαιτεί περισσότερο εξειδικευμένο προσωπικό από εκείνο των παραδοσιακών τεχνολογιών και υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην ποιότητα καυσίμου.

Ανάλογα με τον τύπο ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται υπάρχουν διάφορα είδη κυψελών καυσίμου: μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEM) , φωσφορικού οξέος (PAFC), λιωμένου ανθρακικού άλατος (MCFC), στερεού οξειδίου (SOFC), άμεσης μεθανόλης (DMFC), αλκαλικά (AFC).

| | AFC | PEMFC | DMFC | PAFC | MCFC | SOFC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ηλεκτρολύτης | Υδροξείδιο του καλίου | Πολυμερές | Πολυμερές | Φωσφορικό Οξύ | Μίγμα Ανθρακικών Αλκαλίων | Σταθεροποιημένο ζιρκόνιο |
| Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C) | 60-90 | 70-100 | 90 | 150-220 | 600-700 | 650-1000 |
| θερμότητα από Συμπαραγωγή | Καθόλου | Χαμηλής ποιότητας | Καθόλου | Αποδεκτή για πολλές εφαρμογές | Υψηλή | Υψηλή |
| Βαθμός Απόδοσης | 50-70% | 40-50% | 25-40% | 40-45% | 50-60% | 50-60% |
| Καύσιμο | H2. Απαραίτητη η απομάκρυνση του CO2, από τα αέρια της ανόδου και της καθόδου. | H2 Αν αυτό προέρχεται από αναμόρφωση, η περιεκτικότητα σε CO να είναι CO<10ppm | Διάλυμα νερού/μεθανόλης | H2 Και από αναμόρφωση | H2, CO, φυσικό αέριο | H2, CO, φυσικό αέριο |
| Ισχύς | Μέχρι 20kW | Μέχρι 250kW | <10kW | >50kW | >1MW | >200kW |
| Εφαρμογές | Μικρές μονάδες. Χρήση σε διαστημικές εφαρμογές. | Οικιακή και εμπορική παραγωγή Συστήματα κίνησης οχημάτων | Φορητές συσκευές | Εμπορική παραγωγή. Μεγάλα οχήματα (λεωφορεία) | Εμπορική και βιομηχανική παραγωγή. Μονάδες μεγάλης ισχύος (MW) | Οικιακή, εμπορική και βιομηχανική παραγωγή (μεγάλη ισχύς). |
| Χρόνος Εκκίνησης (h) | <0.1 [38] | <0.1 | <0.2 | 1-4 | >10 | 5-10 |

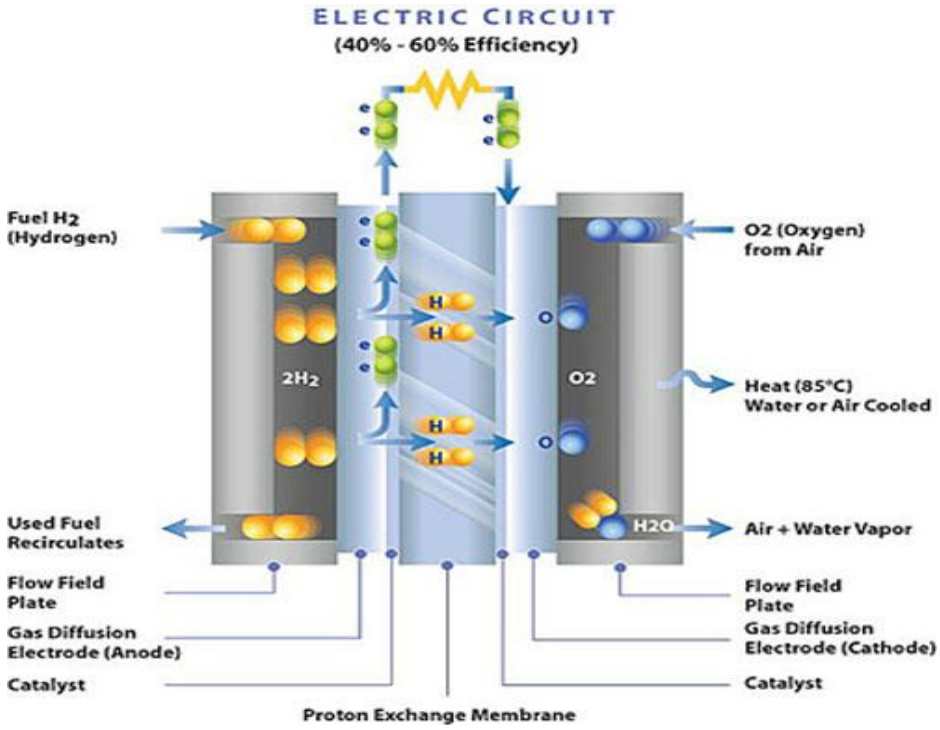
**Πίνακας 4-2 Σύνοψη των κυριότερων χαρακτηριστικών των κυψελών καυσίμου**

#### *4.2.5.2 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα της χρήσης τους*

Εκτός από τις χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές , τα οφέλη περιλαμβάνουν υψηλή αποδοτικότητα και αξιοπιστία, πολλαπλών καυσίμων χωρητικότητα, την εύκολη χωροθέτηση, την αντοχή, την επεκτασιμότητα και ευκολία συντήρησης. Οι κυψέλες καυσίμου λειτουργούν αθόρυβα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ηχορύπανση και συνεπώς και η ρύπανση του αέρα. Η απορριπτόμενη θερμότητα από μια κυψέλη καυσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ζεστό νερό ή θέρμανση χώρου για το σπίτι ή το γραφείο.

Μειονεκτήματα, που εμποδίζουν προς το παρόν την ευρεία διάδοσή και χρήση τους, είναι:

- το υψηλό κόστος κατασκευής και
- η σχετικά μικρή διάρκεια ζωής.




**Εικόνα 4-5 Εσωτερική διεργασία κυψελίδας καυσίμου**

### 4.2.6 Μηχανές εξωτερικής καύσης –Stirling

Έχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με κινητήρες Diesel, ατμοστροβίλους και αεριοστροβίλους :

- υψηλή απόδοση,
- καλή λειτουργία στο μερικό φορτίο,
- ευελιξία στη χρήση διάφορων καυσίμων,
- χαμηλό επίπεδο εκπομπών ,
- χαμηλές δονήσεις
- χαμηλό επίπεδο θορύβου.

Οι μηχανές Stirling κατηγοριοποιούνται ως μηχανές εξωτερικής καύσης. Η εξωτερική καύση στις μηχανές Stirling επιτρέπει η χρήση διαφόρων καυσίμων: υγρά ή αέρια καύσιμα, αέρια ή υγρά προερχόμενα από άνθρακα, καύσιμα προερχόμενα από βιομάζα, ακόμη και απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον, είναι δυνατή η αλλαγή καυσίμου χωρίς διακοπή της λειτουργίας ή μετατροπή των ρυθμίσεων του κινητήρα. Χάρη στην ευελιξία τους, οι μηχανές Stirling μπορούν επίσης να αποτελέσουν στοιχεία ηλιακών ή πυρηνικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή συμπαραγωγής. Είναι συστήματα τα οποία θέτονται σε λειτουργία με ένα αδρανές αέριο , συνήθως ήλιο ή υδρογόνο.



**Εικόνα 4-6 Μορφή μηχανής Stirling**

### 4.2.7 Αξιοποίηση βιομάζας σε Συστήματα Παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ)

#### *4.2.7.1 Εισαγωγή*

Τα συστήματα Συνδυασμένης παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ - γνωστή και ως Συμπαραγωγή) παράγουν ταυτόχρονα ηλεκτρική (ή/και μηχανική) και θερμική ενέργεια σε ένα ενιαίο, ολοκληρωμένο σύστημα. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την κοινή πρακτική, όπου η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ένα κεντρικό σταθμό, ενώ χρησιμοποιείται επιτόπιος εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης για την κάλυψη των αναγκών σε μη ηλεκτρική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια που ανακτάται σε ένα σύστημα ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση ή ψύξη στη βιομηχανία ή τα κτίρια. Επειδή η ΣΗΘ εκμεταλλεύεται τη θερμότητα που σε άλλη περίπτωση θα χανόταν κατά τη συμβατική διακριτή παραγωγή ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, η συνολική απόδοση αυτών των ολοκληρωμένων συστημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των μεμονωμένων συστημάτων.




**Εικόνα 4-7 Συμβατικό ενεργειακό σύστημα σε σύγκριση με σύστημα συμπαραγωγής**

#### *4.2.7.2 Χαρακτηριστικά της συμπαραγωγής*

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί μια συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά περισσότερο μια εφαρμογή τεχνολογιών για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης ή/και ψύξης, καθώς και για μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια των τελικών καταναλωτών. Λόγω των πρόσφατων τεχνολογικών εξελίξεων, έχουν αναπτυχθεί νέες διατάξεις των συστημάτων ΣΗΘ που τα καθιστούν οικονομικά συμφέροντα σε ένα ευρύτερο φάσμα εφαρμογών. Οι νέες γενιές των στροβίλων, κυψελών καυσίμου και παλινδρομικών μηχανών συνιστούν το αποτέλεσμα εντατικής και συνδυασμένης έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ινστιτούτα όσο και από τη βιομηχανία. Τα προηγμένα υλικά και οι τεχνικές σχεδίασης μέσω Η/Υ έχουν αυξήσει σημαντικά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του εξοπλισμού, μειώνοντας ταυτόχρονα τα κόστη και τις εκπομπές ρύπων.

Η συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι από τη φύση της μη αποδοτική, αφού μετατρέπεται μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας των καυσίμων σε ωφέλιμη ενέργεια. Η σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας με τη ΣΗΘ οδηγεί σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων και σε μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη χωριστή παραγωγή

ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η ΣΗΘ αποτελεί μια οικονομικά παραγωγική προσέγγιση για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων μέσω της πρόληψης της ρύπανσης, ενώ ο παραδοσιακός έλεγχος της ρύπανσης που επιτυγχάνεται απλά μέσω της επεξεργασίας των καυσαερίων δεν παρέχει κανένα οικονομικό όφελος και, στην πραγματικότητα, μειώνει την απόδοση και την ωφέλιμη παραγωγή ενέργειας. Η συνολική απόδοση του συστήματος προκύπτει από μια αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας. Δεδομένου ότι από ένα σύστημα ΣΗΘ προκύπτουν δύο ή περισσότερα χρησιμοποιήσιμα ενεργειακά προϊόντα, ο καθορισμός του συνολικού βαθμού απόδοσης των συστημάτων αυτών είναι πιο σύνθετος απ' ότι στα απλά συστήματα. Το όλο σύστημα μπορεί να αντιμετωπισθεί ως δύο υποσυστήματα, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος (συνήθως μια μηχανή ή ένας στρόβιλος) και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας (συνήθως κάποιος τύπος λέβητα). Η απόδοση του συνολικού συστήματος προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεμονωμένων βαθμών απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής και ανάκτησης θερμότητας.

Τα αποδοτικότερα συστήματα ΣΗΘ (με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης) είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη παραγωγή σχετικά μικρότερης ηλεκτρικής ισχύος. Όσο αυξάνεται η απαιτούμενη θερμοκρασία της ανακτώμενης ενέργειας, τόσο μειώνεται ο λόγος της παραγόμενης ισχύος προς τη θερμότητα. Η μειωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τα οικονομικά της ΣΗΘ, καθώς η διάθεση της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά είναι τεχνικά ευκολότερη απ' ότι είναι στην περίπτωση της πλεονάζουσας θερμικής ενέργειας. Εντούτοις, την περίοδο αυτή υπάρχουν ακόμη εμπόδια στη διανομή της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας στην αγορά.

#### *4.2.7.2.1 Πλεονεκτήματα συστημάτων συμπαραγωγής*

1. Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καυσίμου, γιατί έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
2. Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Η συμπαραγωγή αυξάνει το δυναμικό της ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών.
3. Εφόσον κατά τη συμπαραγωγή γίνεται αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων.
4. Επιτυγχάνεται όφελος στην Εθνική Οικονομία από τη μείωση των δαπανών για εισαγόμενα καύσιμα.

#### *4.2.7.2.2 Χαρακτηριστικά συστημάτων συμπαραγωγής*

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα χαρακτηριστικά των συστημάτων συμπαραγωγής.

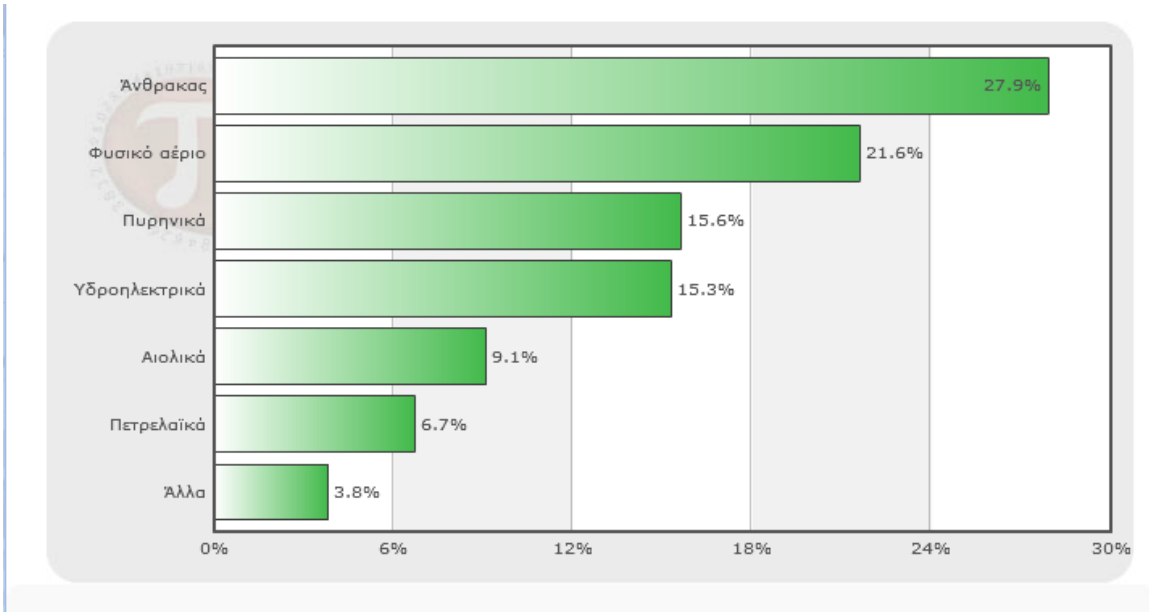
| **Τεχνικές συμπαραγωγής** | **Ισχύς (MW)** | **Ηλεκτρικός Β.Α. (%) για πλήρες φορτίο** | **Ολικός Β.Α. (%)** | **Λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα** |
|---|---|---|---|---|
| Ατμοστρόβιλος | 0,5-100 | 14-30 | 60-85 | 0,1-0,3 |
| Αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου | 0,1-100 | 20-35 | 60-80 | 0,5-0,8 |
| Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου | 0,5-100 | 30-35 | 60-80 | 0,5-0,8 |
| Συνδυασμένου κύκλου αεριοστρόβιλου/ατμοστρόβιλου | 4-100 | 35-45 | 70-88 | 0,6-1,1 |
| ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ | | | | |
| Μικροτουρμπίνες | 0.03-0.2 | 26-30% | 76-80% | 0.4-0.57 |
| Μονάδες Εσωτερικής καύσης | 0.005– 7 | 25-42% | 75 – 85% | 0.6-0.9 |
| Κυψέλες Καυσίμου (Κυρίως για ζεστό νερό) | 0.001-0.25 | 32-55% | 80-85% | 0.8-1 |

**Πίνακας 4-3 Χαρακτηριστικά συστημάτων συμπαραγωγής**

## 4.3 Διείσδυση Βιομάζας στο Ηλεκτρικό Ισοζύγιο.

### 4.3.1 Εγκατεστημένη Ισχύς στον Κόσμο και την Ευρώπη

Στο Γράφημα 4-1 φαίνεται το ποσοστό της εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ αναλόγως με την πηγή προέλευσης σε Ε.Ε το 2009.39




**Γράφημα 4-1 Εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στην Ε.Ε το 2009**

### 4.3.2 Εγκατεστημένη ισχύς στη χώρα μας

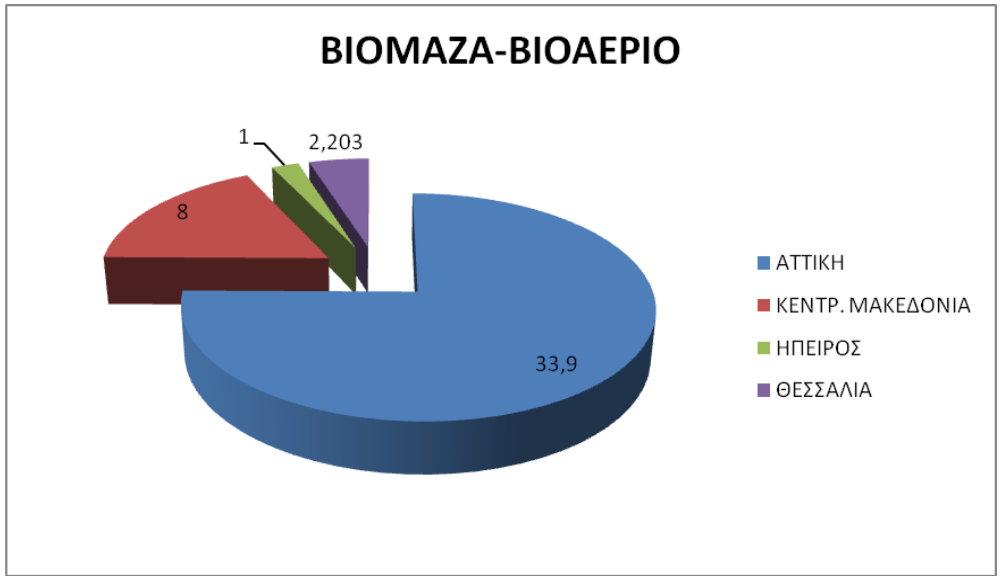
Η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων βιομάζας-βιοαερίου φέρει αρκετές διαφοροποιήσεις με την πάροδο των χρόνων λόγω της αδειοδότησης νέων εγκαταστάσεων, επέκταση ισχύος υπαρχουσών μονάδων. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό από Πίνακας 4-4, .

| Μήνας | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|---|---|---|---|
| | Ισχύς MW | Ισχύς MW | Ισχύς MW | Ισχύς MW |
| Ιανουάριος | 37.4 | 36.52 | 40.80 | 41.05 |
| Φεβρουάριος | 37.4 | 40.80 | 40.80 | 41.05 |
| Μάρτιος | 38.0 | 40.80 | 40.80 | 41.05 |
| Απρίλιος | 38.0 | 40.80 | 40.80 | 41.05 |
| Μάϊος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 43.55 |
| Ιούνιος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 43.55 |
| Ιούλιος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 43.55 |
| Αύγουστος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 44.53 |
| Σεπτέμβριος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 44.53 |
| Οκτώβριος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 44.53 |
| Νοέμβριος | 39.4 | 40.80 | 40.80 | 44.53 |
| Δεκέμβριος | 39.4 | 40.80 | 41.05 | 44.53 |

**Πίνακας 4-4 Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος τη χρονική περίοδο 2008-2011**




**Γράφημα 4-2 ανά τρίμηνο έτους για την εξέλιξη της εγκατάστασης**




**Γράφημα 4-3 : Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος (MW) βιομάζας-βιοαερίου στο διασυνδεδεμένο σύστημα το 2011 (Άρθρο 9 Ν.3468/2006)**

### 4.3.3 Προβλεπόμενες εγκαταστάσεις

**Στο επίπεδο της αδειοδοτικής διαδικασίας**, μικρή αύξηση των 0,26MW σε σχέση με τα στοιχεία του Ιουνίου 2011 παρουσίασε η ισχύς των αδειών εγκατάστασης (1900,36MW), ενώ αντίθετα ενισχύθηκε σημαντικά (κατά 68%) ο αριθμός των συμβάσεων αγοραπωλησίας (2668,6MW). Είναι συνεπώς ασφαλείς οι προβλέψεις ότι οι επιδιωκόμενοι στόχοι για το 2014 και 2020 αναμένεται να καλυφθούν για τις περισσότερες τεχνολογίες ΑΠΕ πολύ νωρίτερα.

**Για τη βιομάζα**, έχει αυξηθεί σε σχέση με το τέλος του 2011 κατά 462% η ισχύς με σύμβαση αγοραπωλησίας (4,5MW), αλλά για την επίτευξη των στόχων του 2014 και 2020, που είναι 200MW και 350MW αντίστοιχα, θα πρέπει να επιταχυνθεί η εγκατάσταση της πλειοψηφίας της ισχύς που βρίσκεται σε προγενέστερα στάδια και κυρίως στο στάδιο της άδειας παραγωγής (401,83MW).

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ έως Σεπτέμβριο 2011**

| ΤΕΧΝΟΛΟΓΑ | Με Αίτηση για Άδεια παραγωγής | | Με άδεια Παραγωγής | | Με προσφορά σύνδεσης | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Τέλος 2010 | 9ος 2011 | Τέλος 2010 | 9ος 2011 | Τέλος 2010 | 9ος 2011 |
| Βιομάζα | 1461,9 | 1532,06 | 243,4 | 401,8 | 42,3 | 62,6 |
| Συνολικά | 72775,3 | 78441,8 | 17338,5 | 25268,8 | 4358,0 | 7018,3 |

**Πίνακας 4-5 (Στοιχεία ΔΕΣΜΗΕ) Αδειοδοτική εξέλιξη βιομάζας 1**

| ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ | Με Άδεια Εγκατάστασης | | Με σύμβαση Αγοραπωλησίας | | Σε λειτουργία | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Τέλος 2010 | 9ος 2011 | Τέλος 2010 | 9ος 2011 | Τέλος 2010 | 9ος 2011 |
| Βιομάζα | 21,2 | 24,4 | 0,8 | 4,5 | 44,0 | 44,5 |
| Συνολικά | 1669,9 | 1900,7 | 886,5 | 2668,6 | 1736,3 | 2213,8 |

**Πίνακας 4-6 (Στοιχεία ΔΕΣΜΗΕ) Αδειοδοτική εξέλιξη βιομάζας 2**

Η σύνθετη αδειοδοτική διαδικασία των έργων ΑΠΕ αποτελεί ένα από τα πιο δύσκολα εμπόδια για την υλοποίηση επενδύσεων στην Ελλάδα.

**<u>Στοιχεία διεύθυνσης διαχείρισης δικτύου ΔΕΗ Α.Ε.</u>**

Υποβληθείσες αιτήσεις για τη χορήγηση προσφορών σύνδεσης σταθμών βιομάζας-βιοαερίου μετά το ν. 3851/2010. Πρόκειται για αιτήσεις σύνδεσης στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

| | | |
|---|---|---|
| Βιομάζα | 96 αιτήματα | 135MW |
| Βιοαέριο | 111 αιτήματα | 126 MW |
| Προτεραιότητα ν. 4001/2011 | 81 αιτήματα | 92 MW |

**Πίνακας 4-7 Στοιχεία διεύθυνσης διαχείρισης δικτύου ΔΕΗ Α.Ε. Φεβρουάριος 2012**

#### *4.3.3.1 Εμπόδια αδειοδότησης*

Μερικά από τα εμπόδια που τέθηκαν από την πλευρά των αρχών αδειοδότησης του Κράτους είναι τα παρακάτω:

- Έλλειψη κωδικοποίησης και νομοθεσίας
- Αντιδράσεις στην τοπική κοινωνία
- Χρονοβόρα αδειοδοτική διαδικασία και γραφειοκρατία (πχ χορήγηση προσφοράς σύνδεσης)
- Χωροταξικός σχεδιασμός για παραγωγή βιοαερίου
- Έλλειψη υποδομών δικτύου

### 4.3.4 Χαρακτηριστικά λειτουργίας μονάδων βιομάζας-Σύγκριση με άλλες ΑΠΕ

#### *4.3.4.1 Capacity factor (Συντελεστής χρησιμοποίησης)*

Ο capacity factor μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο λόγος της πραγματικής εξόδου της μονάδας για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, με την ισχύ, εάν εκείνη είχε λειτουργήσει σε πλήρη ονομαστική ικανότητα κατά τη διάρκεια του χρόνου. Πρόκειται ουσιαστικά για τη μέση ετήσια παραγωγή ρεύματος.

Για τον υπολογισμό του capacity factor , χρησιμοποιούμε το συνολικό ποσό ενέργειας της μονάδας κατά τη διάρκεια ενός διαστήματος ( MW-hours ) ,το ποσό της ισχύος (MW) , τις ώρες της περιόδου που εξετάζουμε (hours).

Η χαρακτηριστική εξίσωση βάσει της οποίας έγιναν οι υπολογισμοί των πινάκων δίνεται από τον τύπο:

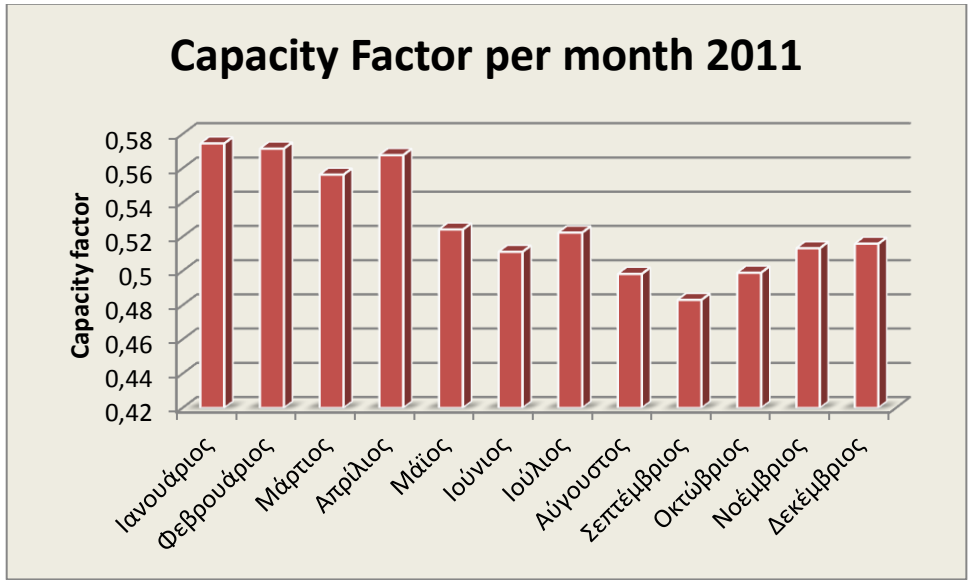
$$\frac{MW\,hours}{(days)\left(\frac{hours}{day}\right)MW}$$

Με βάση τους παρακάτω πίνακες και τα γραφήματα ορίζεται ο ετήσιος capacity factor:

***Capacity factor 2011 βιομάζας: 0.528126***
***Capacity factor 2011 αιολικών: 0.249591***

| Μήνας | Ενέργεια(MWh) | Ισχύς(MW) | Capacity Factor |
|---|---|---|---|
| Ιανουάριος | 17.548 | 41,05 | 57,45% |
| Φεβρουάριος | 15.765 | 41,05 | 57,15% |
| Μάρτιος | 16.992 | 41,05 | 55,63% |
| Απρίλιος | 16.780 | 41,05 | 56,77% |
| Μάιος | 16.984 | 43,55 | 52,42% |
| Ιούνιος | 16.029 | 43,55 | 51,12% |
| Ιούλιος | 16.928 | 43,55 | 52,24% |
| Αύγουστος | 16.508 | 44,53 | 49,83% |
| Σεπτέμβριος | 15.488 | 44,53 | 48,31% |
| Οκτώβριος | 16.533 | 44,53 | 49,90% |
| Νοέμβριος | 16.457 | 44,53 | 51,33% |
| Δεκέμβριος | 17.091 | 44,53 | 51,59% |

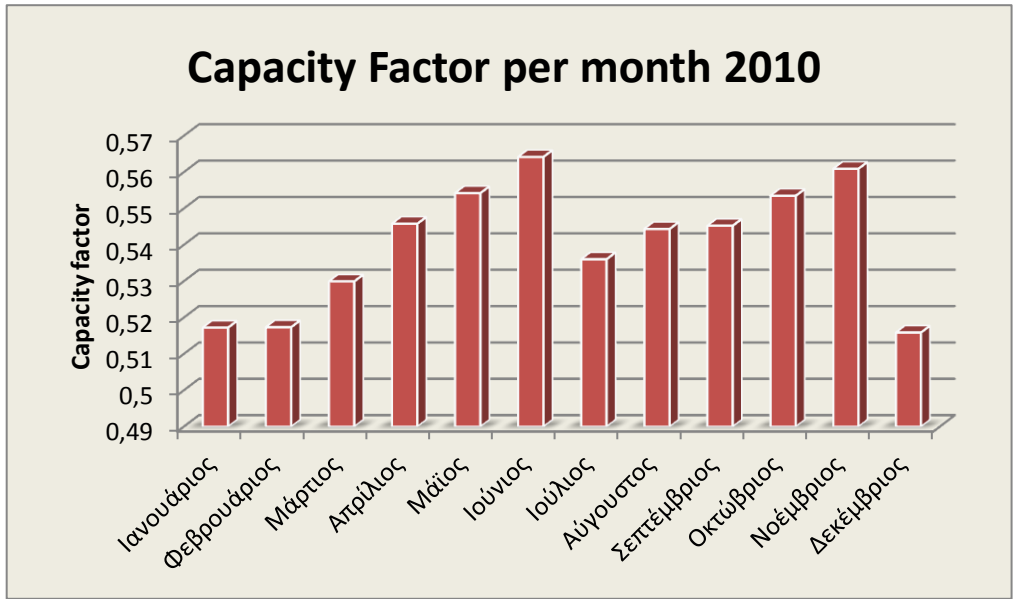
**Πίνακας 4-8 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων βιομάζας για το έτος 2011**




**Γράφημα 4-4 Capacity Factor ανά μήνα για το έτος 2011**

| Μήνας | Ενέργεια(MWh) | Ισχύς(MW) | Capacity Factor |
|---|---|---|---|
| Ιανουάριος | 15.700 | 40,80 | 51,72% |
| Φεβρουάριος | 14.184 | 40,80 | 51,73% |
| Μάρτιος | 16.086 | 40,80 | 52,99% |
| Απρίλιος | 16.033 | 40,80 | 54,58% |
| Μάιος | 16.823 | 40,80 | 55,42% |
| Ιούνιος | 16.573 | 40,80 | 56,42% |
| Ιούλιος | 16.271 | 40,80 | 53,60% |
| Αύγουστος | 16.524 | 40,80 | 54,43% |
| Σεπτέμβριος | 16.017 | 40,80 | 54,52% |
| Οκτώβριος | 16.801 | 40,80 | 55,35% |
| Νοέμβριος | 16.477 | 40,80 | 56,09% |
| Δεκέμβριος | 16.444 | 41.05 | 51,59% |

**Πίνακας 4-9 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων βιομάζας για το έτος 2010**

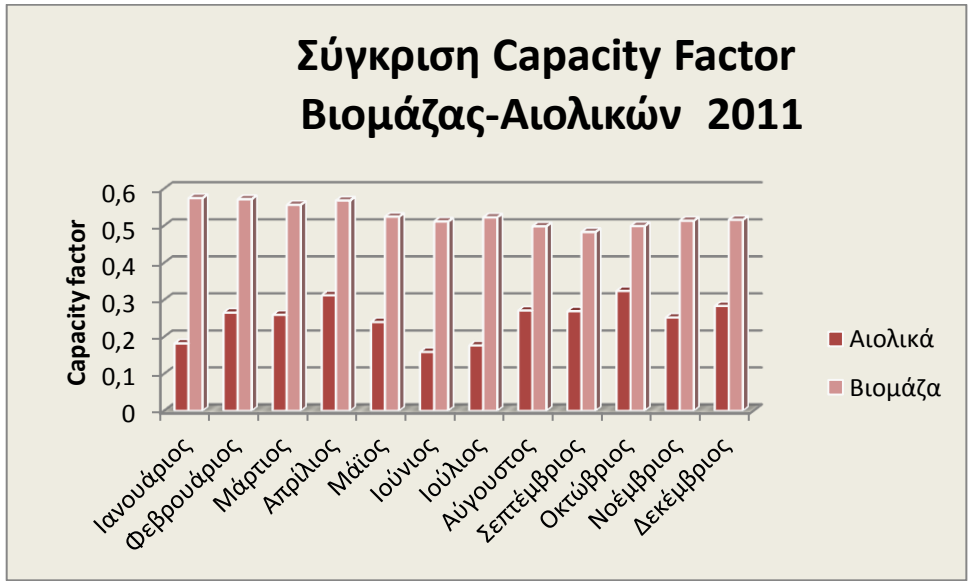



**Γράφημα 4-5 Capacity factor ανά μήνα για το έτος 2010**

#### *4.3.4.2 Σύγκριση capacity factor βιομάζας-αιολικών*

| Μήνας | Ενέργεια(MWh) | Ισχύς(MW) | Capacity Factor |
|---|---|---|---|
| Ιανουάριος | 138.098 | 1052,74 | 18,22% |
| Φεβρουάριος | 194.701 | 1090,74 | 26,56% |
| Μάρτιος | 210.476 | 1090,74 | 25,94% |
| Απρίλιος | 249.840 | 1110,94 | 31,23% |
| Μάιος | 202.418 | 1133,89 | 23,99% |
| Ιούνιος | 134.248 | 1173,19 | 15,89% |
| Ιούλιος | 154.090 | 1173,19 | 17,65% |
| Αύγουστος | 244.242 | 1211,19 | 27,10% |
| Σεπτέμβριος | 238.788 | 1230,74 | 26,95% |
| Οκτώβριος | 300.216 | 1244,54 | 32,42% |
| Νοέμβριος | 241.390 | 1330,04 | 25,21% |
| Δεκέμβριος | 287.343 | 1363,04 | 28,33% |

**Πίνακας 4-10 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων αιολικών για το έτος 2011**




**Γράφημα 4-6 Σύγκριση Capacity factor βιομάζας-αιολικών ανά μήνα για το 2011**

**Συμπέρασμα**

Από τα γραφήματα φαίνεται ότι η βιομάζα παρουσιάζει υψηλό και σταθερό capacity factor μεταξύ 50-58% ανεξαρτήτως έτους. Τα αιολικά παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα και μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές ανά μήνα, να κυμαίνονται μεταξύ 16-33%. Τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο ο συντελεστής χρησιμοποίησης έχει την ελάχιστη τιμή λόγω του καιρού και των ανέμων. Αντίθετα τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο βρίσκεται στη μέγιστη τιμή ο capacity factor λόγω των ισχυρότερων ανέμων που πνέουν. Με άλλα λόγια η καλοκαιρινή παραγωγή των αιολικών βρίσκεται στο 50 – 65% της χειμερινής, μία ιδιαίτερα σημαντική μείωση με δεδομένους τους στόχους εγκατεστημένης ισχύος για τα επόμενα χρόνια. Η τελική παραγωγή ενέργειας από τα αιολικά δείχνει ότι σε αρκετά μεγάλο βαθμό η επένδυση στα αιολικά είναι αρκετά ακριβή σε σχέση με τις εγγυήσεις κάλυψης της ζήτησης που μπορεί να προσφέρει.

Σε αντίθεση η βιομάζα επειδή δεν επηρεάζεται από κάποιον φυσικό εξωτερικό παράγοντα ανάλογα με την εποχικότητα, διατηρεί μία σταθερότητα στην παραγωγή ενέργειας. Οπότε μία επένδυση σε βιομάζα φαίνεται να είναι πιο αξιόπιστη λύση κατά τη διάρκεια του χρόνου.

## 4.4 Κριτήρια-κανονισμοί σύνδεσης

Η διασύνδεση εγκαταστάσεων Διεσπαρμένης Παραγωγής (ΔΠ) στα εθνικά δίκτυα είναι ένα σύνθετο ζήτημα που αντιμετωπίζεται ξεχωριστά για κάθε χώρα και εμπίπτει σε διαφορετικούς κανόνες

Για τη διασύνδεση των συστημάτων Δ.Π έχουν οριστεί τα παρακάτω κριτήρια από την IEEE:

1. *IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric PowerSystems* (IEEE Standard P1547) το οποίο χωρίζεται σε διάφορες κατηγορίες.
2. *IEEE Standard for Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems* (IEEE Standard P1547.1) Το οποίο αποτελεί σχέδιο - πρότυπο για συγχρονισμό διαδικασιών δοκιμής για τη διασύνδεση του εξοπλισμού με τους κατανεμημένους πόρους των ηλεκτρικών συστημάτων.
3. *IEEE Applications Guide for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems* (IEEE Standard P1547.2) Αυτό αποτελεί σχέδιο προτύπου για τη διασύνδεση των κατανεμημένων πόρων με την ηλεκτρική ενέργεια.
4. *IEEE Guide for Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources with Electric Power Systems* (IEEE Standard P1547.3) Το πρότυπο αυτό είναι οδηγός για την παρακολούθηση, την ανταλλαγή πληροφοριών και τον έλεγχο των DR που διασυνδέονται με EPS.

### 4.4.1 Προσαρμογή κανονισμών σύνδεσης διεσπαρμένης παραγωγής στα ελληνικά δίκτυα

#### *4.4.1.1 Τεχνικές Απαιτήσεις Σύνδεσης στο Σύστημα*

Όσον αφορά το ελληνικό Δίκτυο Μεταφοράς και Διανομής ηλεκτρικής Ενέργειας,ο κανονισμός της Δ.Ε.Η «ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ» ορίζει ότι η διασύνδεση δεν πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση ανεπίτρεπτων διαταραχών της ηλεκτροδότησης των ήδη συνδεδεμένων χρηστών (Παραγωγών ή Καταναλωτών) .Ειδικότερα στην περίπτωση διαταραχών της κανονικής λειτουργίας της εγκαταστάσεως ή και του δικτύου, λόγω σφαλμάτων ή άλλων αιτίων, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι επιπτώσεις τους περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατόν και ότι οπωσδήποτε δεν δημιουργούν επικίνδυνες καταστάσεις για τον εξοπλισμό ή και την ασφάλεια προσώπων.

- Οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας θα πρέπει να είναι οι εξής αναγραφόμενες του Πίνακας 4-11:

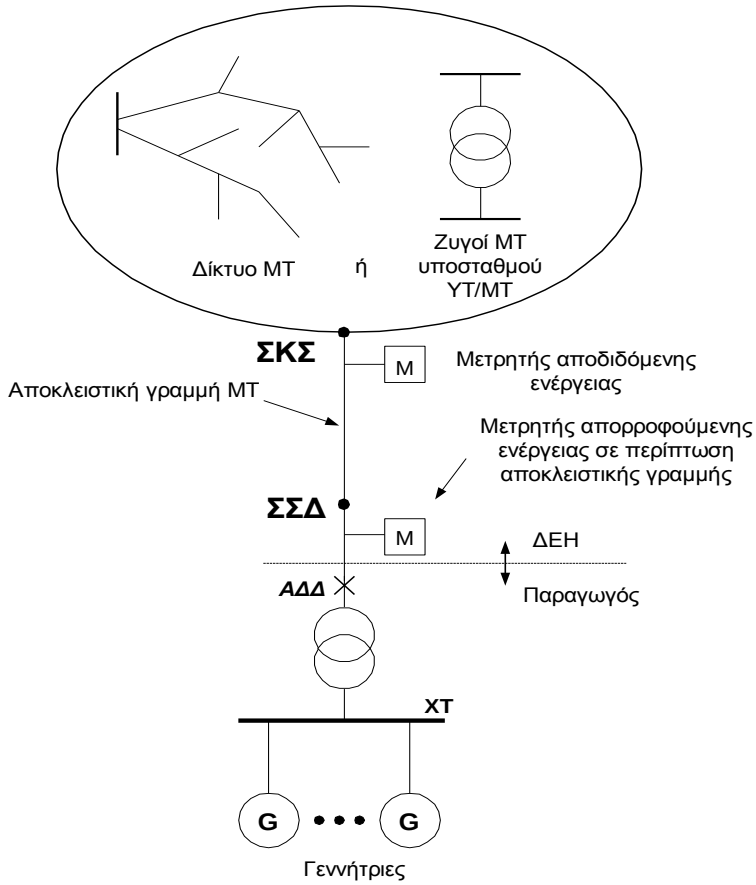
| | **Διασυνδεδεμένο Σύστημα** | **Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά** |
|---|---|---|
| **Τάση** | -20% έως +15% της ονομαστικής | -20% έως +15% της ονομαστικής |
| **Συχνότητα** | +/- 0,5 Hz | από 51 Hz έως 47,5 Hz |

**Πίνακας 4-11 : Προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας**

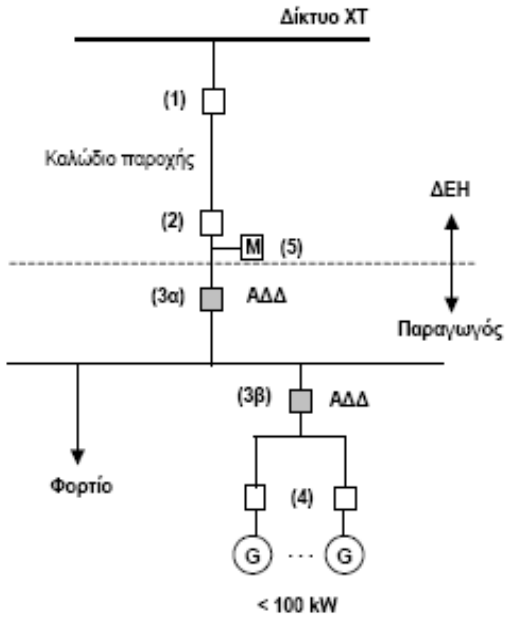
Οι διάφορες τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής μπορούν να συνδεθούν σε διαφορετικά επίπεδα τάσης. Στο σχήμα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε μια τυπική διαμόρφωση διασύνδεσης ΔΠ στο εθνικό δίκτυο. Τα βασικά τμήματα που συνθέτουν το κομμάτι της διασύνδεσης είναι ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης (ΑΔΔ), το Σημείο Σύνδεσης στο Δίκτυο (ΣΣΔ) και το Σημείο Κοινής Σύνδεσης (ΣΚΣ). Ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης είναι το στοιχείο εκείνο που επιτρέπει τη ζεύξη ή απομόνωση των εγκαταστάσεων παραγωγής από το Δίκτυο.Το Σημείο Σύνδεσης στο Δίκτυο είναι το σημείο του δικτύου όπου συνδέονται οι εγκαταστάσεις του παραγωγού και βρίσκεται πάντοτε στην έξοδο των εγκαταστάσεων αυτών. Το ΣΣΔ αποτελεί και το φυσικό όριο διαχωρισμού αρμοδιοτήτων και ευθύνης μεταξύ ΔΕΗ και παραγωγού (για τη ΜΤ είναι οι ακροδέκτες των Μ/Σ εντάσεως της μέτρησης προς την πλευρά του παραγωγού). Τέλος το Σημείο κοινής Σύνδεσης είναι το πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του Δικτύου, στο οποίο συνδέεται (ή μπορεί να συνδεθεί μελλοντικά) άλλος χρήστης (καταναλωτής ή παραγωγός), δηλ. το σημείο στο οποίο το διασυνδετικό δίκτυο του παραγωγού συναντά το ‘’κοινόχρηστο’’ δίκτυο. Το ΣΚΣ αποτελεί το σημείο αναφοράς για τον προσδιορισμό των προκαλούμενων επιπτώσεων στη λειτουργία του Δικτύου από την εγκατάσταση παραγωγής.

Γενικά, το ΣΣΔ και το ΣΚΣ μπορεί να είναι διαφορετικά. Π.χ. στην περίπτωση παραγωγών οι οποίοι συνδέονται μέσω αποκλειστικής γραμμής, το ΣΣΔ βρίσκεται στο πλησιέστερο προς τον παραγωγό άκρο της γραμμής, ενώ το ΣΚΣ μπορεί να ληφθεί στο άλλο άκρο της γραμμής.

Με βάση την εικόνα Εικόνα 4-11 και τις πληροφορίες στο κεφάλαιο 7.5 γίνεται κατανοητός ο τρόπος διασύνδεσης ηλεκτρισμού της εγκατάστασης εφαρμογής μας στο εθνικό δίκτυο. Η μορφή σύνδεσης ανάγεται στην κατηγορία **Scheme 4**.

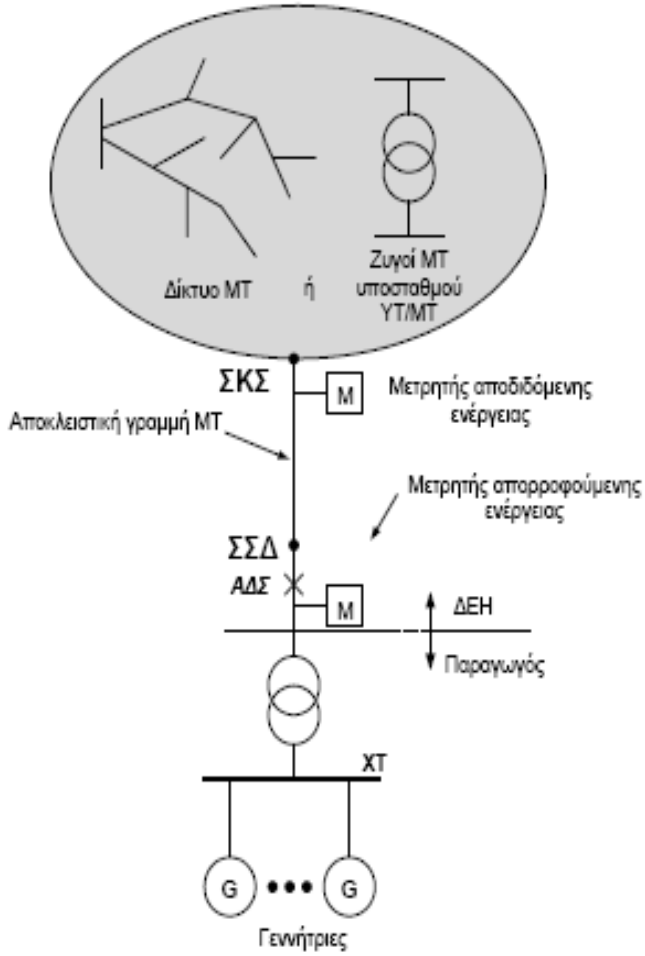



**Εικόνα 4-8 ΣΣΔ και ΣΚΣ για μια τυπική περίπτωση σύνδεσης παραγωγού στο δίκτυο ΜΤ**



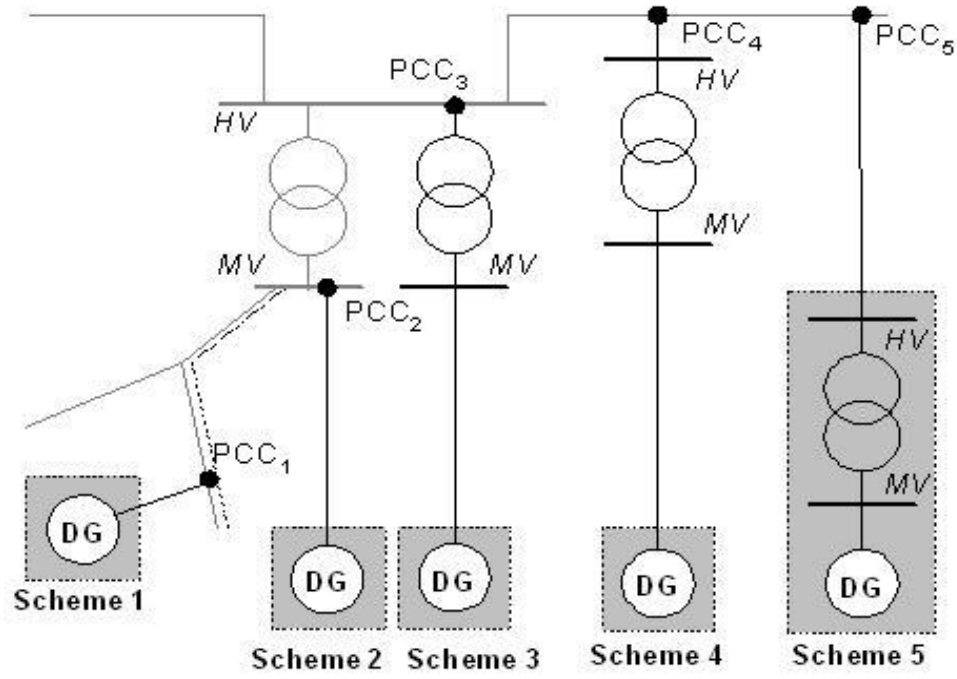

Στις Εικόνα 4-9 και Εικόνα 4-10δείχνονται οι τυπικές συνδέσεις Α.Π.Ε. (συμβολίζονται ως G) στο δίκτυο Χ.Τ.. Στα σχήματα αυτά φαίνονται επίσης και το σημείο σύνδεσης με το δίκτυο (Σ.Σ.Δ.) που είναι το σημείο του δικτύου Μ.Τ. ή Χ.Τ. όπου συνδέονται οι εγκαταστάσεις του παραγωγού και βρίσκεται πάντοτε στην έξοδο των εγκαταστάσεων αυτών, αλλά και το σημείο κοινής σύνδεσης (Σ.Κ.Σ.) που είναι το πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του δικτύου, στο οποίο συνδέεται (ή μπορεί να συνδεθεί μελλοντικά) άλλος καταναλωτής ή παραγωγός. Στην Εικόνα 4-9 :Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. στο δίκτυο Χ.Τ φαίνεται επίσης και το σχήμα του αυτόματου διακόπτη διασύνδεσης (Α.Δ.Δ.).

