

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ- ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ  
ΒΙΟΜΑΖΑΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΗΤΣΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΓΙΑΝΝΙΣΟΠΟΥΛΟΣ ΜΑΡΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (Π.Υ)**

**ΠΑΤΡΑ 2017**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην κάλυψη του κενού που υφίσταται για την ανάδειξη της θετικής συμβολής των ΑΠΕ όχι μόνο στον ενεργειακό τομέα, αλλά και στον οικονομικό, τον κοινωνικό και τον περιβαλλοντικό. Η εξάντληση των ορυκτών καυσίμων σε συνδυασμό με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος που επικρατεί παγκοσμίως, έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια στη διαμόρφωση μιας νέας ενεργειακής πολιτικής, τόσο σε διεθνές όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στο πλαίσιο της νέας αυτής ενεργειακής πολιτικής δημιουργούνται ενδιαφέρουσες προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

Σημαντικός τομέας των ΑΠΕ με περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για το μέλλον, είναι εκείνος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην αρχή γίνεται αναφορά-μελέτη όλων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι δυνατότητες τους αξιοποιήσεις τους ενεργειακά. Στην συνέχεια αναπτύσσονται αναλυτικότερα (πρώτες ύλες, τεχνολογίες, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) η ηλιακή ενέργεια και η ενέργεια από βιομάζα. Επιπλέον γίνεται μελέτη της καταμεμημένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι μια νέα ιδέα στην οικονομική βιβλιογραφία της αγοράς του ηλεκτρισμού. Τέλος μελετώνται τα ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος και τα έξυπνα δίκτυα και οι μελλοντικές τάσεις.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε, τον Πανεπιστημιακό Υπότροφο κ. Ανδρέα Βούρο επιβλέποντα καθηγητή μας του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την ουσιαστική και εποικοδομητική παρακολούθηση και συνεργασία σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας. Ιδιαίτερα, για τη διαρκή βοήθεια, καθοδήγηση, ανάλυση και για τις επιστημονικές του υποδείξεις για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειες μας, για την οικονομική και ηθική υποστήριξη όλων αυτών των χρόνων. Με τη βοήθεια τους, πραγματοποιήθηκαν πολλά.

Νικόλαος Μήτσης  
Μάριος Γιαννισόπουλος

Οκτώβριος 2016

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής  
(Ονοματεπώνυμο)

.....

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας όλες οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας, που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν.

Η ενέργεια αποτελεί κομβικό σημείο στο θέμα της ανάπτυξης, επειδή ακριβώς αλληλεπιδρά και με τους τρεις βασικούς άξονές της: την κοινωνία, το περιβάλλον και την οικονομία. Η κοινωνική διάσταση της ενέργειας προσδιορίζεται από το γεγονός ότι η ενέργεια αποτελεί προϋπόθεση άνετης και αξιοπρεπούς διαβίωσης, ενώ η έλλειψή της παράγοντα κοινωνικής ανισότητας ιδιαίτερα σε χώρες του τρίτου κόσμου. Στον τομέα του περιβάλλοντος είναι περισσότερο από προφανής η σημαντική περιβαλλοντική πίεση από κάθε είδους ενεργειακές δραστηριότητες. Τέλος στον τομέα της οικονομίας η ενέργεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα μακροοικονομικής ανάπτυξης. Έτσι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα στις μέρες μας είναι η απουσία πρόσβασης σε καθαρή και αξιόπιστη ενέργεια που είναι απαραίτητη για βασικές ανάγκες.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάλυση της λειτουργίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ειδικότερα της ηλιακής ενέργειας και της βιομάζας στον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, στην επίπτωσή τους στην αξιοπιστία συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και στην ανάπτυξη έξυπνων δικτύων.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά Κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις μεθόδους μετατροπής τους σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται πλήρη μελέτη και ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση των ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων. Ακολουθεί η μελέτη του φωτοβολταϊκού φαινομένου, των φωτοβολταϊκών συστημάτων (όπου έχουν την δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική), το παγκόσμιο επενδυτικό τους ενδιαφέρον και το τι συμβαίνει στην χώρα μας. Τέλος αναλύονται τα μονο- και πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια και τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων έναντι των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Γίνεται μια εισαγωγή και δίνεται ο ορισμός της βιομάζας. Λόγω της πολυμορφίας της βιομάζας είναι απαραίτητη μία ταξινόμηση των διαφόρων μορφών της με βάση την πηγή προέλευσης έτσι ώστε να γίνει καλύτερη η μελέτη της. Στην συνέχεια παρατίθενται οι πολλές εφαρμογές της βιομάζας όπως, την παραγωγή βιοκαυσίμων, την παραγωγή ηλεκτρισμού, την παραγωγή θερμότητας και ατμού και την παραγωγή αερίου καυσίμου όπου γίνεται πλήρης ανάπτυξη τους. Επιπλέον αναφέρονται και μελετώνται οι κύριες ιδιότητες της και η χρήση της ως βιοκαύσιμα. Ακόμη γίνεται ανάλυση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα μέσω των υπαρχόντων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