**Εικόνα 4-9 :Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. στο δίκτυο Χ.Τ**




**Εικόνα 4-10 Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε στο δίκτυο χαμηλής τάσης**

Στην Εικόνα 4-11 Τυπική σύνδεση Α Π Ε στο δίκτυο μέσης (MV) Scheme 1-4 αλλά και υψηλής (HV) μέσω μετασχηματιστή μέσης προς υψηλή τάση Scheme 5 βλέπουμε την τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. (συμβολίζονται με DG) στη μέση (MV) Scheme 1-4, αλλά και στην υψηλή (HV) μέσω μετασχηματιστή μέσης προς υψηλή *τάση Scheme 5*. Στο σχήμα αυτό βέπουμε και τα διάφορα σημεία κοινής σύνδεσης (PCC).




**Εικόνα 4-11 Τυπική σύνδεση Α Π Ε στο δίκτυο μέσης (MV) Scheme 1-4 αλλά και υψηλής (HV) μέσω μετασχηματιστή μέσης προς υψηλή τάση Scheme 5**

### 4.4.2 Κανονισμοί σύνδεσης ΑΠΕ στο δίκτυο(Ελλάδα)

Για σταθμούς Α.Π.Ε. εγκατεστημένης ισχύος έως 100 kWp η σύνδεση του σταθμού γίνεται στην χαμηλή τάση ενώ για σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην μέση τάση. Για εγκατάσταση ΑΠΕ έως και 5kWp συνδέονται μονοφασικά με το δίκτυο Χ.Τ. ενώ έως 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Χ.Τ. τριφασικά, και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 4.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Χ.Τ. γίνεται στο τμήμα διαχείρισης δικτύου στα τοπικά γραφεία της Δ.Ε.Η. Για εγκατάσταση ΑΠΕ πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Μ.Τ. και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 15.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Μ.Τ. γίνεται στην Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου στα κεντρικάγραφεία της Δ.Ε.Η. στην Αθήνα.

Με βάση την παράγραφο 1 του Άρθρου 11 του Ν.3468/2006 σε περίπτωση που η εγκατάσταση ΑΠΕ βρίσκεται κοντά στο δίκτυο υψηλής τάσης (Υ.Τ.) και η σύνδεση πρέπει να γίνει μέσω υποσταθμού Μ.Τ. προς Υ.Τ., που βρίσκεται εκτός του χώρου του σταθμού, ο κάτοχος της άδειας παραγωγής του συνδεόμενου Σταθμού μπορεί να κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης, από τα όρια του Σταθμού μέχρι τα όρια του Συστήματος ή του Δικτύου, σύμφωνα με την παράγραφο 4 του Άρθρου 2 του Ν.2941/2001 και να αποκτά τη διαχείριση των έργων αυτών, σύμφωνα με όσα προβλέπονται στους αντίστοιχους Κώδικες Διαχείρισης. Για την απαλλοτρίωση ακινήτων ή τη σύσταση επ' αυτών εμπραγμάτων δικαιωμάτων υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής του συνδεόμενου Σταθμού, με σκοπό την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, εφαρμόζονται αναλόγως οι διατάξεις του Άρθρου 15 του Ν.3175/2003 (Φ.Ε.Κ. 207 Α΄). Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται αναλόγως, υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής, οι διατάξεις της Παραγράφου 8 του Άρθρου 9 του Ν.2941/2001. Οι απαιτούμενες εγκρίσεις για την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, κατά τα προηγούμενα εδάφια, χορηγούνται σύμφωνα με τις αναλόγως εφαρμοζόμενες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που αφορούν τον Κύριο του Συστήματος ή του Δικτύου.

#### *4.4.2.1 Ένταξη σταθμών ΑΠΕ στο σύστημα – Νόμος 3468/2006*

Σύμφωνα με το Άρθρο 9 του νόμου 3468/2006 σχετικά με την Ένταξη σταθμών Α.Π.Ε. στο Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο, για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. που συνδέονται με το Σύστημα ή το Δίκτυο, εκτός από το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, εφόσον δεν τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια του Συστήματος ή του Δικτύου, ο αρμόδιος Διαχειριστής του Συστήματος ή του Δικτύου υποχρεούται, κατά την κατανομή του Φορτίου, να δίνει προτεραιότητα σε διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής, στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από Α.Π.Ε., ανεξάρτητα από την Εγκατεστημένη Ισχύ τους.

Στο σημείο αυτό μας δίνεται η ευκαιρία να ξεκαθαρίσουμε ποιος είναι ο Διαχειριστής του Συστήματος και ποιος ο Διαχειριστής του Δικτύου. Για την ηπειρωτική Ελλάδα δηλαδή το διασυνδεδεμένο σύστημα Διαχειριστής του συστήματος είναι ο Δ.Ε.ΣΜ.Η.Ε. ενώ Διαχειριστής του Δικτύου η Δ.Ε.Η. Για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά (μη διασυνδεδεμένο Σύστημα) Διαχειριστής και του Συστήματος και του Δικτύου είναι η Δ.Ε.Η.

Για την κατασκευή των έργων σύνδεσης, ο κάτοχος άδειας παραγωγής εκπονεί σχετική μελέτη, σύμφωνα με τους όρους και τις προδιαγραφές σύνδεσης που ορίζει ο αρμόδιος Διαχειριστής του Δικτύου (Δ.Ε.Η.), ο οποίος και εγκρίνει τη μελέτη αυτή. Πριν από την έγκριση της μελέτης, ο αρμόδιος Διαχειριστής γνωστοποιεί στον οικείο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης πρώτου βαθμού, τα βασικά στοιχεία της μελέτης που αφορούν τη χωροθέτηση των έργων σύνδεσης, για την ενημέρωση των ιδιοκτητών στα ακίνητα των οποίων πρόκειται να εγκατασταθούν τα έργα αυτά.
Αν συνδεθεί και άλλος χρήστης με τα έργα σύνδεσης, η διαχείριση του τμήματος των έργων που χρησιμοποιούνται από αυτόν παραχωρείται, από τον κάτοχο της άδειας του σταθμού Α.Π.Ε., στον αρμόδιο Διαχειριστή, ο οποίος υπεισέρχεται στα σχετικά δικαιώματα και τις υποχρεώσεις. Στην περίπτωση αυτή, η κυριότητα του εδάφους που καταλαμβάνεται από τα έργα σύνδεσης του ανωτέρω τμήματος, καθώς και τα αντίστοιχα έργα σύνδεσης, μεταβιβάζονται στον Κύριο του Δικτύου, ο οποίος καταβάλλει, για την κυριότητα του εδάφους, σχετικό αντάλλαγμα. Ο νέος χρήστης καταβάλλει στον κάτοχο της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου σταθμού αντάλλαγμα, το οποίο καθορίζεται και καταβάλλεται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας για την υλοποίηση έργων επέκτασης για σύνδεση. Το αντάλλαγμα χρήσης του εδάφους που αναλογεί στα έργα σύνδεσης δεν καταβάλλεται, κατά τα ανωτέρω, αν κύριος του εδάφους είναι το Δημόσιο.

#### *4.4.2.2 Τιμολόγηση*

Μεταξύ άλλων ο νόμος 3851/2010 θέτει νέες υψηλότερες τιμές ανάλογα με τον τύπο της βιομάζας(δίνοντας διαφορετικές τιμές ανάλογα με τον τύπο του βιοαερίου, ειδικότερα 220Ε/MWh για βιοαέριο που προέρχεται από βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ <=3MW και 200Ε/MWh από τις ίδιες μονάδες βιοαερίου με εγκατεστημένη ισχύ >3MW). Το γεγονός αυτό αποτελεί βασικό μοχλό για να προσελκύσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον η αξιοποίηση του βιοαερίου καθώς η εγγυημένη τιμή υπερδιπλασιάστηκε.

Επίσης η παραγόμενη ενέργεια από βιοαέριο, εφόσον οι επενδύσεις υλοποιούνται χωρίς τη χρήση δημόσιας επιχορήγησης , τιμολογείται με βάση τις τιμές του νόμου 3851/2010, προσαυξημένες κατά ποσοστό 15%.

| Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από: | Τιμή Ενέργειας (€/MWh) | |
|---|---|---|
| | Διασυνδεδεμένο Σύστημα | Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά |
| Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων) | 200 | |
| Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατ. ισχύ > 1 MW και ≤ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων | 175 | |
| Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≥ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων | 150 | |
| Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και Βιοαέρια από Βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 2 MW | 120 | |
| Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και Βιοαέρια από Βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ > 2 MW | 99,45 | |
| Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 3 MW | 220 | |
| Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ > 3 MW | 200 | |
| Λοιπές ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν) | 87,85 | 99,45 |
| Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) | 87,85 x ΣΡ (*) | 99,45 x ΣΡ (*) |

*(*) ΣΡ: Συντελεστής Ρήτρας Φυσικού Αερίου όπως ορίζεται στον Ν.3851*

**Πίνακας 4-12 Τιμή Πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (νόμος 3851/2010)**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια αγορά για το βιοαέριο αυξήθηκε κατά 20 έως 30% το χρόνο και πολλές χώρες έχουν αναπτύξει σύγχρονες τεχνολογίες βιοαερίου και έχουν καθιερώσει ανταγωνιστικότητα στον τομέα μετά από σειρά ερευνητικών διαδικασιών, λαμβάνοντας σημαντικές επιχορηγήσεις και δημόσια υποστήριξη. Εγκαταστάσεις βιοαερίου είναι σε λειτουργία στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική και πολλές από αυτές είναι μεγάλης κλίμακας και με χρήση υψηλής τεχνολογίας. Χώρες που έχουν αναπτύξει από τις πιο σημαντικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου και θα υποστούν ανάλυση παρακάτω είναι η Γερμανία, Δανία, Αυστρία, Ιταλία.

## 5.1 Προέλευση και σύσταση βιοαερίου

Κατά την **αναερόβια χώνευση** οργανικών υλικών που περιέχουν συγκεκριμένες ομάδες αναερόβιων μικροοργανισμών, γίνεται μετατροπή της οργανικής ύλης σε **βιοαέριο**, ένα **αέριο καύσιμο** μείγμα που έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε πολλές σημαντικές εφαρμογές για την παραγωγή ενέργειας.

Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μετά τη διαδικασία του καθαρισμού και την αναβάθμισή του, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών ή για έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

Το βιοαέριο, αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, παράγεται από την αναερόβια επεξεργασία κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων, όπως είναι τα λύματα των χοιροστασίων, βουστασίων, πτηνοτροφείων και άλλων αγροτοβιομηχανικών μονάδων, τα λύματα των βιολογικών καθαρισμών, καθώς και από την αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος απορριμμάτων στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ). Οι ΧΥΤΑ προσφέρουν υψηλότερο δυναμικό βιοαερίου.

Οι ανεξέλεγκτες χωματερές, που ακόμη λειτουργούν στην πατρίδα μας και θα οδηγήσουν στην επιβολή υψηλών προστίμων από την ΕΕ, αποτελούν εστίες πολλών προβλημάτων, με τραγικές συνέπειες για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

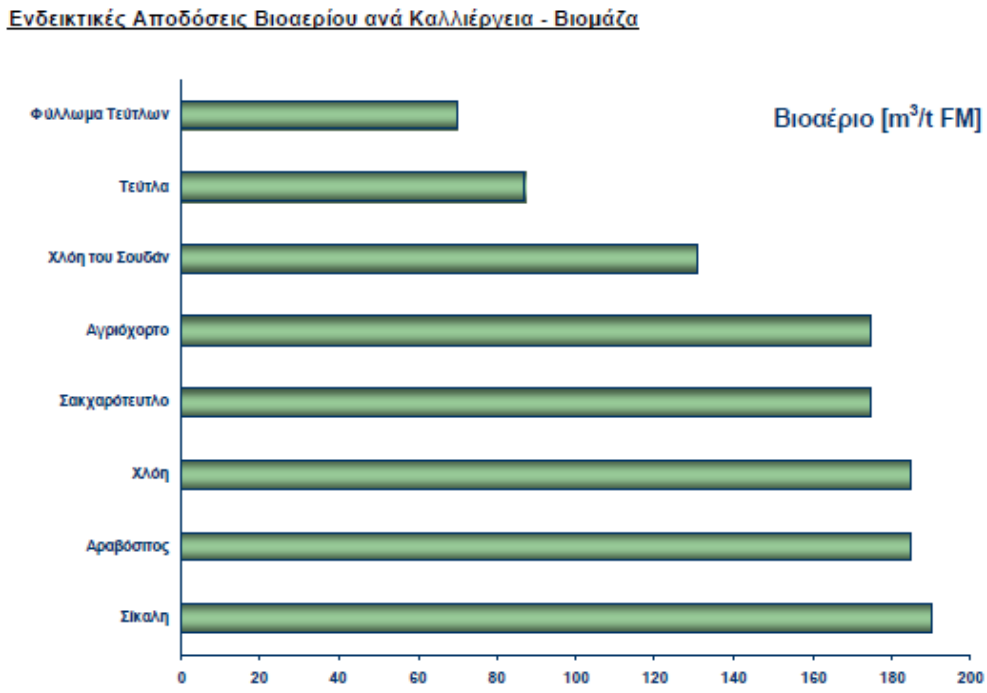
Τα εκπεμπόμενα αέρια ενισχύουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη, με τραγικές επιπτώσεις για την ανθρωπότητα.

Η κλιματική αλλαγή συνήθως εστιάζεται στο διοξείδιο του άνθρακα ($CO_2$). Δεν πρέπει όμως να διαφεύγουν οι σημαντικές εκπομπές του μεθανίου ($CH_4$). Το 17% του φαινόμενου του θερμοκηπίου οφείλεται στο μεθάνιο, που είναι 21 φορές πιο επικίνδυνο από διοξείδιο του άνθρακα σύμφωνα με την IPCC. Κύρια πηγή εκπομπών μεθανίου από ανθρωπογενείς παράγοντες είναι η γεωργία, η κτηνοτροφία, οι παράνομες χωματερές, κ.α.

Με την έννοια αυτή θεωρείται αυτοσκοπός η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών μεθανίου από τις ανθρωπογενείς πηγές, μετατρέποντάς το σε χρήσιμη ενέργεια ή προϊόντα.

Παράλληλα η συνεχής άνοδος των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, κατέστησαν τη χρήση του βιοαερίου ιδιαίτερα επωφελή για την εξοικονόμηση των ορυκτών καυσίμων.

Ακολουθεί ένα γράφημα με τις ενδεικτικές αποδόσεις παραγωγής βιοαερίου από καλλιέργειες, εκφρασμένο σε κυβικά ανά τόνο μάζας ($m^3/t$).




**Γράφημα 5-1 Ενδεικτικές αποδόσεις παραγωγής βιοαερίου από καλλιέργειες**

### 5.1.1 Η χημική σύσταση του βιοαερίου

Οι χημικές ενώσεις που υπάρχουν στο βιοαέριο είναι αυτές που του δίνουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως ανανεώσιμο καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας.

Το βιοαέριο ως μίγμα περιέχει όπως προαναφέρθηκε κυρίως μεθάνιο ($CH_4$) και διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και μικρότερες ποσότητες από άλλες αέριες ενώσεις (υδρατμοί, αμμωνία, υδρογόνο, υδρόθειο κ.ά).

Το μεθάνιο καίγεται με μεγάλη ευκολία σύμφωνα με την γνωστή εξώθερμη αντίδραση καύσης:

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 192$ Kcal/mol

Μία τυπική σύνθεση και περιεκτικότητα του παραγόμενου βιοαερίου στους ΧΥΤΑ φαίνεται στον παρακάτω : 40

| Συστατικά βιοαερίου | I<br>% κατ'όγκο | II<br>% κατ'όγκο | III<br>% κατ'όγκο |
|---|---|---|---|
| Μεθάνιο | 65 | 50-45 | 25 |
| Διοξείδιο του άνθρακα | 35 | 45-35 | 20 |
| Άζωτο | - | 4-16 | 45 |
| Οξυγόνο | - | 1-4 | 10 |

**Πίνακας 5-1 Τυπική σύσταση βιοαερίου**

Όπου οι στήλες του παραπάνω πίνακα αναφέρονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

Ι) κατά τη φυσική διαφυγή του αερίου από το ΧΥΤΑ

ΙΙ) με τη χρήση ενός τυπικού ενεργητικού συστήματος απαγωγής & ύπαρξη καλής στεγάνωσης της επιφάνειας

ΙΙΙ) λόγω υπερβολικής άντλησης & ανεπαρκής στεγάνωσης της επιφάνειας του ΧΥΤΑ

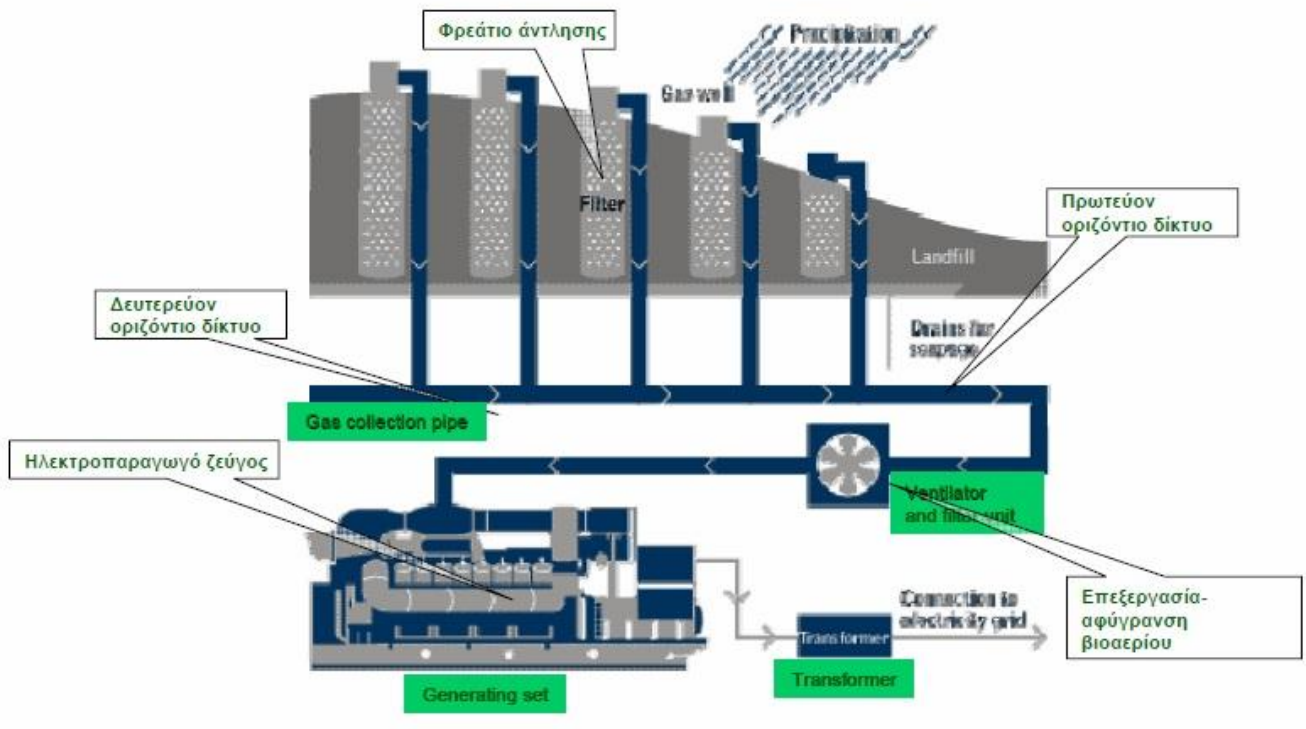
### 5.2 Σύστημα συλλογής βιοαερίου

Η σύγχρονη τεχνολογία της υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, προβλέπει ότι το βιοαέριο, θα πρέπει να συλλέγεται με τα κατάλληλα συστήματα και στη συνέχεια, αν δεν γίνεται εκμετάλλευσή του, να καίγεται σε ειδικούς πυρσούς ώστε να διατίθεται ασφαλώς στην ατμόσφαιρα.

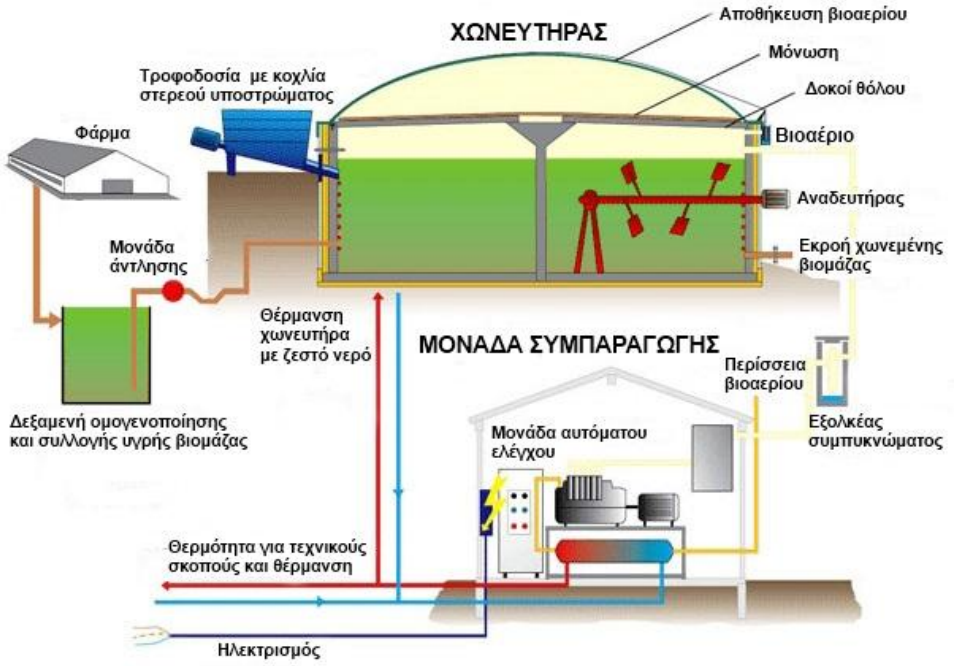
Ένα σύστημα συλλογής βιοαερίου αποτελείται από:

- τους συλλέκτες,
- τους αγωγούς μεταφοράς,
- το σύστημα αφύγρανσης,
- το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης.

Το δίκτυο μεταφοράς του βιοαερίου αποσκοπεί στη μεταφορά του βιοαερίου από το κατακόρυφο ή οριζόντιο δίκτυο συλλογής στη μονάδα άντλησης και καύσης.




**Εικόνα 5-1 Σχηματικό διάγραμμα αξιοποίησης βιοαερίου**[41]




**Εικόνα 5-2 Συλλογή και ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου**

### 5.3 Ενεργειακή αξιοποίηση

Η ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην οικονομία της χώρας μας και στο περιβάλλον, καθώς δίνει λύση στο ολοένα και μεγαλύτερο πρόβλημα της διάθεσης των αποβλήτων, ενώ παράλληλα υποκαθιστά εισαγόμενα-ρυπογόνα καύσιμα, συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη.

Το μεθάνιο παρουσιάζει θερμογόνο δύναμη ίση με 39,8 MJ/$m^3$, τιμή που ισοδυναμεί με 11,06 kWh/$m^3$. Κατά συνέπεια, το βιοαέριο το οποίο περιέχει μεθάνιο σε ποσοστό μεταξύ 55 και 70%, εμφανίζει θερμογόνο δύναμη που κυμαίνεται μεταξύ 6 και 7,5 kWh/$m^3$. Κατά συνέπεια, το βιοαέριο μπορεί να έχει τις ακόλουθες χρήσεις:

- Να καεί απευθείας σε λέβητες για την παραγωγή θερμότητας
- Να διοχετευθεί, μετά από κατάλληλη επεξεργασίας, σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από το σύστημα συμπαραγωγής.
- Να αναμορφωθεί σε βιομεθάνιο και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο κίνησης οχημάτων.
- Εναλλακτικά ως αναμορφωμένο βιομεθάνιο μπορεί να αντικαταστήσει το φυσικό αέριο, που είναι μη ανανεώσιμο καύσιμο, στη χημική βιομηχανία.

Με τον όρο ΑΘΔ (Ανώτερη θερμογόνος δύναμη ) γίνεται λόγος για την ενέργεια που εκλύεται κατά την καύση 1 $Nm^3$ ΦΑ όταν στα προϊόντα καύσης το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση.

Σε περίπτωση που η μονάδα είναι εξοπλισμένη και με σύστημα δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα, τότε το αέριο προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι ουσιαστικά μεθάνιο (που ονομάζεται βιομεθάνιο ώστε να γίνεται κατανοητή η προέλευσή του). Το βιομεθάνιο έχει ενεργειακό περιεχόμενο αντίστοιχο με το φυσικό αέριο με αποτέλεσμα, σε

ορισμένες χώρες να επιτρέπεται η διοχέτευση του στο δίκτυο του φυσικού αερίου, υπό τις προϋποθέσεις που περιγράφονται σε κάθε μία.

Το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται μόνο στις μονάδες αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο. Στις συμβατικές μονάδες συμπαραγωγής με βιοαέριο δεν χρησιμοποιείται εξοπλισμός δέσμευσης του $CO_2$, άρα το κόστος είναι μικρότερο.

.

Η παρουσία του νερού, υπό την μορφή υδρατμών, είναι αναπόφευκτη λόγω των βιοχημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την αναερόβια χώνευση. Όπως και το υδρόθειο, έτσι και η παρουσία των υδρατμών είναι ανεπιθύμητη στο ρεύμα βιοαερίου που οδηγείται στη μηχανή συμπαραγωγής λόγω της διάβρωσης που μπορεί να προκαλέσει στον μηχανολογικό εξοπλισμό.

Σε μια τυπική μονάδα , γίνεται απομάκρυνση των υδρατμών, του υδρόθειου και των λοιπών διαβρωτικών ενώσεων και το μίγμα μεθανίου/διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιείται ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής (ή και θερμικής ενέργειας) σε κατάλληλες μηχανές.

Υψηλές συγκεντρώσεις υδρατμών καθιστούν ακόμα και το διοξείδιο του άνθρακα επιβλαβές, λόγω του σχηματισμού μικρών ποσοτήτων ανθρακικού οξέος.

Οι **σιλοξάνες**, τέλος, είναι ενώσεις του πυριτίου και προέρχονται ως επί τω πλείστον από συγκεκριμένες κατηγορίες υλικών που συμμετάσχουν στην αναερόβια χώνευση. Τέτοια υλικά είναι τα αστικά στερεά ή υγρά απόβλητα. Έτσι η παρουσία τους είναι έντονη στο βιοαέριο χωματερής ή εκείνο από βιολογικούς καθαρισμούς, ενώ δεν αποτελεί πρόβλημα για τις αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

Η παρουσία των σιλοξανών στο βιοαέριο είναι ιδιαίτερα ανεπιθύμητη, καθώς έχουν την τάση, σε υψηλές θερμοκρασίες, να αντιδρούν με το οξυγόνο και να σχηματίζουν διοξείδιο του πυριτίου ($SiO_2$) το οποίο επικάθεται σε διάφορα μέρη του μηχανολογικού εξοπλισμού δημιουργώντας τους σοβαρότατες φθορές.

### 5.3.1 Οφέλη και πλεονεκτήματα

Το **βιοαέριο**, εκτός από τα συνήθη οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η προστασία του περιβάλλοντος και η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, εμφανίζει και ορισμένα ξεχωριστά πλεονεκτήματα.

1. Η επιδότηση που δίνεται για την κατασκευή μονάδας παραγωγής βιοαερίου και οι **εγγυημένες τιμές πώλησης** της ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να προσφέρουν στους αγρότες μια επιπλέον πηγή εσόδων. Έτσι, ενισχύεται η βιωσιμότητα του αγροτικού πληθυσμού με τρόπο, μάλιστα, που δεν τον αναγκάζει να αποπροσανατολιστεί επαγγελματικά από αυτό που γνωρίζει καλά.

2. Η κατασκευή μονάδων παραγωγής βιοαερίου συνεισφέρει στην **αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας**, μια τάση που εδώ και αρκετά χρόνια είναι εξαιρετικά διαδεδομένη σε όλη την Ευρώπη. Το πώς γίνεται η διασύνδεση μιας μονάδας τέτοιας με το δίκτυο ηλεκτρισμού εξηγείται με την εφαρμογή μας στο κεφάλαιο 7.5

3. Οι **πρώτες ύλες** που χρησιμοποιούνται στις μονάδες παραγωγής βιοαερίου αποτελούν πολλές φορές υλικά που υποβαθμίζουν την ποιότητα της περιοχής όπου παράγονται (π.χ. ζωικές κοπριές, οργανικά υγρά απόβλητα κ.λπ.). Η συλλογή και η ενεργειακή αξιοποίηση τέτοιων υλικών, προσφέρει πολύτιμη πράσινη ενέργεια στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, και περιορίζει τα φαινόμενα ρύπανσης βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής της κοινωνίας.

4. Με την χρήση τεχνολογιών **αερόβιας επεξεργασίας** (βιολογικοί καθαρισμοί), τα κύρια αέρια προϊόντα είναι το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί- ουσίες που δεν καίγονται και άρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας. Παράλληλα, οι διεργασίες της αερόβιας χώνευσης καταναλώνουν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας. Αντιθέτως, η ενεργειακή κατανάλωση των μονάδων αναερόβια χώνευσης είναι μικρότερη, ενώ το παραγόμενο βιοαέριο έχει πολύ αξιόλογο ενεργειακό περιεχόμενο.

5. Διευκολύνεται η διαχείριση και η τελική διάθεση των οργανικών αποβλήτων λόγω της μείωσης του όγκου τους που πραγματοποιείται στον **αναερόβιο χωνευτήρα**.

6. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται **ενεργειακά φυτά** (π.χ. καλαμπόκι) για την παραγωγή βιοαερίου και το υπόλειμμα της χώνευσης ανακυκλώνεται στα χωράφια, δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση συνθετικών λιπασμάτων.

7. Κατά την αποθήκευση του υγρού υπολείμματος της χώνευσης, εκλύονται σημαντικά λιγότερες **οσμές** από ότι κατά τη διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων στα χωράφια.

8. Σημαντική ελάττωση ή και πλήρης εξαφάνιση των **παθογόνων μικροοργανισμών** στο υγρό υπόλειμμα. Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατή την απευθείας χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού στα χωράφια.

9. Αποφυγή κινδύνων επιβολής προστίμων, τόσο από την Ελλάδα όσο και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, για ακατάλληλη **διάθεση αποβλήτων**. Η συχνότητα της επιβολής τέτοιων προστίμων καθώς και τα χρηματικά ποσά τα οποία καλούνται να πληρώσουν οι παραβάτες αυξάνονται διαρκώς.

10. Σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα καθώς και μηδενική παραγωγή ρύπων.

### 5.3.2 Επιλογή πρώτης ύλης

Η επιλογή της πρώτης ύλης είναι καθοριστική. Αναλόγως της πρώτης ύλης **βιομάζας** που χρησιμοποιείται, διακρίνουμε δυο διαφορετικά είδη μονάδων αναερόβιας χώνευσης και παραγωγής βιοαερίου:

- αγροτικές
- βιομηχανικές.

Στις πρώτες πραγματοποιείται ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας που προκύπτει από τις διάφορες αγροκτηνοτροφικές δραστηριότητες. Στις αγροτικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου η ζωική κοπριά και τα ενσιρώματα ενεργειακών καλλιεργειών (π.χ καλαμπόκι) αποτελούν τις δημοφιλέστερες πρώτες ύλες. Στις βιομηχανικές μονάδες αναερόβιας χώνευσης η πρώτη ύλη είναι οργανικά βιομηχανικά απόβλητα, είτε σε στερεή ή σε υγρή μορφή για παράδειγμα απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων, υπολείμματα τροφίμων.

Το είδος της οργανικής πρώτης ύλης που επεξεργάζεται μια μονάδα αναερόβιας χώνευσης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την μορφή και τη λειτουργία της. Στις βιομηχανικές μονάδες παραγωγής βιοαερίου απαιτείται, πολλές φορές, η προεπεξεργασία της πρώτης ύλης σε υψηλές θερμοκρασίας (παστερίωση ή/και αποστείρωση) προτού εισέλθει στο χωνευτήρα. Για την αποφυγή περιβαλλοντικών οχλήσεων από την έκλυση δυσάρεστων οσμών, ο εξοπλισμός επεξεργασίας και τροφοδοσίας των στερεών βιομηχανικών αποβλήτων βρίσκεται εγκατεστημένος σε κλειστό χώρο.

Μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου που χρησιμοποιεί αγροτική βιομάζα είναι σαφώς ευκολότερη στην κατασκευή και λειτουργία της. Η σύσταση τόσο της κοπριάς όσο και των ενεργειακών καλλιεργειών δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις ενώ δεν είναι υποχρεωτική η θερμική προεπεξεργασία της βιομάζας. Παράλληλα, το είδος της πρώτης ύλης είναι καθοριστικό ως προς την ισχύ της μονάδας βιοαερίου και της ενέργειας που θα παράγει. Υλικά όπως το ενσίρωμα καλαμποκιού και τα υπολείμματα τροφίμων παράγουν περισσότερη ενέργεια από ότι η κοπριά των βοοειδών, αν και η τελευταία παρουσιάζει μεγαλύτερη ευκολία στην επεξεργασία της.

Για να αποφεύγονται τα προβλήματα που προκαλούνται στην μονάδα από την αναερόβια χώνευση μόνο ενός υλικού, έχει γίνει πλέον κοινή πρακτική ο συνδυασμός αγροτικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε μονάδες συνδυασμένης αναερόβιας χώνευσης**.** Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένες μονάδες σε σχέση με τις πιο συμβατικές αμιγώς αγροτικές ή βιομηχανικές είναι αξιοσημείωτα: περισσότερο σταθερή διεργασία, μεγαλύτερη δυνατότητα επεξεργασίας υλικών, υψηλότερη παραγωγή βιοαερίου και ενέργειας, περισσότερο κερδοφόρα επένδυση.

Για να υπάρχει μια σχετική τάξη μεγέθους, μια μονάδα παραγωγής βιοαερίου με ηλεκτρική ισχύ 500 kWel. μπορεί να παράγει περίπου 4 GWh ηλεκτρικής ενέργειας και 4.4 GWh θερμότητας. Η εγκατάσταση μιας τέτοιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου προσφέρει καθαρή ηλεκτρική ενέργεια σε 900 σπίτια και, ταυτόχρονα, καλύπτει τις ανάγκες για θερμότητα σε περίπου άλλα 220. Για να γίνει αντιληπτή η τάξη μεγέθους είναι θεμιτό να γίνει με βάση την ενεργειακή κατανάλωση ανά κάτοικο που φαίνεται στο κεφάλαιο 7.4,Γράφημα 7-2 Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο.

### 5.3.3 Κατασκευή και Εγκατάσταση

Για την επιτυχή και άρτια λειτουργία μιας μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας από βιοαέριο σημαντικός παράγοντας είναι ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη χωροθέτηση.

1. Σε κανονικές συνθήκες εκτέλεσης των εργασιών, απαιτούνται μεταξύ 9-15 μήνες από την έναρξη της κατασκευής μιας μονάδας παραγωγής βιοαερίου μέχρι να παραχθούν οι πρώτες ποσότητες βιοαερίου.

2. Κάθε μια παράμετρος λειτουργίας της μονάδας βελτιστοποιείται: από το είδος, την ποσότητα και τον τρόπο προμήθειας των πρώτων υλών, μέχρι την παραγωγή του βιοαερίου και τη διαχείριση του υγρού υπολείμματος

της χώνευσης. Η μονάδα παραγωγής βιοαερίου μπορεί να εγκατασταθεί είτε πλησίον κάποιου αγροκτήματος ή εντός μιας βιομηχανικής περιοχής αναλόγως το σκοπό για τον οποίον έχει σχεδιαστεί και προγραμματιστεί η λειτουργία της.

3. Η μονάδα προτιμάται να εγκαθίσταται σε κοντινή τοποθεσία στον καταναλωτή ώστε να γίνεται η καλύτερη δυνατή εμπορική εκμετάλλευση της θερμότητας, και το κόστος σύνδεσής της με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης να είναι το μικρότερο δυνατό.

4. Η ανέγερση της μονάδας μπορεί να αρχίσει αμέσως μόλις έχει ολοκληρωθεί η προαπαιτούμενη διαδικασία για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασής της. Στις περισσότερες εφαρμογές, αφότου πραγματοποιηθούν τα απαραίτητα χωματουργικά έργα για τη διαμόρφωση του χώρου, εγκαθίστανται σταδιακά οι δεξαμενές υποδοχής, οι χωνευτήρες, οι αναδευτήρες, οι αντλίες και τα δίκτυα σωληνώσεων. Στη συνέχεια εγκαθίσταται η μονάδα συμπαραγωγής και γίνεται η ηλεκτρολογική σύνδεση και οι αυτοματισμοί. Τέλος, κατασκευάζεται το δίκτυο σωληνώσεων για την μεταφορά της θερμότητας εντός και εκτός της μονάδας (τηλεθέρμανση).

5. Οι οχλήσεις που προκαλούνται από μια τυπική μονάδα παραγωγής βιοαερίου (π.χ. οσμές, θόρυβος) είναι εξαιρετικά περιορισμένες. [42]

### 5.3.4 Παραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας από το σύστημα Συμπαραγωγής

Το τελευταίο κομμάτι μιας τυπικής μονάδας ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου είναι το σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας. Κατά το στάδιο αυτό, μια μηχανή εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιεί ως καύσιμο το βιοαέριο, κινεί μια γεννήτρια ισχύος για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Η ανάκτηση της θερμότητας από την λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης (π.χ. από τα καυσαέρια) έχει ως συνέπεια την ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας (υπό την μορφή θερμού νερού ή ατμού). Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα συμπαραγωγής βρίσκεται μέσα σε κοντέινερ, ή σε κάποιο κτίριο πλησίον των χωνευτήρων παραγωγής του βιοαερίου.

Αν και η λειτουργία των μηχανών αυτών είναι συνεχής, η καλή ηχομόνωση των χώρων αυτών αποτρέπει την έντονη ακουστική όχληση. Το βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων συμπαραγωγής είναι ότι παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα ταυτόχρονα.

Κατά συνέπεια, υπάρχει αυξημένη απόδοση των συστημάτων αυτών σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα των μεγάλων μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, που παράγουν αποκλειστικά ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, η συνολική απόδοση ενός συστήματος συμπαραγωγής κυμαίνεται μεταξύ 80-90%. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ 80-90% του ενεργειακού περιεχομένου του βιοαερίου που καίγεται στην μηχανή, μετατρέπεται σε εκμεταλλεύσιμη –ηλεκτρική και θερμική- ενέργεια. Αντιθέτως η απόδοση των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής δύσκολα υπερβαίνει το 40%.

Η απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια των συστημάτων συμπαραγωγής είναι μεταξύ 30-43%, αναλόγως της ισχύος του συστήματος. Κατά κανόνα, οι μεγαλύτερες μονάδες εμφανίζουν και υψηλότερη απόδοση. Για μονάδες περιορισμένης ισχύος (π.χ. <200 kWel.) ο συνδυασμός του βιοαερίου με πετρέλαιο diesel ή βιοντίζελ (σε ποσοστό μέχρι 10%) αυξάνει περισσότερο την απόδοση του συστήματος.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης θερμότητας προέρχεται από το νερό ψύξης της μηχανής συμπαραγωγής, το οποίο λαμβάνεται σε μια θερμοκρασία μεταξύ 80 και 90°C. Σημαντικά υψηλότερες θερμοκρασίες (460 με 550°C) για περαιτέρω ανάκτηση θερμότητας και την παραγωγή ατμού επιτυγχάνεται με χρήση του θερμικού περιεχομένου των καυσαερίων.

Η εκμετάλλευση για ιδιοκατανάλωση της θερμότητας που λαμβάνεται δωρεάν από το σύστημα συμπαραγωγής οδηγεί στην καθοριστική μείωση των λειτουργικών εξόδων της μονάδας. Πέραν της ιδιοκατανάλωσης, η δυνατότητα πώλησης της παραγόμενης θερμότητας (ως θερμό νερό ή ατμός) για χρήση σε γειτνιάζουσες βιομηχανίες ή κατοικίες μέσω δικτύου τηλεθέρμανσης, μπορεί να πολλαπλασιάσει τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη από τη λειτουργία της μονάδας βιοαερίου.

### 5.3.5 Αξιοποίηση βιοαερίου ΧΥΤΑ

Το βιοαέριο παράγεται επίσης από την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών απορριμμάτων που συγκεντρώνονται σε χωματερές. Κάθε Ευρωπαίος παράγει 5 με 15 κιλά απορριμμάτων κάθε ημέρα. Η εκμετάλλευση του βιοαερίου από τις χωματερές είναι μια λύση που κερδίζει συνεχώς υποστηρικτές.

Μέσω της δημιουργίας τέτοιων μονάδων αξιοποίησης σε χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) μπορεί να εξασφαλιστεί η παραγωγή θερμότητας που απαιτείται για μεγάλο μερίδιο πολιτών.

Γι' αυτό και πλέον το βιοαέριο έχει ξεκινήσει να αξιοποιείται όχι μόνο σε αρκετούς ΧΥΤΑ άλλων πόλεων της Ελλάδας, αλλά και σε μεγάλες μονάδες βιολογικών καθαρισμών, αντί απλώς να φλέγεται σε πυρσούς καύσης.

Το βιοαέριο δεσμεύεται από τους χώρους όπου βιοδιασπώνται τα σκουπίδια (τα επονομαζόμενα «κύτταρα»), καθαρίζεται από τυχόν προσμείξεις και οδηγείται σε μηχανές εσωτερικής καύσης, όπου αναφλέγεται ελεγχόμενα για να παραγάγει ηλεκτρισμό. Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται όχι μόνο η ρύπανση της ατμόσφαιρας, μετατρέποντας το μεθάνιο στο σχετικά λιγότερο βλαβερό CO2( διοξείδιο του άνθρακα), αλλά παράγεται ρεύμα το οποίο μεταφέρεται στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

#### *5.3.5.1 Στεγανά «κύτταρα»*

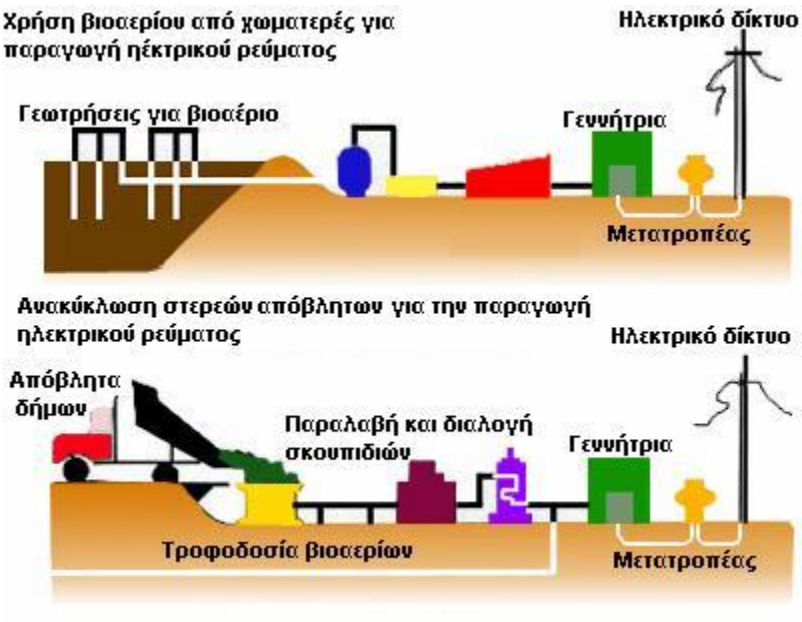
Εξασφαλίζουν πως τα ρυπογόνα υγρά υπολείμματα των σκουπιδιών («τα στραγγίσματα») δεν θα διαφύγουν από τον πυθμένα μολύνοντας τον υδροφόρο ορίζοντα. Υπολείμματα που επεξεργάζονται εκ νέου με την αξιοποίηση του βιοαερίου. Συγκεκριμένα, η θερμότητα που παράγεται από την κατανάλωση του αερίου στους καυστήρες ζεσταίνει νερό που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων.

***Πλεονέκτημα διαδικασίας άντλησης***

Το πλεονέκτημα, μάλιστα, αυτής της διαδικασίας είναι ότι η άντληση του βιοαερίου από ένα «κύτταρο» ξεκινά αφότου αυτό σταματήσει να δέχεται απορρίμματα, γεγονός που σημαίνει πως αξιοποιείται περαιτέρω και παράγει ηλεκτρική ενέργεια ένας χώρος που κανονικά θα ήταν πλέον άχρηστος.

Το βιοαέριο που παράγεται από την αναερόβια χώνευση της βιομάζας που συγκεντρώνεται στη χωματερή, αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (γενικά 40-70%) και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ –συνήθως μέχρι 5%- συμμετέχουν στη σύσταση του και άλλα αέρια όπως υδρογόνο, άζωτο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, υδρατμοί κ.λ.π.

Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα του βιοαερίου σε μεθάνιο, τόσο μεγαλύτερη απόδοση έχει ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.




**Εικόνα 5-3 Διαδικασία άντλησης βιοαερίου**

### 5.3.6 Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή βιοαερίου

Η παραγωγή βιοαερίου από οργανικά υλικά επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται η αναερόβια χώνευση.

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης των οργανικών υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί σε τρία θερμοκρασιακά εύρη: από 10-25°C (ψυχρόφιλες συνθήκες), από 30-37°C (μεσόφιλες συνθήκες) και από 48-55°C (θερμόφιλες συνθήκες). Στην πράξη, όμως, όταν ο στόχος είναι η πιο αποδοτική παραγωγή σε **βιοαέριο** και η χρήση του τελευταίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από το σύστημα συμπαραγωγής, μόνο η **μεσόφιλη** και η **θερμόφιλη αναερόβια χώνευση** βρίσκει εφαρμογή. Σε γενικές γραμμές σε πολύ χαμηλή ή υψηλή **θερμοκρασία** (π.χ. σε θερμοκρασίες μικρότερες των -10°C ή άνω των 90°C) οι μικροοργανισμοί εξοντώνονται πλήρως. 43

Η βασική αιτία για την οποία απορρίπτεται η ψυχρόφιλη διεργασία είναι ότι σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες οι ρυθμοί μετατροπής της οργανικής ύλης σε βιοαέριο είναι πολύ χαμηλοί, καθώς η δραστικότητα των μικροοργανισμών είναι περιορισμένη. Συνέπεια αυτού είναι να απαιτούνται πολύ μεγάλοι χρόνοι παραμονής των υλικών στους χωνευτήρες και άρα πολύ μεγάλοι όγκοι αντιδραστήρων και δεξαμενών. Ακόμα κι έτσι, όμως, η χημική σύσταση του βιοαερίου είναι υποβαθμισμένη. Περισσότερες εφαρμογές της ψυχρόφιλης διεργασίας συναντώνται σε τροπικές περιοχές διατηρώντας, έτσι, το κόστος κατασκευής των μονάδων βιοαερίου χαμηλό ενώ, ταυτόχρονα, δεν υπάρχουν απαιτήσεις για την παραγωγή υψηλής ποιότητας καυσίμου, καθώς αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για οικιακές χρήσεις.

Η πλειοψηφία των *μεθανογενών μικροοργανισμών* (εκείνων, δηλαδή, που συνθέτουν μεθάνιο από οργανική ύλη) ανήκουν στους μεσόφιλους. Αναπτύσσονται γρήγορα (όχι απότομα) σε αυτό το θερμοκρασιακό εύρος και εμφανίζουν υψηλούς βαθμούς μετατροπής. Στην πράξη, αυτό έχει άμεσες συνέπειες στον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων βιοαερίου καθώς αποτελούν τις πλέον σταθερές σε λειτουργία μονάδες. Η ομαλότητα ανάπτυξης και οι συνθήκες που επικρατούν στον χωνευτήρα στις μεσόφιλες συνθήκες καθιστούν τη διεργασία περισσότερο ισορροπημένη, ανθεκτικότερη σε χημικούς παράγοντες που αναστέλλουν τη χώνευση (π.χ. αμμωνία) και ικανή να δεχθεί πολύ μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών βιομάζας και αποβλήτων· ακόμα και τα πιο δύσκολα επεξεργάσιμα όπως είναι τα απόβλητα σφαγείων ή τα ζωικά υποπροϊόντα.

Ένα μικρότερο ποσοστό μεθανογενών μικροοργανισμών είναι θερμόφιλο, γεγονός που σημαίνει ότι αποδίδει ιδανικά σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Γενικότερα, στις θερμοκρασίες αυτές όλα τα βακτήρια καταναλώνουν το οργανικό υπόστρωμα με υψηλότερους ρυθμούς και αναπτύσσονται ταχύτερα. Εξαιτίας του γεγονότος αυτού, οι χωνευτήρες που λειτουργούν σε θερμόφιλες συνθήκες μπορεί να είναι μικρότερου μεγέθους (γεγονός που συνεπάγεται μικρότερο κατασκευαστικό κόστος), διατηρώντας πολύ υψηλά τα επίπεδα παραγωγής βιοαερίου. Εξίσου θετικό χαρακτηριστικό της θερμόφιλης αναερόβιας χώνευσης είναι η δυνατότητα εξόντωσης μεγαλύτερου ποσοστού των παθογόνων βακτηρίων που περιέχονται στα οργανικά απόβλητα. (π.χ. στην κοπριά).

Παρά τα πλεονεκτήματα της θερμόφιλης διεργασίας, η μεσόφιλη αναερόβια χώνευση εξακολουθεί να κυριαρχεί ως επιλογή στις περισσότερες μονάδες βιοαερίου. Ο λόγος έχει να κάνει με τον δυσκολότερο έλεγχο και βελτιστοποίησης της πρώτης. Τα θερμόφιλα μεθανογενή βακτήρια είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις μεταβολές των συνθηκών της αναερόβιας χώνευσης. Έτσι ακόμα και η ελάχιστη μεταβολή μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην ανάπτυξη τους. Σε περίπτωση που υπάρξει μεταβολή της θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 1-2°C παρατηρείται σημαντική μείωση στην ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου. Παράλληλα, η ποικιλία των υλικών που μπορεί να επεξεργασθούν αναερόβια σε θερμόφιλες συνθήκες είναι μικρότερη σε σχέση με τις μεσόφιλες, εξαιτίας μεγαλύτερης της χημικής σύστασής τους και της εντονότερης επίδρασης ορισμένων αναστολέων χώνευσης (π.χ. αμμωνία) στη διεργασία.

Πολλές σύγχρονες μονάδες βιοαερίου επιλέγουν να υλοποιούν την αναερόβια χώνευση σε δύο στάδια: ένα μεσόφιλο και ένα θερμόφιλο. Έτσι, αν και το κόστος της επένδυσης αυξάνεται, οι μονάδες αυτές αποκομίζουν τα πλεονεκτήματα κάθε τύπου χώνευσης, βελτιστοποιώντας την παραγωγή βιοαερίου. Σε υψηλή θερμοκρασία οι ρυθμοί μετατροπής της οργανικής ύλης σε βιοαέριο είναι αρκετά υψηλοί λόγω αυξημένης δραστικότητας των μικροοργανισμών.

### 5.4 Διάδοση χρήσης βιοαερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ευρωπαϊκή ενεργειακή αγορά είναι η μεγαλύτερη περιφερειακή αγορά παγκοσμίως (πάνω από 500 εκατ. καταναλωτές) και ο μεγαλύτερος εισαγωγέας ενέργειας. Πολλές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ΕΕ, π.χ, κλιματική αλλαγή, πρόσβαση σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο, ανάπτυξη τεχνολογίας, ενεργειακή απόδοση, είναι κοινές στις περισσότερες χώρες, και η αντιμετώπισή τους εξαρτάται από τη διεθνή συνεργασία.

Σήμερα, ο τομέας του βιοαερίου σε μερικές Ευρωπαϊκές χώρες αντιμετωπίζει ραγδαία εξέλιξη και η αγορά βιοαερίου στις χώρες αυτές συνεχώς επεκτείνεται. Για παράδειγμα στην Γερμανία, η αγορά βιοαερίου αυξήθηκε ραγδαία. Το 2012 λειτουργούν 9.243 μονάδες σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Οι περισσότερες από τις νέες μονάδες στην Γερμανία είναι μονάδες συμπαραγωγής, έχουν εγκατεστημένη ισχύ 500 kW και χρησιμοποιούν ενεργειακές καλλιέργειες ως πρώτη ύλη. Νέες τελικές χρήσεις του βιοαερίου ως καύσιμο στις μεταφορές (Jameln) και έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου ((Pliening, Kerpen and Straelen) έχουν ήδη λειτουργήσει.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ε.Ε.) και ειδικότερα το Πρόγραμμα «Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη» υποστηρίζει το έργο BiG>East, το οποίο προωθεί την παραγωγή και χρήση του βιοαερίου ως μία ασφαλή και αειφόρο ενεργειακή πηγή σε επιλεγμένες χώρες της Νοτίου και Ανατολικής Ευρώπης .[44]

#### 5.4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με βιοαέριο

Αν και μέχρι στιγμής δεν υπάρχει κάποια Οδηγία ή Κανονισμός σχετικά με την παραγωγή και χρήση βιοαερίου, η αναγκαιότητα εφαρμογής ενός νομοθετικού πλαισίου σε ότι αφορά στο βιοαέριο σημειώνεται από πολλούς οργανισμούς και εμπλεκόμενους φορείς. Για παράδειγμα η Επιτροπή Αγροτικής Ανάπτυξης του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου σε έκθεση αναφέρεται ότι το βιοαέριο αποτελεί σημαντική ενεργειακή πηγή που συνεισφέρει στην αειφόρο οικονομική και αγροτική ανάπτυξη και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η Επιτροπή αυτή υπογραμμίζει την ανάγκη για ανασκόπηση της νομοθεσίας και δημιουργία Οδηγίας για το βιοαέριο:

• Πρώτο και κύριο, απαιτείται μία Οδηγία για το βιοαέριο με συγκεκριμένους στόχους σε ότι αφορά στο βιοαέριο που προέρχεται από τον αγροτικό τομέα επιμερίζοντας τον γενικότερο στόχο των ΑΠΕ, μέτρα για την κατασκευή και προώθηση μονάδων βιοαερίου με βάση εθνική ή περιφερειακή αξιολόγηση επιπτώσεων, μέτρα για την διάδοση και προώθηση της παρελθούσας εμπειρίας, πρόσκληση για εθνικό και περιφερειακό σχεδιασμό έτσι ώστε να αρθούν νομοθετικά και διοικητικά εμπόδια και συστάσεις για την ελάχιστη καταβολή και ετήσια αναπροσαρμογή της τιμής της ενέργειας.

• Η νομοθεσία για την χρήση των παραπροϊόντων των μονάδων βιοαερίου θα πρέπει να αναθεωρηθεί.

• Απαιτείται μία στρατηγική ώστε να συμπεριληφθούν οι εγκαταστάσεις βιοαερίου στους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

• Πανευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτείται ώστε να εξασφαλίζεται ότι το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιείται στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

• Τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να συμπεριλάβουν το βιοαέριο στην μεσοπρόθεσμη αξιολόγηση της αγροτικής και περιφερειακής ανάπτυξης και να προτείνουν δράσεις για το μέλλον.

• Προσπάθειες θα πρέπει να καταβληθούν για την χρηματοδότηση έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης στο τομέα του βιοαερίου.

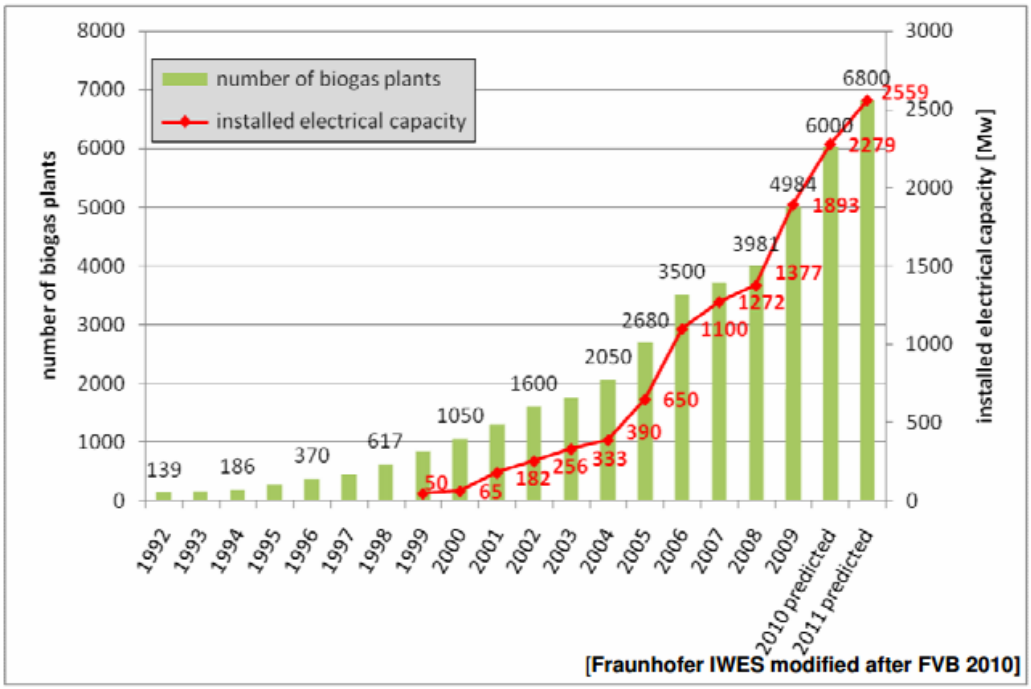
Χαρακτηριστικά έργα παραγωγής βιοαερίου αναφέρονται και αναλύονται εκτενέστερα μερικά από αυτά στο κεφάλαιο 5.4.1.1

#### *5.4.1.1 Διεθνής εμπειρία βιοαερίου*

Οι γνώσεις και οι εμπειρίες σχετικά με την αξιοποίηση του βιοαερίου και γενικότερα με τις δυνατότητες χρήσης του (πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα) είναι περισσότερο εκτεταμένες διεθνώς από ότι στην Ελλάδα.

**Γερμανία**

Σε λειτουργία βρίσκονται περίπου 4900 μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεγέθους 400kWel).
Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η εξέλιξη παραγωγής βιοαερίου κατά την πάροδο 20 χρόνων περίπου:




**Γράφημα 5-2 Εξέλιξη παραγωγής βιοαερίου στη Γερμανία**

## Δανία

Σε λειτουργία βρίσκονται περίπου 60 μονάδες βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος και περίπου 22 μονάδες βιοαερίου (co-operated biogas plants).

Από το 1992 η Lemvig Biogas είναι το μεγαλύτερο εργοστάσιο βιοαερίου στη Δανία. Γαιοπολτός από περίπου 75 αγροκτήματα καθώς και απόβλητα και κατάλοιπα βιομηχανικής παραγωγής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος. Το αποτέλεσμα είναι μια καλή οικονομία τόσο για το εργοστάσιο όσο και για τα νοικοκυριά που χρησιμοποιούν τη θερμότητα. Επιπλέον, υπάρχουν πρόσθετα οφέλη όπως η διάσπαση των ρυπογόνων ουσιών και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Περισσότερα από 21 εκατομμύρια kWh ηλεκτρικής ενέργειας παράγονται από το βιοαέριο. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο τοπικό δίκτυο ηλεκτρισμού. Το πλεόνασμα της θερμότητας από το σύστημα ψύξης του κινητήρα αερίου υπερβαίνει τις 18 εκατομμύρια kWh το χρόνο. Η θερμότητα αυτή διανέμεται στους χρήστες του κεντρικού εργοστασίου θέρμανσης του Lemvig. Οι χρήστες αριθμούν πάνω από 1000 νοικοκυριά.[45]

Οι κεντρικές μονάδες βιοαερίου χρηματοδοτούνται στο πλαίσιο τηλεθέρμανσης και οι μεμονωμένες μονάδες κλίμακας αγροκτήματος χρηματοδοτούνται από τις τράπεζες.

## Ιταλία

Κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων ετών ο αριθμός των μονάδων βιοαερίου στην Ιταλία έχει σχεδόν διπλασιαστεί: 273 μονάδες που χρησιμοποιούσαν αγροκτηνοτροφικές πρώτες ύλες ήταν σε λειτουργία το 2010, όταν η αντίστοιχη τιμή για το 2007 ήταν 154.[46] Στα 280 €/MWh πωλείται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από βιοαέριο σε μονάδες που χρησιμοποιούν κοπριά, καλλιέργειες ή άλλα φυτικά υπολείμματα, η Ιταλία διαθέτει την υψηλότερη τιμή πώλησης βιοενέργειας στην Ευρώπη. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει στην τιμή αυτή είναι η ισχύς των μονάδων, οι οποίες έχουν μέγιστη τιμή το 1 MWe, ώστε να αποφευχθεί η κατασκευή πολύ μεγάλων μονάδων βιοαερίου.

## 5.5 Πολιτική βιοαερίου και κατάσταση στην Ελλάδα

Δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία για το βιοαέριο στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη των έργων βιοαερίου και η εκμετάλλευση του βιοαερίου εντάσσεται κυρίως στο πλαίσιο των διατάξεων της γενικότερης νομοθεσίας για τις ΑΠΕ και των οικονομικών κινήτρων καθώς και στην ελληνική περιβαλλοντική πολιτική για τη διαχείριση των αποβλήτων.

Οι κύριες δράσεις που προβλέπονται στο 2$^{ο}$ Εθνικό Πρόγραμμα περιλαμβάνουν:

- Περαιτέρω διείσδυση του φυσικού αερίου σε όλους του τομείς τελικής ζήτησης και ηλεκτροπαραγωγής, συμπεριλαμβανομένης και της συμπαραγωγής.
- Προώθηση των ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας στη βιομηχανία και στον οικιακό – τριτογενή τομέα.

### 5.5.1 Μεγάλη η δυναμική της αγοράς βιοαερίου στην Ελλάδα

Τεράστια καταγράφεται η δυναμική της αγοράς βιοαερίου στην Ελλάδα και οι προοπτικές καταγράφονται ιδιαίτερα θετικές, παρά την μικρή επιβράδυνση που έχει επιφέρει στον κλάδο η οικονομική κρίση. Η εγκατεστημένη ισχύς φθάνει σήμερα τα 44.53 MW. Οι σχετικές τιμές αναλόγως με το είδος του βιοαερίου που εκλύεται από διαφορετικές εγκαταστάσεις φαίνεται στον πίνακα Πίνακας 4-12 Τιμή Πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (νόμος 3851/2010).

Στη χώρα μας λειτουργούν 17 μονάδες βιοαερίου , αλλά καμία από αυτές δεν αφορά σε παραγωγή βιοαερίου από κτηνιατρικά απόβλητα και ενεργειακές φυτείες (σόργο και καλαμπόκι), λόγω δυσκολίας στη χορήγηση περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Στην Ελλάδα υπάρχει σημαντικότατο πρόβλημα με τη διαχείριση και την ενεργειακή αξιοποίηση των οργανικών αποβλήτων.

Με συντηρητικούς υπολογισμούς έχουμε ετησίως περίπου 18 εκατ. τόνους αδιάθετα οργανικά απόβλητα (δεν συνυπολογίζονται οργανικά αστικά και λύματα βιολογικών καθαρισμών), τα οποία δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα σε εντοπισμένες περιοχές της χώρας όπου υπάρχει έντονη αγροτοβιομηχανική δραστηριότητα.

Με την ενεργειακή αξιοποίηση αυτών των αποβλήτων, με τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, μπορεί να παραχθεί βιοαέριο ικανό να τροφοδοτήσει μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 350 MW.

### 5.5.2 Εξέλιξη νομοθεσίας

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα άρθρα του νόμου 4001/2011 που εξελίσσουν το προϋπάρχον νομοθετικό πλαίσιο που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 2.1.2 .

**ΝΟΜΟΣ 4001/2011**

Σύμφωνα με το **άρθρο 92,** η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών.

Σύμφωνα με το **άρθρο 188** δίνεται προτεραιότητα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο. Αιτήσεις χορήγησης προσφορών σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο, των υποπεριπτώσεων ιδ΄ και ιε΄, του πίνακα τιμολόγησης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, της περίπτωσης β΄ της παραγράφου 1 του άρθρου 13 του ν. 3468/2006 (Α΄ 129), όπως αντικαταστάθηκε από την παράγραφο 2, του άρθρου 5 του ν. 3851/2010 (Α΄ 85), οι οποίες υποβλήθηκαν μέχρι την έναρξη ισχύος του παρόντος νόμου, εξετάζονται από τον αρμόδιο Διαχειριστή, κατά προτεραιότητα έναντι λοιπών αιτήσεων. Ο πίνακας τιμολόγησης των υποπεριπτώσεων αυτών φαίνεται στο κεφάλαιο 4.4.2.2

### 5.5.3 Χρηματοδότηση

Η δημόσια χρηματοδότηση των έργων βιοαερίου (ειδικά η εγγυημένη τιμή ) αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για τη βιωσιμότητα μιας μονάδας βιοαερίου.
Γενικά οι τρόποι χρηματοδότησης έργων βιοαερίου μπορούν να χωριστούν σε 2 βασικές κατηγορίες :

- Δημόσια χρηματοδότηση
- Ιδιωτική χρηματοδότηση

#### *5.5.3.1 Συμπεράσματα χρηματοδότησης*

Τα βασικά εμπόδια για τη χρηματοδότηση έργων βιοαερίου στην Ελλάδα σχετίζονται με:

- Δημόσια χρηματοδότηση
- Συμβόλαια εξασφάλισης πρώτης ύλης σε προκαθορισμένη τιμή
- Ο τομέας του βιοαερίου είναι σχετικά νέος στην Ελλάδα και υπάρχει ελλιπής γνώση από τους φορείς
- Μη σταθερό φορολογικό και νομοθετικό πλαίσιο
- Οι τράπεζες δεν χρηματοδοτούν νέες εταιρείες
- Ελλιπής χρηματοδότηση
- Υψηλό κόστος επένδυσης
- Οικονομική κατάσταση της χώρας

Κάποιες επισημάνσεις για τη βελτίωση της διαδικασίας χρηματοδότησης στην Ελλάδα είναι οι ακόλουθες:

- Ενημέρωση και εκπαίδευση των στελεχών τραπεζών και επενδυτών
- Σταθερό θεσμικό πλαίσιο και περισσότερες δυνατότητες χρηματοδότησης (δημόσια ή ιδιωτικά κίνητρα)
- Νέα προϊόντα χρηματοδότησης από τις τράπεζες και εξειδικευμένο προσωπικό σε ανανεώσιμε πηγές ενέργειας /βιοαέριο.
- Ώριμες επενδύσεις και πιο ολοκληρωμένες αιτήσεις από τους επενδυτές.

### 5.5.4 Εγκαταστάσεις στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σήμερα η συνολική δεσμευμένη ηλεκτρική ισχύς από μονάδες παραγωγής βιοαερίου ανέρχεται περίπου στα 60 MW. Οι πρώτες ύλες αφορούν αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και Χ.Υ.Τ.Α.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται κάποιες χαρακτηριστικές εφαρμογές παραγωγής βιοαερίου στην Ελλάδα:[47]

| **Μονάδες Βιοαερίου** | **Εγκατεστημένη Ισχύς** |
|---|---|
| ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων | 23.5MW |
| ΧΥΤΑ Ταγαράδων | 5 MW |
| ΧΥΤΑ Ψυτάλλειας | 11.4MW |
| Εγκατ.Επεξεργ. Λυμάτων Θεσσαλονίκης | 2.5MW |
| Βιολογικός καθαρισμός Ηράκλειο Κρήτης | 0.19MW |
| Βιολογικός καθαρισμός Βόλος | 0.353MWe,1.11MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Χανίων | 0.166MWel , 0,29MWth |
| ΧΥΤΑ Δήμου Πατρέων | 1.7MW |
| Βιολογικός καθαρισμός Ηρακλείου | 0.193 MWel , 0.63MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Ρόδου | 0.58MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Χαλκίδας | 1.50MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Θεσσαλονίκη | 2.5 MWel , 6.74MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Μεταμόρφωσης ,Αθήνα | 1.63MWth |
| Βιολογικός καθαρισμός Αλεξανδρούπολης | 0.33MWth |

**Πίνακας 5-2 Εφαρμογές παραγωγής βιοαερίου στην Ελλάδα**

Περισσότερες λεπτομέρειες:

1) Μονάδα βιοαερίου στον Χ.Υ.Τ.Α Άνω Λιοσίων, Αθήνα-Αττική με παραγωγή στα 23.5 MW.

2) Μονάδα Βιοαερίου μέρος της Μονάδας Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων στο νησί της Ψυτάλλειας,, Αθήνα,, Αττική -- 11.4 MW

3) Μονάδα Βιοαερίου στο Χ.Υ.Τ.Α. των Ταγαράδων,, Θεσσαλονίκη, Κεντρική Μακεδονία -- 5 MW

Για την λειτουργία του σταθμού συμπαραγωγής Άνω Λιοσίων, ο σταθμός συμπαραγωγής στο Χ.Δ.Α. Α. Λιοσίων, εγκατεστημένης ισχύος 13,8MWe, λειτουργεί από το 2001 με μέση διαθεσιμότητα > 85%. Τους τελευταίους 2 μήνες τέθηκαν σε λειτουργία και οι 4 νέες μονάδες που ανέβασαν την εγκατεστημένη ισχύ ~24 MW.48

#### *5.5.4.1 Ταγαράδες*

Από το εργοστάσιο τετάρτου βαθμού βιολογικού καθαρισμού που έχει κατασκευασθεί για την επεξεργασία των στραγγισμάτων, παράγεται καθαρό νερό για την άρδευση περιβαλλοντικού πάρκου. Η δυναμικότητα επεξεργασίας του βιολογικού καθαρισμού είναι 150 $m^3$ την ημέρα. Επιπρόσθετα, έχει κατασκευασθεί μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο, ισχύος 5 MW (4 ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη ισχύος 1.262 kW), ικανή να φωτίσει μία πόλη 80.000 κατοίκων(ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εκτίμηση 2007 :31.000MWh) .Ο Χ.Δ.Α. λειτουργεί από το 1981, με μέση ετήσια εναπόθεση απορριμμάτων 637.000 τόνους .Υπεύθυνος για τη λειτουργία του εργοστασίου είναι η εταιρεία ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε., με την υποστήριξη του ΣΟΤΑΜΘ (Σύνδεσμος ΟΤΑ Μείζονος Θεσσαλονίκης Ν. Θεσσαλονίκης ).49

#### *5.5.4.2 Ψυτάλλεια*

Η ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας 85.67 GWh και η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 64.56 GWh . 50 Η ΕΥΔΑΠ επεκτείνοντας τις δραστηριότητές της στο χώρο της ενέργειας και στα πλαίσια της εξασφάλισης της θερμικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του εργοστασίου της ξήρανσης ιλύος του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας, έχει κατασκευάσει και λειτουργεί μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας τύπου αεροστροβίλου – γεννήτριας με καύση φυσικού αερίου, 12,9 MWe ηλεκτρικής ισχύος και 17,3 MWth ωφέλιμης θερμότητας.

#### *5.5.4.3 Άνω Λιόσια Αττικής*

Η ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας 134.8 GWh και η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 112.5 GWh.

Ακόμα σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2005 έφθασε τις 6406 GWh, εκ των οποίων οι 122 GWh (1.9%) παρήχθησαν από βιοαέριο. Για τη δομή της εγκατάστασης, για τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το εργοστάσιο στον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων καθώς και προσομοιώσεις σεναρίων λειτουργίας σε καθεστώς ανοικτής αγοράς θα γίνει εκτενής αναφορά στα κεφάλαια 8.2, 8.3.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (PURIFICATION)- ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ

Εκτός από τις συνήθεις χρήσεις του βιοαερίου που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (5.3), μία άλλη χρήση που δεν είναι σε μεγάλο βαθμό διαδεδομένη στον κόσμο είναι ο καθαρισμός και η δυνατότητα αναβάθμισης του σε ποιότητα φυσικού αερίου. Μέσω αυτής της διαδικασίας γεννούνται άλλοι τρόποι αποτελεσματικής χρήσης και αξιοποίησης του, όπως είναι η δυνατότητα τροφοδότησης του δικτύου φυσικού αερίου καθώς και ο ανεφοδιασμός καυσίμου των αυτοκινήτων.

Σε χώρες όπως η Σουηδία, η Ελβετία και η Γερμανία, αναβαθμισμένο βιοαέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεταφορών και σε αυτές τις χώρες εγκαθίστανται δίκτυα σταθμών αναβάθμισης καυσίμου και πρατήρια καυσίμων. Άλλη μία εφαρμογή είναι η αναβάθμιση και τροφοδότηση του βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου και οι πρώτες εγκαταστάσεις, στη Γερμανία και την Αυστρία, τροφοδοτούν με βιομεθάνιο τα δίκτυα του φυσικού αερίου.

## 6.1 Εξευγενισμός βιοαερίου

Το βιοαέριο μπορεί να υποστεί εξευγενισμό, με την απομάκρυνση του περιεχόμενου διοξειδίου του άνθρακα και ορισμένων βλαβερών ουσιών (π.χ. υδρόθειο) και να αποκτήσει σύσταση παρόμοια με αυτή του φυσικού αερίου. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι αφαίρεσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι η απορρόφηση μέσω νερού ή οργανικών διαλυτών και η προσρόφηση (με μετάπτωση πίεσης). Άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι καθαρισμός μέσω μεμβρανών ή μέσω κρυογενικού διαχωρισμού. Το εμπλουτισμένο βιοαέριο συνηθίζεται να ονομάζεται σαν βιομεθάνιο.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρεται το κόστος επιλεγμένων μεθόδων καθαρισμού σύμφωνα με CSANR research report 2010-11:

| ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ | ΚΟΣΤΟΣ σε €/$Nm^3$ |
|---|---|
| Water and Polyethylene Glycol Scrubbing | 0,13 |
| Chemical Absorption | 0,17 |
| Pressure Swing Adsorption | 0,40 |
| Membrane | 0,12 |
| Cryogenic separation | 0,44 |

**Πίνακας 6-1 Κόστος επιλεγμένων μεθόδων καθαρισμού βιοαερίου**

Το υπόλειμμα που παραμένει από την αναερόβια χώνευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα φτηνό οργανικό εδαφοβελτιωτικό και λίπασμα (κομπόστ).

Υπάρχουν πολλές τεχνικές αναβάθμισης του βιοαερίου εν κατακλείδι. Μερικές από αυτές είναι:

- Προσρόφηση υπό πίεση- Pressure Swing Adsorption (PSA)

- Απορρόφηση νερού-Water scrubbing
- Απορρόφηση με διαλύτη διμεθυλαιθέρων πολυαιθυλενικής γλυκόλης- Organic physical scrubbing
- Χημική απορρόφηση-Chemical scrubbing
- Διαχωρισμός με μεμβράνες-Membranes

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι οι 2 πρώτες. Κάποιες παράμετροι του εργοστασίου και της μονάδας παραγωγής βιοαερίου είναι βασικές για την επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας, όπως η τιμή του ηλεκτρισμού καθώς και η διαθεσιμότητα φτηνής θέρμανσης. Συχνά είναι πιθανή η μείωση της απώλειας μεθανίου αλλά σε βάρος μιας υψηλότερης κατανάλωσης ενέργειας.

Σήμερα το βιοαέριο διοχετεύεται στο δίκτυο του φυσικού αερίου στη Σουηδία, στην Αυστρία, στην Ελβετία και τη Γερμανία, ενώ στη Γαλλία και τη Σουηδία χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεταφορών.

### 6.2 Χρήση αναβαθμισμένου βιοαερίου ως καύσιμο μεταφορών

Για να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο ως καύσιμο μεταφορών πρέπει η περιεκτικότητα σε μεθάνιο να είναι 97%. Αυτό επιτυγχάνεται αφαιρώντας το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο από το ακατέργαστο βιοαέριο, με τον τρόπο που προαναφέρθηκε. Οι αρνητικές συνέπειες του κυκλοφοριακού θα μπορούσαν να μειωθούν καθώς τα οχήματα που κινούνται με εξευγενισμένο αέριο είναι πιο ήσυχα σε θέμα θορύβου από τα βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα οχήματα και τα καυσαέρια είναι πιο καθαρά. Οι αρνητικές συνέπειες των καυσαερίων είναι ακόμα υπό έρευνα αλλά η συσχέτιση των καυσαερίων από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης και του άσθματος είναι γνωστή.
Το βιοαέριο ως καύσιμο κίνηση θα μπορούσε να είναι ένας τρόπος που θα συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Έχει πολύ χαμηλές εκπομπές όταν χρησιμοποιείται σε κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Στη Φινλανδία 700000 αυτοκίνητα και 50000 λεωφορεία κινούνται με αναβαθμισμένο βιοαέριο που παράγεται από υλικά απόβλητα.[51]
Στην Ινδία έχουν χρησιμοποιηθεί τα μηχανοκίνητα οχήματα βιομεθανίου για μείωση του ποσοστού των προσμίξεων στον αέρα. Τα λεωφορεία της Εταιρείας Μεταφορών του Δελχί (Delhi Transport Corporation - DTC) σύντομα θα λειτουργούν με καύσιμο που θα προέρχεται από απορρίμματα φυτικής βιομάζας και από ιλύς επεξεργασίας λυμάτων. Η Εταιρεία έχει συνάψει συμφωνία με τη σουηδική κυβέρνηση για την κατασκευή μονάδας παραγωγής βιοκαυσίμου (βιοαερίου) στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του Δελχί.

Το καύσιμο που θα παράγεται στην προαναφερθείσα μονάδα, η λειτουργία της οποίας αναμένεται να ξεκινήσει σε δύο χρόνια, θα είναι καθαρότερο και φθηνότερο από το φυσικό αέριο, σύμφωνα με αξιωματούχο του τοπικού συμβουλίου.

Το βιοκαύσιμο παράγεται αξιοποιώντας τόσο την ιλύς όσο οργανικά βιοαποικοδομήσιμα απορρίμματα από μία γειτνιάζουσα αγορά χονδρικής πώλησης λαχανικών. Η συγκεκριμένη μονάδα αναμένεται να παράγει σε καθημερινή βάση περίπου 20.000 κυβικά μέτρα συμπιεσμένου βιοαερίου.[52]

Στη Σουηδία περισσότερα από 4.000 οχήματα λειτουργούν με βιοαέριο σήμερα. Στην εικόνα 1 φαίνεται ένα υβριδικό λεωφορείο βιοαερίου στην Ουψάλα (Uppsala) και στην εικόνα 2 φαίνεται ένα τρένο βιοαερίου το οποίο βρίσκεται σε λειτουργία από το 2005.[53]




**Εικόνα 6-1 Υβριδικό λεωφορείο βιοαερίου στην Uppsala (Σουηδία)**




**Εικόνα 6-2 Τρένο βιοαερίου**

Στο Ηνωμένο Βασίλειο εκτιμάται το βιοαέριο να έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει το καύσιμο του 17% των οχημάτων. Η χρήση συμπιεσμένου βιοαερίου είναι μεγάλη σε Σουηδία, Ελβετία και Γερμανία.

## 6.3 Έγχυση αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου

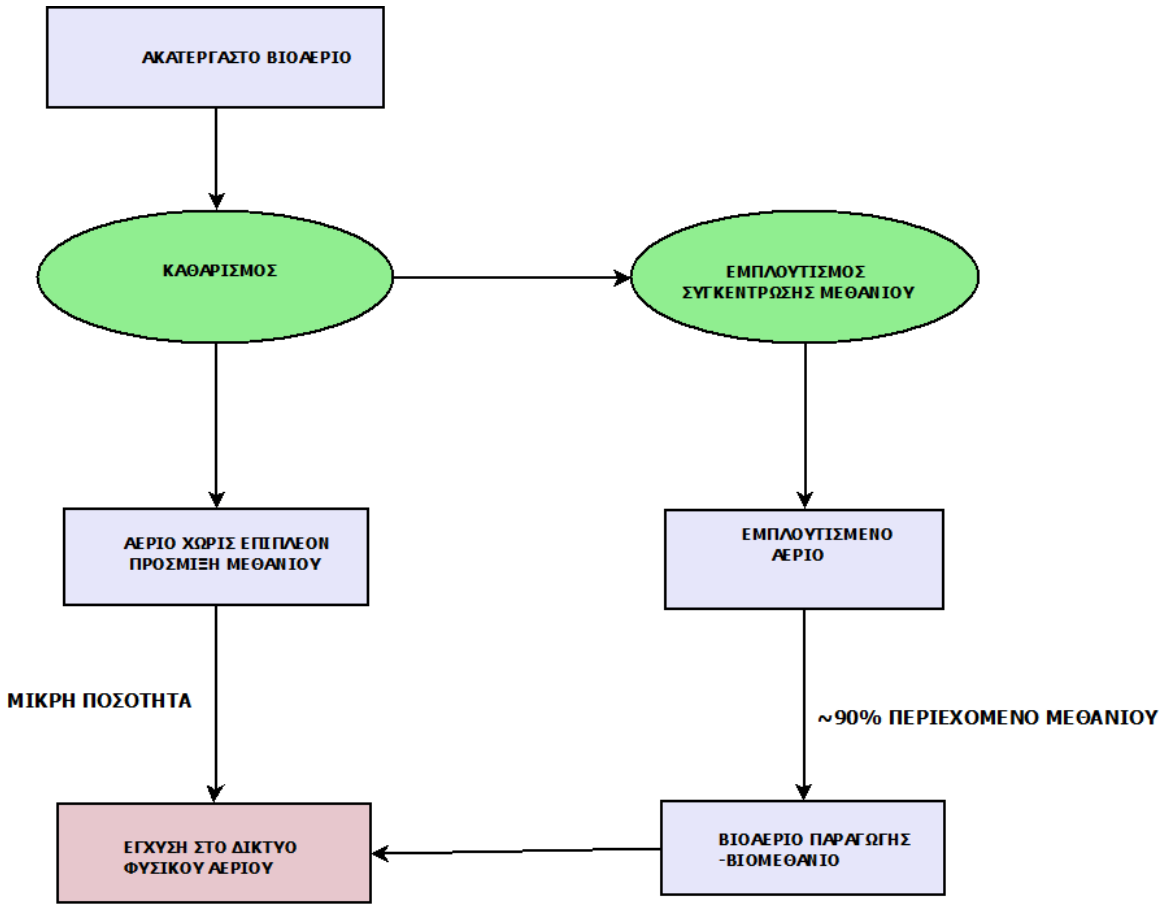
### 6.3.1 Τεχνικά κριτήρια για την έγχυση του βιοαερίου

Το ακατέργαστο βιοαέριο καθαρίζεται και εμπλουτίζεται με μεθάνιο για να γίνει βιοαέριο παραγωγής. Η ποσότητα του μεθανίου που εισάγεται, εξαρτάται από την ποιότητα του αερίου που απαιτείται.

Εάν το βιοαέριο μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του αερίου με το ήδη υπάρχον φυσικό περιεχόμενο μεθανίου τότε γίνεται λόγος για **"admixture gas" (αέριο χωρίς επιπλέον πρόσμιξη μεθανίου)** , δηλαδή αέριο το οποίο σε ποσότητα μπορούν μεταγενέστεροι καταναλωτές μόνο να χρησιμοποιήσουν. Μπορεί να προστεθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου σε μικρή ποσότητα.

Εάν το βιοαέριο εμπλουτιστεί και το περιεχόμενο μεθανίου φτάσει σε επίπεδα ~90% τότε γίνεται λόγος για εμπλουτισμένο αέριο **"enriched admixture gas"(εμπλουτισμένο αέριο).**

Οπότε το ακατέργαστο βιοαέριο που θα έρθει στην κατάλληλη μορφή από επίπεδο περιεκτικότητας μεθανίου για να μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου , ονομάζεται **"exchange gas" (βιοαέριο παραγωγής-βιομεθάνιο).**




**Εικόνα 6-3 Διαδικασία διαχωρισμού των αερίων**

Η ποσότητα του βιοαερίου που μπορεί να εγχυθεί εξαρτάται από 3 παράγοντες:

- *Είδος αερίου*

  Από το είδος της επεξεργασίας, συνεπώς αν γίνεται λόγος για exchange gas ή admixture gas.

- *Δίκτυο*

  Από τη χωρητικότητα του δικτύου πίσω από το σημείο που πρόκειται να γίνει η έγχυση. Αυτό καθορίζεται το χειμώνα από τη συνολική χωρητικότητα υπό πλήρες φορτίο.

- *Καταναλωτής*

Από το ρυθμό ροής σε βασικό φορτίο και το καλοκαίρι από την ελάχιστη κατανάλωση και χρήση.

Ο ***ρυθμός ροής*** του βιοαερίου προς διοχέτευση υπολογίζεται από κάποιες παραμέτρους όπως είναι: το εύρος πίεσης, διάμετρος αγωγού, η εγκατάσταση επιπλέον γραμμών παραγωγής καθώς και η ελάχιστη παροχή αερίου από το δίκτυο.

Λόγω των υποχρεώσεων μεταφοράς στους χρήστες του δικτύου, υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης προβλημάτων το χειμώνα εάν δεν υπάρχει αρκετή χωρητικότητα για την τροφοδότηση με αναβαθμισμένο βιοαέριο σε δίκτυο χαμηλής πίεσης.

Περισσότερα προβλήματα όπως πιθανόν είναι προφανές δημιουργούνται σε μικρά δίκτυα όπου δεν υπάρχει επαρκή χωρητικότητα προσωρινής αποθήκευσης, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η τροφοδότηση του δικτύου με βάση τη ημερήσια διακύμανση ζήτησης. Η μορφή και ο τύπος του φορτίου επηρεάζεται από την εξωτερική θερμοκρασία και τη δομή των καταναλωτών. Μία απότομη μείωση για παράδειγμα μπορεί να συμβεί τις βραδινές ώρες. Σε μορφή μικρού δικτύου δημιουργείται πρόβλημα, καθώς με συνεχή τροφοδότηση η απότομη μείωση της ζήτησης στην κατανάλωση αερίου δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα. Για να καθοριστεί το ελάχιστο φορτίο, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η μέση ωριαία κατανάλωση για κάθε καλοκαιρινή ημέρα.

Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο πίεσης, από άποψη της τοπολογίας του δικτύου, τόσο μικρότερη είναι η σημασία του διαχωρισμού σε πολλά δίκτυα.

Ο όρος **admixture gas** χρησιμοποιείται όταν το βιοαέριο με χαμηλή, συνήθως φυσική περιεκτικότητα σε μεθάνιο (περίπου 60%) διοχετεύεται στο δίκτυο, έτσι ώστε το φυσικό αέριο προστίθεται σε μικρές ποσότητες (περίπου 5 έως 25%), παράγοντας ένα μείγμα αερίων με μια μικτή ποιότητα που είναι ελαφρώς χαμηλότερο από εκείνο του καθαρού φυσικού αερίου.

Τα αέρια τύπου **"exchange gas"** διαφέρουν ως προς τη σύνθεση και τις προδιαγραφές καύσης από το βασικό αέριο, αλλά έχουν την ίδια συμπεριφορά καύσης.

Για τη σύγκριση αερίων διαφορετικού τύπου υπάρχει ο δείκτης **Wobbe.** [54] Ο δείκτης Wobbe (WI) είναι ένας δείκτης της εναλλαγής των αερίων καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο, υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), και του φυσικού αερίου της πόλης και συχνά ορίζεται στις προδιαγραφές του εφοδιασμού με αέριο και προγράμματα μεταφοράς. Ο δείκτης Wobbe είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της μετάβασης κατά την ανάλυση της χρήσης του υποκατάστατου φυσικού αερίου (SNG) καυσίμου, ως μείγμα προπανίου- αέρα .. Ο δείκτης Wobbe απαιτεί, επίσης, την προσθήκη του προπανίου σε ορισμένα προϊόντα αναβαθμισμένου βιομεθανίου ,ιδίως σε περιοχές όπου το φυσικό αέριο έχει υψηλή θερμιδική αξία, όπως η Σουηδία .

### 6.3.2 Επεξεργασμένα αέρια από ανανεώσιμες πηγές για δημόσια προμήθεια

Το βιοαέριο (biogas), το αέριο από απόβλητα(waste gas) καθώς και το αέριο που προέρχεται από ΧΥΤΑ (landfill gas) θεωρούνται αέρια από ανανεώσιμες πηγές. Το landfill gas απαγορεύεται να εισέλθει χωρίς επεξεργασία στο δίκτυο καθώς περιέχει επιβλαβή στοιχεία. Τα ακατέργαστα αέρια κατατάσσονται σε αέρια από ζύμωση ή θερμικές επεξεργασίες.

Για τη χρήση της δημόσιας προμήθειας με αέριο, το ακάθαρτο αέριο καθαρίζεται, προετοιμάζεται και συμπιέζεται στην πίεση του δικτύου του φορέα εκμετάλλευσης αυτού. Για να γίνει η έγχυση επίσης θα πρέπει το αέριο να υποστεί μία διαδικασία που το κάνει πιο εύκολο να ανιχνευτεί από θέμα μυρωδιάς. Το φυσικό αέριο δεν έχει μυρωδιά και για αυτό το λόγο προστίθενται ουσίες όπως οι μερκαπτάνες που το κάνουν ανιχνεύσιμο σε τυχούσα διαρροή.

### *6.3.2.1 Τεχνικές απαιτήσεις για την έγχυση στο δίκτυο*

#### *6.3.2.1.1 Γραμμές σύνδεσης*

Το δίκτυο του φυσικού αερίου είναι ένα σύνολο σωληνώσεων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι χυτοσίδηρος, ατσάλι και πλαστικό. Οι γραμμές σύνδεσης θα πρέπει να είναι επέκταση του δικτύου σωληνώσεων ΦΑ, το οποίο σημαίνει ότι οι ιδιότητες του τοπικού δικτύου πρέπει να έχουν ως αναφορά το υλικό, τη διάμετρο και το επίπεδο της πίεσης του αερίου που είναι πολύ σημαντικό για τη μίξη των αερίων. Η γραμμή σύνδεσης θα πρέπει να είναι πάντα λίγο μικρότερη από τη γραμμή που θα εισέλθει. Οι απώλειες αερίου στον τομέα της μεταφοράς και τους συστήματος διανομής μπορούν να αναχθούν σε σημαντικό βαθμό στις παλιές συνδέσεις και μπορούν να ισορροπηθούν από προσπάθειες συνεχούς ανακαίνισης του δικτύου.

#### *6.3.2.1.2 Συμπίεση αερίου*

Οι σταθμοί συμπίεσης απαιτούνται για να ξεπεραστεί η απώλεια πίεσης λόγω τριβής κατά τη διάρκεια μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις καθώς και για να δημιουργηθεί μία σχετικά υψηλή πίεση για την υπόγεια αποθήκευση του αερίου. Στο δίκτυο διανομής ΦΑ υπάρχουν ουσιαστικά τρία διαφορετικά επίπεδα πίεσης: high pressure –υψηλής πίεσης(HP), medium pressure-μέσης πίεσης (MP), low pressure-χαμηλής πίεσης(LP). Στους βασικούς αγωγούς μεταφοράς που λειτουργούν από τους αρχικούς προμηθευτές, το ΦΑ μεταφέρεται υπό υψηλή πίεση στους πραγματικούς προμηθευτές αερίου. Στη συνέχεια για να φτάσει στις τοπικές επιχειρήσεις προμήθειας μεταφέρεται μέσω γραμμών μεσαίας-χαμηλής πίεσης και καταλήγει στους τελικούς καταναλωτές.

#### *6.3.2.1.3 Αποθήκευση αερίου*

Δεδομένου ότι η παραγωγή βιοαερίου δεν είναι πάντοτε συνεχής και υπόκειται σε συνεχείς διακυμάνσεις , η δυνατότητα αποθήκευσης του βιοαερίου πρέπει να δημιουργηθεί, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνεχής χρήση του βιοαερίου. Η συνεχής παραγωγή αερίου θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η προσφορά και η ζήτηση για την παραγωγή βιοαερίου να είναι σε ισορροπία. Κάτι τέτοιο οδηγεί σε μικρότερες και επομένως πιο λογικές τιμές δυνατότητες αποθήκευσης. Υπάρχουν 3 φάσεις όπου η αποθήκευση κρίνεται απαραίτητη:

- Αποθήκευση πριν την αναβάθμιση
- Αποθήκευση για υγροποιημένο αέριο
- Προσωρινή αποθήκευση για έγχυση

#### *6.3.2.1.4 Μέτρηση της πίεσης του φυσικού αερίου και ρύθμιση της πίεσης*

Υπάρχουν συστήματα μέτρησης αερίου πάνω στο δίκτυο του ΦΑ τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του όγκου ροής του αερίου.

#### *6.3.2.1.5 Εξοπλισμός μέτρησης ιδιοτήτων αερίου*

Ο εξοπλισμός μέτρησης ιδιοτήτων του αερίου διαφέρει από τον εξοπλισμό μέτρησης της πίεσης. Αναφέροντας τον όρο «ιδιότητες αερίου» , γίνεται λόγος για την αξία του καυσίμου, τη θερμική αξία, την πυκνότητα, δείκτης Wobbe ως προδιαγραφές καύσης. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη κυρίως για αέρια με ελάχιστο εύρος διακύμανσης, όπου μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν υπάρχουν προσμίξεις αερίου οι οποίες δεν επιτρέπεται να εισέλθουν στο δίκτυο. Η παρακολούθηση των ιδιοτήτων του αερίου απαιτούνται, όσον αφορά την υπόσταση του αερίου.