τεχνολογιών. Τέλος συνοψίζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της βιομάζας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάται η κατανεμημένη παραγωγή όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από πολλές μικρές πηγές ενέργειας. Αυτή η μορφή παραγωγής ενέργειας αποτελεί μια νέα ιδέα στην οικονομική βιβλιογραφία της αγοράς του ηλεκτρισμού, αλλά στην πραγματικότητα ως ιδέα είναι κάθε άλλο παρά καινούργια. Παρουσιάζεται ο ορισμός της κατανεμημένης παραγωγής (ΚΠ) και όλα τα επιπλέον στάδια που περιλαμβάνει όπως ο σκοπός της παραγωγής, η τοποθεσία της παραγωγής, το μέγεθος των μονάδων παραγωγής κ.τ.λ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο μελετάται η ανάγκη για επεξεργασία και έλεγχο της ηλεκτρικής ροής όπου γίνεται με τα ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος. Γίνεται ανάπτυξη των ειδών μετατροπών ισχύος και η εφαρμογή τους σε αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα. Τέλος παρουσιάζονται τρόποι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα έξυπνα δίκτυα όπου είναι μια έννοια δυναμικής διαδραστικής υποδομής πραγματικού-χρόνου που καλύπτει τα οράματα των ποικίλων εμπλεκόμενων φορέων των συστημάτων ενέργειας. Γίνεται ανάπτυξη των προκλήσεων και των στόχων για το έξυπνο δίκτυο. Επιπλέον μελετώνται τα χαρακτηριστικά και τα εμπόδια που αντιμετωπίζει το έξυπνο δίκτυο. Τέλος γίνεται αναφορά πως είναι τώρα η κατάσταση και οι μελλοντικές τάσεις.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθενται τα σπουδαιότερα συμπεράσματα της μελέτης. Από την μελέτη των Φ/Β συστημάτων προκύπτει ότι δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος, είναι συνολικά μη ρυπαντικά και δεν απαιτούν πολύ συντήρηση και έχουν τα κύτταρα που διαρκούν για δεκαετίες. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτεί μια εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει. Επίσης δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί κάποιος ξεχωριστός χώρος μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση κ.τ.λ.. Τέλος σε σύγκριση με άλλες ΑΠΕ δεν έχει κινούμενα μέρη τα οποία απαιτούν συντήρηση, καθώς είναι και θορυβώδης διαδικασία. Από την άλλη μεριά ο ηλεκτρισμός από βιομάζα είναι μια άλλη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας και μπορεί να φέρει τη σφραγίδα του «πράσινου καυσίμου». Δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς αυτό που παράγει δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα από τα φυτά, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος και η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή αυξάνει: την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές, τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και κατα συνέπεια τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Με την χρήση της κατανεμημένης ενέργειας και του έξυπνου δικτύου γίνεται ένας συνδυασμός όλων των τεχνολογιών για το μέγιστο επιθυμητό αποτέλεσμα στην παραγωγή κατανομή και αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθεται η βιβλιογραφία όπου έγινε συλλογή στοιχείων από το διαδίκτυο, την ελληνική και κυρίως τη διεθνή βιβλιογραφία που αφορούσαν τις υφιστάμενες μορφές ΑΠΕ.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	ii
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	iv
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	vi
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
<b>1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	
<b>1.1</b> Εισαγωγή.....	3
<b>1.2</b> Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	6
<b>1.3</b> Αρχή ανανεώσιμων πηγών (ΑΠΕ) .....	8
<b>1.3.1</b> Γεωθερμική ενέργεια.....	8
<b>1.3.2</b> «Κυματική» θαλάσσια ενέργεια.....	17
<b>1.3.3</b> Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	23
<b>1.3.4</b> Υδρογόνο.....	30
<b>1.3.5</b> Αιολική ενέργεια .....	34
<b>2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b>	
<b>2.1</b> Εισαγωγή.....	45
<b>2.2</b> Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	46
<b>2.3</b> Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	48
<b>2.4</b> Φωτοβολταϊκά συστήματα .....	50
<b>2.5</b> Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	53
<b>2.6</b> Φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελλάδα .....	54
<b>2.7</b> Παγκόσμιο επενδυτικό ενδιαφέρον.....	56
<b>2.8</b> Μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια.....	58
<b>2.9</b> Πλεονεκτήματα Φ/Β συστημάτων έναντι μη ανανεώσιμων πηγών.....	62
<b>3 ΒΙΟΜΑΖΑ</b>	
<b>3.1</b> Εισαγωγή και ορισμός.....	64

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

<b>3.2</b>	Πρώτες ύλες βιομάζας.....	68
	<b>3.2.1</b> Υπολείμματα δασικού τομέα.....	69
	<b>3.2.2</b> Γεωργικά υπολείμματα.....	69
	<b>3.2.3</b> Ενεργειακές καλλιέργειες.....	71
	<b>3.2.4</b> Ζωικά απόβλητα.....	72
	<b>3.2.5</b> Αστικά στερεά απορρίμματα.....	72
	<b>3.2.6</b> Βιομηχανικά απορρίμματα.....	73
	<b>3.2.7</b> Αστικά λύματα.....	74
<b>3.3</b>	Εφαρμογές της Βιομάζας.....	77
<b>3.4</b>	Κύριες ιδιότητες της βιομάζας.....	78
	<b>3.4.1</b> Θερμογόνος δύναμη.....	78
	<b>3.4.2</b> Πυκνότητα.....	79
	<b>3.4.3</b> Περιεκτικότητα σε υγρασία.....	79
	<b>3.4.4</b> Περιεκτικότητα σε τέφρα.....	79
<b>3.5</b>	Δυναμικό βιομάζας.....	80
<b>3.6</b>	Βιοκαύσιμα.....	85
	<b>3.6.1</b> Ταξινόμηση βιοκαυσίμων.....	85
	<b>3.6.2</b> Διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμου.....	86
	<b>3.6.3</b> Βιοαιθανόλη.....	87
	<b>3.6.4</b> Βιοντίζελ.....	88
<b>3.7</b>	Θερμοδυναμική προσέγγιση κύκλου για ηλεκτροπαραγωγή.....	89
<b>3.8</b>	Οργανικός Κύκλος Rankine.....	91
	<b>3.8.1</b> Επιλογή εργαζόμενου μέσου κύκλου ORC.....	91
	<b>3.8.2</b> Αρχή λειτουργίας κύκλου ORC.....	92
	<b>3.8.3</b> Επιδόσεις μονάδας ORC.....	94
	.....	95
<b>3.9</b>	Σύγκριση κύκλου ORC και απλού κύκλου .....	97
<b>3.10</b>	Τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας για ηλεκτρική ενέργεια.....	97
	<b>3.10.1</b> Καύση.....	99
	<b>3.10.2</b> Πυρόλυση.....	100
	<b>3.10.3</b> Αεριοποίηση .....	101