*6.3.2.1.6 Εξοπλισμός προσθήκης μερκαπτανών*

Το φυσικό αέριο είναι άοσμο. Η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται με την προσθήκη μερκαπτανών, για λόγους ανίχνευσης σε περίπτωση διαρροής. Η προθήκη μερκαπτανών δεν πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της τροφοδοσίας σε αγωγούς μεταφοράς δεδομένου ότι αυτό δεν διανέμεται απευθείας στους τελικούς πελάτες.

*6.3.2.1.7 Εξοπλισμός προετοιμασίας και μίξης αερίου*

Μεγάλες διακυμάνσεις στις ιδιότητες φυσικού αερίου προκαλούν ανάγκη για ρύθμιση. Ο εξοπλισμός ανάμιξης αποτελείται από εγχυτήρες όπου η υψηλή πίεση φυσικού αερίου, αναρροφά το αέριο μεταφοράς (αέρας) και το συμπιέζει.

### 6.3.3 Πλεονεκτήματα έγχυσης βιομεθανίου στο δίκτυο

Η έγχυση βιομεθανίου στο δίκτυο έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- υποστηρίζεται στο πλαίσιο του Renewable Heat Incentive (RHI) [55]
- αποτελεί ένα πολύ πιο ευέλικτο καύσιμο από το βιοαέριο
- έχει υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από βιοαέριο
- εξασφαλίζει ότι ενέργεια που συλλαμβάνεται στο βιοαέριο χρησιμοποιείται αποτελεσματικά
- μπορεί να είναι φθηνότερη λύση για το διαχειριστή της εγκατάστασης αναερόβιας χώνευσης να εγκαταστήσει μια σύνδεση στο δίκτυο φυσικού αερίου από ότι μία σύνδεση στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

### 6.3.4 Εμπόδια στη διαδικασία έγχυσης στο δίκτυο

Παρά τα πλεονεκτήματα της διαδικασίας επί του παρόντος υπάρχουν πολλά εμπόδια στην έγχυση στο δίκτυο, τόσο σε πρακτικό όσο και οικονομικό επίπεδο:

- δεν υφίστανται ειδικές προδιαγραφές για το βιομεθάνιο στη χώρα μας
- αναβάθμιση αυξάνει σημαντικά το κόστος και την απαίτηση ενέργειας
- αναβάθμιση μπορεί να μειώσει την εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα
- δεν υπάρχουν κίνητρα για τους διαχειριστές δικτύου να δεχτούν το βιομεθάνιο
- οι εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης μπορεί να είναι σε κάποια απόσταση από το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου, οπότε να απαιτείται σημαντικό κόστος αγωγών

Γενικά σε περίπτωση που κάποιες λεπτομέρειες δεν καθορίζονται από τον Ελληνικό Τεχνικό Κανονισμό μπορούν να ακολουθούνται οι Τεχνικοί Κανονισμοί χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την προϋπόθεση ότι πληρούν κατ' ελάχιστον τις απαιτήσεις των προτύπων κατά τον κανονισμό. (ΦΕΚ 236 Β' 26/3/97)[56]

Την τελική ευθύνη για την έγκριση του σχεδιασμού και της κατασκευής του δικτύου στην Ελλάδα έχει η Εταιρεία Αερίου της περιοχής που βρίσκεται η εγκατάσταση.

**Συμπέρασμα**

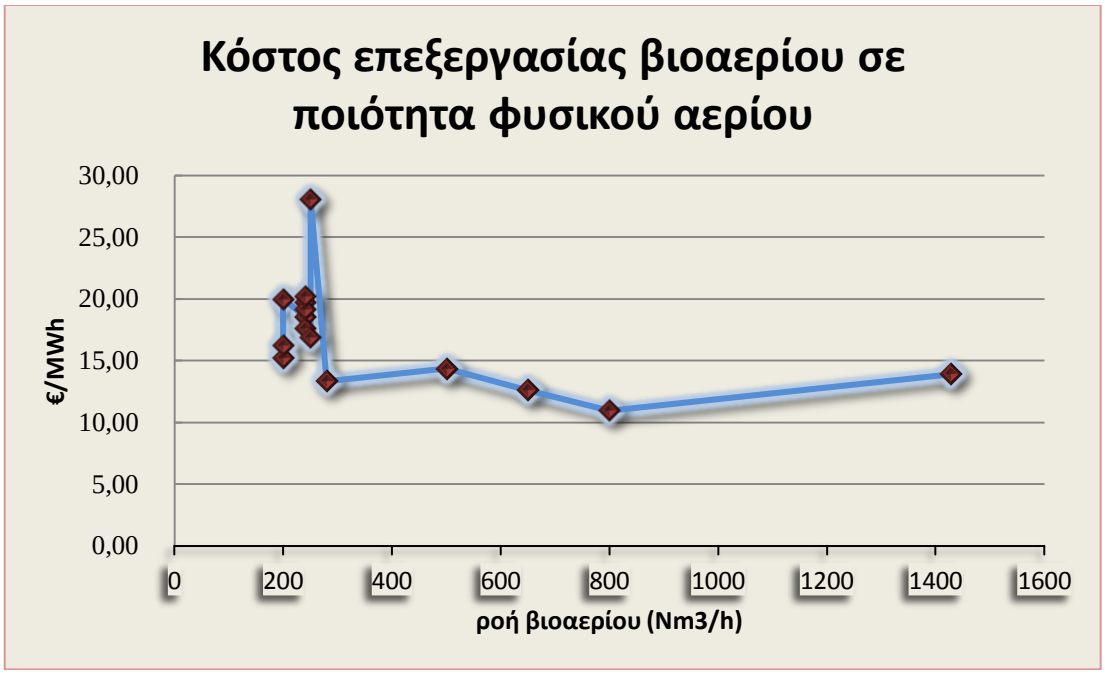
Στόχος όλης της παραπάνω προετοιμασίας του αερίου και των άνω διαδικασιών είναι να έρθει το βιοαέριο στην ποιότητα του φυσικού αερίου (περιεκτικότητα μεθανίου 96%) σύμφωνα με τις εκάστοτε προδιαγραφές δικτύου.

Η ανάπτυξη του βιοαερίου ως καύσιμο οχημάτων καθώς και για δυνατότητα έγχυσης στο δίκτυο του φυσικού αερίου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού του πλεονάσματος φυσικού αερίου από μονάδες παραγωγής βιοαερίου, κυρίως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, και μιας χαμηλής τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που αναγκάζει το βιοαέριο να εισέλθει στις αγορές από το να γίνεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

## 6.4 Κόστος επεξεργασίας βιοαερίου σε ποιότητα Φ.Α

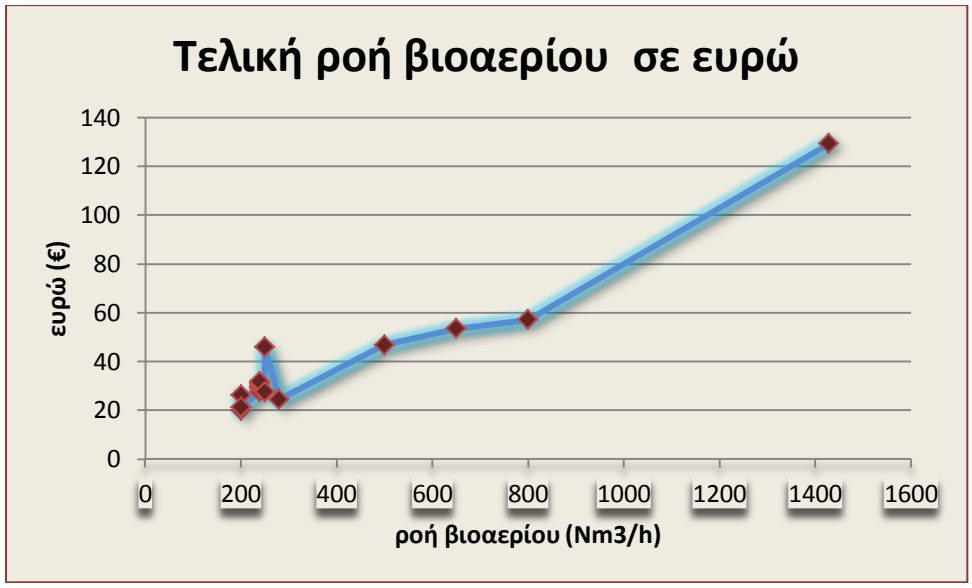
### 6.4.1 Κόστος αναβάθμισης βιοαερίου

Το παρακάτω γράφημα έγινε με βάση 16 projects διεθνώς και είναι ανάλυση τέλους 2010 από την **ELECTRIGAZ** σα μελέτη στη British Columbia του δυτικού Καναδά. Από ότι μπορούμε να δούμε, υπάρχει πτωτική τάση στο κόστος καθώς μεγαλώνει το μέγεθος της μονάδας δηλαδή η ροή βιοαερίου. Το μέσο κόστος με βάση αυτά τα έργα για ροή βιοαερίου $200Nm^3/h$-$400Nm^3/h$ είναι 17,13494 €/MWh. Βλέπουμε μέσα από το γράφημα ότι όσο μεγαλώνει η διαθέσιμη ροή βιοαερίου το κόστος επεξεργασίας κυμαίνεται σε μικρότερα επίπεδα και η αναβάθμιση είναι πιο συμφέρουσα.




**Γράφημα 6-1 Κόστος επεξεργασίας βιοαερίου σε ποιότητα φυσικού αερίου**

Το παρακάτω γράφημα δείχνει την τελική ροή βιοαερίου $Nm^3$ που δίνουμε σε ευρώ, με βάση και τη θερμογόνο δύναμη που μέσω της βιβλιογραφίας ορίζεται σε 6.5 kWh ανά $Nm^3$.




**Γράφημα 6-2 Τελική ροή βιοαερίου σε ευρώ μετά την επεξεργασία**

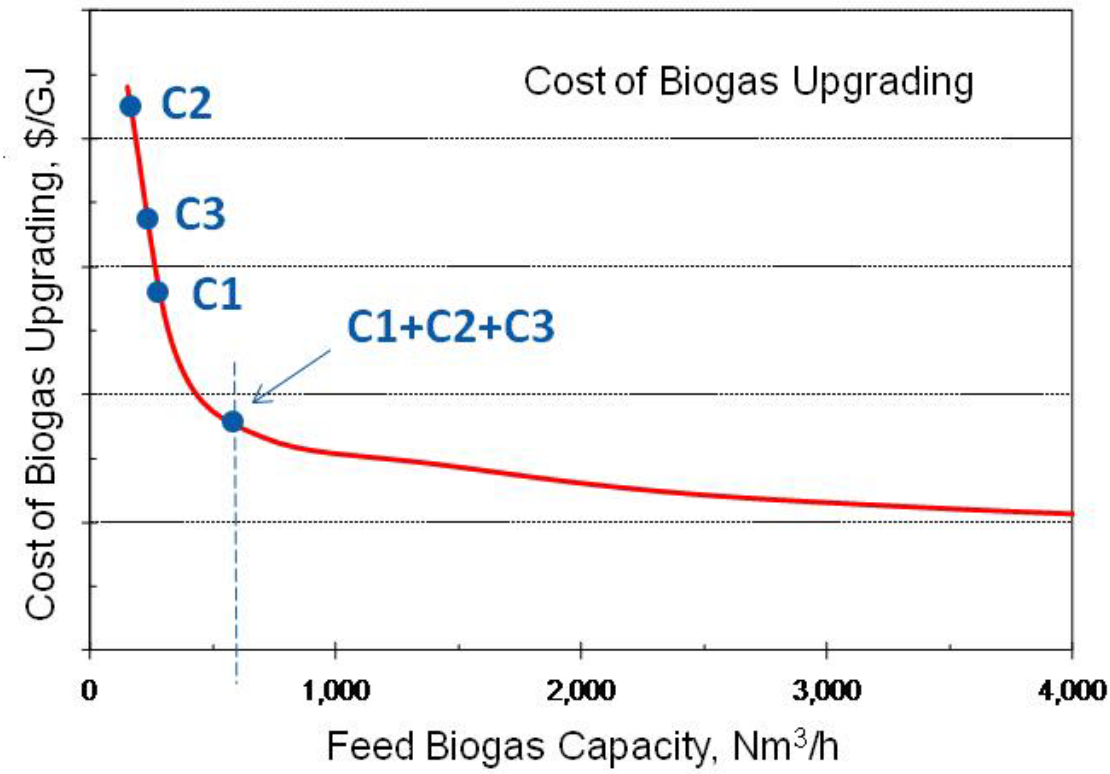
### 6.4.2 Προτάσεις για αναβάθμιση με χαμηλό κόστος

Η εγκατάσταση αναβάθμισης αποτελεί συστατικό στοιχείο ενός ευφυούς συνολικού σχεδιασμού, σύμφωνα με τον οποίον η πρόσθετα εγκατεστημένη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας παράγει επαρκή ποσότητα θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας, ώστε να τροφοδοτεί την εγκατάσταση αναβάθμισης. Ως τεχνολογία αναβάθμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η πλύση με αμίνη χωρίς πίεση, η οποία έχει αντίστοιχες ανάγκες θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό κρατάμε το κόστος της αναβάθμισης μακροπρόθεσμα υπό έλεγχο και δεν εξαρτόμαστε από τις διακυμάνσεις τιμών στην αγορά του ρεύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση του κόστους αναβάθμισης.
Ένα παράδειγμα τέτοιας διαδικασίας συμβαίνει και στην πόλη Zeven (Γερμανία) όπου υπάρχει μια εγκατάσταση αναβάθμισης αερίου και τροφοδοσίας, η οποία λειτουργεί αποδοτικά ήδη σε μια παροχή των 250 $Nm^3/h$ ακατέργαστο βιοαέριο.

### 6.4.3 Γενικό συμπέρασμα για το κόστος αναβάθμισης

Με βάση τη βιβλιογραφία, έργα και μελέτες που έχουν υλοποιηθεί διεθνώς μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το κόστος αναβάθμισης έχει καθοδική τάση καθώς αυξάνεται η ροή βιοαερίου σε μία εγκατάσταση. Όσο μεγαλύτερη ροή ($Nm^3/h$) έχει μια εγκατάσταση τόσο μειώνεται το κόστος για αναβάθμιση του σε βιομεθάνιο.
Το παρακάτω γράφημα δείχνει τη γενική τάση με βάση τα 3 δυναμικά βιοαερίου ως παράδειγμα:

*C1: 2,020,000 $Nm^3/yr$ (~ 80,200 GJ/yr.)*
*C2: 1,316,000 $Nm^3/yr$ (~ 52,200 GJ/yr.)*
*C3: 1,860,000 $Nm^3/yr$ (~ 73,800 GJ/yr.)*




**ράφημα 6-3 Συνάρτηση κόστους αναβάθμισης βιοαερίου**

### 6.4.4 Κόστος μεταφοράς και σύνδεσης βιομεθανίου στο δίκτυο Φ.Α

Το κόστος σύνδεσης , δηλαδή το κόστος του αγωγού που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να μοιραστεί ανάμεσα στο διαχειριστή του δικτύου Φυσικού Αερίου και στο διαχειριστή της εγκατάστασης Αναερόβιας χώνευσης. Σημαντικό ρόλο στη σύνδεση διαδραματίζει η απόσταση της γραμμής σύνδεσης του δικτύου από την εγκατάσταση. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ τους προφανώς θα είναι και μεγαλύτερο το κόστος.

Επίσης το μέγεθος της εγκατάστασης και η διαφορά πίεσης ανάμεσα στη πίεση του αερίου που έχει αναβαθμιστεί και πίεσης του αερίου που απαιτείται για την διοχέτευση του είναι ένας από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη..

### 6.4.5 Προτάσεις για τη μεταφορά του βιομεθανίου στο δίκτυο

Μια δεύτερη εναλλακτική λύση είναι η οικοδόμηση ενός ιδιωτικού αγωγού για τη μεταφορά του βιομεθανίου. Οι αγωγοί κοστίζουν περίπου 76982,2941€ - 192455,7325€ ανά μίλι [57] (1.609344 km ), και είναι λιγότερο ακριβά, όταν δεν διασχίζουν δημόσια δικαιώματα. Ιδιωτικοί αγωγοί εξαλείφουν την ανάγκη για αποθήκευση στο σημείο της παραγωγής, αν και η αποθήκευση πιθανόν να απαιτείται στο χώρο παράδοσης, ειδικά αν πρόκειται για ένα σταθμό ανεφοδιασμού καυσίμου.

## 6.5 Διεθνής εμπειρία από την αναβάθμιση βιοαερίου

### 6.5.1 Παραδείγματα έγχυσης βιομεθανίου σε δίκτυα άλλων χωρών

Σήμερα στην Ευρώπη, εγκαταστάσεις προετοιμασίας και μετατροπής του βιοαερίου σε ποιότητα φυσικού αερίου, λειτουργούν σε μερικές χώρες όπως Σουηδία, Ελβετία, Γερμανία, Αυστρία, Ολλανδία και Γαλλία. Σχεδόν σε όλες αυτές μέρος του αναβαθμισμένου βιοαερίου εισέρχεται στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

### 6.5.2 Εφαρμογές στην Ευρώπη

#### *6.5.2.1 Γερμανία*

Σε λειτουργία βρίσκονται περίπου 44 μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου.

Το Μάρτιο του 2012 η εταιρεία WELTEC BIOPOWER άρχισε να χτίζει μία από τις μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής βιοαερίου στη Γερμανία στη πόλη Arneburg. Περίπου 6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα βιομεθανίου θα παράγονται κάθε χρόνο σε 4 αντιδραστήρες, 6 αποθηκευτικοί χώροι του υπολείμματος και μία δεξαμενή υγρού η οποία θα τροφοδοτεί το δίκτυο του φυσικού αερίου. Το παραγόμενο βιομεθάνιο θα είναι επαρκές για τη τροφοδότηση περίπου 5.000 νοικοκυριών με ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα ή 4.200 αυτοκίνητα με ετήσια χιλιομετρική κάλυψη περίπου 18.000 μίλια.

Επίσης μία εγκατάσταση βιοαερίου που το προετοιμάζει σε ποιότητα φυσικού αερίου βρίσκεται στο Pliening.

#### *6.5.2.2 Δανία*

Βάσει του νόμου που προσδιορίζει στη Δανία τη τιμολόγηση είναι:

- για ηλεκτροπαραγωγή
    - Καταβολή 10€ ct/Kwh και επιπρόσθετα 5.4€ ct/Kwh για συνδυασμένη χρήση βιοαερίου και φυσικού αερίου
- Αναβαθμισμένο αέριο
    - 40.3 € ct/$m^3$

Η πώληση της θερμότητας της ΣΗΘ απαλλάσσεται από φόρους ενέργειας και $CO_2$.

#### *6.5.2.3 Αυστρία*

Στην Αυστρία, σε λειτουργία βρίσκονται περίπου 320 μονάδες βιοαερίου (μέσο μεγέθος 250kWel) και περίπου 8 μονάδες αναβάθμισης βιαοερίου.

Πρώτη μονάδα επίδειξης της Αυστρίας για την προετοιμασία και την τροφοδότηση του βιοαερίου κατασκευάστηκε στο Pucking, Άνω Αυστρία (UA). Το Γεωργικό Επιμελητήριο Εμπορίου κατασκεύασε ένα εργοστάσιο στο αγρόκτημα της Elisabeth και Franz Linsbod με τις τάσεις της τεχνολογίας και υψηλό επίπεδο μελλοντικών δυνατοτήτων. Ο στόχος ήταν η προετοιμασία του ακάθαρτου βιοαερίου σε ποιότητα φυσικού αερίου και την επακόλουθη τροφοδότηση στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

#### *6.5.2.4 Λοιπές χώρες*

**Σουηδία**

Στη Σουηδία, μεγάλη εμπειρία έχει συγκεντρωθεί στην προετοιμασία του βιοαερίου για καύσιμο κίνησης οχημάτων και για την ποιότητα φυσικού αερίου. Επί του παρόντος υπάρχουν 20 μονάδες προετοιμασίας σε λειτουργία. Η τροφοδότηση του αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο φυσικού αερίου πραγματοποιείται σε δύο τοποθεσίες.

**Ελβετία**

Η εμπειρία με την αναβάθμιση του βιοαερίου σε εγκαταστάσεις αγγίζει τα 15 χρόνια. Το βιοαέριο που αναπτύσσεται από τις μονάδες αυτές αξιοποιείται πλήρως είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε για μετατροπή σε ποιότητα φυσικού αερίου.

### 6.5.3 Εφαρμογές στον Καναδά.

Τον Οκτώβριο του 2010 δόθηκε σε λειτουργία στον Καναδά η πρώτη μονάδα παραγωγής βιοαερίου με δυνατότητα αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο και τροφοδοσίας του τοπικού δικτύου φυσικού αερίου με ανανεώσιμο καύσιμο.

Η πρώτη φάση του έργου τέθηκε το περασμένο φθινόπωρο σε λειτουργία και αναμένεται να παράγει βιομεθάνιο με ενεργειακό περιεχόμενο μεγαλύτερο των 100.000 GJ ετησίως. Η ποσότητα αυτή είναι ικανή να καλύψει, με ανανεώσιμο τρόπο, τις ανάγκες περισσότερων από 1.000 κατοικιών κάθε χρόνο.[58]

### 6.5.4 Συμπέρασμα

Στόχος όλης της παραπάνω προετοιμασίας του αερίου και των άνω διαδικασιών είναι να έρθει το βιοαέριο στην ποιότητα του φυσικού αερίου (περιεκτικότητα μεθανίου 96%) σύμφωνα με τις εκάστοτε προδιαγραφές δικτύου.

Η ανάπτυξη του βιοαερίου ως καύσιμο οχημάτων καθώς και για δυνατότητα έγχυσης στο δίκτυο του φυσικού αερίου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού του πλεονάσματος φυσικού αερίου από μονάδες παραγωγής βιοαερίου, κυρίως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, και μιας χαμηλής τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που αναγκάζει το βιοαέριο να εισέλθει στις αγορές από το να γίνεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για αυτό το λόγο μελετώνται στο επόμενο κεφάλαιο 0 οι διάφορες συνθήκες παραγωγής , αξιοποίησης και κοστολόγησης του βιοαερίου μέχρι να φτάσει τη μορφή φυσικού αερίου και γίνεται σύγκριση με τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού και έγχυσης στο δίκτυο.

**<u>Στοιχεία επικέντρωσης προσοχής</u>**

- Η αναβάθμιση βιοαερίου σε βιομεθάνιο είναι μία διαδικασία απαιτητική και χωρίς ουσιαστική εμπειρία στην Ελλάδα.
- Πρόκειται για μία πολύπλευρη διαδικασία , με πολλά στάδια μέχρι το τελικό αποτέλεσμα επεξεργασίας.
- Ο εξευγενισμός-αναβάθμιση είναι μία κοστοβόρα διαδικασία και χρειάζεται προσοχή στην επιλογή της τεχνολογίας καθαρισμού , αναλόγως της ποιότητας αερίου που στοχεύει και της χρήσης που προορίζεται.
- Πλεονεκτήματα από την αξιοποίηση και αναβάθμιση του βιοαερίου στην καθημερινότητα. π.χ χρήση ως καύσιμο μεταφορών και έγχυση στο δίκτυο Φ.Α.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή και ανάλυση της εφαρμογής που εξετάζουμε, η οποία είναι ο χώρος υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ ) στα Άνω Λιόσια καθώς και η μονάδα παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου που υφίσταται εκεί. Γίνεται εκτενής αναφορά στις συνθήκες λειτουργίας του εργοστασίου για την παραγωγή βιοαερίου , τη διασύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού καθώς και εξέταση της δυνατότητας έγχυσης αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο φυσικού αερίου.

Για λογαριασμό της ΒΕΑΛ (Βιοαέριο-Ενέργεια Άνω Λιοσίων) έχει ολοκληρωθεί ο σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από βιοαέριο, το οποίο αντλείται από τον όγκο των απορριμμάτων που εναποτίθενται στη Χωματερή.

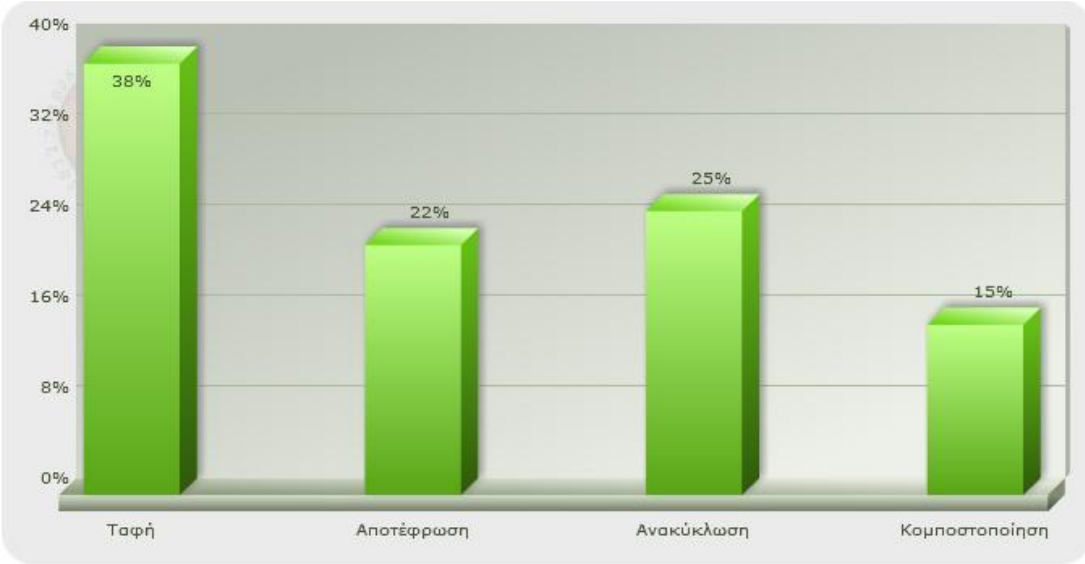
## 7.1 Διαχείριση απορριμμάτων στην Ευρώπη

Οι σύγχρονες τάσεις επεξεργασίας των απορριμμάτων ανά τον κόσμο είναι οι:

- Ταφή
- Ανακύκλωση
- Αποτέφρωση-καύση
- Κομποστοποίηση

Στο Γράφημα 7-1 Ποσοστό απορριμμάτων σε κάθε είδος επεξεργασίας αναφέρεται το ποσοστό των απορριμμάτων που επεξεργάζεται σε κατάλληλες μονάδες μέσω των τεχνολογιών της ταφής, αποτέφρωσης-καύσης, ανακύκλωσης, κομποστοποίησης στις χώρες Ευρωπαϊκής Ένωσης.59

Στα Άνω Λιόσια που εξετάζεται στην παρούσα εργασία αναφερόμενοι στο ΧΥΤΑ, γίνεται λόγος για την υγειονομική ταφή του όγκου των απορριμμάτων σαν τρόπο επεξεργασίας αυτών.




**Γράφημα 7-1 Ποσοστό απορριμμάτων σε κάθε είδος επεξεργασίας**

### 7.2 Διαδικασία παραγωγής βιοαερίου

Οι εργασίες κατασκευής, τόσο του σταθμού συμπαραγωγής, όσο και του δικτύου άντλησης του βιοαερίου εκτελέστηκαν από την ΗΛΕΚΤΩΡ ΑΕ και την EDL (UK) Ltd.

#### 7.2.1 Δίκτυο άντλησης

Η διαχείριση του βιοαερίου γίνεται με οριζόντιο δίκτυο εντός της μάζας των Α.Σ.Α (αστικά στερεά απόβλητα) ώστε να:

.

I. Ικανοποιεί την απαίτηση για άμεση λειτουργία ενεργητικής άντλησης του βιοαερίου ακόμα και από εν λειτουργία κύτταρο.

II. Αποτρέπει τη συνεχή έκλυση βιοαερίου των κατακόρυφων φρεατίων στο καθημερινό σημείο ταφής (μείωση δυσοσμίας όπως επίσης αυξημένα επίπεδα ασφαλείας και υγιεινής).

III. Αποτρέπει την δυσκολία ελιγμών στο χώρο της ταφής των απορριμμάτων.

IV. Αποτρέπει την καταστροφή των φρεατίων άντλησης από τα απορριμματοφόρα.

V. Αποτρέπει την επικίνδυνη (για έκρηξη) αναρρόφηση οξυγόνου.

Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη διαδικασία αυτή για να μην διαφεύγει ποσότητα βιοαερίου ανεκμετάλλευτη καθώς και στη διαδικασία στα στραγγιστήρια.

Μέσω ενός υπόγειου δικτύου αγωγών 50χλμ. το βιοαέριο οδηγείται από τα 500 φρεάτια του ΧΥΤΑ στη μονάδα και με την καύση τροφοδοτεί τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.

#### 7.2.2 Στραγγιστήρια

Είναι απαραίτητα για τη συλλογή στραγγισμάτων. Τα στραγγίσματα δημιουργούνται κυρίως από την εισροή βρόχινου νερού στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων. Το βρόχινο νερό διαπερνά τα συσσωρευμένα απορρίμματα με αποτέλεσμα να διαλύονται διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες τους και να συμπαρασύρονται στον πυθμένα ή στα πλάγια τοιχώματα του χώρου διάθεσης.
Ένα μέρος των στραγγισμάτων, που είναι όμως περιορισμένης ποσότητας, αποτελείται από τα υγρά που παράγονται κατά τη βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων.
Η ποσότητα των στραγγισμάτων εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα της βροχής που πέφτει στο χώρο διάθεσης ανά χρόνο, τον όγκο των απορριμμάτων που θάβονται κατά τη διάρκεια του χρόνου, από την επιφάνεια του χώρου εναπόθεσης, την υγρασία των απορριμμάτων και τέλος από τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την απομάκρυνση των ομβρίων υδάτων.

### 7.2.3 Πυρσοί καύσης

Η παραγωγή βιοαερίου είναι εκμεταλλεύσιμη, εάν η ποσότητα του είναι ικανή για να παράγει ενέργεια. Εάν η ποσότητα δεν είναι ικανή για παραγωγή ενέργειας τότε το βιοαέριο προωθείται για καύση σε ειδικούς πυρσούς σε ελεγχόμενη περιοχή και επί σταθερού εδάφους. Στην ανάλυση που κάνουμε δε θέλουμε το βιοαέριο που παράγεται να καίγεται στους πυρσούς καύσης αλλά να δίνεται στο δίκτυο πίσω είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας είτε μέσω αναβάθμισης σε ποιότητα στο δίκτυο του φυσικού αερίου. Σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις συνηθίζεται ως επί το πλείστον να υπάρχουν πυρσοί καύσης.

Οι τρεις αυτοί πυρσοί είναι δυναμικότητας 4.500 , 1.000 και 500$m^3$/h και υπό κανονικές συνθήκες δε θα βρίσκονται σε λειτουργία, παρά μόνο εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω αστοχίας στον υποσταθμό της ΔΕΗ στον Ασπρόπυργο ή σε περίπτωση περίσσειας βιοαερίου. Οι πυρσοί καύσης τίθενται σε λειτουργία λοιπόν όταν η πίεση του παρεχόμενου βιοαερίου στις ΜΕΚ της εγκατάστασης ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο. Για την εξασφάλιση της λειτουργίας των πυρσών σε περίπτωση διακοπής της παραγωγής από το σταθμό, υπάρχει βοηθητική ντιζελογεννήτρια 250 kVA η οποία αναλαμβάνει την εκκίνηση και τη λειτουργία των πυρσών, καθώς και την ηλεκτροδότηση των εγκαταστάσεων και του κέντρου ελέγχου του σταθμού.

Σε περίπτωση αστοχίας σύνδεσης με τον υποσταθμό της ΔΕΗ με βάση την ποσότητα βιοαερίου που μπορεί να καεί , υπολογίζουμε τη μέγιστη δυνατή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που θα μπορούσε να παραχθεί.

$$4500\text{Nm}^3/\text{h} \rightarrow \frac{4500\text{Nm3}}{\text{h}} \times \frac{1MWh}{595Nm^3} = 7.563MW$$

$$1000\text{Nm}^3/\text{h} \rightarrow \frac{1000\text{Nm3}}{\text{h}} \times \frac{1MWh}{595Nm^3} = 1.681MW$$

$$500\text{Nm}^3/\text{h} \rightarrow \frac{500\text{Nm3}}{\text{h}} \times \frac{1MWh}{595Nm^3} = 0.84MW$$



**Εικόνα 7-1 Πυρσός καύσης βιοαερίου**

### 7.3 Εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου

Η εφαρμογή μας λοιπόν αναλύεται σύμφωνα με το χώρο υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ) στα Άνω Λιόσια και την εγκατάσταση ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου που ήδη υπάρχει.

Ενδεικτικά, μόνο για να παραχθεί η θερμότητα που εξασφαλίζουν οι καυστήρες θα χρειάζονταν κάθε χρόνο 3.500 τόνοι πετρελαίου θέρμανσης.

.




**Εικόνα 7-2 Πανοραμική εικόνα της εγκατάστασης ΧΥΤΑ Λιοσίων**

### 7.3.1 Χαρακτηριστικά εγκατάστασης

Θεωρείται σήμερα από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις στην Ευρώπη, αφού μπορεί να κατεργάζεται 10.000$m^3$ βιοαερίου την ώρα και να παράγει **23,5 MW** μετά την επέκταση καθιστώντας την ΒΕΑΛ ως έναν από τους μεγαλύτερους σταθμούς παραγωγής με καύσιμο βιοαέριο από ΧΥΤΑ παγκοσμίως.

Εκτός από την παροχή ενέργειας, αξιοποιώντας το αέριο υγειονομικής ταφής βοηθά στη μείωση της ρύπανσης που συνδέεται με τη διαφυγή αέριου μεθανίου και αποτελεί ένα από ατ σημαντικότερα προβλήματα για την υγεία.

Στο συγκεκριμένο χώρο υπάρχουν μηχανές εσωτερικής καύσης Μ.Ε.Κ που αποτελούν τη μονάδα παραγωγής. Αν δεν υπήρχε διαθέσιμο το βιοαέριο θα χρησιμοποιούσαμε και θα βάζαμε περισσότερο φυσικό αέριο. Το οποίο είναι λιγότερο ρυπογόνο από το λιγνίτη.

Γι' αυτό και πλέον το βιοαέριο έχει ξεκινήσει να αξιοποιείται όχι μόνο σε αρκετούς ΧΥΤΑ άλλων πόλεων της Ελλάδας, αλλά και σε μεγάλες μονάδες βιολογικών καθαρισμών, αντί απλώς να φλέγεται σε πυρσούς καύσης.

Η ισχύς που βγάζουν οι ΜΕΚ προσαρμόζεται αναλόγως τον τύπο της μηχανής.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεννήτρια κάθε ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους γίνεται στα 400V ( ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη αρχικής εγκατάστασης) ή στα 6kV (ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη επέκτασης). Ο σταθμός θα περιλαμβάνει τους απαραίτητους μετασχηματιστές για ανύψωση τάσης από την τάση παραγωγής στα 20kV. Επίσης οι μετασχηματιστές τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο, να υπάρχει επαρκής αερισμός του χώρου αυτού προς απομάκρυνση της θερμότητας που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία.

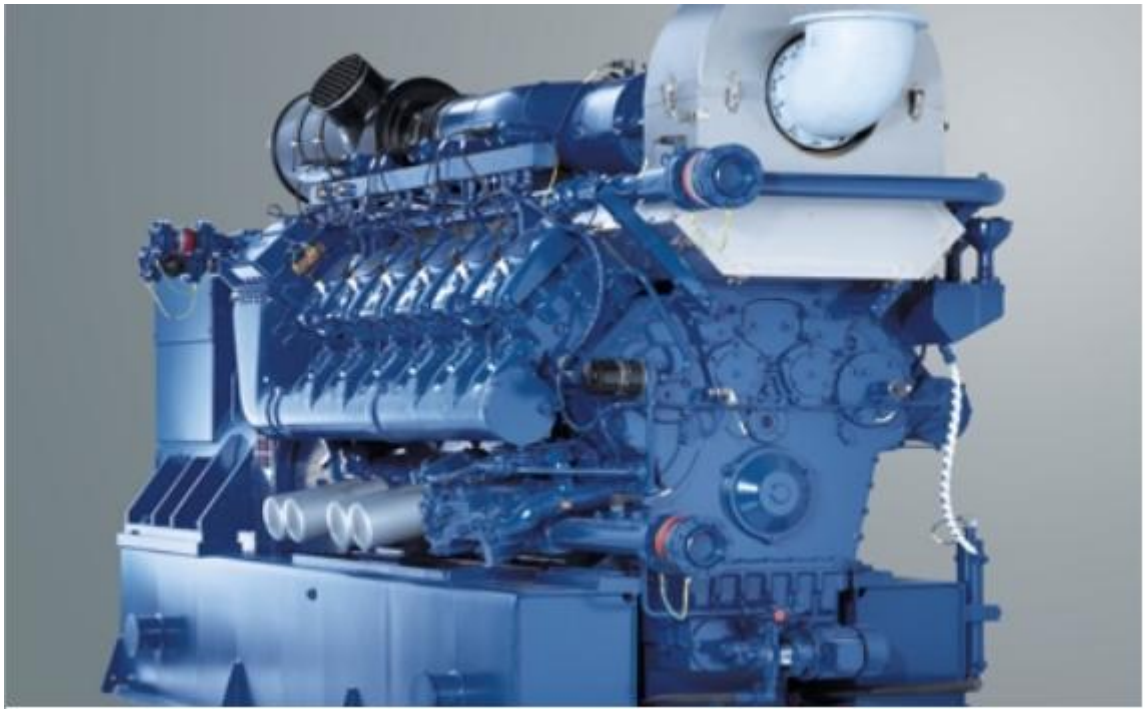
Ο σταθμός αυτός, ξεκίνησε με εγκατεστημένη ισχύ 13.9 MW, από το 2001 σε λειτουργία και αποτελείτο από 11 μονάδες γεννήτριας, ηλεκτρικής ισχύος 1262 kW και θερμικής ισχύος 1650kW η κάθε μία οι οποίες βασίζονται στο ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος DEUTZ TBG 620V16K. Οι μονάδες είναι πλήρως αυτόνομες, τοποθετημένες σε container και λειτουργούν -όπως όλος ο σταθμός- αδιάλειπτα 365 μέρες τον χρόνο.

Η επέκταση ισχύς στο σταθμό συμπαραγωγής που πραγματοποιήθηκε το 2006 αύξησε την συνολική εγκατεστημένη ισχύ κατά 10MW περίπου και κόστισε 15.5 εκ.ευρώ.[60]

Προστέθηκαν 4 μηχανές ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη General Electric Jenbacher JMS 620-L.L. Οι 3 από αυτές με ηλεκτρική ισχύ 2,433MWel και 1,371MWth. Η μία μονάδα έχει την ίδια θερμική ισχύ 1,371MW και 2,737 MWel. Οι μονάδες αυτές εγκαταστάθηκαν σε κτίριο αλλάζοντας τη φιλοσοφία της αυτονομίας των container. Η θερμότητα αξιοποιείται για τη λειτουργία τεσσάρων εξατμιστών, εγκατεστημένων στο σταθμό επεξεργασίας στραγγισμάτων δίπλα στο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Οδηγείται, μέσω ζεστού νερού, στο βιολογικό σταθμό και κάνει εξάτμιση στα στραγγίσματα, οπότε επιτυγχάνεται αυτό το διπλό περιβαλλοντικό κι ενεργειακό όφελος.

**<u>Πρόσθετα χαρακτηριστικά</u>**

- Για τη μείωση του θορύβου, οι τέσσερις μηχανές της GE εσωκλείονται στο κεντρικό κτίριο σε χωριστό ηχομονωμένο κύτταρο η κάθε μία.
- Οι μηχανές μπορεί να λειτουργήσουν από -5$^oC$ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος το χειμώνα, μέχρι 40$^oC$ το καλοκαίρι.
- Η συντήρηση και η επιθεώρηση της μηχανής γίνεται πολύ πιο εύκολα λόγω των χωριστών ηχομονωμένων κυττάρων αντί μίας μόνο.



**Εικόνα 7-3 Μορφή ΜΕΚ τύπου Deutz TBG 620K**



**Εικόνα 7-4 Μορφή ΜΕΚ τύπου Jenbacher JMS 620-L.L**

### 7.3.2 Επί μέρους τεχνικά χαρακτηριστικά

Ο θεωρητικός χρόνος μεταξύ εκκίνησης μιας μηχανής έως το πλήρες φορτίο της καθορίζει το ρυθμό μεταβολής φόρτισης της μονάδας. Μία μηχανή Deutz χρειάζεται περίπου 10 λεπτά ενώ μια μηχανή GE Jenbacher περίπου 5 λεπτά.

#### *7.3.2.1 Μέγιστη και ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα βιοαερίου για τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής*

Το ελάχιστο απαιτούμενο καύσιμο για τη λειτουργία κάθε μηχανής Deutz είναι 375$Nm^3$/h ενώ για κάθε μηχανή GE Jenbacher 750$Nm^3$/h. Αντίστοιχα το μέγιστο είναι 750$Nm^3$/h και 1500$Nm^3$/h. Η ελάχιστη λειτουργία της μονάδος θα απαιτούσε τη λειτουργία τουλάχιστον 1 μηχανής Deutz στο 50% του φορτίου της ώστε να καλύπτει τις ιδιοκαταναλώσεις του σταθμού, και 1 μηχανής GE Jenbacher επίσης στο 50%. Συνολικά αυτό μεταφράζεται σε 1,85MW με απαίτηση σε καύσιμο 1100$Nm^3$/h. Αντίστοιχα, το μέγιστο θεωρητικό ταυτίζεται με την ονομαστική ισχύ του σταθμού δηλαδή 23,5MW που θα απαιτούσαν περίπου 14500$Nm^3$/h.

#### *7.3.2.2 Παροχή στοιχείων για το τεχνικό ελάχιστο των μονάδων παραγωγής στα Άνω Λιόσια*

Ο σταθμός παραγωγής των Άνω Λιοσίων έχει εγκαταστημένη ισχύ 23,5MW. Αποτελείται από 11 μονάδες Deutz TBG62016V δυναμικότητος 1262kW και 4 μονάδες GE Jenbacher δυναμικότητος 2433kW. Το τεχνικό ελάχιστο των μονάδων είναι στο 50% της ονομαστική τους ισχύος.
Περισσότερα στοιχεία για τις συγκεκριμένες μηχανές που χρησιμοποιούνται δίνονται παραπάνω στο υποκεφάλαιο 7.3.1.

#### *7.3.2.3 Εκτίμηση της κατανάλωσης βιοαερίου για διαφορετικά επίπεδα φόρτισης της μονάδας*

Για κάθε 1MW απαιτείται κατανάλωση βιοαερίου περίπου στα 595$Nm^3$/h. Η παραγωγή είναι τελείως αναλογική. Με βάση αυτή τη πληροφορία και ανάλογα με τη φόρτιση της γεννήτριας μπορούμε να εξάγουμε την ωριαία καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου.

#### *7.3.2.4 Στοιχεία χρονοσειράς παραγωγής για κάποιο έτος από τα έτη 2009-2011*

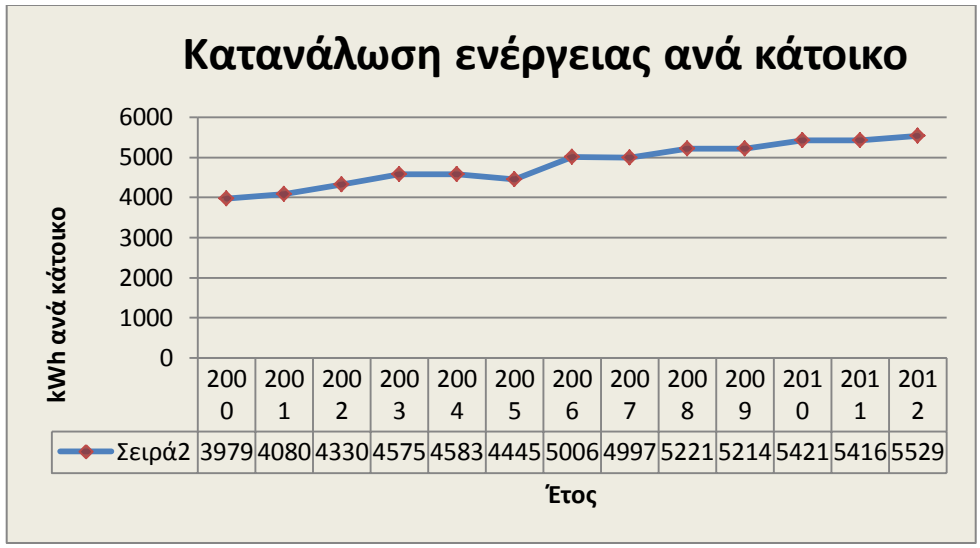
Η ημερήσια κατά μέσο όρο παραγωγή του σταθμού στο χρονικό διάστημα που μας ενδιαφέρει είναι περίπου 410MWh.

### 7.3.3 Συμπερασματικά

Η ενεργός άντληση του βιοαερίου συμβάλλει στην ταχύτερη ολοκλήρωση των διαδικασιών αποσύνθεσης και σταθεροποίησης των απορριμμάτων εντός του Χώρου Διάθεσης. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύεται στο Δίκτυο από την επέκταση ανέρχεται σε 72 GWh ετησίως, ενώ από την έναρξη λειτουργίας του έργου (2001) έχουν συνολικά διοχετευτεί στο Δίκτυο πάνω από 526 GWh. Η τροφοδοτούμενη θερμική ενέργεια ανέρχεται σε 31 GWh ετησίως, ενέργεια η οποία αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση 3500 τόνων πετρελαίου κίνησης σε ετήσια βάση. Τέλος από την θερμική ενέργεια από την καύση του βιοαερίου και την χρησιμοποίησή του στην εφαρμογή της εξάτμισης επιτυγχάνεται η επεξεργασία 400$m^3$ ακάθαρτου νερού/ στραγγισμάτων που αντιστοιχεί στο υδραυλικό φορτίο κατανάλωσης νερού 1600 κατοίκων ημερησίως.

## 7.4 Στοιχεία παραγωγής

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο για την Ελλάδα είναι χρήσιμο να φανεί μέσα από το επόμενο γράφημα για να γίνει κατανοητό το μέγεθος παραγωγής ηλεκτρισμού απόό το συγκεκριμένο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας.




**Γράφημα 7-2 Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο**

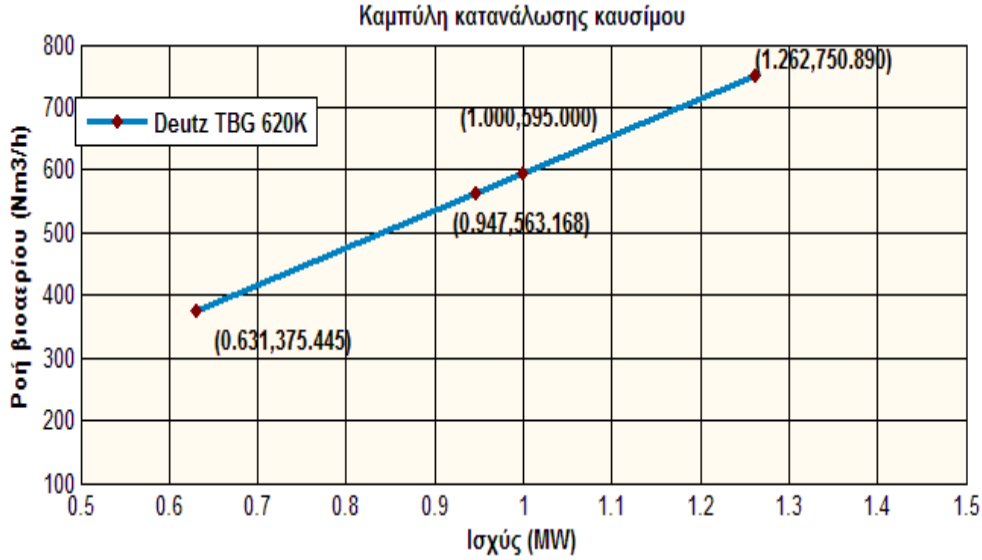
## 7.5 Καμπύλες κατανάλωσης καυσίμου

Προκειμένου να εξάγουμε την ωριαία καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου χρειαστήκαμε κάποια στοιχεία που μας δόθηκαν από το εργοστάσιο παραγωγής. Απαιτούμενα δεδομένα ήταν η κατανάλωση βιοαερίου για 1 MW και στοιχεία για τα επίπεδα φόρτισης της μονάδας. Έπρεπε επίσης να γνωρίζουμε στοιχεία για το τεχνικό ελάχιστο των μονάδων στα Άνω Λιόσια.