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

3.10.4	Αναερόβια χώνευση.....	105
3.10.5	Ατμοστρόβιλοι.....	105
3.10.6	Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).....	106
3.10.7	Αεριοστρόβιλοι .....	108
3.10.8	Μικροτουρμπίνες.....	109
3.10.9	Καύση –Stirling.....	112
3.10.10	Κυψελίδες-κυψελίδες καυσίμων (fuel cells).....	113
3.11	Αξιοποίηση βιομάζας σε συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.....	119
3.12	Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της βιομάζας .....	121
4	<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ</b>	
4.1	Εισαγωγή.....	123
4.2	Ορισμός της Κατανεμημένης Παραγωγής ( ΚΠ ) .....	124
4.2.1	Ο σκοπός της παραγωγής .....	126
4.2.2	Η τοποθεσία της παραγωγής .....	126
4.2.3	Το μέγεθος των μονάδων παραγωγής	126
4.2.4	Χρησιμοποιούμενη τεχνολογία .....	127
4.2.5	Ιδιοκτησιακό καθεστώς .....	128
4.2.6	Επιδράσεις στο περιβάλλον .....	128
4.2.7	Διείσδυση της ΚΠ .....	130
5	<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ</b>	
5.1	Εισαγωγή και ορισμός.....	131
5.2	Είδη μετατροπών ισχύος.....	132
5.2.1	Μετατροπείς DC-AC ή Αντιστροφείς (Inverters) .....	132
5.2.2	Μετατροπείς AC-DC ή Ανορθωτές (Rectifiers) .....	132
5.2.3	Μετατροπείς DC-DC (Converters) .....	132
5.2.4	Μετατροπείς AC-AC (Cycloconverters) .....	133
5.2.5	Μετατροπείς με βάση τον τρόπο μετάβασης των διακοπτικών στοιχείων.....	133
5.2.6	Εφαρμογές μετατροπών ισχύος στις ΑΠΕ .....	133
5.3	Ανάπτυξη ηλεκτρονικών μετατροπών σε αιολικά συστήματα...	134
5.3.1	Λειτουργία Σταθερών Στροφών-Σταθερής Συχνότητας	134



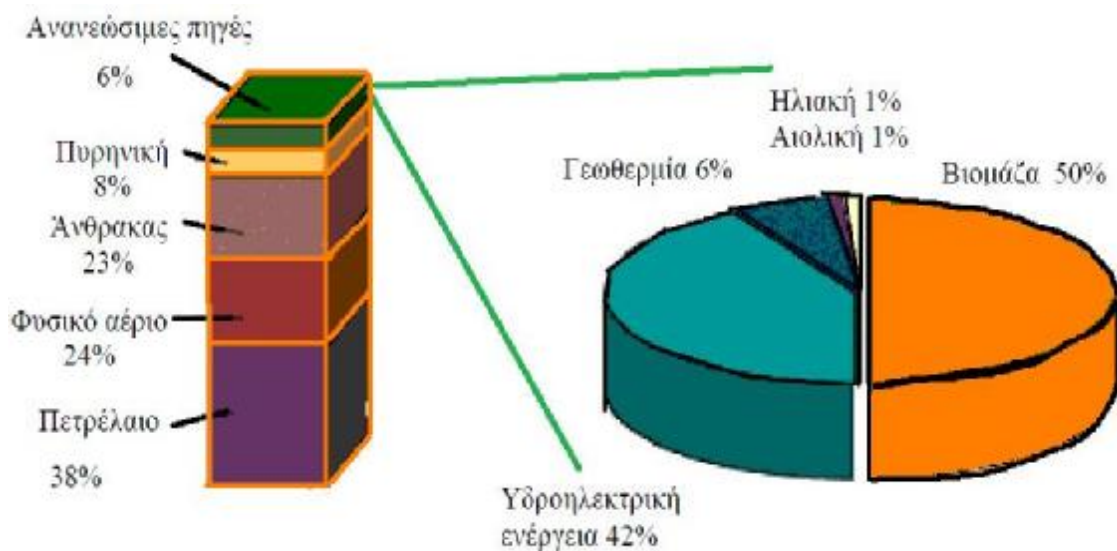
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