### 7.5.1 Βιοαέριο

Η κατανάλωση βιοαερίου που απαιτείται για κάθε 1 MW είναι περίπου στα 595$Nm^3$/h. Επειδή η παραγωγή είναι τελείως αναλογική, με βάση τον αριθμό αυτόν και την ονομαστική ισχύ του σταθμού μπορείς να υπολογίσεις την ωριαία καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ωριαίες καμπύλες κατανάλωσης καυσίμου για υψηλή φόρτιση δηλαδή 100% της ισχύος, για μεσαία φόρτιση 75% και για χαμηλή φόρτιση 50%.

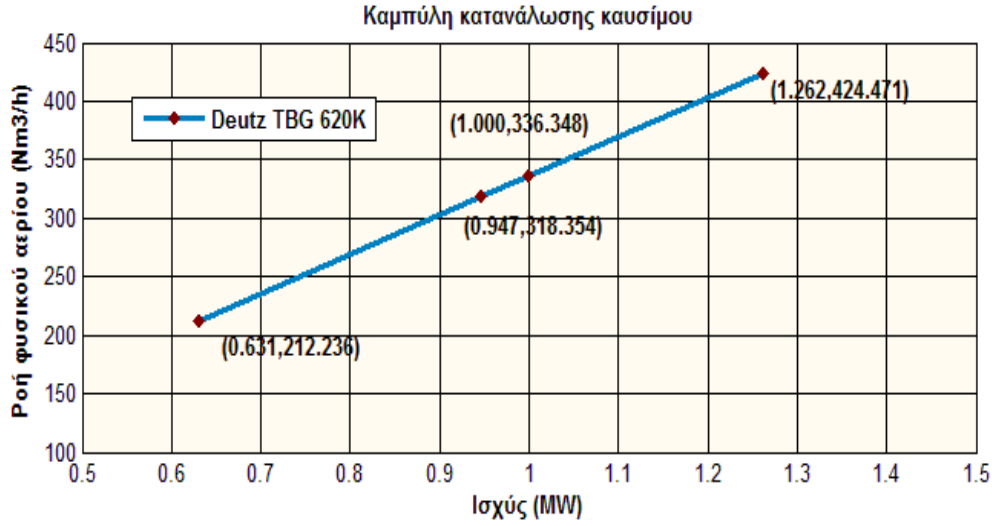



**Εικόνα 7-5 Καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου βιοαερίου για μία μηχανή Deutz**

### 7.5.2 Φυσικό αέριο

Η κατανάλωση βιοαερίου που απαιτείται για κάθε 1 MW είναι περίπου στα 336,3482$Nm^3$/h, υπολογισμένα με βάση το λόγο των θερμογόνων δυνάμεων βιοαερίου και φυσικού αερίου. Από τον αριθμό αυτόν και την ισχύ μιας μηχανής Deutz TBG 620K του σταθμού δίνεται μία συσχέτιση για την κατανάλωση του καυσίμου. Πρόκειται για τη δεύτερη μηχανή Deutz που μιλήσαμε παραπάνω στο σχήμα.

Όπως φαίνεται και μέσα από το γράφημα ο αριθμός 0,631 αναφέρεται στο 50% της ισχύος της μηχανής, 0,9465 στο 75% της ισχύος, 1,262 στο 100% της ισχύος της μηχανής.




**Εικόνα 7-6 Καμπύλη κατανάλωσης καυσίμου φυσικού αερίου για μία μηχανή Deutz**

### 7.6 Διασύνδεση στο δίκτυο Ηλεκτρισμού

Το εργοστάσιο ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου για τη διασύνδεση του με το δίκτυο ηλεκτρισμού χρησιμοποιεί γραμμές μέσης τάσης (Μ.Τ) ως τον υποσταθμό (Υ.Σ) Ασπρόπυργος στη θέση Σκαλιστήρι του Δήμου Φυλής Αττικής. Αυτό ίσχυε ακόμα και πριν την επέκταση του σταθμού, όταν ήταν δηλαδή ισχύς 13 MW . Με την επέκταση το εργοστάσιο τροφοδοτείται και από τον Υ/Σ Καλιστήρι στη θέση εγκατάστασης Σκαλιστήρι Άνω Λιοσίων. Ο υποσταθμός Υ.Τ/Μ.Τ στη θέση αυτή είναι 150/20kV. Η διασύνδεση του σταθμού με τον Υ/Σ γίνεται μέσω δύο όμοιων γραμμών μεταφοράς Μέσης Τάση (ΜΤ) 20kV, δυναμικότητας μεταφοράς 9MVA έκαστη. Το μήκος κάθε γραμμής διασύνδεσης από τον οικίσκο της ΔΕΗ στον σταθμό έως τον Υ/Σ ανέρχεται σε 10km. Η μορφή της σύνδεσης συνάδει με την 4$^{η}$ περίπτωση της εικόνας Εικόνα 4-11.

### 7.7 Δίκτυα φυσικού αερίου στην Ελλάδα

Το φυσικό αέριο είναι μία αποτελεσματική και σύγχρονη μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον και ασφαλής. Η υλοποίηση αυτού του μεγάλου έργου της ενέργειας στον ελληνικό τομέα του φυσικού αερίου βρίσκεται ακόμη στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης και το Ελληνικό Δημόσιο είναι ο βασικός παράγοντας της αγοράς με άμεση ή έμμεση κατοχή των ιδιοκτησιών.

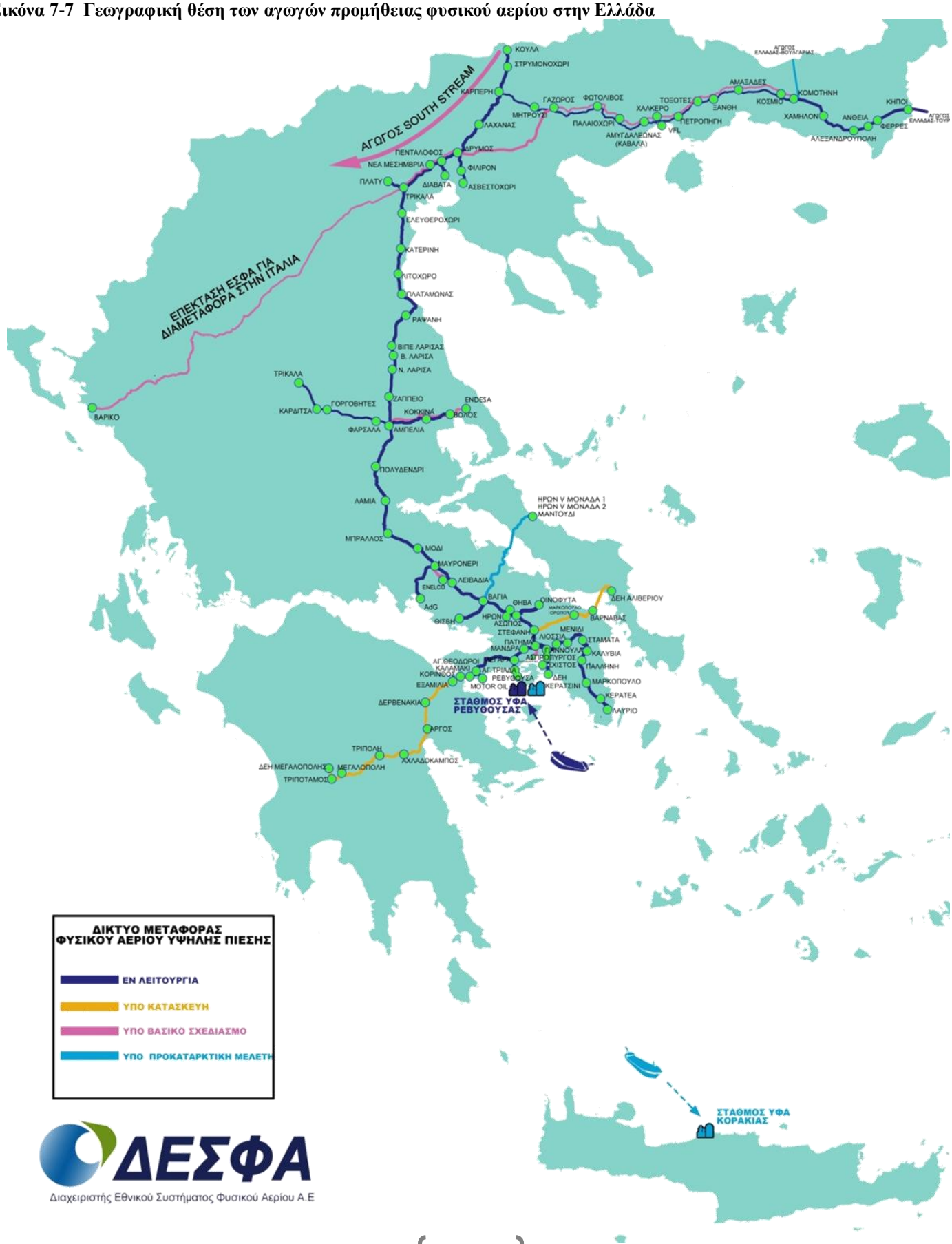
Σήμερα, υπάρχουν τρία σημεία εισόδου για το Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, που μεταφέρει φυσικό αέριο στους καταναλωτές στην ηπειρωτική Ελλάδα:

1. Το πρώτο είναι στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας), όπου το αέριο από τη Ρωσία (μέσω της Ουκρανίας, Μολδαβίας, Ρουμανίας και Βουλγαρίας), εισέρχεται στην Ελλάδα μέσω ενός αγωγού υψηλής πίεσης.

2. το δεύτερο είναι στα ελληνοτουρκικά σύνορα (Κήποι), όπου το ελληνικό σύστημα διασυνδέεται με το τουρκικό. Αυτό το σημείο εισόδου είναι νέο, βοηθά στην διαφοροποίηση των πηγών εισαγωγής και είναι η επέκταση του αγωγού μεταξύ της Κομοτηνής, Αλεξανδρούπολης και Κήπων.

3. η τρίτη βρίσκεται στη νησίδα Ρεβυθούσα στον κόλπο της Πάχης κοντά στα Μέγαρα, όπου βρίσκεται το τερματικό υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο από την Αλγερία μεταφέρεται με ειδικά πλοία LNG[61].

**Εικόνα 7-7 Γεωγραφική θέση των αγωγών προμήθειας φυσικού αερίου στην Ελλάδα**



### 7.7.1 Ζήτηση Φυσικού Αερίου

Συγκεκριμένα, ρεκόρ ζήτησης φυσικού αερίου καταγράφουν για το 2011 τα στοιχεία της ΔΕΠΑ (Δημόσιας επιχείρησης αερίου). Στο εξάμηνο η ζήτηση σημείωνε αύξηση 23%, ενώ για το σύνολο του έτους οι εκτιμήσεις της διοίκησης της επιχείρησης «βλέπουν» την κατανάλωση να φτάνει στα 4,4 δις κυβικά μέτρα σημειώνοντας δηλαδή αύξηση περί το 20% σε σχέση με πέρυσι που και πάλι ήταν μια καλή χρονιά. Η νέα αύξηση οφείλεται κυρίως στις καινούριες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που μπήκαν μέσα στο 2011 σε λειτουργία. [62]

Από το 2010 η ζήτηση φυσικού αερίου στην Ελλάδα σημείωσε άνοδο. Η κατανάλωση έφτασε στα 3,7 δις κυβικά μέτρα, το 63% των οποίων απορροφήθηκε από την ηλεκτροπαραγωγή και το υπόλοιπο από τη βιομηχανία, οικιακό τομέα και τριτογενή τομέα.

Η αγορά φυσικού αερίου εμφανίζει σημαντικές προοπτικές ανάπτυξης στη χώρα μας, η επιβεβαίωσή τους ωστόσο θα εξαρτηθεί από τη συνολικότερη πορεία της οικονομίας και ειδικά από τους ρυθμούς ανάπτυξης που θα σημειωθούν.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση της συμμετοχής των Ανανεώσιμων Πηγών στο ενεργειακό – ηλεκτρικό ισοζύγιο της χώρας ευνοεί τη μεγαλύτερη διείσδυση και του φυσικού αερίου, καθώς η αστάθεια που έχουν οι ΑΠΕ απαιτεί ευέλικτες μονάδες βάσης και τέτοιες είναι οι του φυσικού αερίου.

#### *7.7.1.1 Μελλοντικός εφοδιασμός αγοράς με φυσικό αέριο*

Το συμβόλαιο της ΔΕΠΑ με τη **Gazprom** εξασφαλίζει τον εφοδιασμό της ελληνικής αγοράς με μέχρι 2.8 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ($Nm^3$) αερίου ετησίως, τουλάχιστον έως το 2016. Οι υπό εισαγωγή ποσότητες εγχέονται στο ΕΣΦΑ στο σημείο Στρυμονοχώρι Σιδηροκάστρου, κοντά στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Το συμβόλαιο με την τουρκική **BOTAS** αφορά την προμήθεια μέχρι 0.71 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα αερίου ετησίως έως το 2021. Οι εν λόγω ποσότητες παραδίδονται και εγχέονται στο ΕΣΦΑ στο σημείο Κήποι Έβρου, μέσω του υπάρχοντος ελληνοτουρκικού αγωγού φυσικού αερίου.
Παρομοίως, το συμβόλαιο με τη **Sonatrach** (LNG) εξασφαλίζει την προμήθεια της χώρας τουλάχιστον έως το 2021 με μέχρι 0.68 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος. Οι παραδόσεις του αλγερινού LNG πραγματοποιούνται στον ελληνικό σταθμό αποθήκευσης και επαναεριοποίησης υγροποιημένου αερίου στη Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων.[63]

Η τιμή που ισχύει για το φυσικό αέριο το μήνα Σεπτέμβριο του 2012 είναι 0.07326€/kWh με ανώτερο θερμογόνο δύναμη στα 11.6811 $kWh/Nm^3$, συνεπώς 0.85576€/$Nm^3$. Η τιμή της ανωτέρου θερμογόνου δύναμης δεν είναι σταθερή και υπολογίζεται κάθε μήνα από ΔΕΠΑ σύμφωνα με τις μετρήσεις που γίνονται κάθε μήνα στους σταθμούς παραλαβής του φυσικού αερίου. Μία μέση τιμή ΑΘΔ είναι 11.5 $kWh/Nm^3$.

### 7.7.2 Κοστολόγηση και διαφοροποίηση της τιμής φυσικού αερίου

Η τιμή του φυσικού αερίου είναι διαφορετική για το προμηθευτή από διεθνές δίκτυο στην Ελλάδα (***ΔΕΠΑ***), για τον προμηθευτή που λαμβάνει το φυσικό αέριο από τη ΔΕΠΑ (ΕΠΑ) και είναι αρμόδιος για τη διανομή στους τελικούς καταναλωτές και εν τέλει διαφορετική για τον τελικό καταναλωτή.
Η τιμολογιακή πολιτική που εφαρμόζεται στον καταναλωτή ορίζεται από την εξίσωση:

***Τιμή Πώλησης Φυσικού Αερίου = Κόστος προμήθειας Φ.Α. + Περιθώριο Διανομής ΕΠΑ Αττικής + Φόροι***

Η μέση τιμή προμήθειας φυσικού αερίου (ΜΤΦΑ) είναι 57.80685 €/MWh για το μήνα Ιούλιο του 2012 και με τρίμηνη ισχύ..

### 7.7.3 Τοπικό δίκτυο περιοχής Α. Λιοσίων

Στη παρούσα φάση τροφοδοτείται με Φυσικό Αέριο η εγκατάσταση του Αποτεφρωτήρα Νοσοκομειακών Απορριμμάτων (www.apotefrotiras.gr) η οποία βρίσκεται εντός του ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων.
Το 2008 είχε γίνει αίτημα τροφοδότησης με Φυσικό Αέριο των κτιρίων Διοίκησης και της Μονάδας Εξάτμισης της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Στραγγισμάτων που βρίσκεται εντός του ΧΥΤΑ Φυλής.
Αυτό το αίτημα δεν προχώρησε καθώς υπάρχει μόνο δίκτυο 19 bar στην περιοχή και δεν γινόταν να τροφοδοτηθεί το συγκεκριμένο φορτίο που ήταν πολύ μικρό. Με τον όρο «σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου» ορίζεται το σύστημα αγωγών με πίεση σχεδιασμού άνω των 19bar.

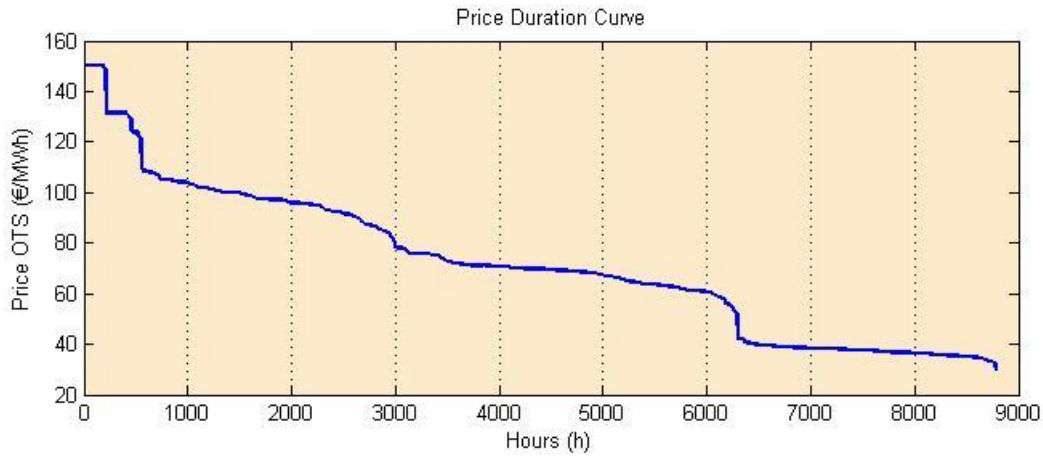
Καθώς οι δυο εγκαταστάσεις (ΧΥΤΑ Λιοσίων και ΧΥΤΑ Φυλής) γειτνιάζουν έγινε λόγος να τροφοδοτηθεί η εγκατάσταση του ΧΥΤΑ Φυλής από το Σταθμό του Αποτεφρωτήρα , αλλά δεν προχώρησε.
Σε συνεργασία με τον ΑΚΤΩΡΑ εξετάστηκε ο εμπλουτισμός του παραγόμενου βιοαερίου που τροφοδοτεί το Σταθμό Συμπαραγωγής 23,5 Mwel της ΒΕΑΛ Α.Ε. με Φυσικό Αέριο το οποίο όμως δεν έχει προχωρήσει ακόμα καθώς μάλλον θα προτιμηθεί να διοχετευτεί βιοαέριο από το νέο Χυτά Φυλής στο Χυτά Α. Λιοσίων μόλις εξαντληθούν τα αποθέματα βιοαερίου του ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων.
Συνοψίζοντας δεν υπάρχει πλάνο σύνδεσης του ΧΥΤΑ Φυλής με το δίκτυο Φυσικού Αερίου, ενώ το μόνο διαθέσιμο κοντινό ενεργό δίκτυο είναι ο διπλός αγωγός 19 bar του City Gate Άνω Λιοσίων.

Σε κάθε περίπτωση ο χρήστης που θα κάνει εμπλουτισμό με βιοαερίου με Φυσικό Αέριο θα πρέπει να υποβιβάσει πίεση εξόδου Φυσικού Αερίου 1-2 bar (αν είναι εφικτή η σύνδεση στα 19 bar) καθώς τα δίκτυα βιοαερίου λειτουργούν σε χαμηλές πιέσεις 50-100 mbar (τουλάχιστον αυτό ισχύει για τα δίκτυα στα Λιόσια που τροφοδοτούν την ΒΕΑΛ).

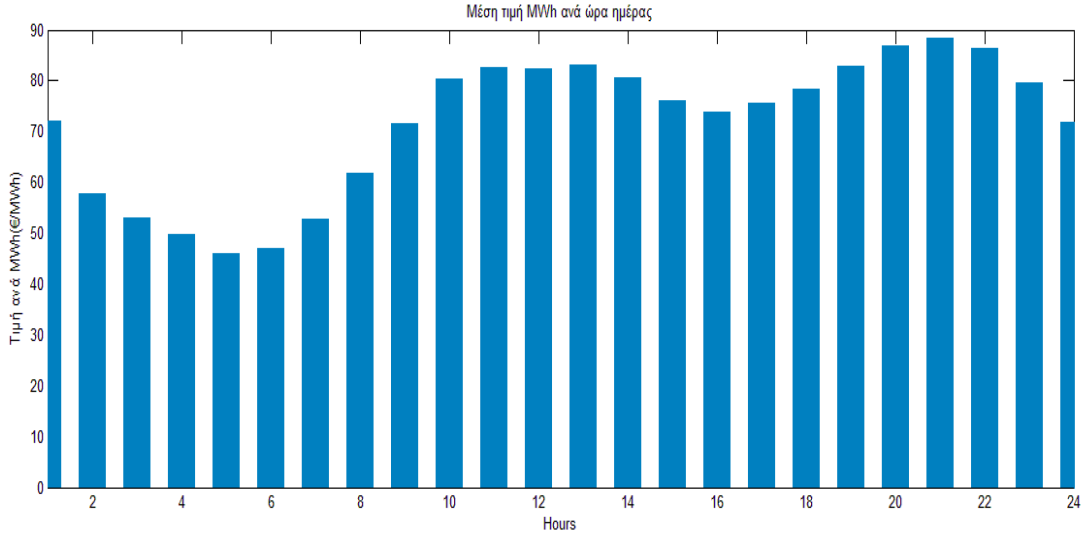
## 7.8 Τιμές αγοράς Ηλεκτρισμού

### 7.8.1 Ελληνική Αγορά

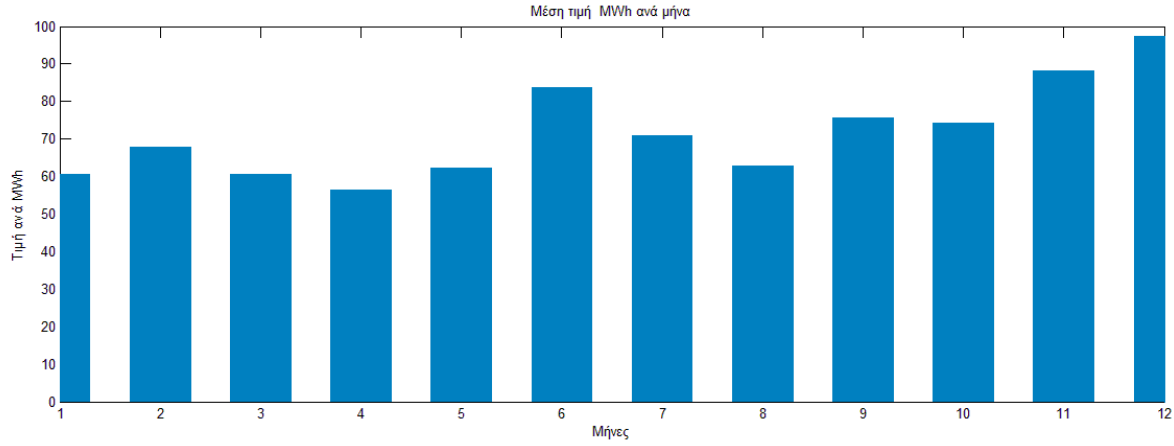
Η Οριακή Τιμή του Συστήματος είναι η τιμή στην οποία εκκαθαρίζεται η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και είναι η τιμή που εισπράττουν όλοι οι όσοι εγχέουν ενέργεια στο Σύστημα και πληρώνουν όλοι όσοι ζητούν ενέργεια από το Σύστημα. Συγκεκριμένα, η Οριακή Τιμή του Συστήματος διαμορφώνεται από το συνδυασμό των προσφορών τιμών και ποσοτήτων που υποβάλλουν κάθε μέρα οι διαθέσιμες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και του ωριαίου φορτίου ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που διαμορφώνεται σε καθημερινή βάση από τους καταναλωτές.
Η Οριακή τιμή συστήματος (ΟΤΣ) για ολόκληρο το έτος 2011 σε μορφή excel από το site του ΑΔΜΗΕ (http://www.admie.gr/leitoyrgia-dedomena/leitoyrgia-agoras-ilektrikis-energeias/anafores-dimosieyseis-agoras/).
.
Η μέση τιμή της αγοράς με βάση αυτόν τον πίνακα για το 2011 είναι 71.702 €/MWh, η μέγιστη 150€/MWh και η ελάχιστη τιμή 29.894€/MWh.




**Γράφημα 7-3 Καμπύλη διάρκειας τιμών ΟΤΣ €/MWh**




**Γράφημα 7-4 Μέση τιμή MWh ανά ώρα ημέρας**




**Γράφημα 7-5 Μέση τιμή MWh ανά μήνα**

**Σχολιασμός γραφημάτων**

Από τα γραφήματα αυτά φαίνεται η τάση διακύμανσης που έχει η τιμή μέσα στην ημέρα με τις βραδινές ώρες (20:00-21:00) να έχουνε τη μεγαλύτερη τιμή, καθώς εκείνες τις ώρες υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Επίσης στο επόμενο γράφημα φαίνεται ότι για το μήνα Δεκέμβριο και Ιούνιο είχαμε αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας οπότε η τιμή ΟΤΣ είχε εκτιναχτεί σε πολύ υψηλές τιμές.

## 7.9 Δυνατότητα έγχυσης στο δίκτυο

### 7.9.1 Κόστος διαδικασίας

#### *7.9.1.1 Κόστος αναβάθμισης βιοαερίου σε βιομεθάνιο*

Σύμφωνα με την έρευνα της CALSTART (έτος 2011) για 100.000-1.000.000 $ft^3$ ανά ημέρα δηλαδή 2831.6846-28316.846 $Nm^3$ την ημέρα, και κόστος 3.92 $ ανά $1000ft^3$, συνεπώς 0.1384$ το $Nm^3$ και με αντιστοιχία δολαρίου στα 0.7668 ευρώ έχουμε κόστος αναβάθμισης για το κυβικό αερίου ($Nm^3$) 0.106125€.

#### *7.9.1.2 Κόστος μεταφοράς*

Το κόστος μεταφοράς του βιοαερίου εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής που θα διανύσει καθώς και από τη ροή της ποσότητας βιοαερίου που μεταφέρεται.
Πρέπει να τονιστεί ότι η μεταφορά ποσοτήτων αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο φυσικού αερίου είναι δυνατή, σε αντίθεση με την αντίστροφη διαδικασία όπου δεν δύναται να ικανοποιηθεί.

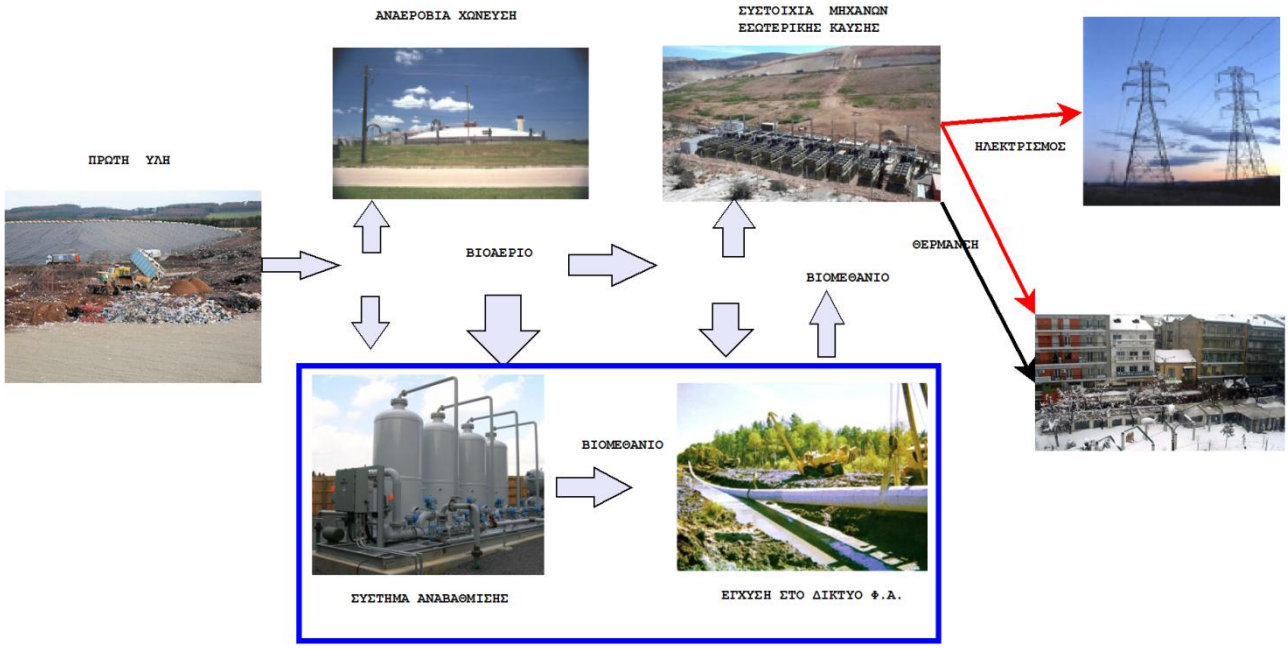
##### *7.9.1.2.1 Κόστος σύνδεσης της μονάδας βιοαερίου στο Δίκτυο ΦΑ*

Ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί επίσης υπόψη για την εκτίμηση του κόστους αυτής της διαδικασίας διοχέτευσης είναι , το κόστος μεταφοράς και σύνδεσης με τις γραμμές του εθνικού δικτύου. Σημαντικά επηρεάζεται από την απόσταση από το σημείο διοχέτευσης και από το επίπεδο της πίεσης της ροής που απαιτείται.

Μία μέση τιμή για τη μεταφορά του βιοαερίου είναι 3€/MWh, δηλαδή για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση 0.008919 €/$Nm^3$.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η υλοποίηση μας έχει να κάνει με τη δυνατότητα λειτουργίας του συγκεκριμένου εργοστασίου για συμμετοχή τόσο στην αγορά ηλεκτρισμού όσο και στην αγορά φυσικού αερίου. Γίνεται ανάλυση για το κέρδος που θα υπάρξει αν κάποιες ώρες το βιοαέριο αντί να διοχετευτεί σε μία μονάδα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μετέπειτα διοχέτευση στο δίκτυο ηλεκτρισμού, να αναβαθμιστεί και να οδηγηθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου. Η φιλοσοφία που ακολουθείται περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα.




**Εικόνα 8-1 Σχηματικό διάγραμμα εφαρμογής στον ΧΥΤΑ**

## 8.1 Σχηματικό διάγραμμα εφαρμογής

Για να γίνει κατανοητή η υλοποίηση που έγινε δημιουργήθηκε ένα σχήμα που δείχνει τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής μας. Υπάρχουν δύο μηχανές DEUTZ TBG 620K όμοιες με ισχύ 1,262MW και ένα σύστημα αναβάθμισης βιοαερίου σε βιομεθάνιο, δηλαδή σε ποιότητα φυσικού αερίου. Η μία μηχανή τροφοδοτείται και λειτουργεί με βιοαέριο το οποίο στη συγκεκριμένη εγκατάσταση που μελετάμε εκλύεται από το Χώρο Υγειονομικής Ταφής και η άλλη μηχανή λειτουργεί με φυσικό αέριο που προμηθεύεται από το δίκτυο Φ.Α.

Έχοντας ως λογική μεταβλητή για τη λειτουργία τους ON/OFF η κάθε μία, προσαρμόζεται η διαδικασία που εκτελούν.

Η περαιτέρω εξήγηση για τη λειτουργία έχει ως εξής:

***Μηχανή Deutz TBG 620K με βιοαέριο***

**Κατάσταση ON:** Η μηχανή είναι σε λειτουργία και αυτό σημαίνει ότι με τη ποσότητα βιοαερίου που εισέρχεται παράγεται ηλεκτρική ενέργεια σύμφωνα με την αντιστοιχία που έχουμε αναλύσει παραπάνω και διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτρισμού Σε αυτήν την κατάσταση έρχεται όταν η τιμή αποζημίωσης του ηλεκτρισμού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αποζημίωση διοχέτευσης Φυσικού Αερίου. Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, η εφαρμογή ορίζει ότι είναι προτιμότερο να διοχετεύσουμε ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο από το να ασχοληθούμε με την αναβάθμιση του βιοαερίου σε φυσικό αέριο.

**Κατάσταση OFF:** Η μηχανή είναι ανενεργή ,οπότε δεν παράγεται ηλεκτρισμός και η ποσότητα βιοαερίου που εισέρχεται θα οδηγηθεί προς το δίκτυο φυσικού αερίου. Σε αυτήν την κατάσταση έρχεται όταν η τιμή αποζημίωσης του ηλεκτρισμού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αποζημίωση διοχέτευσης Φυσικού Αερίου. Στην περίπτωση λοιπόν αυτή, η εφαρμογή ορίζει ότι είναι προτιμότερο να γίνει αναβάθμιση του βιοαερίου σε φυσικό αέριο και να διοχετευτεί στο δίκτυο Φ.Α.. Ο καθαρισμός του βιοαερίου που απαιτείται θα γίνει μέσω ενός συστήματος αναβάθμισης (purification system) μέσω των τεχνολογιών που αναλύθηκαν παραπάνω. 0 Έτσι θα μας μείνει μία ποσότητα βιομεθανίου, ποιότητας φυσικού αερίου. Στη συνέχεια λοιπόν αυτό θα διοχετευτεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου.

Στην κατάσταση OFF της πρώτης μηχανής μπορούμε να πούμε ότι μπορούμε να έχουμε αλληλεπίδραση και με τη δεύτερη μηχανή DEUTZ.

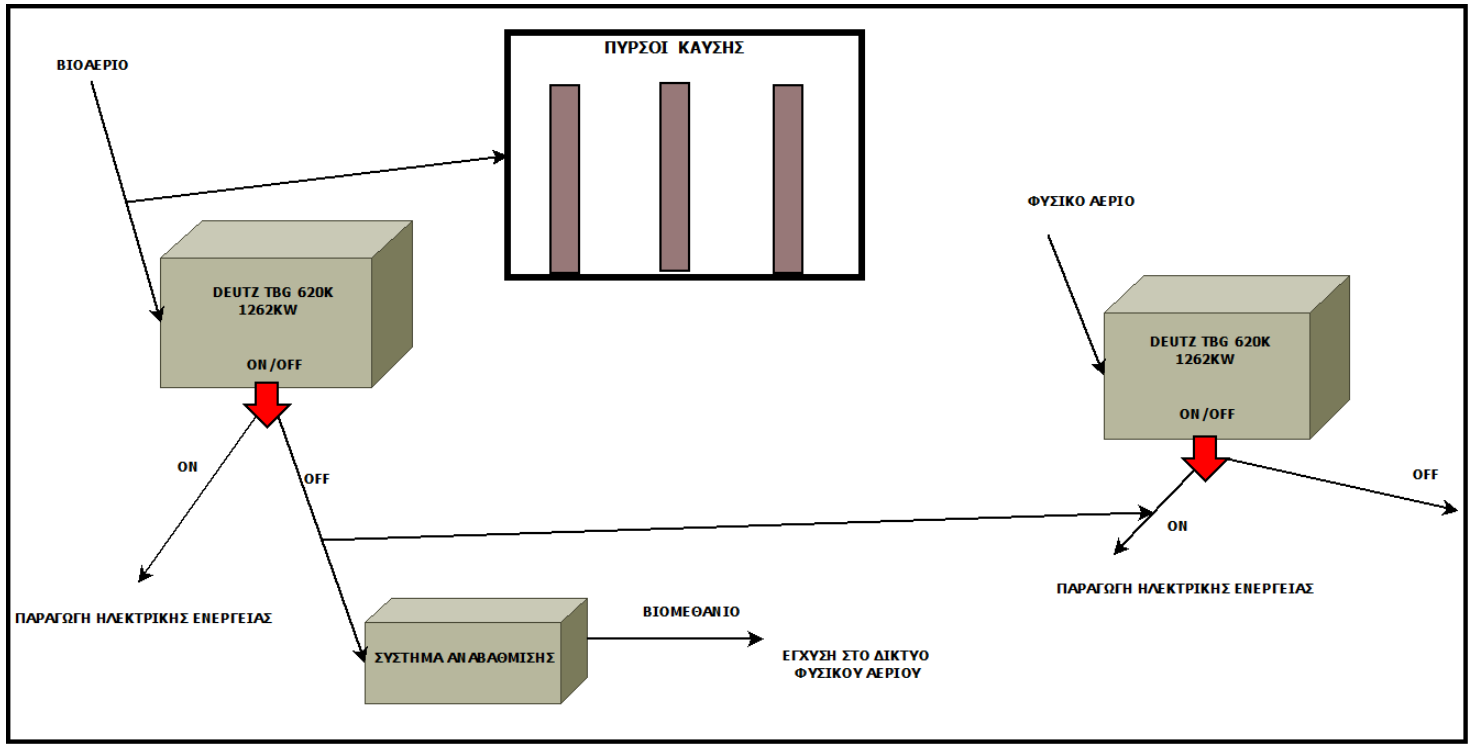
***Μηχανή Deutz TBG 620K με φυσικό αέριο***

**Κατάσταση ON:** Η μηχανή τίθεται σε λειτουργία στην περίπτωση που θέλουμε να ενισχύσουμε τον ηλεκτρισμό που μπορούμε να δώσουμε στο δίκτυο και μας συμφέρει τη συγκεκριμένη στιγμή να εκκινήσουμε την μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι με τη ποσότητα Φ.Α. που εισέρχεται παράγεται ηλεκτρική ενέργεια σύμφωνα με την αντιστοιχία που έχουμε αναλύσει παραπάνω και διοχετεύεται στο δίκτυο ηλεκτρισμού. Σε αυτήν την κατάσταση έρχεται όταν η οριακή τιμή συστήματος είναι μικρότερη από την τιμή διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας βάσει του τρέχοντος καθεστώτος αλλά επίσης δε μας συμφέρει να προβούμε στη διαδικασία αναβάθμισης του βιοαερίου σε φυσικό αέριο και να το διοχετεύσουμε. Έτσι λοιπόν αγοράζουμε φυσικό αέριο και παράγουμε ηλεκτρισμό ώστε να μπορέσουμε να πουλήσουμε ενέργεια στο δίκτυο και να εξισορροπήσουμε ανωμαλίες της παραγωγής.

**Κατάσταση OFF:** Η μηχανή είναι ανενεργή ,οπότε δεν παράγεται ενέργεια. Σε αυτήν την κατάσταση έρχεται όταν βάσει της λειτουργίας της πρώτης μηχανής έχουμε οδηγηθεί στο να διοχετεύουμε βιομεθάνιο στο δίκτυο Φ.Α. Όταν λοιπόν βρίσκεται σε OFF δεν κάνει τίποτα.

### 8.1.1 Σύστημα Αναβάθμισης ( Biogas upgrading system )

Το σύστημα αναβάθμισης του βιοαερίου σε βιομεθάνιο χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση που η πρώτη μηχανή DEUTZ βρίσκεται σε κατάσταση OFF και στο OFF η μονάδα με παροχή φυσικού αερίου.




**Εικόνα 8-2 Σχηματικό διάγραμμα ιδέας υλοποίησης**

## 8.2 Υλοποίηση με τρέχον καθεστώς

Αυτό που θέλουμε να κάνουμε με αυτόν τον τρόπο υλοποίησης είναι ο υπολογισμός της οριακής τιμής για έγχυση στο δίκτυο Φυσικού Αερίου, χρησιμοποιώντας την τιμή πώλησης ηλεκτρισμού βάσει του **ν. 3851/2010.** Για τιμή μεγαλύτερη από αυτήν θα εξεταστεί κατά πόσο μπορούμε να καλύψουμε τα υπόλοιπα κόστη που προκύπτουν, όπως είναι κόστος αναβάθμισης, διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α.

### 8.2.1 Βήματα υλοποίησης

1. Από τις προδιαγραφές λειτουργίας της συγκεκριμένης μονάδας παραγωγής ισχύει ότι για κάθε 1 MWh απαιτείται κατανάλωση βιοαερίου περίπου στα 595 $Nm^3$. Θα βρούμε με βάση αυτή τη ποσότητα και τη θερμογόνο δύναμη του βιοαερίου που είναι 6.5 kWh ανά $m^3$, υπολογίζουμε ότι υπό τέλεια καύση θα έβγαιναν 3,8675 MWh.

$$595\,{}^{Nm^3}/_{h} \times 6.5\,{}^{kWh}/_{Nm^3} = 3867,5kWh = 3,8675MWh$$

**Εξίσωση 8-0-1 Υπολογισμός MWh θερμότητας υπό τέλεια καύση βάσει της ροής βιοαερίου**

2. Η μέγιστη ισχύς μιας μηχανής Deutz είναι 1,262MW. Με βάση την αντιστοιχία των προδιαγραφών για 1 MWh , αν είχαμε 100% φόρτιση θα απαιτούνταν 750,89$Nm^3$ για μία ώρα λειτουργίας . Αν είχαμε τέλεια καύση μία τέτοια μηχανή θα απαιτούσε μόνο 194,154 $Nm^3$.

| | |
|---|---|
| **3,8675 MWh** | **595 $Nm^3$** |
| **1,262 MWh** | **194,154 $Nm^3$** |

**Υπό τέλεια καύση**

| | |
|---|---|
| **1 MWh** | **595 $Nm^3$** |
| **1,262 MWh** | **750,89 $Nm^3$** |

**Υπό καύση προδιαγραφών**

Στη συνέχεια λοιπόν βλέποντας την διαφορά στην απαίτηση καυσίμου υπολογίσαμε την απόδοση ηλεκτρισμού της συμπαραγωγικής μονάδας μέσω της παρακάτω σχέσης και βρήκαμε 25,85%.

$$n_{Deutz} = \frac{194,15}{750,89} \quad {}^{Nm^3}/_{Nm^3} \quad = 0,2585 = 25,85\%$$

3. Βάσει του λόγου των θερμογόνων δυνάμεων έπειτα, χρειάστηκε να βρούμε την αντιστοιχία ποσότητας βιοαερίου και φυσικού αερίου. Μία μηχανή Deutz που απαιτεί 750,89$Nm^3$, απαιτεί αντίστοιχα 424,47$Nm^3$. Αυτό επιβεβαιώνεται βάσει των σχέσεων:

***Λόγος θερμογόνων δυνάμεων*:** $\frac{\boldsymbol{\theta\varepsilon\rho\mu o\gamma\acute{o}\nu o\varsigma\ \Phi A}}{\boldsymbol{\theta\varepsilon\rho\mu o\gamma\acute{o}\nu o\varsigma\ \beta\iota o\alpha\varepsilon\rho\acute{\iota}ou}} = \frac{11{,}5^{kWh}/_{Nm^3}}{6{,}5^{kWh}/_{Nm^3}} = \mathbf{1,769}$

Εξίσωση 8-0-2 Λόγος θερμογόνων δυνάμεων

*Φυσικό αέριο:* $\frac{750{,}89Nm^3}{1{,}769} = \mathbf{424,47}\boldsymbol{Nm^3}$

**4.** Θέλαμε να έχουμε την τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που ανήκει στην περίπτωση μας. Σύμφωνα με το ν.3851/2010 (ΦΕΚ 85 Α 040620120) η κατηγορία που μας καλύπτει είναι η **ιγ'**, ως αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από βιοαέρια από βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ >2MW με τιμή πώλησης στα **99,45 ευρώ** (4.4.2.2, Πίνακας 4-12 Τιμή Πώλησης ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (νόμος 3851/2010))**.**

Βάσει λοιπόν αυτής της τιμής υπολογίσαμε την οριακή τιμή αποζημίωσης του παραγόμενου φυσικού αερίου μετά την αναβάθμιση ώστε να είναι προσφορότερη η διοχέτευση φυσικού αερίου αντί η παραγωγή ηλεκτρισμού.

### 8.2.2 Βήματα-αποτελέσματα

#### *8.2.2.1 Ελάχιστη τιμή έγχυσης βιοαερίου για να προτιμηθεί έναντι της παραγωγής ηλεκτρισμού*

Συνεχίζουμε με το Βιοαέριο και την οριακή τιμή που αυτό πρέπει να διατίθεται ώστε να προτιμούμε αυτήν την περίπτωση αντί της διοχέτευσης στο δίκτυο ηλεκτρισμού .

Την οριακή τιμή αυτή τη βρίσκουμε ως εξής:
Βάσει νόμου όπως προαναφέρθηκε 99,45 ευρώ πωλείται 1MWh από βιοαέριο η οποία είναι γνωστό επίσης ότι στη συγκεκριμένη εγκατάσταση απαιτεί κατανάλωση 595 $Nm^3$ .

| | |
|---|---|
| **1 MWh** | **595 $Nm^3$** |
| **0,001681MWh** | **1 $Nm^3$** |

Από τον παραπάνω πίνακα καθώς και την τιμή διάθεσης της ενέργειας υπολογίσαμε την οριακή τιμή που θα προτιμήσουμε να διοχετεύσουμε στο δίκτυο του Φ.Α και όχι στο δίκτυο του ηλεκτρισμού.

Η τιμή είναι:

$0{,}001681 \times 99{,}45 = 0{,}16717$ € /$Nm^3$ βιοαερίου.

### *8.2.2.2 Έλεγχος προσαύξησης του κόστους εγκατάστασης ανά $m^3$*

Η τιμή 0.16717 ευρώ/$Nm^3$ το οποίο υπολογίστηκε παραπάνω αναφέρεται σε βιοαέριο μόνο χωρίς προσαύξηση του κόστους εγκατάστασης ανά $m^3$.

Σε αυτή την τιμή κόστους που έχουμε υπολογίσει πρέπει να ληφθεί υπόψη το κόστος εγκατάστασης που περιλαμβάνει :

- Κόστος συστήματος αναβάθμισης του βιοαερίου σε ποιότητα φυσικού αερίου
- Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο του Φυσικού Αερίου

Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε την κατάσταση και ποιες τιμές είναι εκείνες που αντικατοπτρίζουν στη δικιά μας εφαρμογή και συνθήκες λειτουργίας πρέπει να δούμε σε τι κατηγορία ανήκει. Αναλόγως το μέγεθος της εγκατάστασης που κάνουμε την οικονομοτεχνική μελέτη, γίνεται λόγος και για άλλες τιμές.

Η ποσότητα καυσίμου σε $Nm^3/h$ που παράγει η εγκατάσταση καθορίζει το μέγεθος της.

Στη συνέχεια αν προσθέσουμε την τιμή που έχουμε βρει παραπάνω 0.16717 €/$Nm^3$ που είναι η οριακή τιμή διοχέτευσης βιοαερίου με το κόστος αναβάθμισης του σε βιομεθάνιο (7.9.1.2.1)βρίσκουμε συνολικό κόστος παραγωγής και αναβάθμισης του κυβικού.