	(ΣΣΣΣ) . . . . .	
	<b>5.3.2</b> Λειτουργία Μεταβλητών Στροφών-Σταθερής Συχνότητας (ΜΣΣΣ). . . . .	134
<b>5.4</b>	Ανάπτυξη ηλεκτρονικών μετατροπέων σε φωτοβολταϊκά συστήματα. . . . .	135
	<b>5.4.1</b> Ηλεκτρονικοί μετατροπείς στα Φ/Β πλαίσια. . . . .	135
<b>5.5</b>	Τρόποι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. . . . .	136
	<b>5.5.1</b> Ηλεκτρικοί συσσωρευτές . . . . .	137
<b>6</b>	<b>ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ</b>	
<b>6.1</b>	Έξυπνο δίκτυο και ΑΠΕ. . . . .	139
<b>6.2</b>	Ιστορικό και Ορισμοί. . . . .	140
<b>6.3</b>	Προκλήσεις και στόχοι για το έξυπνο δίκτυο. . . . .	141
<b>6.4</b>	Χαρακτηριστικά έξυπνου δικτύου. . . . .	143
<b>6.5</b>	Εμπόδια στο έξυπνο δίκτυο. . . . .	144
<b>6.6</b>	Εξέταση ενεργητικής διαχείρισης δικτύων διανομής: Πως είναι τώρα η κατάσταση και μελλοντικές τάσεις	145
	<b>6.6.1</b> Ενεργή διαχείριση της διανομής για την μελλοντική γενιά των DNS . . . . .	145
	<b>6.6.2</b> Πλαίσιο ενεργητικής διαχείρισης των δικτύων διανομής	146
<b>7</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> . . . . .	147
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> . . . . .	149

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η ενεργειακή απαίτηση σε παγκόσμια κλίμακα γίνεται συνεχώς μεγαλύτερη, ως φυσικό επακόλουθο της κατακόρυφης ανόδου του βιοτικού επιπέδου των λαών. Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται από την χρήση ορυκτών καυσίμων, όπως είναι το πετρέλαιο, ο γαιάνθρακας και το φυσικό αέριο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1, οι ενεργειακές απαιτήσεις του έτους 2004 καλύφθηκαν σε ποσοστό 38% από το πετρέλαιο, κατά 24% από το φυσικό αέριο, κατά 23% από τον γαιάνθρακα, η πυρηνική ενέργεια συνεισέφερε σε ποσοστό 8%, ενώ μόλις το 6% των ενεργειακών αναγκών καλύφθηκε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική και η γεωθερμική ενέργεια, καθώς και η βιομάζα. Η ενέργεια που παράγεται μέσω της βιομάζας αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό (50%) της ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά κύριος τρόπος παραγωγής της είναι η καύση ξύλου. Ακολουθεί η υδροηλεκτρική ενέργεια με 42%, ενώ η γεωθερμική, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια παράγονται σε πολύ μικρά ποσοστά, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους αλλά και του περιορισμού τους εξαιτίας των απαιτούμενων γεωγραφικών χαρακτηριστικών που θα πρέπει να έχουν οι περιοχές εφαρμογής τους [1].



**Εικόνα 1:** Ποσοστά παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης κατά τύπο καυσίμου για το έτος 2004 [1].

Είναι λοιπόν φανερό ότι το 85% της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας παγκοσμίως παράγεται μέσω των ορυκτών καυσίμων. Οι επιπτώσεις όμως της αλόγιστης χρήσης των ορυκτών καυσίμων είναι πολλές, τόσο σε περιβαλλοντικό επίπεδο, όσο και σε θέματα υγείας. Μερικά μόνο από τα φαινόμενα που αποδίδονται στις ολοένα και αυξανόμενες εκπομπές ρύπων που προέρχονται από την καύση των

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

συμβατικών καυσίμων είναι: το νέφος (κυρίως στις μεγαλουπόλεις), η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με αέρια του θερμοκηπίου, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, η αέρια και υδάτινη μόλυνση, η όξινη βροχή κ.ά, τα οποία και αναφέρονται παρακάτω.