Οπότε έχουμε κόστος παραγωγής και αναβάθμισης (€/$Nm^3$) :

0.106125+0.16717 €=0,273297≅0,2733 €

Μία μέση τιμή για τη μεταφορά του βιοαερίου είναι 3€/MWh, δηλαδή για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση 0.008919 €/$Nm^3$(αναφέρεται σε φυσικό αέριο).

Το συνολικό κόστος διοχέτευσης και έγχυσης στο δίκτυο καταλήξαμε ότι είναι 0.008919 €/$Nm^3$, προστιθέμενο στο κόστος 0.2733€/Nm3. Οπότε τελικό κόστος ανά κυβικό για 0,282219 €/$Nm^3$.

Με βάση το τελικό κόστος ανά κυβικό μέτρο υπολογίζεται η τιμή του ηλεκτρισμού ανά MWh.

Συμπερασματικά λοιπόν για να μας συμφέρει θα πρέπει να πληρώνεται ο κάτοχος της εγκατάστασης με 0.282219 €/$Nm^3$ βιοαερίου.

### *8.2.2.3 Πωλούμενη ποσότητα στο Δίκτυο Φυσικού Αερίου*

Έπειτα μας ενδιαφέρει να δούμε την κατάσταση όσον αφορά το Φυσικό αέριο, δηλαδή πόση είναι η ποσότητα τελικά του Φ.Α που καταφέρνουμε να δώσουμε στο δίκτυο Φυσ. Αερίου βάσει του βιοαερίου που υπολογίσαμε. Μέσω αυτής της διαδικασίας προκύπτει η τιμή του Φ.Α και μπορούμε να συμπεράνουμε αν συμφέρει την ΕΠΑ να αγοράζει τελικά από αυτήν την εγκατάσταση.

Θα πρέπει να υπολογίσουμε τη ποσότητα του Φ.Α που αντιστοιχεί στην ποσότητα του βιοαερίου που αναλύσαμε. Χρειαστήκαμε το λόγο των θερμογόνων δυνάμεων των δύο αερίων για να κάνουμε την αντιστοίχηση ο οποίος από πάνω είναι 1.769 . Οπότε για 1MWh που απαιτεί 595Nm$^3$ βάσει των προδιαγραφών, για το Φ.Α έχουμε:

*Φυσικό αέριο:* $\frac{595Nm^3}{1,769} = 336,3482Nm^3$

Άρα από τα 595Nm$^3$ βιοαερίου μένουν 336,3482 Nm$^3$ φυσικού αερίου προς εκμετάλλευση.

Διαθέτοντας με 0,282219 € το 1 Nm$^3$, για τα 595 Nm$^3$ θα εισπράξουμε :

$$0,282219\frac{€}{Nm^3} \times 595\frac{Nm^3}{h} = 167,92€/\text{h}$$

Για να με συμφέρει λοιπόν να οδηγηθώ στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί στο δίκτυο ηλεκτρισμού πρέπει να εισπραχθούν 167,92€/h τουλάχιστον.

Μέσω της οριακής τιμής για το φυσικό αέριο που επιθυμούμε ,υπολογίζουμε και την τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου (Nm$^3$):

Για 1 MW → $\frac{1}{336.3482Nm^3} \times 167,92€/\text{h} = 0.49924€/Nm^3$

Στη συνέχεια με βάση τη μέση τιμή θερμογόνους δύναμης του φυσικού αερίου που γνωρίζουμε ότι είναι 11.5 $kWh/Nm^3$ θα βρω την τιμή που αντιστοιχεί σε 1 MWh θερμότητας φυσικού αερίου πλέον .

$$\frac{0.49924€}{Nm^3} \times \frac{1}{11.5}\frac{Nm^3}{kWh} = \frac{\mathbf{0.04341€}}{\boldsymbol{kWh}}$$

Συνεπώς η τιμή αυτή ανάγεται σε **43.41€/*MWh*** πρόκειται για τα χρήματα που 1 MWh δίνεται στην ΕΠΑ.
Η ΒΕΑΛ με αυτά τα χρήματα αν της δοθούν καλύπτει και το συνολικό κόστος επεξεργασίας του βιοαερίου σε φυσικό αέριο αλλά και έχει κέρδος που προτίμησε το δίκτυο ΦΑ από το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού.

**Συνολική ποσότητα διοχέτευσης στο δίκτυο από μία μηχανή Deutz TBG 620K**

Εφόσον έχουμε βρει την ποσότητα που θα διοχετευόταν για 1MW ισχύ την ώρα, θα κάνουμε αναγωγή στην ισχύ της μονάδας Deutz 1.262MW. Χρησιμοποιούμε την ποσότητα που έχουμε υπολογίσει στο βήμα 3 της παραγράφου 8.2.
Εφόσον όλη τη διάρκεια του χρόνου μελετάμε την έγχυση στο δίκτυο Φ.Α. αναφερόμαστε σε 8760 ώρες.
Αν τελικά επιλέξουμε το δίκτυο φυσικού αερίου, η συνολική ετήσια ποσότητα θα ήταν από μία μηχανή Deutz:

$$8760 \times 424.47\mathrm{Nm}^3 = \mathbf{3718357.2Nm^3}$$

*8.2.2.3.1 Σύγκριση τιμών φυσικού αερίου*

Σύμφωνα με την παραπάνω παράγραφο η τιμή που μπορεί να διατεθεί 1 MWh φυσικού αερίου βάσει των συνθηκών που έχει γίνει η ανάλυση είναι **43.41 €/MWh**.
Η μέση τιμή κόστους προμήθειας φυσικού αερίου της ΕΠΑ Αττικής από τη ΔΕΠΑ μέχρι και τον Ιούλιο του 2012 είναι **57,80695 € / MWh**.

Η διαφορά των δύο αυτών τιμών δεν έχει συμπεριλάβει καμία προσπάθεια διαδικασίας βελτιστοποίησης προς το συμφέρον του κατόχου της εγκατάστασης του ΧΥΤΑ και της μονάδας παραγωγής βιοαερίου. Αυτό είναι αρμοδιότητα ίσως κάποιου χημικού μηχανικού που αναλαμβάνει την επίβλεψη της διεργασίας των αποβλήτων. Υπό διαφορετικές συνθήκες, υγρασίας, θερμοκρασίας, διαφορετικού χρόνου παραμονής η παραγωγή του βιοαερίου αλλάζει, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η τιμή τελικής διάθεσης του. Η ανάλυση που γίνεται στην παρούσα εργασία είναι πάνω στην αγορά ενέργειας και η αξιολόγηση του αποτελέσματος υλοποίησης γίνεται στην επόμενη παράγραφο.

Βάσει της ανάλυσης γίνεται κατανοητό ότι το διαχειριστή της εγκατάστασης (ΒΕΑΛ) τον συμφέρει μία τέτοια κίνηση εφόσον η ΕΠΑ μπορεί να προμηθεύεται ποσότητα φυσικού αερίου σε πιο χαμηλή τιμή από τη ΔΕΠΑ .

**8.2.3 Αξιολόγηση αποτελέσματος υλοποίησης**

Από τις προκύπτουσες τιμές φαίνεται ότι για να ανταγωνιστούμε τον ηλεκτρισμό με την τρέχουσα αποζημίωση , είναι συμφέρουσα με την υπάρχουσα κατάσταση η διοχέτευση στο δίκτυο. Παρόλο που είδαμε ότι παίζει σημαντικό ρόλο σε όλα τα επιμέρους κόστη το μέγεθος του εργοστασίου, το κόστος αναβάθμισης στην περίπτωση αυτή ο διαχειριστής μπορεί να αποζημιωθεί αν η τιμή που παρέχει φυσικό αέριο είναι 43.41**€/MWh.**
Τα αποτελέσματα θα ήταν λίγο διαφορετικά για εγκαταστάσεις μικρότερου μεγέθους (μικρότερης παραγωγής-ροής βιοαερίου $Nm^3/h$) καθώς σύμφωνα με τον νόμο είναι καλύτερη η τιμή αποζημίωσης για παραγωγή ενέργειας. Στο επόμενο υποκεφάλαιο γίνεται ανάλυση ευαισθησίας για μία μικρότερη εγκατάσταση.

### 8.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας για μικρότερες εγκαταστάσεις αντίστοιχου είδους

Η ανάλυση ευαισθησίας απαντάει στο ερώτημα, κατά πόσο κάποια μεταβολή στις αρχικές υποθέσεις επηρεάζει το αποτέλεσμα. Προσδιορίζει λοιπόν πόσο μια επένδυση είναι «ευαίσθητη» σε μεταβολές των υποθέσεων σε βασικές παραμέτρους, ανά περίπτωση.

Εμάς μας ενδιαφέρει να προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε αν η μεταβολή της οριακής τιμής του βιοαερίου επηρεάζει και κατά πόσο εγκαταστάσεις αντίστοιχου είδους με την εγκατάσταση της εφαρμογής μας αλλά μικρότερου μεγέθους.

Για να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα επιλέγουμε να πάρουμε για παράδειγμα τον ΧΥΤΑ της Λάρισας 1,25MW και να δούμε τι θα γινόταν στην περίπτωση που αποφάσιζε διοχέτευση στο δίκτυο Φ.Α.

Επειδή πρόκειται για εγκατάσταση που ανήκει σε άλλη κατηγορία τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει βάσει του πίνακα Πίνακας 4-12, θα υπολογίσουμε τη διαφορετική οριακή τιμή βιοαερίου που αντιστοιχεί σε αυτήν την εγκατάσταση ΧΥΤΑ.

**Υπολογισμός οριακής τιμής έγχυσης για ΧΥΤΑ Λάρισας**

Η ισχύς του ΧΥΤΑ είναι 1.25MW άρα η τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας για εδώ σύμφωνα με τον νόμο είναι 120 €/MWh.

Με αντιστοιχία της ίδιας απαίτησης ροής βιοαερίου για 1MW όπως με το ΧΥΤΑ Λιοσίων (7.9.1) έχουμε:

$0{,}001681 \times 120 = 0.20172€$ /Nm$^3$ βιοαερίου.

**Σύγκριση με οριακή τιμή έγχυσης ΧΥΤΑ Λιοσίων**

Συγκρινόμενη με την οριακή τιμή έγχυσης βιοαερίου που υπολογίστηκε για το ΧΥΤΑ Λιοσίων, διακρίνουμε μία διαφορά :

$$0.20172 - 0.16717 = 0.03455€/Nm^3$$

Εφόσον βλέπουμε ότι η τιμή ανά κυβικό είναι μεγαλύτερη κατά 3.5 eurocents είναι φανερό ότι μία τέτοια διαδικασία έγχυσης αναβαθμισμένου βιοαερίου στο δίκτυο θα έφερνε στον κάτοχο του έργου διαφορετική αποζημίωση.

Στη συνέχεια έχουμε κόστος παραγωγής και αναβάθμισης (€/Nm$^3$) :

0.106125+0.20172 €=0,307845€

Μία μέση τιμή για τη μεταφορά του βιοαερίου είναι 3€/MWh, δηλαδή για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση 0.008919 €/Nm$^3$.

Το συνολικό κόστος διοχέτευσης και έγχυσης στο δίκτυο καταλήξαμε ότι είναι 0.008919 €/Nm$^3$, προστιθέμενο στο κόστος 0.307845€/Nm3. Οπότε τελικό κόστος ανά κυβικό για 0,316764 €/Nm$^3$.

Συμπερασματικά λοιπόν για να μας συμφέρει θα πρέπει να πληρώνεται ο κάτοχος της εγκατάστασης με 0.316764 €/$Nm^3$ βιοαερίου.

Υπολογίζουμε στη συνέχεια την τελική τιμή που αναφέρεται στην ποσότητα φυσικού αερίου 1MWh για το ΧΥΤΑ Λάρισας.

$$\frac{0.316474€}{Nm^3} \times 595Nm^3 = 188.302€/\text{h}$$

Στη συνέχεια για την τιμή φυσικού αερίου ανά κυβικό:

$$188.302 \times \frac{1}{336.3482Nm^3} = 0.56€/Nm^3$$

Στη συνέχεια με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παράγραφο (8.2.2.2) θα βρω την τιμή που αντιστοιχεί σε 1 MWh θερμότητας φυσικού αερίου πλέον .

$$\frac{0.56€}{Nm^3} \times \frac{1}{11.5}\frac{Nm^3}{kWh} = \frac{\mathbf{0.04869€}}{\boldsymbol{kWh}}$$

Συνεπώς η τιμή αυτή ανάγεται σε **48,69€/*MWh*** πρόκειται για τα χρήματα που 1 MWh δίνεται στην ΕΠΑ.
Ο διαχειριστής του ΧΥΤΑ Λάρισας με αυτά τα χρήματα αν δοθούν καλύπτει και το συνολικό κόστος επεξεργασίας του βιοαερίου σε φυσικό αέριο αλλά και έχει κέρδος που προτίμησε το δίκτυο ΦΑ από το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού.

Η περίπτωση της αξιοποίησης του βιοαερίου για τροφοδότηση στο δίκτυο ηλεκτρισμού έχει μία αύξηση στην τιμή που μπορεί να δώσει φυσικό αέριο , αλλά εξακολουθεί η τιμή για την ΕΠΑ να είναι μικρότερη από την τιμή προμήθειας της μέχρι πρότινος.

***Σχολιασμός για αυτήν την περίπτωση ΧΥΤΑ****: Πιθανώς η τιμή μίας MWh που μπορεί να δοθεί στην ΕΠΑ αλλάζει γιατί δε θα έχουμε την ίδια τιμή βιοαερίου που έχουμε σε αυτήν την εγκατάσταση ΧΥΤΑ. Η αντιστοιχία των 595$Nm^3$ κυβικών βιοαερίου δόθηκε ως ροή βιοαερίου από τον υπεύθυνο του ΧΥΤΑ Λιοσίων.*

| **Φορέας προμήθειας αερίου** | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και $m^3$) |
|---|---|
| ΧΥΤΑ Λιοσίων | $\mathbf{0.49924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| ΧΥΤΑ Λάρισας | $\mathbf{0.56}\frac{€}{Nm^3}$ **48.69€/MWh** |
| ΔΕΠΑ | **57.89695€/MWh** |

**Πίνακας 8-1 Σύγκριση τιμών φυσικού αερίου ΧΥΤΑ Λάρισας-ΧΥΤΑ Λιοσίων-ΔΕΠΑ**

## 8.3 Υλοποίηση με τιμές αγοράς

Αυτό θα είναι το μελλοντικό σενάριο για τις περισσότερες μονάδες ΑΠΕ. Η είσοδος περισσότερων ΑΠΕ στο σύστημα «αποβάλλει» τις ακριβές ρυπογόνες θερμικές μονάδες και ρίχνει την ΟΤΣ, δηλαδή το κόστος προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας από το ΛΑΓΗΕ. Περισσότερη ανάλυση καθώς και για προτάσεις αλλαγής του καθεστώτος παραγωγής και αγοράς ενέργειας λόγω της διείσδυσης των ΑΠΕ στο σύστημα γίνεται στο κεφάλαιο 9.5

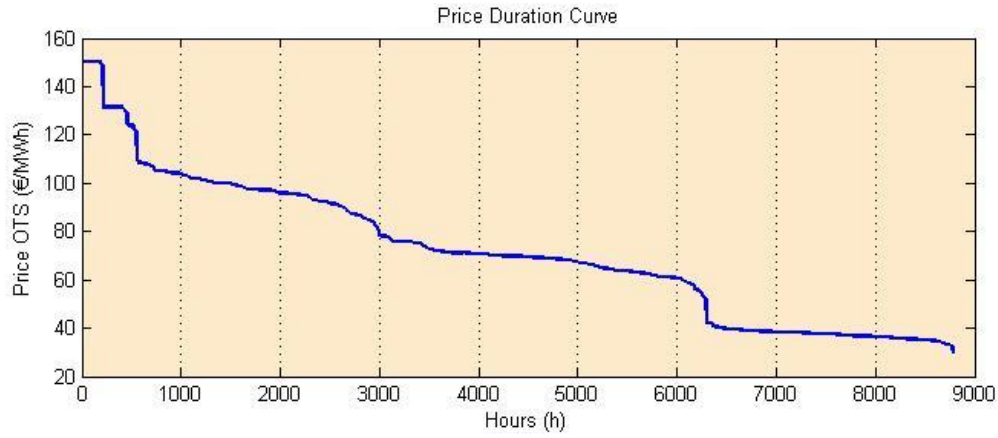
Για να υπολογίσουμε ποιά άμεση οικονομική επίπτωση έχει στον παραγωγό η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, θα πρέπει να συγκριθεί η εγγυημένη τιμή παραγωγής από το σταθμό βιοαερίου με το πλήρες κόστος παραγωγής της ίδιας ενέργειας από το συμβατικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής και όχι μόνο με το μεταβλητό κόστος. Το μεταβλητό κόστος είναι κατά βάση το κόστος καυσίμου και καθορίζεται από το πόσο μεγάλη είναι η παραγωγή ενέργειας.

Σε αυτό τον τρόπο υλοποίησης προχωράμε λαμβάνοντας την Οριακή τιμή συστήματος (ΟΤΣ) για ολόκληρο το έτος 2011 σε μορφή excel.

### 8.3.1 Καμπύλη διάρκειας τιμών ΟΤΣ

Έχοντας ως βάση τις τιμές αγοράς (ΟΤΣ) για ολόκληρο το έτος του 2011 μπορούμε να υπολογίσουμε την καμπύλη διάρκειας τιμών για να φανεί σε τι επίπεδα κυμαίνεται μέσα στη χρονιά η τιμή αγοράς/πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο υπολογισμός και το γράφημα έγινε μέσω Matlab.

1. Αρχικά μετατρέπουμε τον πίνακα τιμών ΟΤΣ διαστάσεων 365 x24 (365 ημέρες, 24 ώρες) σε μονοδιάστατο πίνακα πλήθους 8760. Η σειρά αυτή ταξινομείται κατά φθίνουσα σειρά από τη μεγαλύτερη (150€/MWh) στη μικρότερη τιμή (29.894€/MWh) και απεικονίζει πόσες φορές συναντάμε αυτές τις τιμές κατά τη διάρκεια του χρόνου.




**Γράφημα 8-1 Καμπύλη διάρκειας τιμών ΟΤΣ έτους 2011**

### 8.3.2 Μεταβολή εσόδων εγκατάστασης αν αποζημιωθεί με την ΟΤΣ

Σε αυτό το υποκεφάλαιο στόχος είναι να αναλυθεί η μεταβολή των εσόδων της εγκατάστασης στις 2 δυνατές περιπτώσεις αποζημίωσης:

- Με τιμές αγοράς –ΟΤΣ (Οριακή τιμή συστήματος)
- Με τιμή διάθεσης-FIT (Feed in Tariff)

Όπως θα φανεί στη συνέχεια της υλοποίησης σε περίπτωση αποζημίωσης με τις τιμές αγοράς ο διαχειριστής χάνει χρήματα, οπότε ο στόχος είναι η ανάλυση και η επεξεργασία των τιμών για νε έρθει το επίπεδο των χρημάτων και του κέρδους στο ίδιο επίπεδο με την περίπτωση αποζημίωσης με FIT.

**Μεταβολή εσόδων λόγω της υιοθέτησης ΟΤΣ σε σχέση με τη FIT (Feed-in-Tariff)**

Σε περίπτωση που όλη τη χρονιά ο κάτοχος της εγκατάστασης αποζημιωθεί με βάση την ΟΤΣ τα έσοδα του θα είναι 628150€ (υπολογίστηκε μέσω Matlab).

Στην άλλη περίπτωση που αποζημιωθεί όλη τη χρονιά βάσει της FIT που είναι 99.45€ τα έσοδα του θα είναι :

$$8760MWh \times 99.45 \frac{€}{\text{MWh}} = 871182€$$

Παρατηρούμε από τις δύο τιμές την μεγάλη διαφορά στο κέρδος ανάμεσα στις 2 συνθήκες πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στο εθνικό δίκτυο . Προκειμένου λοιπόν να μη χάσει ο κάτοχος σημαντικό βαθμό κέρδους που θα μπορούσε να έχει, θα εξετάσουμε την απόφαση διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου.

**Πίνακας 8-2 Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης κερδών ηλεκτρισμού FIT-ΟΤΣ**

| Τρόπος αποζημίωσης | Ετήσια Τιμή Αποζημίωσης | Ποσοστό μείωσης των κερδών |
|---|---|---|
| Feed-In-Tariff | 871182€ | - |
| Τιμές αγοράς-ΟΤΣ | 628154.88€ | 27,9% |

### 8.3.3 Υπολογισμός εσόδων από τη πώληση ηλεκτρισμού και από την έγχυση για το διαχειριστή

Μέσω matlab περνάμε τον πίνακα με την ΟΤΣ και κάνουμε σύγκριση με τη τιμή που διαθέτουμε την ενέργεια. Αυτό που προκύπτει είναι ότι 1529 ώρες μέσα στο έτος του 2011 η ΟΤΣ είναι μεγαλύτερη από 99.45€/MWh που είναι η τιμή διάθεσης. Αν ο κάτοχος αποζημιωνόταν με την τιμή της αγοράς, δε θα εισέπραττε τόσα χρήματα. Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος υπολογίζουμε τη σχετική διαφορά χρημάτων και πόσο θα επωφελούνταν μέσω της αποζημίωσης με την ΟΤΣ.

Για αυτές τις 1529 φορές αν αποζημιωνόταν με την τιμή διάθεσης δηλαδή τα 99.45 €/MWh τα έσοδα του θα ήταν:

$$\frac{99.45€}{\text{MWh}} \times 1529 = 152059.05€$$

Αν αποζημιωνόταν με την ΟΤΣ εκείνες τις στιγμές που τον συμφέρει τα έσοδα του κατόχου της εγκατάστασης θα ήταν 176480€.

**Σύγκριση εσόδων εγκατάστασης με αποζημίωση από ΟΤΣ**

Βάσει των τιμών που υπολογίστηκαν ο κάτοχος του εργοστασίου στην περίπτωση που αποζημιωθεί με την ΟΤΣ εκείνες τις ώρες έχει κέρδος:

$$176480€ - 152059.05€ = 24420.95€$$

**Κατάσταση ιδιοκτήτη σε θέμα είσπραξης-Τελικά έσοδα**

Υπολογίζουμε τα χρήματα που εισπράττει ο ιδιοκτήτης από τις ώρες ηλεκτρισμού και από τις ώρες διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α. Η τιμή πώλησης 1 $Nm^3$ βιοαερίου είναι συνολικά $0.28221\frac{€}{Nm^3}$

Για τις 7231 ώρες διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α:

$7231 \times 336.3482 Nm^3 = 2432133.834 Nm^3$ η ποσότητα του φυσικού αερίου που διοχέτευεται σε αυτές τις ώρες:

$0.4924\frac{€}{Nm^3} \times 2432133.834 Nm^3 = 1197582.7€$

Για τις 1529 ώρες διοχέτευσης στο δίκτυο ηλεκτρισμού 176480**€.**

Από αυτήν την τιμή πρέπει να αφαιρεθεί το κόστος επεξεργασίας που αναλαμβάνει ο ίδιος ώστε να υπολογιστεί το καθαρό κέρδος αυτού:

Κόστος επεξεργασίας για 1 $Nm^3$ είναι $0.115044\frac{€}{Nm^3}$, όπως έχει προαναφερθεί. Συνεπώς για την ποσότητα διοχέτευσης θα πρέπει να βρούμε το συνολικό κόστος που αντιστοιχεί.

$0.115044\frac{€}{Nm^3} \times 4302445 Nm^3 =$ **494970.4826€**

Αφαιρούμε λοιπόν και έχουμε μόνο από διοχέτευση:

1214218,495€ - **494970.4826€= 719248,0124€**

Συνολικό ποσό είσπραξης σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν για τον ιδιοκτήτη είναι:

$$176480€ + \mathbf{719248,0124€} = \mathbf{895728,0124€}$$

Σε σχέση με πριν λοιπόν, με την ετήσια αποζημίωση σε ΟΤΣ έχει ένα όφελος **29.87** % :

$$\mathbf{895728,0124€} - 628154.88€ = \mathbf{250937.3374€}$$

Σε σχέση με την ετήσια αποζημίωση σε FIT έχει ένα όφελος **2.7** % :

$$\mathbf{895.728,0124€} - 871182€ = 24546,0124€$$

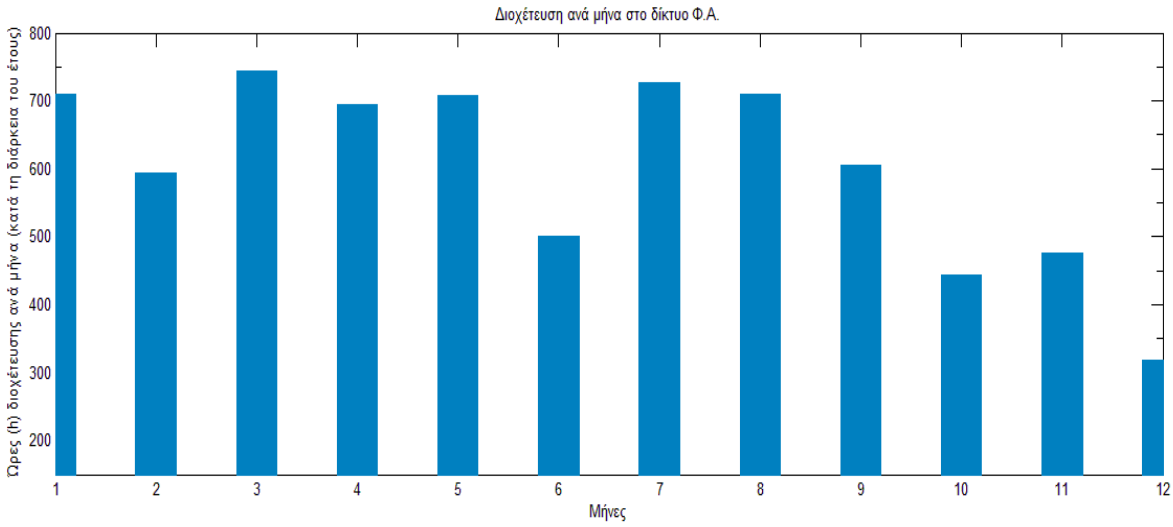
### *8.3.3.1 Παρουσίαση έγχυσης στο Δίκτυο Φυσικού Αερίου*

Για 7231 ώρες τον χρόνο η ΟΤΣ περνάει την τιμή διάθεσης FIT , οπότε λοιπόν μας συμφέρει να διοχετεύουμε στο δίκτυο Φυσικού Αερίου. Η τελική τιμή που θα κρίνει αν η επένδυση συμφέρει τους εμπλεκόμενους παράγοντες , υπολογίζεται παρακάτω με την πρόσθεση όλων των επιμέρους τιμών απαραίτητης επεξεργασίας: παρακάτω

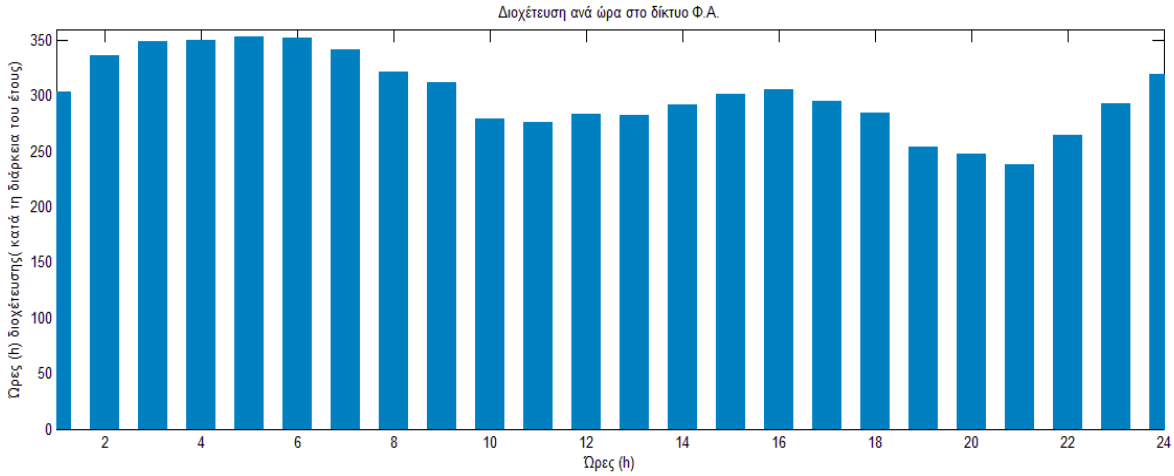
Έχουμε λοιπόν :

$$0.115044\frac{€}{Nm^3} + 0.16717\frac{€}{Nm^3} = 0.28221\frac{€}{Nm^3}.$$

Για την τιμή $0.28221\frac{€}{Nm^3}$ συμπερασματικά με συμφέρει η έγχυση στο δίκτυο Φυσικού Αερίου.
Μας ενδιαφέρει να βγάλουμε συμπέρασμα σχετικά με τη διοχέτευση που γίνεται ανά μήνα, ανά τύπο ώρας μίας ημέρας.




**Γράφημα 8-2 Ανά μήνα συχνότητα διοχέτευσης αερίου στο δίκτυο**




**Γράφημα 8-3 Ανά x ώρα της ημέρας συχνότητα διοχέτευσης αερίου στο δίκτυο**

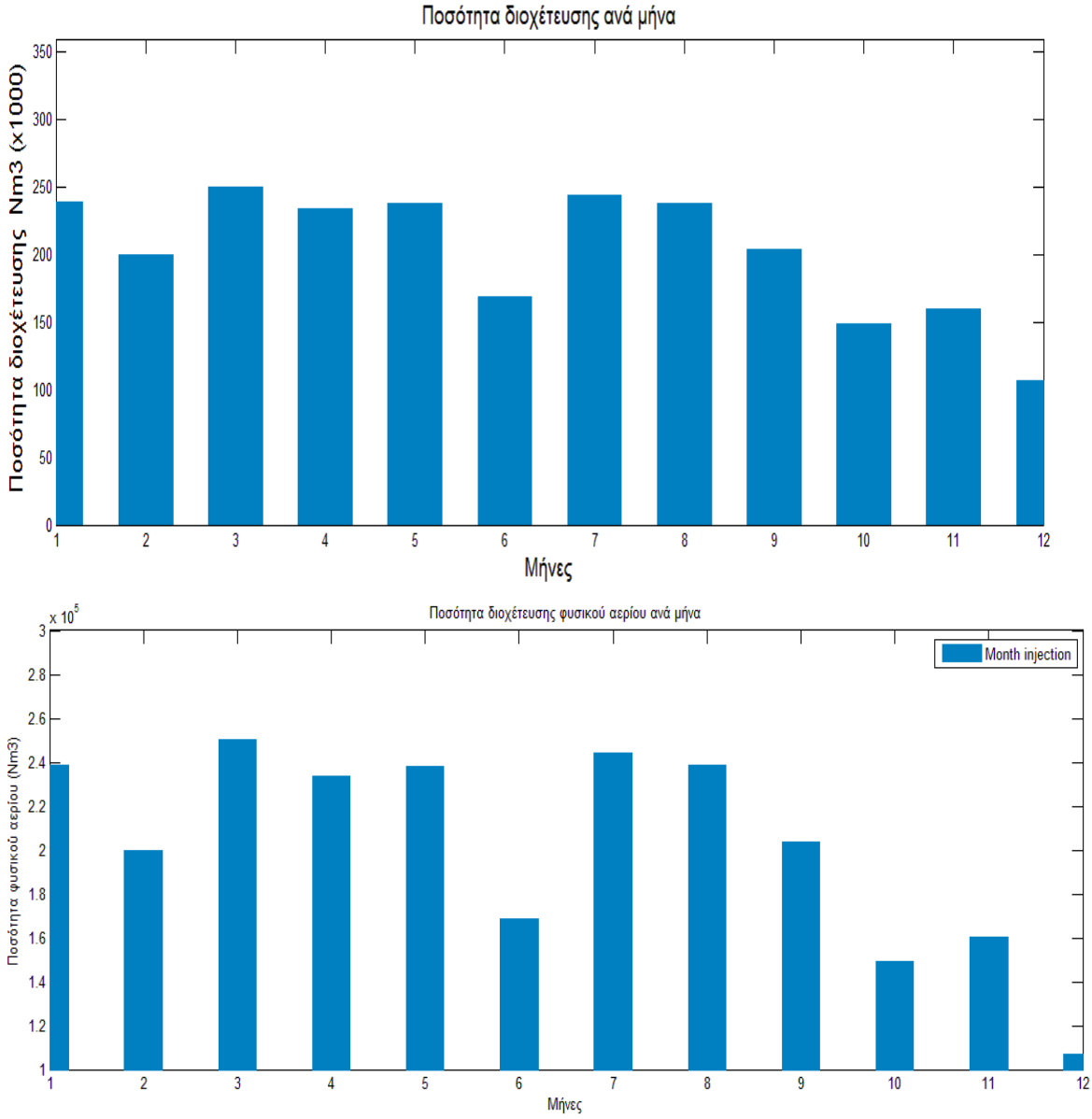
**Σχολιασμός γραφημάτων**

Από τα γραφήματα 8.2 και 8.3 και συγκρινόμενα με τα γραφήματα του κεφαλαίου 7.8.1 παρατηρούμε ότι η μικρότερη διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου συμβαίνει τις ώρες που η ΟΤΣ έχει τις μεγαλύτερες τιμές της. Οι ώρες και οι ημέρες που αναμένεται να συμβεί αυτό είναι όταν η ζήτηση ενέργειας είναι αυξημένη. Για παράδειγμα τις ώρες αιχμής που είναι οι βραδινές ώρες 20:00-21:00 καθώς και οι χειμερινοί μήνες που οι απαιτήσεις ενέργειας για θέρμανση και ηλεκτρισμό είναι αυξημένες. Βλέπουμε λοιπόν ότι συμβαίνει μία αντιστρόφως ανάλογη διαδικασία και συνήθως διοχετεύουμε τις μεταμεσονύκτιες ώρες..

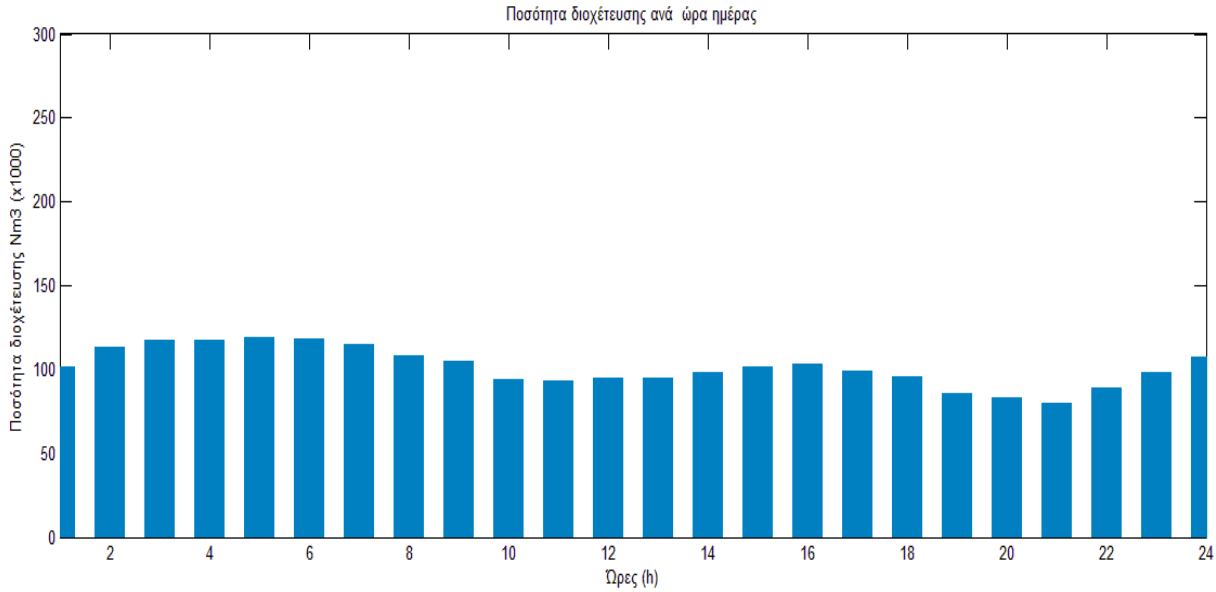
### *8.3.3.2 Υπολογισμός συνολικά εγχεόμενου φυσικού αερίου στο δίκτυο*

Με βάση τις ώρες που βγαίνει ότι συμφέρει η διοχέτευση σε αυτήν την περίπτωση η ποσότητα του συνολικά εγχεόμενου φυσικού αερίου είναι :

$$7231h \times 336.3482Nm^3 = 2432133.834Nm^3$$




**Γράφημα 8-4 Ανά μήνα ποσότητα διοχέτευσης $Nm^3$ αερίου στο δίκτυο**




**Γράφημα 8-5 Ανά x ώρα ημέρας ποσότητα διοχέτευσης $Nm^3$ αερίου στο δίκτυο**

**Σχολιασμός γραφημάτων**

Από τα γραφήματα 8.4 και 8.5 φαίνεται η ποσότητα φυσικού αερίου που διοχετεύεται στο δίκτυο με βάση τις συνθήκες που έχει αποφασιστεί μία τέτοια κίνηση.

### 8.3.4 Υπολογισμός τιμής αποζημίωσης διοχέτευσης ώστε να μη μεταβληθεί η καθαρή θέση σε σχέση με το καθεστώς FIT

#### *8.3.4.1 Υπολογισμός οριακής τιμής καθοριστικής για τη μη πώληση ηλεκτρισμού*

**Μέθοδος *trial and error* για εύρεση τελικής τιμής που δε συμφέρει πώληση ηλεκτρισμού**

Το ποσό του κέρδους που έχει ο διαχειριστής αν αποζημιωθεί με ΟΤΣ τις ώρες 1529 , σε σχέση αν αποζημιωνόταν με FIT (8.3) μοιράζεται στις υπόλοιπες ώρες σα μείωση-έκπτωση από τα 99.45 €/MWh. Στη συγκεκριμένη κατάσταση οι υπόλοιπες ώρες είναι 7231 και οπότε σε κάθε μία αφαιρείται :

$$24420.95€ \times \frac{1}{7231MWh} = 3.377257641€/\text{MWh}$$

Συνεπώς μορφοποιείται ένα νέο διάνυσμα με την μείωση κατάλληλα στις 7231 φορές. Με την έκπτωση λοιπόν θα πρέπει να εισπράττονται σταθερά 96.0727 €/MWh και εφόσον στην παρούσα φάση πωλείται 1MW , γίνεται λόγος για 96.0727 €/h . Η τιμή αυτή είναι η πρώτη οριακή τιμή ελέγχου για την απόφαση του είδους διοχέτευσης που γίνεται και των συνολικών ωρών ανταλλαγής.

**Συμπέρασμα με βάση πρώτη οριακή τιμή**

Με γνώμονα αυτήν την τιμή και συγκρίνοντας με την ΟΤΣ, παρατηρείται ότι υπάρχουν κάποιες ώρες στις οποίες με συμφέρει να πουληθεί ηλεκτρισμός αντί φυσικού αερίου. Εντοπίζεται η ώρα που συμβαίνει αυτό και ελέγχεται η οικονομική επίπτωση. Στη συνέχεια λοιπόν ακολουθεί η ίδια διαδικασία υπολογισμού του κέρδους αν υπάρχει.

Με την προαναφερθείσα τιμή 96.0727 €/h για 1961 ώρες παρατηρείται ότι συμφέρει ακόμα να πωληθεί ηλεκτρισμός, καθώς η τιμή ΟΤΣ είναι μεγαλύτερη μέχρι την ώρα 1961. Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να υπολογιστεί εκ νέου το κέρδος που έχει ο διαχειριστής του εργοστασίου , με την ίδια μέθοδο που ακολουθήθηκε παραπάνω.

**Νέα έκπτωση**

Αν αποζημιωνόταν με την ΟΤΣ εκείνες τις 1961 φορές που τον συμφέρει τα έσοδα του κατόχου της εγκατάστασης θα ήταν 218630.82499€. Το ποσό αυτό υπολογίστηκε με Matlab, συγκρίνοντας τιμή διάθεσης και τιμή ΟΤΣ και προσθέτοντας τις τιμές ΟΤΣ.

Βάσει αυτής της τιμής λοιπόν και του συνολικού κέρδους από τιμές αγοράς, υπολογίζεται η τιμή που θα πρέπει να υφίσταται στις υπόλοιπες ώρες του χρόνου για να μην έχω απώλειες εισοδήματος.

Οπότε έχουμε ως δεύτερη οριακή τιμή:

$$\frac{(871182€ - 218630.82499€)}{8760h - 1961h} = \mathbf{95.9775€/MWh}$$

**Συμπέρασμα με βάση δεύτερη οριακή τιμή**

Με γνώμονα αυτήν την τιμή και συγκρίνοντας με την ΟΤΣ, παρατηρείται ότι υπάρχουν κάποιες ώρες ακόμα επιπλέον στις οποίες με συμφέρει να πουληθεί ηλεκτρισμός αντί φυσικού αερίου. Εντοπίζεται η ώρα πάλι που συμβαίνει αυτό και γίνεται οικονομικός έλεγχος. Στη συνέχεια λοιπόν ακολουθεί η ίδια διαδικασία υπολογισμού του κέρδους αν υπάρχει.

Παρατηρούνται ώρες που συμφέρει ακόμα να πωληθεί ηλεκτρισμός, καθώς η τιμή ΟΤΣ είναι μεγαλύτερη σε εκείνο το χρονικό διάστημα. Άρα υπάρχει περιθώριο να κατέβει και άλλο λίγο η τιμή πώλησης ενέργειας. Βάσει του πίνακα ΟΤΣ και της τιμής 95.9775€/$h$ την ώρα 2031 παρατηρείται αυτό το γεγονός, και υπολογίζεται εκ νέου τιμή ορίου. Η αποζημίωση μέχρι και την ώρα 2031 με τιμές ΟΤΣ θα ήταν 2253511.12799€.

Συνεπώς έχουμε ως τρίτη οριακή τιμή:

$$\frac{(871182€ - 2253511.12799€)}{8760h - 2031h} = \mathbf{95.97724€/MWh}$$

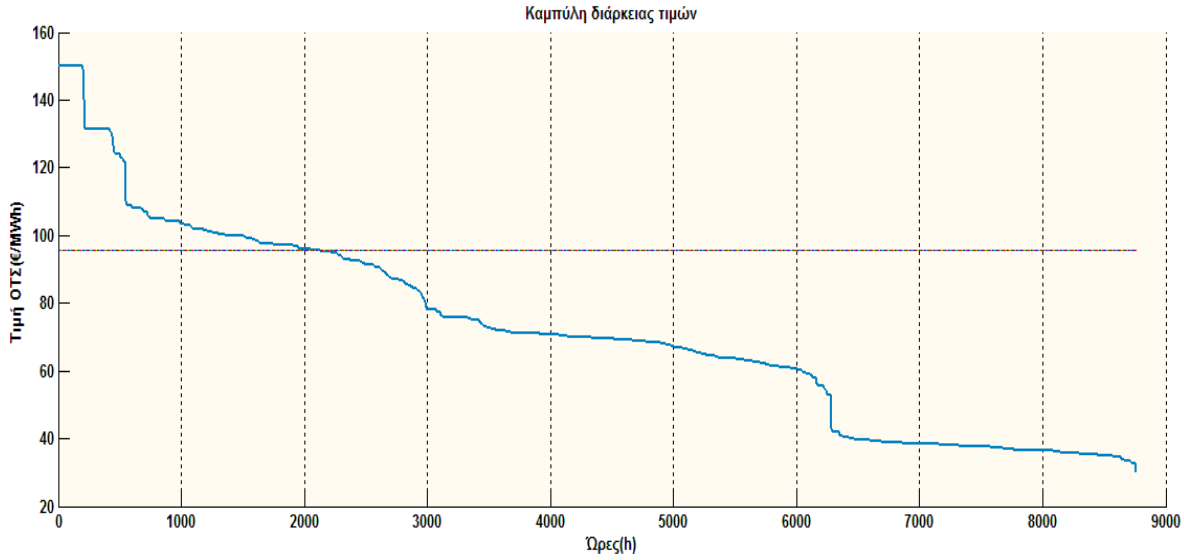
**<u>Συμπέρασμα με βάση τρίτη οριακή τιμή</u>**

Με γνώμονα αυτήν την τιμή και συγκρίνοντας με την ΟΤΣ, καταλήγουμε ότι η τιμή 95.97724€ είναι η τελική τιμή ορίου. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τιμή στις υπόλοιπες ώρες του χρόνου δηλαδή τις 6729 ώρες φέρνουμε σε ισορροπία την κατάσταση.

Εν κατακλείδι κάτω από αυτήν την τιμή δε συμφέρει τον κάτοχο εγκατάστασης να ανατρέξει σε τροφοδότηση του εθνικού δικτύου ηλεκτρισμού και αυτή είναι η τιμή που πρέπει να χρησιμοποιήσει από πλευράς φυσικού αερίου.

Βρήκαμε την οριακή τιμή διάθεσης ηλεκτρισμού ώστε να επιτυγχάνεται όμοιο οικονομικό όφελος για τον κάτοχο της εγκατάστασης , το σημείο δηλαδή που δε θα έχουν διαφορά τα έσοδα από τιμή διάθεσης 99.45€/$MWh$ και τα έσοδα από τη συνδυασμένη πώληση ηλεκτρισμού και αγοράς φυσικού αερίου Στην κρίσιμη εκείνη στιγμή είναι το ίδιο να πουλήσω ηλεκτρική ενέργεια με την τιμή ΟΤΣ και με την τιμή 99.45€. Ο τρόπος που υπολογίστηκε αυτή η τιμή είναι ο εξής:

Αφού έχουμε βρει την κρίσιμη τιμή τη τοποθετούμε στο γράφημα καμπύλης διάρκειας τιμών του συστήματος για να δούμε οπτικά τον διαχωρισμό των τιμών. Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται αυτό το αποτέλεσμα. Πάνω από τη γραμμή λοιπόν της τιμής 95.7724€/MWh έχουμε τιμές με θετικό ολοκλήρωμα και κάτω από την ευθεία τιμές με αρνητικό ολοκλήρωμα.




**Γράφημα 8-6 Καμπύλη διάρκειας τιμών ΟΤΣ με το μηδενικό ισοζύγιο**

### *8.3.4.2 Υπολογισμός ποσότητας φυσικού αερίου με βάση την τελική οριακή τιμή*

Στη συνέχεια αφού έχει υπολογιστεί η οριακή τιμή θα πρέπει να ξεκαθαριστεί η ποσότητα του φυσικού αερίου που μπορεί να δοθεί τις υπόλοιπες ώρες του χρόνου που συμφέρει. Στον πίνακα ΟΤΣ κάτω από αυτή την τιμή θα πωλείται φυσικό αέριο. Οι ώρες αυτές σε πλήθος είναι 6729 δηλαδή αντίστοιχες MWh. Τα 95.97724€ αναφέρονται σε 1 MWh, όπου απαιτούνται όπως έχει προαναφερθεί 336.3482 $Nm^3$.

Η συνολική ποσότητα λοιπόν που θα διοχετευτεί στο δίκτυο σε αυτήν την περίπτωση είναι:

$$6729MWh \times 336.3482Nm^3/Mwh = \mathbf{2263287,0378}Nm^3\text{=}\mathbf{2.26\ εκ.\ Nm^3}$$

**<u>Παρουσίαση έγχυσης σε αυτήν την περίπτωση</u>**

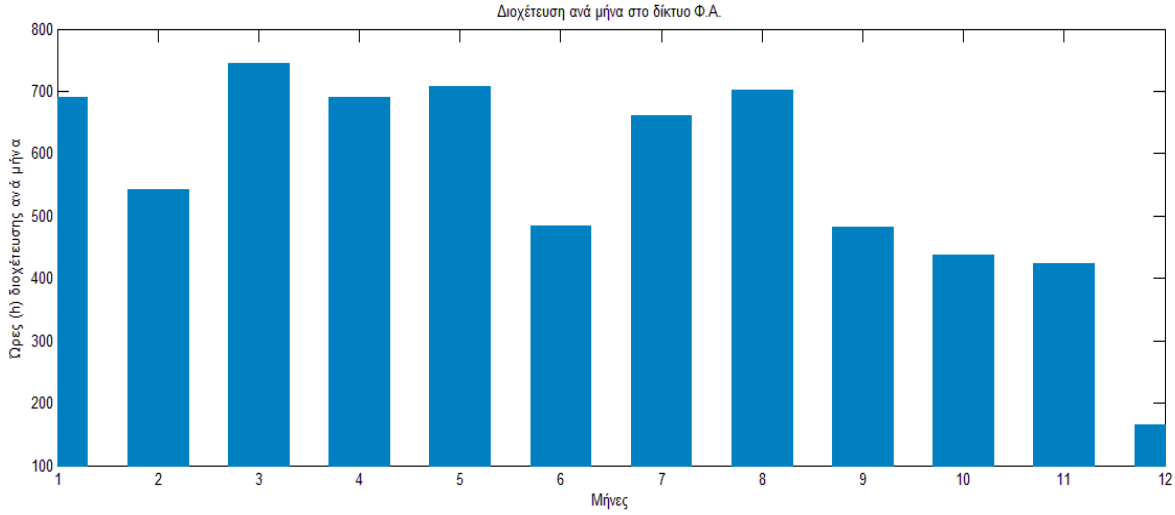
Εφόσον μετά τις εκπτώσεις τις 2031 ώρες διοχετεύουμε ηλεκτρισμό ,τις ώρες 6729 μας συμφέρει να διοχετεύουμε στο δίκτυο Φυσικού Αερίου.
Έχουμε λοιπόν :

$$0.115044\frac{€}{Nm^3} + 0.16717\frac{€}{Nm^3} = 0.28221\frac{€}{Nm^3}.$$

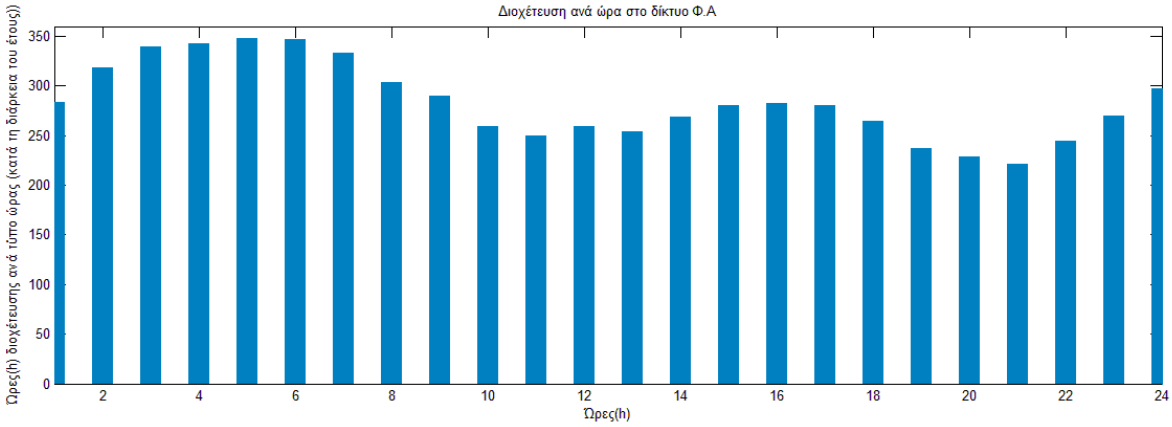
Για την τιμή $0.28221\frac{€}{Nm^3}$ συμπερασματικά με συμφέρει η έγχυση στο δίκτυο Φυσικού Αερίου.

Μας ενδιαφέρει να βγάλουμε συμπέρασμα σχετικά με τη διοχέτευση που γίνεται ανά μήνα, ανά τύπο ώρας μίας ημέρας. Επίσης να δούμε αν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση ανάμεσα σε Σαββατοκύριακα και καθημερινές. Τα παρακάτω γραφήματα είναι υπολογισμένα με την τιμή $95.97724\frac{€}{MWh}$.

Αυτό έγινε επίσης μέσω Matlab και τα γραφήματα φαίνονται παρακάτω:




**Γράφημα 8-7 Συχνότητα διοχέτευσης αερίου στο δίκτυο ανά μήνα**




**Γράφημα 8-8 Συχνότητα διοχέτευσης ανά x ώρα ημέρας αερίου στο δίκτυο**

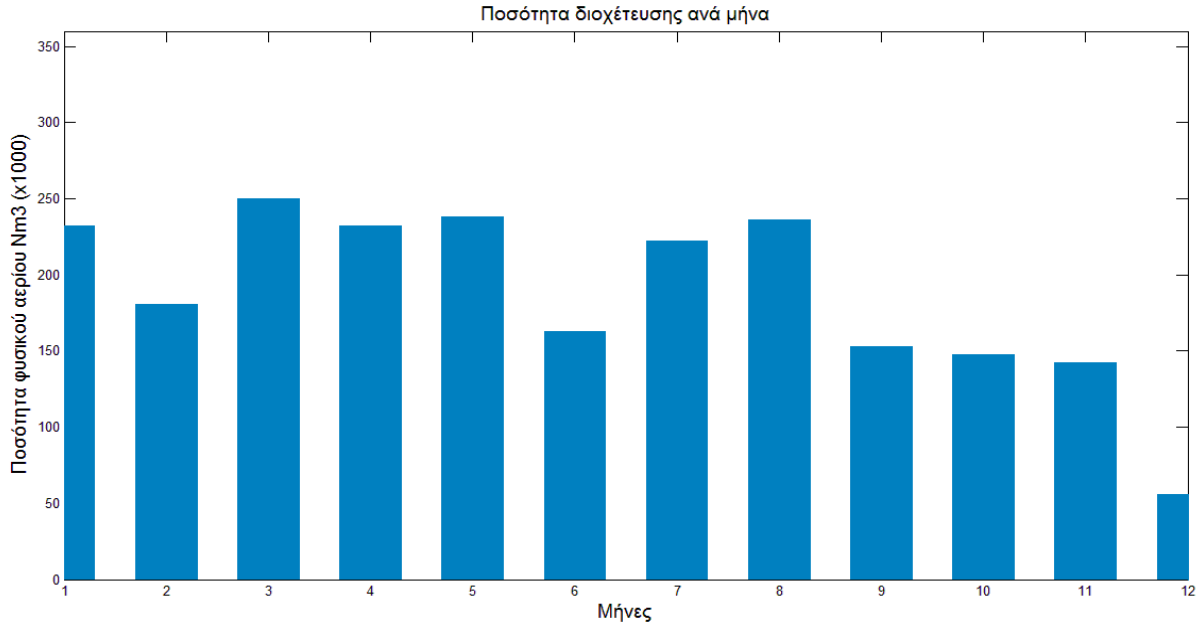
**<u>Σχολιασμός γραφημάτων</u>**

Από τα γραφήματα 8.7 και 8.8 και συγκρινόμενα με τα γραφήματα του κεφαλαίου 8.3.3.1 παρατηρούμε ότι η λιγότερη διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου συμβαίνει τις αντίστοιχες με πριν ώρες και τους αντίστοιχους μήνες, όταν η τιμή ηλεκτρισμού έχει τις μεγαλύτερες τιμές της. Μία διαφορά μεταξύ των γραφημάτων αυτών είναι ότι παρατηρείται για παράδειγμα για τον μήνα Ιανουάριο ή και για την $1^{η}$ ώρα της ημέρας , κάποιες ώρες λιγότερη διοχέτευση από πριν.

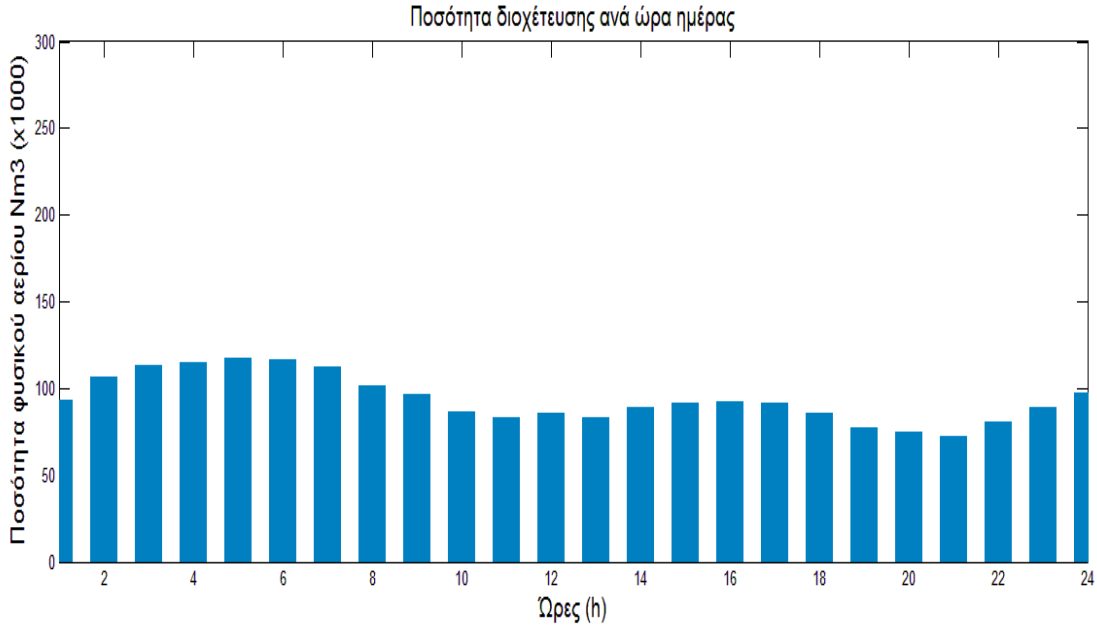
Αυτή η διαφορά έγκειται στην χαμηλότερη οριακή τιμή που αποφασίζουμε να μην παράγουμε ηλεκτρισμό και να δίνουμε στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί αυτού.

Με βάση τις ώρες που βγαίνει ότι συμφέρει η διοχέτευση σε αυτήν την περίπτωση η ποσότητα του συνολικά εγχεόμενου φυσικού αερίου είναι :

$$6729h \times 336.3482Nm^3 = 2263287.038Nm^3$$




**Γράφημα 8-9 Ανά μήνα ποσότητα διοχέτευσης φυσικού αερίου**




**Γράφημα 8-10 Γράφημα: Ανά χ ώρα ημέρας ποσότητα διοχέτευσης στο δίκτυο**

**Σχολιασμός γραφημάτων**

Από τα γραφήματα 8.9 και 8.10 και εφόσον εξηγήσαμε τι συμβαίνει με τις ώρες διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου θα έχουμε αντίστοιχα και μικρότερη ποσότητα διοχέτευσης φυσικού αερίου στο δίκτυο.

### *8.3.4.3 Κατώτερη τιμή ζήτησης για προμήθεια από ΕΠΑ*

Με βάση την οριακή τιμή που έχει υπολογιστεί θα πρέπει να ξεκαθαριστεί και για τη θέση της ΕΠΑ , από τη στιγμή που είναι ο φορέας που τον ενδιαφέρει μία τέτοια κίνηση, η κατώτερη τιμή φυσικού αερίου που μπορεί να ζητήσει να προμηθευτεί από την εγκατάσταση. Η τιμής αυτή θα υπολογιστεί πάλι μέσω αντιστοιχίας ποσότητας απαιτούμενης φυσικού αερίου σε 1 MWh.

Για ένα κυβικό θα έχω (μέσω αναγωγής):

$$\frac{95.97724€}{595Nm^3} = \mathbf{0.161306€/Nm^3}$$

Σε αυτήν την τιμή πρέπει να προστεθούν τα κόστη διοχέτευσης και αναβάθμισης ώστε μετά να συνεχίσουμε τη διαδικασία εύρεσης του φυσικού αερίου. Οπότε έχουμε:

$$0.161306\frac{€}{Nm^3} + 0.115044\frac{€}{Nm^3} = 0.27635\frac{€}{Nm^3}$$

$$0.27635\frac{€}{Nm^3} \times 595Nm^3 = 164.42468€/\mathbf{h}$$

***Βάσει της τιμής αυτής που βρήκα ότι απαιτείται την ώρα και την αναλογία της ποσότητας φυς. Αερίου βρίσκουμε την τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου που πρέπει να αγοράζει η ΕΠΑ.***

$$\frac{164.42468€}{\mathbf{h}} \times \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{336.3482}\boldsymbol{Nm^3}} = \mathbf{0.4888}\frac{€}{Nm^3}$$

Υπολογίζουμε και την αντίστοιχη τιμή ανά MWh φυσικού αερίου:

$$0.4888\frac{€}{Nm^3} \times \frac{\mathbf{1}\boldsymbol{Nm^3}}{\mathbf{11.5}\boldsymbol{kWh}} = \mathbf{42.5€/MWh}$$

Συνεπώς ο διαχειριστής της εγκατάστασης βάζει ένα κατώτατο όριο στην ΕΠΑ για την τιμή φυσικού αερίου προμήθειας της. Στην περίπτωση λοιπόν που ζητηθεί από τη ΒΕΑΛ να πουλήσει φυσικό αέριο κάτω από $\mathbf{0.4888}€$ ανά κυβικό, θα έχει τα ίδια έσοδα με την αρχική κατάσταση.

#### *8.3.4.4 Μέγιστη οριακή τιμή βιοαερίου υπό αυτές τις συνθήκες*

Η τιμή αυτή που καθορίζει πως κάτω από εκείνη δε συμφέρει ποτέ ηλεκτρισμός διαμορφώνει και την μέγιστη οριακή τιμή για το κυβικό βιοαερίου. Μέσω τιμής και γνωστής αναγωγής για το βιοαέριο λοιπόν όπου 595Nm$^3$ απαιτούνται για 1 MWh έχουμε:

$$\frac{95.97724€}{595Nm^3} = \mathbf{0.161306€/}\boldsymbol{Nm^3}$$

Σε αυτήν την τιμή πρέπει να προστεθούν τα κόστη διοχέτευσης και αναβάθμισης ώστε μετά να συνεχίσουμε τη διαδικασία εύρεσης του φυσικού αερίου. Οπότε έχουμε:

$$0.161306\frac{€}{Nm^3} + 0.115044\frac{€}{Nm^3} = 0.27635\frac{€}{Nm^3}$$

#### *8.3.4.5 Διακύμανση ποσοστού διοχέτευσης*

Στο υποκεφάλαιο 8.3.3.1 έγινε παρουσίαση έγχυσης φυσικού αερίου στην περίπτωση που διοχετεύουμε 7231 ώρες. Υπολογίστηκε η συνολική ποσότητα διοχέτευσης σε **2432133.834Nm$^3$.**

Στο υποκεφάλαιο 8.34.2 έγινε παρουσίαση έγχυσης φυσικού αερίου στην περίπτωση που διοχετεύουμε 6729 ώρες. Υπολογίστηκε η συνολική ποσότητα διοχέτευσης σε **2263287.038Nm$^3$.**

Συνεπώς παρατηρείται ότι η διοχέτευση μειώθηκε συνολικά γύρω στο **6.94%** με μείωση στα συνολικά Nm$^3$ κατά **168846.796Nm$^3$**.

**ΟΤΣ+ Όμοια τιμή Φ.Α με feed-in:** Αξία φυσικού αερίου **2432133.834Nm$^3$* 0.4924**$\frac{€}{Nm^3}$=1197582.7€

Κόστος επεξεργασίας βιοαερίου **4302445Nm$^3$* 0.115044**$\frac{€}{Nm^3}$=494970.4826€

Άρα συνολικά έσοδα από ΦΑ: 1.214.218,495€-494970.4826€ = **719.248,0124** €
Από ηλεκτρισμό 176480€**, άρα έχουμε συνολικά : 895728,0124**€

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου |
|---|---|---|---|---|

| | | | | (/MWH και $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Feed-in tariff | 8760 | - | 871182€ | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| ΟΤΣ+Όμοια τιμή Φ.Α με feed-in | 7231 Στο δίκτυο Φ.Α 1529 Στο δίκτυο ηλεκτρισμού | **2432133.834Nm$^3$** | **895728,0124€** | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| ΟΤΣ+όμοια οικονομική θέση με feed-in | 6729 Στο δίκτυο Φ.Α 2031 Στο δίκτυο ηλεκτρισμού | **2263287.038Nm$^3$** | 871182€ | $\mathbf{0.4888}\frac{€}{Nm^3}$ **42.5€/MWh** |

**Πίνακας 8-3 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων FIT, ΟΤΣ+όμοια τιμή Φ.Α με FIT, ΟΤΣ +όμοια οικονομική θέση με FIT**

### 8.3.5 Ακραίες τιμές αγοράς ηλεκτρισμού και διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις περιπτώσεις διοχέτευσης στο δικτυο Φ.Α και στο δίκτυο ηλεκτρισμού παίρνοντας τις ακραίες τιμές του πίνακα ΟΤΣ, δηλαδή τις ακραίες τιμές αγοράς.

#### *8.3.5.1 Πότε θα με συνέφερε πάντα να διοχετεύω στο δίκτυο Φ.Α;*

Θα συνέφερε τον διαχειριστή του εργοστασίου πάντα να διοχετεύει στο δίκτυο Φ.Α στην περίπτωση αν μέσω της μέγιστης τιμής αγοράς ηλεκτρισμού που υπάρχει στο σύστημα υπολογιζόταν η τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου και αυτή η τιμή λοιπόν μπορούσε να του αποζημιώσει όλα τα επιμέρους κόστη επεξεργασίας.

#### *8.3.5.2 Υπολογισμός μέγιστης τιμής βιοαερίου για να με συμφέρει μόνο η διοχέτευση στο δίκτυο Φ.Α*

Η μέγιστη τιμή του οριακού συστήματος ηλεκτρισμού είναι $150€/MWh$. Για να μη συμφέρει το εργοστάσιο ποτέ η πώληση και η διοχέτευση ενέργειας στο δίκτυο υπολογίζεται η μέγιστη τιμή του βιοαερίου. Με βάση τη συσχέτιση των $595\text{Nm}^3$ για 1 MWh λοιπόν έχουμε:

$$150€/MWh \times \frac{1MWh}{595\text{Nm}^3} = 0{,}2521\ €/Nm^3$$

Συμπερασματικά λοιπόν αν ο κάτοχος αποζημιώνεται για το ακατέργαστο βιοαέριο που μπορεί να παρέχει μετά από επεξεργασία στο δίκτυο Φ.Α. με $0.2521€/Nm^3$, δεν τον συμφέρει να δίνει ηλεκτρισμό στο εθνικό δίκτυο ποτέ.

Σε αυτή τη τιμή όμως πρέπει να προστεθεί και το κόστος μετατροπής βιοαερίου σε φυσικό αέριο καθώς και το κόστος διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α. Άρα η τελική τιμή που θα πληρώνει ο προμηθευτής φυσικού αερίου από την εγκατάσταση είναι με βάση τις προσθέσεις των παρακάτω τιμών:

- Κόστος αναβάθμισης σε βιομεθάνιο: $0.106125\ €/Nm^3$
- Κόστος διοχέτευσης και έγχυσης στο δίκτυο: $0.008919\ €/Nm^3$

Οπότε συνολικά:

$$0{,}2521\frac{€}{Nm^3} + 0.106125\frac{€}{Nm^3} + 0.008919\frac{€}{Nm^3} = 0.317144\frac{€}{Nm^3}$$

Στην περίπτωση λοιπόν αποζημίωσης του κατόχου της εγκατάστασης με $\mathbf{0.317144}$ € για κάθε κυβικό αναβαθμισμένου βιοαερίου που προμηθεύει, αποφασίζει πάντα τη διοχέτευση στο δίκτυο Φ.Α και όχι στο δίκτυο ηλεκτρισμού.

.

Για να βρω σε τιμή φυσικού αερίου , πάω σύμφωνα με το λόγο θερμογόνων δυνάμεων και έχουμε το εξής:

$$0.317144\frac{€}{Nm^3} \times 1.769 = 0.56155\frac{€}{Nm^3}$$

Η τιμή ανά MWh φυσικού αερίου αντίστοιχα είναι :

$$0.56155\frac{€}{Nm^3} \times \frac{1}{11.5}\ Nm^3/kWh = 48.83€/\boldsymbol{MWh}$$

Συγκριτικά λοιπόν με την τιμή ανά MWh φυσικού αερίου που υπολογίσαμε στο κεφάλαιο 8.3.4.5 βρίσκουμε την απόκλιση της τιμής των 2 αυτών περιπτώσεων :

$$48.83\frac{€}{MWh} - 42.5\frac{€}{MWh} = \mathbf{6.33}\ \frac{€}{\boldsymbol{MWh}}$$

Η σύγκριση φαίνεται και από τον παρακάτω πίνακα και είναι κατανοητό ότι στη δεύτερη περίπτωση εξομαλύνεται το κόστος έγχυσης:

| **Οριακή τιμή ηλεκτρισμού** | **Τιμή Φ.Α** | **Ποσοστό απόκλισης** |
|---|---|---|
| $95.7724\frac{€}{MWh}$ | $42.5\frac{€}{MWh}$ | - |
| $150\frac{€}{MWh}$ | $48.83\frac{€}{MWh}$ | 14.89% |

### *8.3.5.3 Για ποια τιμή διοχέτευσης Φ.Α θα με συνέφερε να παράγω μόνο ηλεκτρισμό;*

Από τον πίνακα ΟΤΣ για το έτος 2011 η ελάχιστη τιμή ηλεκτρισμού είναι $29.8940€/MWh$. Για να με συμφέρει να παράγω μόνο ηλεκτρισμό σημαίνει ότι από αυτήν την τιμή και πάνω δεν ασχολούμαι καθόλου με φυσικό αέριο, παρά μόνο με το δίκτυο ηλεκτρισμού.

Εφόσον λέμε ότι αυτή είναι η τιμή που κρίνει την παραγωγή ηλεκτρισμού, θα κάνουμε αναγωγή να δούμε σε τι τέλη διοχέτευσης αναλογεί για το φυσικό αέριο.

Έχουμε λοιπόν:

$29.8940\frac{€}{MWh} \times \frac{1}{595Nm^3} = 0.05024\frac{€}{Nm^3}$, η τιμή ανά κυβικό βιοαερίου ακατέργαστου.

Σε αυτήν την τιμή στη συνέχεια προστίθεται το συνολικό κόστος επεξεργασίας προς το φυσικό αέριο και έχουμε:

$0.05024\frac{€}{Nm^3} + 0.115044\frac{€}{Nm^3} = 0.165284\frac{€}{Nm^3}$, η τελική τιμή βιοαερίου ανά κυβικό.

Πάμε λοιπόν να καταλήξουμε στην τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου:

$0.165284\frac{€}{Nm^3} \times 595Nm^3 = 98.344€/h$ ,η τιμή για μία ώρα.

Εν τέλει λοιπόν παίρνοντας την αναλογία Φ.Α. βρίσκουμε:

$$98.344\frac{€}{h} \times \frac{1}{336.3482Nm^3} = 0.2924\frac{€}{Nm^3}$$

$$0.2924\frac{€}{Nm^3} \times \frac{1}{11.5}\ Nm^3/kWh = 25.426€/\boldsymbol{MWh}$$

Οπότε εν κατακλείδι για τιμή διοχέτευσης φυσικού αερίου $0.2924€/Nm^3$ , $25.426\frac{€}{\text{MWh}}$θα με συνέφερε να παράγω μόνο ηλεκτρισμό.

**Τα έσοδα της ΒΕΑΛ για την περίπτωση ΟΤΣ υπολογίζονται ως εξής:**

8760h×595Nm$^3$= 5212200Nm$^3$ είναι η ποσότητα βιοαερίου που διοχετεύεται. Με βάση αυτήν την ποσότητα υπολογίζουμε το κόστος που αξίζει η επεξεργασία αναβάθμισης.

5212200Nm$^3$×0.115044$\frac{€}{Nm^3}$= **599632.34€**

Με βάση την αντίστοιχη ποσότητα φυσικού αερίου προς διοχέτευση υπολογίζουμε της αξία του Φ.Α που διοχετεύουμε: **2946410.232Nm$^3$×0.56155**$\frac{€}{Nm^3}$=1654556.66€

Με την αφαίρεση του κόστους οπότε έχουμε:1054924.32 € **ως έσοδα για ΒΕΑΛ.**

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και m$^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ΟΤΣ μέγιστη | 8760h στο δίκτυο Φ.Α | **2946410.232Nm$^3$** | 1054924.32€ | $\mathbf{0.56155}\frac{€}{Nm^3}$ **48.83€/MWh** |
| ΟΤΣ ελάχιστη | 8760h στο δίκτυο ηλεκτρισμού | - | 628154.88€ | $\mathbf{0.2924}\frac{€}{Nm^3}$ **25.426€/MWh** |

**Πίνακας 8-4 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων για ΟΤΣ μέγιστη και ΟΤΣ ελάχιστη**

## 8.4 Υπολογισμός οριακών τιμών βάσει τιμής διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου

Στόχος της παρακάτω υλοποίησης είναι η αντίστροφη διαδικασία που θα καταλήξει στην τιμή βιοαερίου και εν τέλει στην τιμή ηλεκτρισμού κάτω από την οποία μας συμφέρει η διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου, υπό δεδομένες τιμές φυσικού αερίου. Ξεκινάμε με το τιμολόγιο της ΕΠΑ (ισχύς Ιουλίου-Σεπτεμβρίου), αφήνοντας μηδενικό κέρδος σε αυτή για να καταλήξουμε στην ελάχιστη αξία που πρέπει να έχει το βιοαέριο για να το συζητάμε να πάμε στη διοχέτευση του δικτύου του. Επίσης θα καταλήξουμε στην τιμή ηλεκτρισμού που αντιστοιχεί σε αυτή. Στη συνέχεια θα βρεθούν οι ώρες που αναμένεται να συμβεί αυτό, ώστε να μην δίνουμε στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά να τροφοδοτείται η ΕΠΑ.

### 8.4.1 Με βάση το τιμολόγιο ΕΠΑ Αττικής με μηδενικό περιθώριο κέρδους

Σε αυτόν τρόπο υλοποίησης , το σενάριο της προσομοίωσης μας θα βασιστεί με γνώμονα την τιμή προμήθειας φυσικού αερίου της ΕΠΑ από τη ΔΕΠΑ το μήνα Ιούλιο του 2012 (τρίμηνη ισχύς), η οποία είναι 57.80695 €/MWh.
Τα 57.80695€/MWh θα αναχθούν σε τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου.
Έχουμε λοιπόν :

$$\mathbf{57.80695}\frac{€}{\mathbf{MWh}} \times \mathbf{11.5}\,\boldsymbol{kWh}/_{\boldsymbol{Nm^3}} = \mathbf{0.66478}€/\mathbf{Nm^3}$$ η τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου.

Εφόσον έχω βρει την τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου θα βρω βάσει της γνωστής αναλογίας την ποσότητα φυσικού αερίου:

$$\mathbf{0.66478}\frac{€}{\boldsymbol{Nm^3}} \times \mathbf{336.3482}\boldsymbol{Nm^3} = \mathbf{223.5975}\frac{€}{\mathbf{h}}$$

Από τη στιγμή λοιπόν που η ΒΕΑΛ αποζημιώνεται με $\mathbf{223.5975}\frac{€}{\mathbf{h}}$ , υπολογίζουμε την τιμή ανά κυβικού παραγόμενου βιοαερίου:

$$\mathbf{223.5975}\frac{€}{\mathbf{h}} \times \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{595}}\frac{\boldsymbol{h}}{\boldsymbol{Nm^3}} = \mathbf{0.37578}\frac{€}{\boldsymbol{Nm^3}}$$

Έχουμε λοιπόν βρει την τιμή που θα διαθέταμε 1 $Nm^3$ βιοαερίου.
Καθώς προείπαμε ότι συμπεριλαμβάνονται επιπλέον κόστη στην τιμή άνωθεν θα πρέπει να αφαιρεθούν(7.9.1):

Το συνολικό κόστος διαδικασίας ανέρχεται σε 0.106125€/$Nm^3$+0.008919€/$Nm^3$=0.115044€/$Nm^3$.
Αφαιρείται λοιπόν και έχουμε τελική τιμή ακατέργαστου βιοαερίου:

**0.37578**€/$Nm^3$-0.115044€/$Nm^3$=**0.260736€/$Nm^3$**

Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή ηλεκτρισμού (με την αναλογία από 8.2.2.1):

$$\mathbf{0.260736}\frac{€}{\boldsymbol{Nm^3}} \times \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{0.001681}\boldsymbol{MWh}} = \mathbf{155.10767}\frac{€}{\mathbf{MWh}}$$

Συμπερασματικά από την τιμή ανά MWh ηλεκτρισμού που βρήκαμε , μπορούμε να πούμε ότι με βάση την υπάρχουσα κατάσταση και το εύρος τιμών που υπάρχει στην αγορά , δε θα συμφέρει καμία ώρα το χρόνο να ακολουθήσουμε το δρόμο διοχέτευσης στο εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού. Η ΟΤΣ θα είναι πάντα μικρότερη συγκρινόμενη με αυτήν την τιμή, επομένως το εργοστάσιο θα δίνει μόνο φυσικό αέριο και καμία MWh ηλεκτρισμού.

Συνολική ποσότητα φυσικού αερίου που πωλείται σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν είναι καθ' όλη τη διάρκεια του έτους:
**$8760\times 336.3482 Nm^3 = 2946410.232 Nm^3 = 2.946$ εκ. $Nm^3$**

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ΟΤΣ μέγιστη | 8760h στο δίκτυο Φ.Α | **$2946410.232 Nm^3$** | 1054924.32€ | **$0.56155 \frac{€}{Nm^3}$** **48.83€/MWh** |
| Τιμολόγιο ΕΠΑ Αττικής | 8760h στο δίκτυο Φ.Α | **$2946410.232 Nm^3$** | 1359082.257€ | **$0.66478 \frac{€}{Nm^3}$** **57.80695€/MWh** |

**Πίνακας 8-5 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων για 2 περιπτώσεις ολόκληρου έτους διοχέτευση στο δίκτυο Φ.Α**

Παρατηρείται από τον πίνακα αύξηση εσόδων αν υπολογιστεί η οριακή τιμή ηλεκτρισμού κάτω από την οποία αποφασίζουμε έγχυση , με βάση το τιμολόγιο προμήθειας της ΕΠΑ για το φυσικό αέριο.

### 8.4.2 Με βάση τιμολόγιο Δανίας

Με βάση του τιμολογίου της Δανίας που κοστολογεί τη διοχέτευση αναβαθμισμένου αερίου 40.3eurocents /$Nm^3$ θα βρούμε την αξία του αντίστοιχου βιοαερίου που επεξεργάζεται για την τελική τροφοδότηση του δικτύου φυσικού αερίου.
Χρησιμοποιώντας την τιμή αυτή αλλά και την τιμή ανά $Nm^3$ φυσικού αερίου βρίσκουμε την ελάχιστη αξία του βιοαερίου πριν από τη διαδικασία αναβάθμισης και διαδικασίας διοχέτευσης στο δίκτυο.

Ξεκινάμε από την εύρεση της τιμής ανά ώρα εφόσον διοχετεύουμε στο δίκτυο Φ.Α:

$0.403€/Nm^3 \times 336.3482 Nm^3 = 135.5483 \frac{€}{h}$

Αφού έχουμε βρει αυτήν την τιμή συνεχίζουμε υπολογίζοντας την τιμή βιοαερίου , η οποία συμπεριλαμβάνει και κόστη αναβάθμισης και διοχέτευσης:

$$135.5483 \frac{€}{h} \times \frac{1}{595} \frac{h}{Nm^3} = 0.2278 \frac{€}{Nm^3}$$

Καθώς προείπαμε ότι συμπεριλαμβάνονται επιπλέον κόστη στην τιμή άνωθεν θα πρέπει να αφαιρεθούν(7.9.1):

Το συνολικό κόστος διαδικασίας ανέρχεται σε $0.106125€/Nm^3+0.008919€/Nm^3=0.115044€/Nm^3$.
Αφαιρείται λοιπόν και έχουμε τελική τιμή ακατέργαστου βιοαερίου:

0.2278€/$Nm^3$-0.115044€/$Nm^3$=**0.112756€/$Nm^3$**

### *8.4.2.1 Αξία ηλεκτρισμού βάσει αξίας βιοαερίου*

Εφόσον έχει υπολογιστεί η ελάχιστη τιμή βιοαερίου θα γίνει αναγωγή στην αξία του ηλεκτρισμού για 1MWh μέσω της γνωστής αναγωγής των 595$Nm^3$ ροής βιοαερίου του εργοστασίου που μελετάμε. .

**0.112756€/$Nm^3$ ×595 $Nm^3$/MWh=67.08982$\frac{€}{MWh}$**

Η αξία του ηλεκτρισμού λοιπόν είναι **67.08982€** για 1 MWh. Συμπερασματικά λοιπόν με βάση τιμή Δανίας έχοντας αυτήν την τιμή ή μικρότερη για ηλεκτρισμό, προτιμάται διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου.

Κάνουμε στη συνέχεια την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε και με την υλοποίηση με τις τιμές αγοράς και βρίσκουμε τη συχνότητα της διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου. Μέσω Matlab λοιπόν βλέπουμε ότι οι ώρες που συμφέρει να πουλάμε στο δίκτυο ηλεκτρισμού είναι 5002 κατά τη διάρκεια του έτους.

Για αυτές τις 5002 φορές αν αποζημιωνόταν με την ΟΤΣ εκείνες τις στιγμές καθώς τον συμφέρει ηλεκτρισμός και η τιμή αγοράς είναι μεγαλύτερη από την οριακή τιμή διάθεσης 67.08982€ , τα έσοδα του κατόχου της εγκατάστασης θα ήταν 455967€.

Τις υπόλοιπες 3758 ώρες του χρόνου παρατηρείται ότι η διαφορά με την ΟΤΣ δείχνει ότι με συμφέρει να πουλάω καλύτερα στο δίκτυο φυσικού αερίου , καθώς η τιμή διάθεσης είναι μεγαλύτερη εκείνες τις στιγμές. Οπότε για τις 3758 ώρες έχουμε:

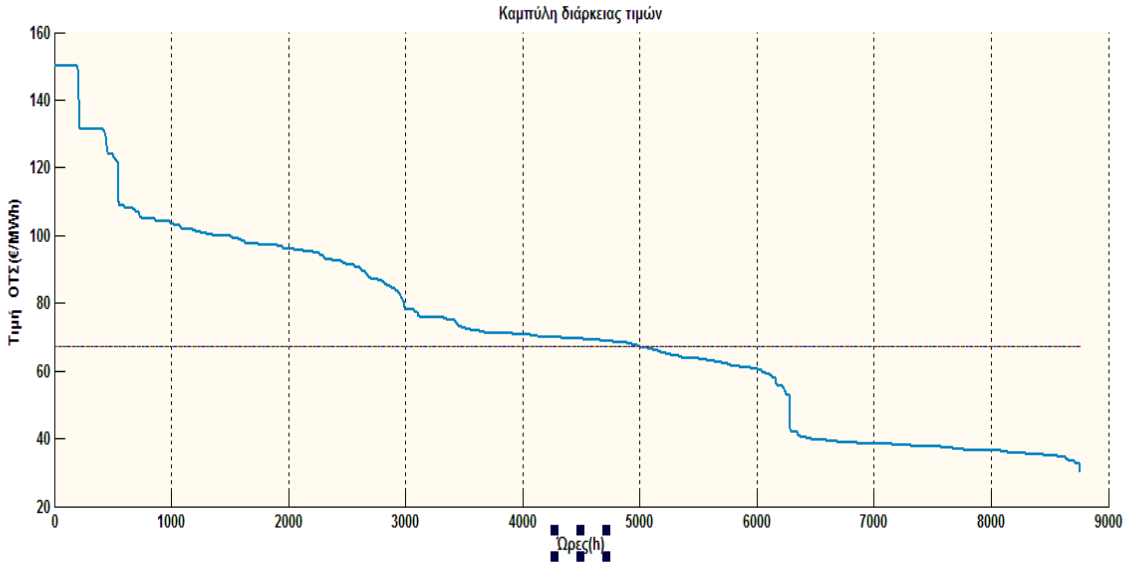
336.3482×3758h=**1263996.536** $Nm^3$ φυσικού αερίου, 595×3758h=**2236010** $Nm^3$ βιοαερίου

Με τιμή είσπραξης για βιοαέριο **0.2278€/$Nm^3$** έχουμε**:**
**2236010** $Nm^3$ ×0.2278**€/$Nm^3$=509363.078€**

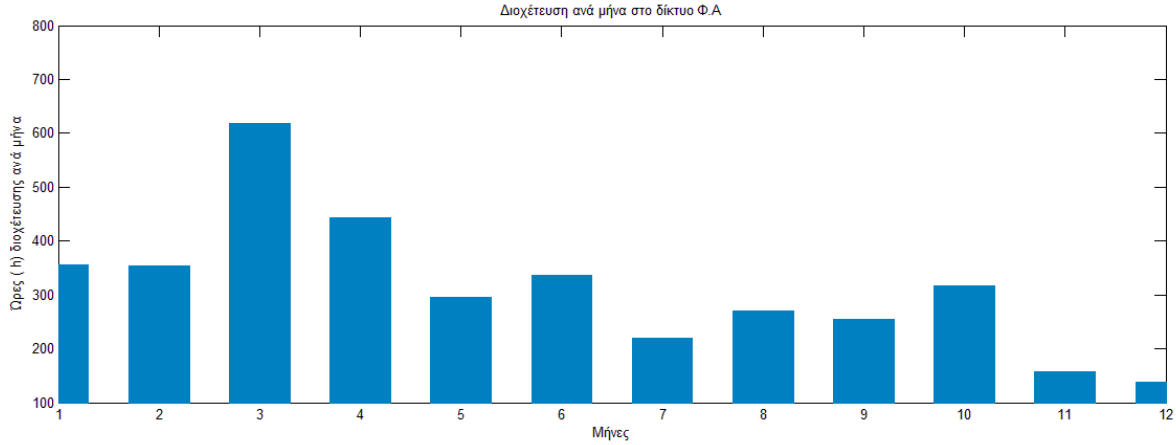
Από τα οποία αφαιρούνται το κόστος επεξεργασίας για κάθε κυβικό βιοαερίου και έτσι καταλήγουμε σε καθαρό κέρδος από φυσικό αέριο:
**509363.078€ -257239.5344€=252123.5436€**

**Άρα συνολικά θα είχε κέρδη το έτος :**
**252123.5436€**+455967€=**708090.5436**€

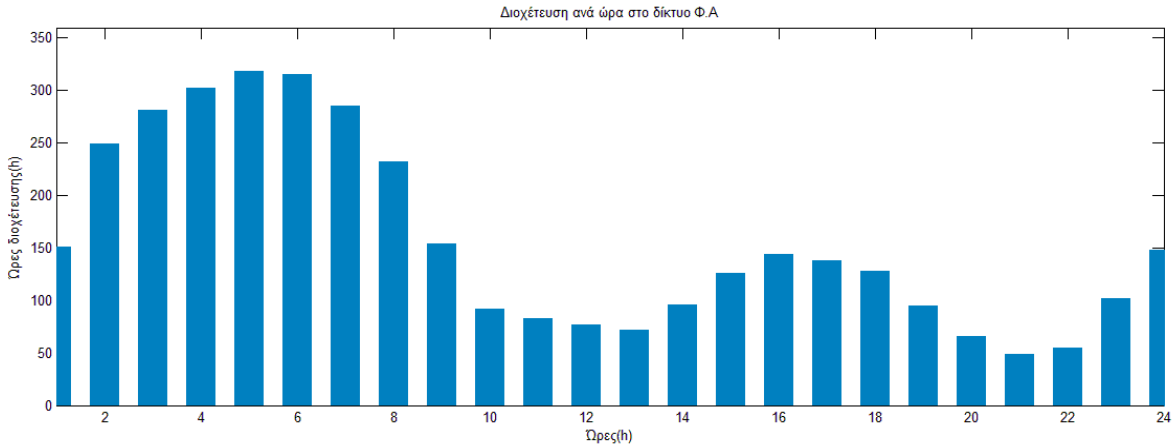
**Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η καμπύλη διάρκειας τιμών μαζί με την οριακή τιμή που δείχνει κάτω από ποια οριακή τιμή δίνεται φυσικό αέριο (αρνητικό ολοκλήρωμα) και πάνω από αυτήν την τιμή προτιμάται ηλεκτρισμός (θετικό ολοκλήρωμα).**




**Γράφημα 8-11 Καμπύλη διάρκειας τιμών με βάση τιμολόγιο Δανίας**



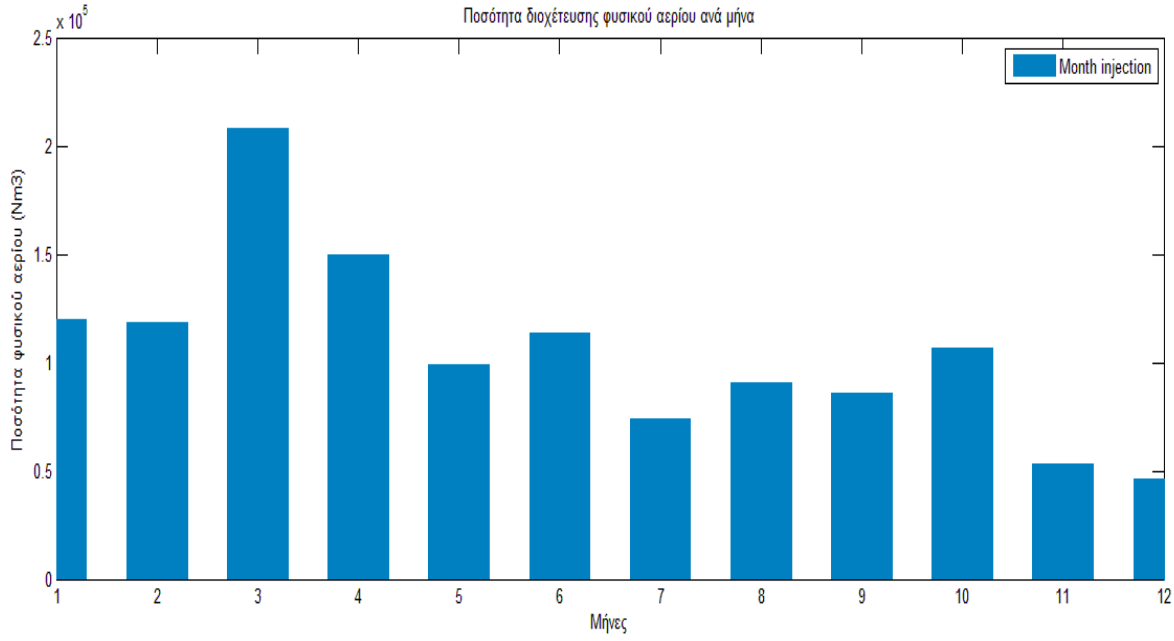

**Γράφημα 8-12 Συχνότητα διοχέτευσης ανά μήνα (με τιμολόγηση Δανίας)**



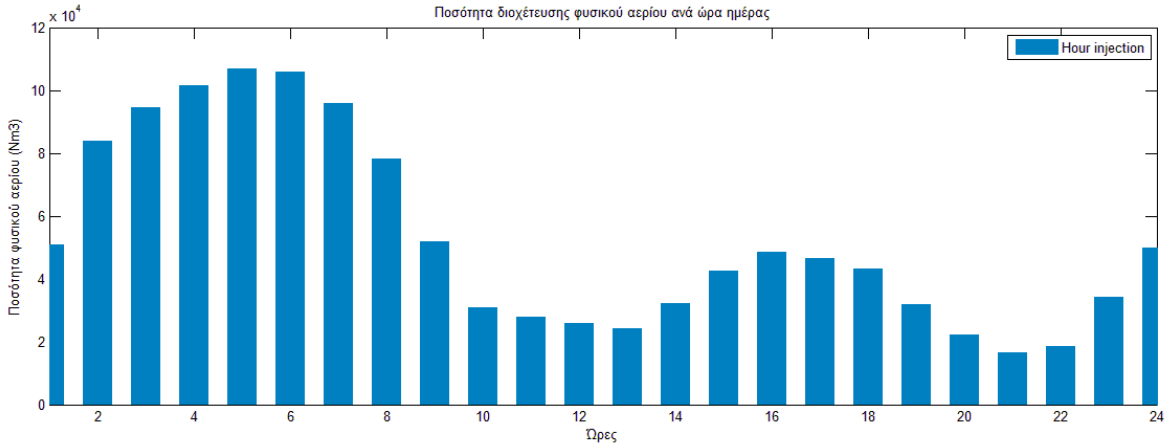

**Γράφημα 8-13 Συχνότητα διοχέτευσης ανά ώρα ημέρας (με τιμολόγηση Δανίας)**

**Σχολιασμός γραφημάτων**

Από τα γραφήματα 8.12 και 8.13 και συγκρινόμενα με τα γραφήματα του κεφαλαίου 8.3.3.1 παρατηρούμε ότι η λιγότερη διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου συμβαίνει τις αντίστοιχες με πριν ώρες και τους αντίστοιχους μήνες, όταν η τιμή ηλεκτρισμού έχει τις μεγαλύτερες τιμές της. Η τάση συνεχίζει να είναι στα ίδια σημεία πτωτική και με τον ίδιο βαθμό απλά η μόνη διαφορά μεταξύ των γραφημάτων αυτών είναι ότι παρατηρείται ακόμα μικρότερη συχνότητα διοχέτευσης . Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι λόγω της ακόμα μικρότερης οριακής τιμής που αποφασίζουμε για διοχέτευση , είναι περισσότερες οι ώρες που η ΟΤΣ θα είναι μεγαλύτερη από τη συγκεκριμένη τιμή. Έτσι αποφασίζεται αρκετά περισσότερες ώρες ηλεκτρισμός από ότι πριν και αυτό συνεπάγεται και στα επόμενα γραφήματα τη χαμηλή ποσότητα διοχέτευσης φυσικού αερίου στο δίκτυο Φ.Α.




**Γράφημα 8-14 Ποσότητα διοχέτευσης φυσικού αερίου ανά μήνα (με τιμολόγηση Δανίας)**




**Γράφημα 8-15 Ποσότητα διοχέτευσης φυσικού αερίου ανά ώρα ημέρας (με τιμολόγηση Δανίας)**

**<u>Σύγκριση εσόδων εγκατάστασης με αποζημίωση από ΟΤΣ καθ'ολη τη διάρκεια</u>**

Αν ο διαχειριστής δεν πήγαινε καθόλου στο δίκτυο φυσικού αερίου και πήγαινε μόνο για ηλεκτρισμό βάσει των τιμών ΟΤΣ θα είχε κέρδη 628154.88€.