Όλα τα προαναφερθέντα προβλήματα καθιστούν σχεδόν επιτακτική την ανάγκη εύρεσης λύσης για την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων. Οι λύσεις που έχουν προταθεί αφορούν την χρήση των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), από τις οποίες μπορεί να παραχθεί «καθαρή» ενέργεια. Από αυτές, η ηλιακή, η αιολική και η γεωθερμική ενέργεια συμβάλουν με μικρότερα ποσοστά στην παραγωγή «πράσινης» ενέργειας, όπως φαίνεται και από την εικόνα 1 [1].

Από τις βασικές εναλλακτικές μορφές ενέργειας αυτή που αποτελεί την πιο ελπιδοφόρα πρόταση παραγωγής «καθαρής» ενέργειας είναι η βιομάζα. Βιομάζα καλείται το σύνολο των αγροτικών καλλιεργειών και των δασικών εκμεταλλεύσεων, το βιο-αποδομήσιμο κλάσμα των αποβλήτων, των υπολοίπων των αγροτικών, δασικών και σχετικών διεργασιών και των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Η βιομάζα είναι διαθέσιμη ευρέως και αποτελεί μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή, η οποία δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται από τη καύση της, είναι περίπου ίση με αυτή που προσλαμβάνεται από τα φυτά κατά τις διεργασίες ανάπτυξής τους.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

# 1 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια θεωρείται πρωταρχικό μέσο στη δημιουργία πλούτου και ένας σημαντικός παράγοντας στην οικονομική ανάπτυξη. Ο σημαντικός ρόλος της ενέργειας στην οικονομική ανάπτυξη αναγνωρίζεται παγκοσμίως και ιστορικά δεδομένα πιστοποιούν ότι υπάρχει μια δυνατή σχέση μεταξύ της διαθεσιμότητας της ενέργειας και της οικονομικής δραστηριότητας.

Το πρόβλημα της ενέργειας, εκτός από τις συνιστώσες της τιμής της (ανάγκη για φθηνότερη ενέργεια και ενέργεια για όλους) και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ανάγκη για ενέργεια με το μικρότερο περιβαλλοντικό κόστος), έχει και μια τρίτη, σημαντική επίσης, συνιστώσα: την εξαντλησιμότητα των συμβατικών καυσίμων, δηλαδή του γαιάνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, αλλά και των πυρηνικών καυσίμων.

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιείται προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας, που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν [2-10].

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια και οι οργανικές ύλες είναι πηγές ενέργειας που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει την μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον και δίνει στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την χρήση του άνθρακα, πετρελαίου.

Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Όμως αυτή η φτηνή μέθοδος προκαλεί την μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή τοξικών αερίων. Αυτά τα τοξικά αέρια σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αδιάκοπη κατανάλωση ενέργειας επηρεάζει σημαντικά την μόλυνση του περιβάλλοντος.

Η καθημερινή παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου είναι πολύ μεγάλη και παρά τις πολύ γνωστές συνέπειες της καύσης ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον, αυτή η κατανάλωση αναμένεται να αυξηθεί πάρα πολύ μέχρι το 2025. Επίσης, οι πολιτικές των κυβερνήσεων που αφορούν την ενέργεια και τις εξελίξεις στην παγκόσμια αγορά ενέργειας σίγουρα θα παίξουν ρόλο κλειδί στο μελλοντικό επίπεδο και πρότυπο της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας. Απαιτούνται μακροπρόθεσμα σχέδια για βιώσιμη ανάπτυξη έτσι ώστε να επιτευχθούν λύσεις στα περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας φαίνεται ότι είναι μία από τις πιο αποτελεσματικές και αποδοτικές λύσεις.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Με το τεράστιο δυναμικό της, η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά σε ένα βιώσιμο και αποτελεσματικό, παγκόσμιο σύστημα ενεργειακού εφοδιασμού. Εκτός αυτού, οι ανανεώσιμες ενεργειακές τεχνολογίες γίνονται ολοένα και πιο ανταγωνιστικές. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται στις σημαντικές μειώσεις των τιμών που έχουν επιτευχθεί σε ορισμένες τεχνολογίες τα τελευταία χρόνια, καθώς και στην αυξανόμενη αποτελεσματικότητα και αξιοπιστία τους. Την ίδια στιγμή, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων αυξάνονται και αναμένεται να παραμείνουν σε υψηλό επίπεδο [2-10].