Βάσει των τιμών που υπολογίστηκαν λοιπόν ο κάτοχος του εργοστασίου μοιράζοντας τις ώρες αυτές σε διοχέτευση Φ.Α και ηλεκτρισμού όπως είπαμε έχει ένα κέρδος συγκριτικά:
**708.118, 065**€ −628154.88€=**79963.185**€

Έχουμε δηλαδή ένα όφελος περίπου **11.29%** ακολουθώντας τιμολόγιο Δανίας**.**

Σε σύγκριση τώρα με την αρχική θέση FIT παρατηρείται απώλεια κέρδους :
871182€-**708.118, 065**€=**163063.935**€

Έχουμε δηλαδή απώλειες περίπου **18.71%** ακολουθώντας τιμολόγιο Δανίας από τη FIT και μέγιστες απώλειες **35.01%** από το σενάριο να είναι οριακή τιμή ηλεκτρισμού η τιμή FIT(8.3.3)**.**

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Feed in Tariff | 8760 στο δίκτυο ηλεκτρισμού | - | **871182**€ | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Οριακή τιμή ηλεκτρισμού η τιμή FIT | 1529 στο δίκτυο ηλεκτρισμού 7231 στο δίκτυο Φ.Α | **2432133.834Nm$^3$** | **895.728,0124€** | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| Με βάση τιμολογίου Δανίας | 5002 στο δίκτυο ηλεκτρισμού 3758 στο δίκτυο Φ.Α | **1263996.536Nm$^3$** | **708.118,065€** | $\mathbf{0.403}\frac{€}{Nm^3}$ **35.04€/MWh** |

**Πίνακας 8-6 Συγκεντρωτικός πίνακας στοιχείων FIT, οριακή τιμή η τιμή FIT, με βάση τιμολογίου Δανίας**

**Οριακή τιμή ηλεκτρισμού η τιμή FIT:** από ηλεκτρισμό έσοδα :
Από φυσικό αέριο: 1.214.218,495€ από τα οποία αφαιρείται το κόστος επεξεργασίας βιοαερίου που είναι 494970.48€**, οπότε συνολικά έσοδα από Φ.Α : 719.248,0124** €

**Συνολικά έσοδα σε αυτήν την περίπτωση: 895.728,0124€**

### 8.5 Διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί για πυρσό καύσης

Σε αυτήν την κατάσταση εξετάζουμε την περίπτωση εύρεσης των τελών διοχέτευσης που πρέπει να πληρωθούν από την ΕΠΑ για να μας συμφέρει η διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου. Θα πρέπει να υπολογιστούν πόσα χρήματα χρειάζεται να πληρωθεί ο διαχειριστής μέχρι να έχει πρόσβαση στο δίκτυο Φ.Α., με βάση τις επιβαρύνσεις που προκύπτουν.
Από τους τρεις διαθέσιμους πυρσούς της εγκατάστασης των 4500Nm$^3$, 1000Nm$^3$ και 500Nm$^3$ , διαλέγουμε για να αναλύσουμε τον μικρό πυρσό καύσης.

Η ποσότητα των 500Nm$^3$ αντιστοιχεί σε ακατέργαστο βιοαέριο και θα πρέπει να αναχθεί τελικά σε ποσότητα φυσικού αερίου. Η ποσότητα φυσικού αερίου που μένει είναι βάσει του λόγου θερμογόνων δυνάμεων:

$$500Nm^3 \times \frac{1}{1.769} = 282.6455Nm^3$$

Έχουμε βρει ότι για 1 Nm$^3$ για να αναβαθμιστεί και να μεταφερθεί απαιτούνται 0.115044€, τα οποία πρέπει να πληρωθούν από ΕΠΑ για να αποφασίσει η ΒΕΑΛ να διοχετεύσει.

Άρα για 500Nm$^3$→ 500Nm$^3$×0.115044€/Nm$^3$=**57.522€/h**
Οπότε θα πρέπει να πληρωθεί 57.522€ για 1 ώρα.

Η τιμή λοιπόν που πηγαίνει ανά κυβικό φυσικού αερίου είναι:

$\frac{1}{282.6455Nm^3} \times 57.522 = 0.20351€/Nm^3$ φυσικού αερίου

$\frac{0.20351€}{Nm^3} \times \frac{1}{11.5kWh} = 0.0177€/\text{kWh}$→ 17.7€/MWh

Παρατηρούμε ότι η τιμή αυτή είναι ιδιαιτέρως χαμηλή και για αυτό το λόγο χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση των συνθηκών και των διαδικασιών για την έγχυση βιοαερίου αντί σε πυρσό σε δίκτυο φυσικού αερίου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το θέμα έγχυσης αερίων, με ποιότητα διαφορετική από εκείνη του φυσικού αερίου σε σύστημα φυσικού αερίου αναδύεται ξανά και ξανά σε ορισμένες χώρες και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά θα παραμένουν στο επίκεντρο τυπικές παράμετροι της ποιότητας του φυσικού αερίου. Αυτό οφείλεται σε μια σειρά από παράγοντες που αναλύθηκαν στα κεφάλαια 6 και 7. Από τη μία πλευρά, ένα σύστημα διανομής που έχει αναπτυχθεί εδώ και δεκαετίες δεν είναι σε θέση να ανεχτεί επιπτώσεις που προκύπτουν από τη διαφορετική ποιότητα του βιοαερίου από κάθε άποψη.

Από την άλλη, η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί ρεαλιστικά να εγχυθεί με βάση το βιοαέριο αποτελεί μόνο ένα κλάσμα από αυτήν του φυσικού αερίου.

Λόγω της συνεχούς τάσης να αυξάνεται η τιμή του φυσικού αερίου η ευρύτερη χρήση του βιοαερίου θα φέρει αλλαγή στην οικονομική αποδοτικότητα. Είναι ευκαιρία ειδικά για τα κράτη με τεράστιες γεωργικές εκτάσεις, να παράγουν εγχώρια βιοαέριο για την κάλυψη της ζήτησης ενέργειας που χρειάζονται. Σε μεγάλα επίπεδα μπορεί να γίνει και μία χώρα εξαγωγής βιοαερίου.

Είναι εύκολο να κατανοήσουμε εν μέρει τη δυσκολία της βιομηχανίας φυσικού αερίου και τις πολύ υψηλές απαιτήσεις που επιβάλλει για τα είδη βιοαερίου που μπορούν να εγχυθούν.

Προσεγγίζοντας το θέμα από μια άλλη πλευρά, όμως, είναι θεμελιώδες το ζήτημα και απαιτούνται δραστικά μέτρα για το συμφέρον της Ευρώπης και του περιβάλλοντος ώστε να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν τα αέρια που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές στην ευρύτερη περιοχή όσο το δυνατόν περισσότερο.

Η έγχυση του βιομεθανίου στο δίκτυο του φυσικού αερίου δίνει πρόσβαση στο παραγωγό βιοαερίου σε μια πολύ μεγαλύτερη αγορά των δυνητικών αγοραστών από ό, τι αν το βιοαέριο επρόκειτο να πωληθεί και να χρησιμοποιηθεί σε τοπικό επίπεδο.

## 9.1 Σύνοψη χαρακτηριστικών βιομάζας

### 9.1.1 Πλεονεκτήματα

Ως κυριότερα πλεονεκτήματά της αναγνωρίζονται τα εξής:

Η Βιομάζα είναι ένας ανανεώσιμος πόρος αφού παράγεται φυσικά και με επαναλαμβανόμενο, κυκλικό τρόπο στο περιβάλλον. Ο όρος "ανανεώσιμος" σημαίνει ότι ο πόρος μπορεί να αποκατασταθεί φυσικά όταν εξαντληθούν τα αρχικά αποθέματά του. Στη φύση, η Βιομάζα παράγεται με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, δηλαδή του σχηματισμού υδατανθράκων από ανόργανα υλικά με την βοήθεια της ενέργειας του ηλιακού φωτός.

Η ενεργειακή χρήση της μπορεί να μειώσει αφενός την ανάγκη για εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και αφετέρου την εκπομπή βλαβερών ρύπων όπως τα οξείδια του θείου και του άνθρακα. Τα ορυκτά καύσιμα βγάζουν στην επιφάνεια το διοξείδιο του άνθρακα που είναι αποθηκευμένο στο υπέδαφος για εκατομμύρια χρόνια. Αντίθετα, τα φυτά δεσμεύουν διοξείδιο με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και όταν καίγονται, αυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα για να ξαναδεσμευτεί την επόμενη χρονιά με αποτέλεσμα ένα ισοσκελισμένο ισοζύγιο εκπομπών $CO_2$.

Είναι στερεά μορφή ενέργειας που μπορεί όμως να μετατραπεί σε υγρά ή αέρια καύσιμα και ηλεκτρισμό. Η Βιομάζα είναι η πηγή της παραγωγής βιοκαυσίμων. Μπορεί να αποθηκευθεί η πρώτη ύλη και να χρησιμοποιηθεί με τη ζήτηση.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για τη προσπάθεια άνθισης αξιοποίησης της βιομάζας είναι η αύξηση των ευκαιριών απασχόλησης, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές, καθώς δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης ακαλλιέργητων εκτάσεων συμβάλλοντας σε μία ισορροπημένη ανάπτυξη της γεωργίας.

Είναι πηγή διαθέσιμη παγκόσμια και σχεδόν ομοιόμορφα κατανεμημένη, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα που εντοπίζονται σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές. Έτσι προσφέρεται για την στήριξη μιας *αειφόρου, ισόρροπης και αποκεντρωμένης ανάπτυξης*

Αντίθετα από σταθμούς παραγωγής από άλλους τύπους ΑΠΕ, οι σταθμοί χρήσης Βιομάζας μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών. Επιτρέπει την λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού σε διάφορες κλίμακες (από λίγα kW ως αρκετές δεκάδες MW σήμερα).

Αντίθετα από τους αιολικούς, ηλιακούς που έχουν διακοπτόμενη, μη ελεγχόμενη παραγωγή, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Βιομάζα πρακτικά μπορεί να προγραμματιστεί όπως και των υπόλοιπων θερμικών μονάδων που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα και να μπορεί να διακριθεί από σταθερότητα. Η παραγωγή της εξαρτάται μόνο από την διαθεσιμότητα του βιολογικής προέλευσης καυσίμου.

.

Περισσότερες πληροφορίες για την Βιομάζα και τις προσπάθειες αξιοποίησής της μπορεί να βρει κανείς στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Βιομάζας (EUBIA)[64].

### 9.1.2 Μειονεκτήματα

Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας.

Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Συνεπώς παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος ενεργειακής αξιοποίησης της.

Στα μειονεκτήματα της στερεάς Βιομάζας ως καυσίμου θερμικών σταθμών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβάνονται η χαμηλή πυκνότητά της που συνεπάγεται δυσκολίες στη μεταφορά και την αποθήκευσή της, η χαμηλή θερμογόνος της δύναμη και η ακαταλληλότητά της για μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους. Για τους λόγους αυτούς επιδιώκεται συχνά η μετατροπή της σε άλλη μορφή ή φάση.

Ένα άλλο θέμα που δεν πρέπει να βασιστεί η παραγωγή και αξιοποίηση της βιομάζας είναι , το να μην αντικατασταθεί η τροφική ύλη για να παράγονται βιοκαύσιμα ως επί τον πλείστον.

### 9.1.3 Συμπεριφορά βιομάζας σε σύγκριση με τα αιολικά

Στο κεφάλαιο 4.3.4.1 αναλύσαμε τη συμπεριφορά της βιομάζας ως προς το συντελεστή χρησιμοποίησης κατά τη διάρκεια του έτους 2010, 2011.Δημιουργήθηκαν γραφήματα που δείχνουν την κατάσταση ανά μήνα λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος (MW) και της ενέργειας (MWh).

Για να μπορέσουμε να έχουμε μία καλή εικόνα σχετικά με τη σταθερότητα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, αποφασίσαμε να συγκρίνουμε με μία άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας τα αιολικά. Διαλέξαμε τα αιολικά καθώς πρόκειται για την πιο διαδεδομένη και δημοφιλή μονάδα στην Ελλάδα που λειτουργεί με μη συμβατικό καύσιμο.

Αναλύσαμε τα στοιχεία εγκατεστημένης ισχύος της αιολικής ενέργειας το 2011 καθώς και τα στοιχεία παραγωγής ενέργειας για να μπορέσουμε να βγάλουμε τον μηνιαίο capacity factor για όλο το έτος. Στη συνέχεια δημιουργήσαμε ένα συγκριτικό γράφημα μεταξύ capacity factor βιομάζας και αιολικών. Από τα γραφήματα φαίνεται ότι η βιομάζα παρουσιάζει υψηλό και σταθερό capacity factor μεταξύ 50-58% ανεξαρτήτως έτους.

Τα αιολικά παρουσιάζουν έντονη εποχικότητα και μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές ανά μήνα, να κυμαίνονται μεταξύ 16-33%. Τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο ο συντελεστής χρησιμοποίησης έχει την ελάχιστη τιμή λόγω του καιρού και των ανέμων. Αντίθετα τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο βρίσκεται στη μέγιστη τιμή ο capacity factor λόγω των ισχυρότερων ανέμων που πνέουν. Με άλλα λόγια η καλοκαιρινή παραγωγή των αιολικών βρίσκεται στο 50 – 65% της χειμερινής, μία ιδιαίτερα σημαντική μείωση με δεδομένους τους στόχους εγκατεστημένης ισχύος για τα επόμενα χρόνια.

Η τελική παραγωγή ενέργειας από τα αιολικά δείχνει ότι σε αρκετά μεγάλο βαθμό η επένδυση στα αιολικά είναι αρκετά ακριβή σε σχέση με τις εγγυήσεις κάλυψης της ζήτησης που μπορεί να προσφέρει.

Σε αντίθεση η βιομάζα επειδή δεν επηρεάζεται από κάποιον φυσικό εξωτερικό παράγοντα ανάλογα με την εποχικότητα, διατηρεί μία σταθερότητα στην παραγωγή ενέργειας. Οπότε μία επένδυση σε βιομάζα φαίνεται να είναι πιο αξιόπιστη λύση κατά τη διάρκεια του χρόνου.

## 9.2 Βιοαέριο και προοπτική

Το βιοαέριο αποτελεί μία πηγή βιομάζας με αρκετά προσοδοφόρο μέλλον μέσω της καλύτερης δυνατής αξιοποίηση του. Για την κατηγοριοποίηση των ειδών βιοαερίου που συναντώνται σημαντικό ρόλο παίζει η ποσότητα μεθανίου που περιέχει και είναι αυτό που το καθιστά κατάλληλο για ή όχι για οποιαδήποτε χρήση μετέπειτα καθώς και η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται (5.1).

Αντικείμενο μελέτης της εργασίας αυτής στάθηκε το βιοαέριο που εκλύεται από χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων μέσω της αναερόβιας χώνευσης αυτών. Περιγράφηκε εκτενώς στο κείμενο ο τρόπος συλλογής και διαχείρισης του βιοαερίου από μία τέτοια εγκατάσταση και οι διαφοροποιήσεις που τυχόν παρουσιάζονται.

Η διαδεδομένη χρήση του βασίζεται στην χρησιμοποίηση του σε μονάδες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού θερμότητας. Έτσι ποσότητα βιοαερίου υπόκειται καύση μέσω των εγκατεστημένων μηχανών εσωτερικής καύσης και παράγεται ηλεκτρισμός. Ο ηλεκτρισμός αυτός έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού.

Βέβαια είναι σύνηθες αρκετές ποσότητες αερίου να παραμένουν ανεκμετάλλευτες καθώς δεν υπάρχουν υποδομές για τη βέλτιστη αξιοποίηση του και να εκλύονται στην ατμόσφαιρα ή στην καλύτερη περίπτωση να καίγονται σε πυρσούς.

Αυτό το πρόβλημα μας οδήγησε στην έρευνα ανεύρεσης εναλλακτικών τρόπων διαχείρισης και αξιοποίησης του βιοαερίου. Βάσει της βιβλιογραφίας καθώς και λίγων εφαρμογών που υφίστανται ανά τον κόσμο, το βιοαέριο μπορεί να υποστεί εξευγενισμό, αναβάθμιση και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών καθώς και να τροφοδοτήσει το δίκτυο φυσικού αερίου.

Η νομοθεσία στην Ελλάδα έχει προβλέψει διαφορετική τιμολόγηση αναλόγως τις επικρατούσες συνθήκες. Η διαφορετική ροή βιοαερίου καθώς και η εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας καθορίζει την τιμή ενέργειας από μία μονάδα αξιοποίησης βιοαερίου.

### 9.2.1 Εξευγενισμός-αναβάθμιση βιοαερίου

Ένα καθοριστικό κομμάτι σε αυτήν την εργασία έπειτα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε ήταν η διαδικασία της επεξεργασίας και αναβάθμισης του βιοαερίου. Το είδος αυτό της επεξεργασίας δεν έχει υπόβαθρο στην Ελλάδα και οι γνώσεις και η εμπειρία σε αυτό στηρίχτηκε σε χώρες του εξωτερικού .

Συγκεντρώθηκαν όλοι οι δυνατοί τρόποι εξευγενισμού του βιοαερίου και μελετήθηκαν σε βάθος οι συνθήκες που πρέπει να υφίστανται για μία τέτοια διαδικασία. Η χρήση που προορίζεται το βιοαέριο καθορίζει και τη μορφή και το επίπεδο επεξεργασίας που πρέπει να υποστεί προτού διατεθεί . Αναλύθηκαν οι τεχνικές απαιτήσεις, τα τεχνικά κριτήρια για τη δημιουργία ενός τέτοιος συστήματος αναβάθμισης (purification system) (6.1).

Στη συνέχεια αναλύθηκαν τα κόστη για μία τέτοια διαδικασία και δόθηκε ιδιαίτερη βάση στους παράγοντες που θα καθορίσουν τη λειτουργία και θα μορφοποιήσουν την τελική τιμή. Αναλόγως όπως είπαμε με τη χρήση που προορίζεται διαμορφώνεται αντίστοιχα και άλλη τιμή.

### 9.2.2 Έγχυση βιομεθανίου στο δίκτυο Φ.Α

Το βιοαέριο που μπορεί να οδηγηθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου πρέπει να έχει έρθει σε μορφή βιομεθανίου. Αυτό συνεπάγεται να έχει γίνει δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα σε ένα σύστημα αναβάθμισης καθώς και του απαραίτητου εμπλουτισμού του με ποσότητα μεθανίου για να φτάσει στα επίπεδα που απαιτούνται στην έγχυση.

Στην περίπτωση λοιπόν που αφορά το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, που είναι η έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου, καθοριστικοί παράγοντες είναι το μέγεθος της εγκατάστασης που απευθυνόμαστε καθώς και η απόσταση της μονάδας βιοαερίου από το διαθέσιμο δίκτυο προς σύνδεση ( 6.3).

Για να μπορέσουν να συγκεντρωθούν στοιχεία απαραίτητα για τις δυνατότητες της διαδικασίας διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου, μελετήθηκαν εφαρμογές σε χώρες του εξωτερικού που βρίσκονται σε λειτουργία, κατανοήθηκαν οι δυσκολίες που μπορούν να εμφανιστούν, οι τεχνικές απαιτήσεις για μία τέτοια σύνδεση.

Πληροφορίες για τη μορφοποίηση του συνολικού κόστους της διαδικασίας έγχυσης ήταν επίσης απαραίτητο να ερευνηθούν, ώστε να μπορέσουμε να έχουμε σφαιρική άποψη για τη διακύμανση των τιμών καθώς επίσης να έχουμε και ένα θεμέλιο για την υλοποίηση και πρόταση μας (6.4).

Όσον αφορά την ελληνική νομοθεσία σε αυτό το ζήτημα ο νόμος 4001/2011 καθορίζει τι γίνεται και τι υφίσταται για την εξέλιξη μίας τέτοιας διαδικασίας. Σύμφωνα με το **άρθρο 92,** η χρήση Συστημάτων Φυσικού Αερίου κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού επιτρέπεται και για τη διακίνηση βιοαερίου, αερίου που παράγεται από Βιομάζα και άλλων τύπων αερίων, εφόσον αυτή είναι δυνατή, από τεχνική άποψη και πληρούνται οι προδιαγραφές ασφάλειας, αφού ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις ποιότητας και τα χημικά χαρακτηριστικά των αερίων αυτών. Σύμφωνα με το **άρθρο 188** δίνεται προτεραιότητα σύνδεσης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο.

## 9.3 Εγκατάσταση ΧΥΤΑ και πληροφορίες δικτύου Φ.Α και δικτύου ηλεκτρισμού

Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 7.3 έπρεπε να αναλυθεί η μορφή και τα στοιχεία της εγκατάστασης ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων για την οποία κάνουμε την υλοποίηση μας. Περιγράφονται τα στοιχεία και οι συνθήκες λειτουργίας που βασιστήκαμε για τη μελέτη της κατάστασης μέσω των προσομοιώσεων που έγιναν.

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που μας δόθηκαν ( ισχύς της εγκατάστασης, ροή βιοαερίου κλπ) από τον υπεύθυνο της διαχείρισης του ΧΥΤΑ (ΒΕΑΛ) μπορέσαμε να βγάλουμε τις καμπύλες κατανάλωσης καυσίμου των μηχανών καθώς και να έχουμε στοιχεία για την υλοποίηση.

Εφόσον ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ευέλικτη διασύνδεση με το δίκτυο ηλεκτρισμού καθώς και με το δίκτυο φυσικού αερίου, έπρεπε να βρούμε στοιχεία για τις υπάρχουσες συνθήκες. Αναλύεται ο τρόπος και η τοποθεσία διασύνδεσης της εγκατάστασης με Υ/Σ της ΔΕΗ.

Όσον αφορά το διαθέσιμο δίκτυο φυσικού αερίου για διασύνδεση , καταλήξαμε στο ότι δεν υπάρχει ικανοποιητικό δίκτυο μεταφοράς και διανομής στην περιοχή εκείνη. Περιγράφονται εκτενέστερα στο κεφάλαιο 7.7.3 η υπάρχουσα κατάσταση του τοπικού δικτύου φυσικού αερίου.

## 9.4 Υλοποίηση και αποτελέσματα

Η υλοποίηση μας βασίστηκε στη δυνατότητα λειτουργίας του συγκεκριμένου εργοστασίου για συμμετοχή τόσο στην αγορά ηλεκτρισμού όσο και στην αγορά φυσικού αερίου. Έγινε ανάλυση μέσω διάφορων σεναρίων για το κέρδος που θα υπάρξει αν κάποιες ώρες το βιοαέριο αντί να διοχετευτεί σε μία μονάδα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μετέπειτα διοχέτευση στο δίκτυο ηλεκτρισμού, να αναβαθμιστεί και να οδηγηθεί στο δίκτυο φυσικού αερίου.

### 9.4.1 Υλοποίηση με τρέχον καθεστώς

Αρχικά υλοποιήσαμε και κάναμε εξαγωγή αποτελεσμάτων για τη λειτουργία της μονάδας βάσει του τρέχοντος καθεστώτος , χρησιμοποιώντας δηλαδή την τιμή ηλεκτρισμού βάσει του ν.3851/2010 (Feed-In Tariff) .Υπολογίσαμε την

ελάχιστη τιμή έγχυσης βιοαερίου για να προτιμηθεί έναντι της παραγωγής ηλεκτρισμού και διαμορφώσαμε κατάλληλα και με την προσαύξηση ανά $Nm^3$ λόγω επεξεργασίας αναβάθμισης και μεταφοράς.

Μέσω αυτής της τιμής και της τιμής ηλεκτρισμού FIT καταλήξαμε στην τιμή φυσικού αερίου ανά $Nm^3$ και ανά MWh που πρέπει να δώσει η ΕΠΑ στην ΒΕΑΛ προκειμένου να προμηθευτεί φυσικό αέριο. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε σε **43.41€/*MWh*** και σε σχέση λοιπόν με την τιμή προμήθειας της ΕΠΑ από τη ΔΕΠΑ που είναι **57.80695**$\frac{€}{MWh}$ φαίνεται το καθαρό κέρδος της ΕΠΑ από μία τέτοια κίνηση αγοράς. Σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν το διαχειριστή της εγκατάστασης (ΒΕΑΛ) τον συμφέρει μία τέτοια κίνηση εφόσον η ΕΠΑ μπορεί να προμηθεύεται ποσότητα φυσικού αερίου σε πιο χαμηλή τιμή από τη ΔΕΠΑ.

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση ευαισθησίας και για μία αντίστοιχη μονάδα βιοαερίου αλλά με μικρότερο μέγεθος εγκατεστημένης ισχύος που έχει άμεση επίπτωση σε διαφορετική τιμή FIT βάσει της νομοθεσίας. Η τιμή πώλησης φυσικού αερίου ανάγεται σε **48,69€/*MWh***, πάι σε μικρότερη τιμή λοιπόν από την τιμή της ΔΕΠΑ..

Ο διαχειριστής του ΧΥΤΑ Λάρισας με αυτά τα χρήματα αν δοθούν καλύπτει και το συνολικό κόστος επεξεργασίας του βιοαερίου σε φυσικό αέριο αλλά και έχει κέρδος που προτίμησε το δίκτυο ΦΑ από το εθνικό δίκτυο ηλεκτρισμού.

### 9.4.2 Υλοποίηση με τιμές αγοράς

Σε αυτό τον τρόπο υλοποίησης προχωρήσαμε λαμβάνοντας την Οριακή τιμή συστήματος (ΟΤΣ) για ολόκληρο το έτος 2011 σε μορφή excel αντί της τιμής FIT ηλεκτρισμού **99.45€/*MWh*** της προηγούμενης υλοποίησης.

Αρχικά έχοντας ως βάση τις τιμές αγοράς (ΟΤΣ) για ολόκληρο το έτος του 2011 μπορέσαμε να υπολογίσουμε την καμπύλη διάρκειας τιμών για να φανεί σε τι επίπεδα κυμαίνεται μέσα στη χρονιά η τιμή αγοράς/πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας.

#### *9.4.2.1 Μελέτη διαφοροποίησης εσόδων μεταξύ αποζημίωσης ΟΤΣ και FIT (μόνο για ηλεκτρισμό)*

Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα της υλοποίησης σε περίπτωση αποζημίωσης με τις τιμές αγοράς ο διαχειριστής χάνει χρήματα. Παρατηρήσαμε ένα ποσοστό μείωσης των κερδών της τάξεως του **27,9%.** Ως στόχος λοιπόν τέθηκε η ανάλυση και η επεξεργασία των τιμών για να έρθει το επίπεδο των χρημάτων και του κέρδους στο ίδιο επίπεδο με την περίπτωση αποζημίωσης με FIT.

#### *9.4.2.2 Μελέτη διαφοροποίησης εσόδων μεταξύ αποζημίωσης ΟΤΣ ( για ηλεκτρισμό και φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια του έτους) και σεναρίου 9.4.2.1*

Σε αυτήν εδώ την υλοποίηση αρχικά έγινε σύγκριση της τιμής FIT με τις ΟΤΣ και υπολογίστηκε το πλήθος ωρών που είναι μεγαλύτερη και μικρότερη η FIT τιμή από την ΟΤΣ. Στην περίπτωση μεγαλύτερης τιμής ΟΤΣ αποφασίζεται διοχέτευση στο δίκτυο ηλεκτρισμού και τις υπόλοιπες ώρες διοχέτευση στο δίκτυο Φ.Α.

Συνολικό ποσό είσπραξης σε αυτήν την περίπτωση λοιπόν για τον ιδιοκτήτη είναι: 1107202.037€

Σε σχέση λοιπόν, με την ετήσια αποζημίωση σε ΟΤΣ έχει ένα όφελος **28.54** % και με την ετήσια αποζημίωση σε FIT έχει ένα όφελος **0.9** % .

Ακολούθησαν σχολιασμός και γραφήματα παρουσίασης της συχνότητας έγχυσης φυσικού αερίου στο δίκτυο καθώς και της συνολικής ποσότητας διοχέτευσης. Τα γραφήματα αυτά φαίνονται στο κεφάλαιο 8.3.3.1.

#### *9.4.2.3 Μελέτη αποζημίωσης για οριακή τιμή διοχέτευσης ώστε να μην επηρεαστεί η καθαρή θέση σε σχέση με FIT*

Σκοπός αυτού του σεναρίου υλοποίησης ήταν αν υπολογιστεί η οριακή τιμή που καθορίζει πότε δε συμφέρει ο ηλεκτρισμός. Αυτό έγινε με τη μέθοδο trial and error ώστε ύστερα από κάποιες επαναλήψεις να καταλήξουμε στη βέλτιστη κατώτερη τιμή που θα ορίζει την κατάσταση.

Ξεκινήσαμε με βάση το ποσό του κέρδους που έχει ο διαχειριστής σε περίπτωση αποζημίωσης με ΟΤΣ αντί με FIT τις συγκεκριμένες ώρες που ορίζει η τιμή **99.45€/*MWh*** και το διαχωρίσαμε ισόποσα σα μείωση στις υπόλοιπες ώρες. Αυτό είχε αποτέλεσμα νέα οριακή τιμή στα **96.0727€/*MWh***. Αυτό πραγματοποιήθηκε άλλες δυο φορές έτσι όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 8.3.4.1 και καταλήξαμε σε τιμή **95.7724€/*MWh* .**

Στο υποκεφάλαιο 8.3.3.1 έγινε παρουσίαση έγχυσης φυσικού αερίου στην περίπτωση που διοχετεύουμε 7231 ώρες (λόγω τιμής ηλεκτρισμού **99.45€/*MWh*)**. Υπολογίστηκε η συνολική ποσότητα διοχέτευσης σε **2432133.834Nm$^3$.**

Στο υποκεφάλαιο 8.3.4.1 έγινε παρουσίαση έγχυσης φυσικού αερίου στην περίπτωση που διοχετεύουμε 6729 ώρες (λόγω τιμής ηλεκτρισμού **95.7724€/*MWh* .**). Υπολογίστηκε η συνολική ποσότητα διοχέτευσης σε **2263287.038Nm$^3$.**

Συνεπώς παρατηρείται ότι η διοχέτευση μειώθηκε συνολικά γύρω στο **6.94%** με μείωση στα συνολικά Nm$^3$ κατά **168846.796Nm$^3$**.

Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα φαίνονται καλύτερα τα αποτελέσματα:

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και m$^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Feed-in tariff | 8760 | **2946410.232Nm$^3$** | 831506.43€ | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| ΟΤΣ+Όμοια τιμή Φ.Α με feed-in | 7231 | **2432133.834Nm$^3$** | **895.728,0124€** | $\mathbf{0.4888}\frac{€}{Nm^3}$ **42.5€/MWh** |
| ΟΤΣ+όμοια οικονομική θέση με feed-in | 6729 | **2263287.038Nm$^3$** | 871182€ | $\mathbf{0.4888}\frac{€}{Nm^3}$ **42.5€/MWh** |

#### *9.4.2.4 Μεταβολή εσόδων σύμφωνα με τις ακραίες τιμές αγοράς ηλεκτρισμού*

**<u>Μέγιστη τιμή ΟΤΣ</u>**

Αρχικά θελήσαμε να βρούμε σε ποια περίπτωση συμφέρει τη ΒΕΑΛ να διοχετεύει μόνο στο δίκτυο φυσικού αερίου. Όπως υπολογίσαμε θα συνέφερε τον διαχειριστή του εργοστασίου πάντα να διοχετεύει στο δίκτυο Φ.Α ,αν μέσω της μέγιστης τιμής αγοράς ηλεκτρισμού που υπάρχει στο σύστημα υπολογιζόταν η τιμή ανά κυβικό φυσικού αερίου και αυτή η τιμή λοιπόν μπορούσε να του αποζημιώσει όλα τα επιμέρους κόστη επεξεργασίας.

Ξεκινώντας λοιπόν από τη μέγιστη τιμή ηλεκτρισμού ΟΤΣ , υπολογίσαμε τη μέγιστη τιμή βιοαερίου και εν τέλει καταλήξαμε στην τιμή φυσικού αερίου που βρέθηκε να είναι $\mathbf{48.83€/MWh}$ και $\mathbf{0.56155}\frac{€}{Nm^3}$ **.**

**Ελάχιστη τιμή ΟΤΣ**

Αρχικά θελήσαμε να βρούμε σε ποια περίπτωση συμφέρει τη ΒΕΑΛ να διοχετεύει μόνο στο δίκτυο ηλεκτρισμού. Από τον πίνακα ΟΤΣ για το έτος 2011 η ελάχιστη τιμή ηλεκτρισμού είναι 29.8940€/$MWh$. Για να με συμφέρει να παράγω μόνο ηλεκτρισμό σημαίνει ότι από αυτήν την τιμή και πάνω δεν ασχολούμαι καθόλου με φυσικό αέριο, παρά μόνο με το δίκτυο ηλεκτρισμού.

Στη συνέχεια κάναμε αναγωγή να δούμε σε τι τέλη διοχέτευσης αναλογεί για το φυσικό αέριο. Υπολογίσαμε ότι είναι $\mathbf{0.2924}\frac{€}{Nm^3}$ , **25.426€/MWh .** Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διαφορά στην τιμή φυσικού αερίου καθώς και στα κέρδη της ΒΕΑΛ.

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| ΟΤΣ μέγιστη | 8760h στο δίκτυο Φ.Α | **2946410.232Nm$^3$** | 1054924.32€ | $\mathbf{0.56155}\frac{€}{Nm^3}$ **48.83€/MWh** |
| ΟΤΣ ελάχιστη | 8760h στο δίκτυο ηλεκτρισμού | - | 628154.88€ | $\mathbf{0.2924}\frac{€}{Nm^3}$ **25.426€/MWh** |

Παρατηρούμε σχεδόν μια διπλάσια τιμή για το φυσικό αέριο στην περίπτωση της μέγιστης ΟΤΣ.

### 9.4.3 Μεταβολή εσόδων με βάση την τιμή διοχέτευσης στο δίκτυο Φ.Α

Στόχος της υλοποίησης αυτής ήταν η αντίστροφη διαδικασία ώστε να καταλήξουμε στην τιμή βιοαερίου και εν τέλει στην τιμή ηλεκτρισμού κάτω από την οποία μας συμφέρει η διοχέτευση στο δίκτυο φυσικού αερίου, υπό δεδομένες τιμές φυσικού αερίου.

**Με βάση τιμολόγιο ΕΠΑ**

Ξεκινήσαμε με το τιμολόγιο της ΕΠΑ (ισχύς Ιουλίου-Σεπτεμβρίου) και υπολογίσαμε την ελάχιστη αξία που πρέπει να έχει το βιοαέριο για να το συζητάμε να πάμε στη διοχέτευση του δικτύου του καθώς και στην αντίστοιχη τιμή ηλεκτρισμού. Στη συνέχεια θα βρέθηκαν οι ώρες που αναμένεται να συμβεί αυτό, ώστε να μην δίνουμε στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά να τροφοδοτείται η ΕΠΑ.

**Με βάση τιμολόγιο Δανίας**

Ξεκινήσαμε με την τιμή διοχέτευσης που ορίζει ολοκληρωμένα η Δανία και υπολογίσαμε την ελάχιστη αξία που πρέπει να έχει το βιοαέριο για να το συζητάμε να πάμε στη διοχέτευση του δικτύου του καθώς και στην αντίστοιχη τιμή

ηλεκτρισμού. Στη συνέχεια θα βρέθηκαν οι ώρες που αναμένεται να συμβεί αυτό, ώστε να μην δίνουμε στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά να τροφοδοτείται η ΕΠΑ.

Υπολογίστηκαν και παρουσιάστηκαν γραφήματα τα οποία δείχνουν τη συχνότητα και ποσότητα διοχέτευσης στο κεφάλαιο 8.4.2.1 .

Συγκριτικά οι τιμές των δύο περιπτώσεων άνωθεν εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα:

| Σενάριο | Ώρες διοχέτευσης | Συνολική ποσότητα διοχέτευσης | Έσοδα ΒΕΑΛ | Τιμή Φυσικού αερίου (/MWH και $m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Feed in Tariff | 8760 στο δίκτυο ηλεκτρισμού | - | **871182€** | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| Οριακή τιμή ηλεκτρισμού η τιμή FIT | 1529 στο δίκτυο ηλεκτρισμού 7231 στο δίκτυο Φ.Α | **2432133.834Nm$^3$** | 1107202.037€ | $\mathbf{0.4924}\frac{€}{Nm^3}$ **43.41€/MWh** |
| Με βάση τιμολογίου Δανίας | 5002 στο δίκτυο ηλεκτρισμού 3758 στο δίκτυο Φ.Α | **1263996.536Nm$^3$** | **708.118,065€** | $\mathbf{0.403}\frac{€}{Nm^3}$ **35.04€/MWh** |
| Τιμολόγιο ΕΠΑ Αττικής | 8760 στο δίκτυο Φ.Α | **2946410.232Nm$^3$** | 1359082.257€ | $\mathbf{0.66478}\frac{€}{Nm^3}$ **57.80695€/MWh** |

Παρατηρούμε από το παραπάνω πίνακα ότι η τιμή που προμηθεύεται η ΕΠΑ στην παρούσα φάση το φυσικό αέριο είναι η πιο υψηλή. Τα έσοδα της ΒΕΑΛ είναι περισσότερα στην περίπτωση που ως οριακή τιμή για παραγωγή ηλεκτρισμού παίρνουμε την τιμή FIT.

### 9.4.4 Μελέτη διοχέτευσης στο δίκτυο φυσικού αερίου αντί για πυρσό καύσης

Οι εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης μπορεί να είναι σε κάποια απόσταση από το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου, οπότε να απαιτείται σημαντικό κόστος αγωγών. Σε αυτήν την περίπτωση το βιοαέριο καίγεται σε πυρσούς καύσης για να μην εκλυθούν βλαβερά μίγματα αερίων στην ατμόσφαιρα.

Η συγκεκριμένη διαδικασία γίνεται μέχρι και τώρα στο ΧΥΤΑ Λιοσίων , όπου υπάρχουν τρεις πυρσοί καύσης διαφορετικής δυναμικότητας. Σε αυτό το σημείο για να δούμε για να δούμε τι θα έπρεπε να πληρωθεί η ΒΕΑΛ για να αποφασίσει να διοχετεύσει στο δίκτυο αντί στον πυρσό καύσης υπολογίσαμε παίρνοντας για τον μικρό πυρσό 500Nm$^3$.

Βρήκαμε ότι η τιμή που αντιστοιχεί για 1 MWh φυσικού αερίου είναι 17.7 €/MWh. Παρατηρούμε ότι η τιμή αυτή είναι ιδιαιτέρως χαμηλή και για αυτό το λόγο χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση των συνθηκών και των διαδικασιών για την έγχυση βιοαερίου αντί σε πυρσό σε δίκτυο φυσικού αερίου

## 9.5 Προτάσεις για περαιτέρω ανάλυση

### 9.5.1 Προτάσεις για την ανάπτυξη αγοράς βιοαερίου και εξέλιξη νομοθεσίας

Μερικές προτάσεις για την ανάπτυξη αγοράς βιοαερίου στην Ελλάδα μέσω της άρσης εμποδίων της αδειοδοτικής διαδικασίας είναι οι ακόλουθες:

- Ανάδειξη των πλεονεκτημάτων της αξιοποίησης βιοαερίου , δημιουργώντας ένα φιλικό περιβάλλον για τις επενδύσεις βιοαερίου
- Ενδυνάμωση της Υπηρεσίας Εξυπηρέτησης Επενδυτών για έργα ΑΠΕ του ΥΠΕΚΑ για την αποσαφήνιση ,, συντονισμό, απλοποίηση και συντόμευση της αδειοδοτικής διαδικασίας
- Το θεσμικό πλαίσιο θα πρέπει να βελτιωθεί και να απλοποιηθεί περαιτέρω
- Χωροταξικός σχεδιασμός για έργα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο

### 9.5.2 Πρόταση συνεργασίας

Ένα ενδιαφέρον ζήτημα θα ήταν η συνεργασία του διαχειριστή εγκατάστασης ΒΕΑΛ με την εταιρεία παροχής αερίου ΕΠΑ , με στόχο την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του βιοαερίου που παράγεται στη μονάδα και του ενεργειακού περιεχομένου. Αποτέλεσμα που θα έφερνε αυτή η συνεργασία θα μπορούσε να έχει οικονομικό όφελος και για τις δύο εταιρείες και από τη σκοπιά του περιβαλλοντικού ζητήματος θα είχαμε μείωση της ζήτησης φυσικού αερίου που έχει φτάσει και αναμένεται ακόμα περισσότερο αν δε ληφθούν κάποια μέτρα σε σημείο κορεσμού. Το περιβαλλοντικό ζήτημα επίσης έχει και τη σκοπιά της έκλυσης βλαβερών μιγμάτων αερίων στην ατμόσφαιρα από την ανεκμετάλλευτη αναερόβια χώνευση απορριμμάτων.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΝΑΦΟΡΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


[1] Νομοθετικό πλαίσιο από ΑΠΕ & Συμπαραγωγή http://www.rae.gr/old/SUB2/2_4.htm

2 Στατιστικά στοιχεία από ΔΕΗ και ΛΑΓΗΕ

3 H.Lee Willis, Walter G.Scott,"*Distributed Power Generation, Planning and Evaluation*", Marcel Dekker Edn.2000

4 Dondi, P, Bayoumi, D, Haederli, C, Julian, D, Suter, M,"Network integration of distributed power generation". *J. of Power Sources* 106, 1–9,2002

5 Ackermann, T, Andersson, G. Soder, L. "Distributed generation:a definition". *J. Electric Power Systems Research*,Vol 57,pp 195–204, 2001.

6 Douglas E. King, "Electric Power Micro-grids: Opportunities and Challenges for an Emerging Distributed Energy Architecture", Phd Dissertation, Carnegie Mellon University, May 2006

7 Gil, H.A.; Joos, G., **"**On the Quantification of the Network Capacity Deferral Value of Distributed Generation", *IEEE Trans. on Power Systems,* Vol 21, Issue 4, Nov. 2006 pp:1592 - 1599

8 Evans, P. (2005). "Optimal Portfolio Methodology for Assessing Distributed Energy Resources Benefits for the Energynet." *PIER Consultant Report # CEC 500-2005-096*. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research. Los Altos Hills, CA.

9 Δημέας Άρης –Ευάγγελος, «*Συμβολή στον κατανεμημένο έλεγχο συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας με μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής στην χαμηλή τάση*», Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ηλεκτρολόγων μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ), ΕΜΠ, Ιούνιος 2006, Επιβλέπων Ν.Χατζηαργυρίου.

10 Joos, G., B.T. Ooi, D. McGillis, F.D. Galiana, and R. Marceau "The Potential of DistributedGeneration to Provide Ancillary Services". *Proc of the IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, Vol. 3, July 2000, pp. 1762-1767.

11 Carlson, A., B. Hedman (2004). "Assessing the Benefits of On-Site Combined Heat and Power During the August 14, 2003 Blackout." Energy and Environmental Analysis, Inc. report prepared for Oak Ridge National Laboratories. Arlington, VA.

12 Poore, W.P., T.K. Stovall, B.J. Kirby, D.T. Rizy, J.D. Kueck, J.P. Stovall (2002). "Connecting Distributed Energy Resources to the Grid: Their benefits to the DER owner/customer, the utility, and society." ORNL Report # ORNL/TM-2001/290. Oak Ridge National Laboratory.Oak Ridge, TN.

13 ΕΥΔΑΠ Α.Ε, διαθέσιμο www.eydap.gr

14 Ένωση Ελλήνων Βιομηχάνων Ηλιακής Ενέργειας www.ebhe.gr

[15] Μελέτη, προσομοίωση και βελτιστοποίηση λειτουργίας ηλιοθερμικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κεντρική Ελλάδα, Γκοράκης Αντώνιος 2012

16 Χ.Αλεβίζος, «*Η επίδραση ταμιευτήρα μικρής χωρητικότητας στην απόδοση μικρών ΥΗΕ*», Διπλωματική εργ. ,Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ επίβλεψη Δ.Παπαντώνης, Ιούνιος 2001.

17 ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε., Μηνιαία Δελτία Α.Π.Ε., διαθέσιμο: http://www.desmie.gr/ape-sithya/miniaia-deltia-ape/ .

18 T. J. T.Whittaker, S. J. McIwaaine, S. Raghunathan, "A review of the Islay shoreline wave power station," *in Proc. Eur. Wave Energy Symp*.,1993, pp. 283–288.

19 R.G. Alcorn, W.C. Beattie,"Control Strategy Development For Remote Wave-Power Stations Based On The Limpet Device", Διαθέσιμο, http://www.wavegen.co.uk

20 Moreira, C. L.; Resende, F. O.; Lopes, J. A. P.; "Using Low Voltage MicroGrids for Service Restoration " *IEEE Trans on Power Systems* Vol. 22, Issue 1, Feb. 2007 pp:395 – 403.

[21] Διπλωματική εργασία με τίτλο ***Προσέγγιση των κτιρίων της Πολυτεχνειούπολης ως μικροδίκτυο*** *του Απόστολου Παφίλη.*

22 http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/901-increase-utilization-of-solid-biomass-in-europe

[23] http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biomass/901-increase-utilization-of-solid-biomass-in-europe

[24] Συστήματα Θέρμανσης ree_trofit 2012

25 http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf

[26] Άρθρο 3 του ν. 3054/2002 (ΦΕΚ 230 Α΄)

[27] http://www.opekepe.gr/

[28] Συνέντευξη γενικού διευθυντή της ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΑΕ, Ιάκωβος Σαρηγιάννης.

29 http://www.neaenergia.gr/index.php/eidiseis/biokaisima/anoigei-o-dromos-gia-paragogi-kai-diathesi-bioaithanolis.html

30 http://agroenergy.gr/en/content/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B5%CF%82-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE-%CF%85%CE%B3%CF%81%CF%8E%CE%BD-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%B1%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BD

31 http://www.lignite.gr/events/ANKO_florina.pdf

32 http://www.econews.gr/2012/01/09/dei-ananewsimes-viomaza/

33 http://www.certh.gr/dat/CBC456E0/file.pdf

34 http://www.inbiom.dk/download/viden_biomasse/halmpjeceuk_2011.pdf

35 https://www.chania.teicrete.gr/docs/fp/vourdoubas/10.pdf, http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=9367

36 http://portal.kathimerini.gr/4Dcgi/4dcgi/_w_articles_kathglobal_1_10/10/2011_410132

37 Διδακτορική διατριβή Αντώνιος Τσικαλάκης

39 http://www.3comma14.gr/pi/?survey=6722

40 http://www.minoapediadas.gr/files/items/1/1011/tehniki_perigrafi-tehnikes_prodiagrafes.pdf?rnd=1311057954

41 Βιοκαύσιμα διημερίδα ΤΕΕ κεντρικής Μακεδονίας (Νοέμβριος 2006)

42 http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biogas/37-biogas-plants-construction-installation

43 http://www.biomassenergy.gr/articles/technology/biogas/367-epidrasi-thermokrasia-bioaerio-temperature-effect-on-biogas-production

44 http://www.bigeast.org/.

45 http://www.lemvigbiogas.com/GR.htm

46 http://www.biomassenergy.gr/articles/news/c100-biogas/140-italy-ndash-a-biogas-boom

47 IEE Project "BiogasIN" 28 Regional biogas positioning papers

48 Κωνσταντίνος Βεργανελάκης ΒΕΑΛ 2011

49 Στοιχεία ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε

50 Υπουργείο ανάπτυξης 2008

51 Elites in Finnish energy policy and biogas as a motor vehicle fuel(Master Thesis), Liisa Mcdermott

52 http://www.biomassenergy.gr/articles/news/c100-biogas/446-delhi-buses-to-run-on-biofuel

53 http://iprojectideas.blogspot.gr/2012/03/bio-gas-powered-vehicle.html

54 http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public/documents/application_notes-tech._briefs/d301334x012.pdf?&xBusinessUnit=Remote%20Automation%20Solutions

55 http://www.rhincentive.co.uk/

56 ΦΕΚ 236 Β' 26/3/97)

57 Sustainable conservation site http://suscon.org

58 http://www.biomassenergy.gr/articles/news/c100-biogas/48-centralized-biogas-plant-feeds-the-natural-gas-pipeline-with-renewable-fuel-in-canada

59 http://www.3comma14.gr

60 Κείμενο:Π.Πουλόπουλος Πηγή: Δελτίο Πανελληνίου Συλλόγου Χημικών Μηχανικών, τεύχος Νο 178

61 Για περισσότερες πληροφορίε για τα πλοία LNG : www.nautilia.gr

62 http://www.energypress.gr/news/depa/Rekor-zhthshs-gia-fysiko-aerio-to-2011

63 http://www.depa.gr/content/article/002003006/160.html

64 European Biomass Industry Association διαθέσιμο www.eubia.org