Μεγάλη έκρηξη στην αγορά της αιολικής ενέργειας σημειώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 και η ανοδική πορεία προβλέπεται να συνεχιστεί και στο μέλλον. Μεγάλα αιολικά πάρκα ισχύος από 50-100 MW κατασκευάζονται όλο και πιο συχνά. Επιπλέον υπεράκτια αιολικά πάρκα ακόμη μεγαλύτερης ισχύος αναμένεται να κατασκευαστούν μέσα στα επόμενα χρόνια.

Συστήματα ανεμογεννητριών σε συνδυασμό με γεννήτριες πετρελαίου, καθώς και φωτοβολταϊκά συστήματα – οικιακής χρήσης- μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτροδότηση αγροτικών περιοχών στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν επίσης να συνδεθούν στο δίκτυο, είτε ενσωματωμένα σε κτίρια, είτε ως μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα σε ανοικτές εκτάσεις.

Οι ηλιοθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό με σταθμούς παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου ( φυσικού αερίου ή πετρελαίου).

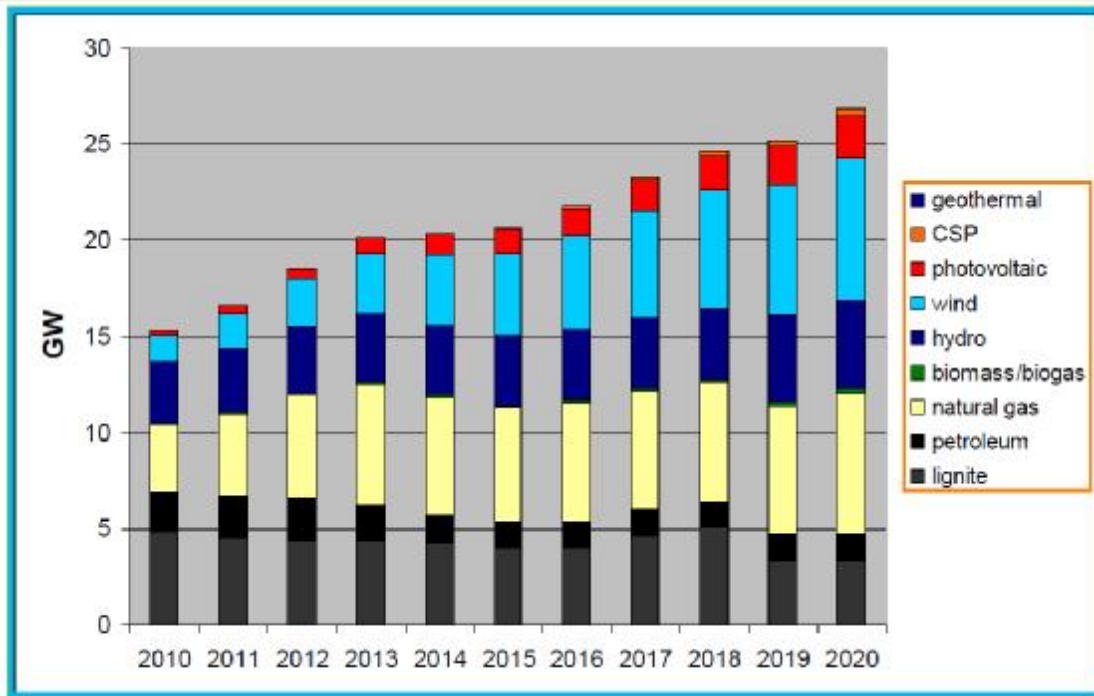
Η βιομάζα, με τη μορφή ενεργειακών καλλιεργειών ή καταλοίπων, μπορεί να υποβληθεί σε καύση, αεριοποίηση ή ζύμωση με σκοπό την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ή μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία με σκοπό την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού, είτε άμεσα για θέρμανση ή για βιομηχανικές διεργασίες.

Η πρόβλεψη για την κατανομή της χρήσης της ενέργειας μέχρι το 2020 απεικονίζεται στην εικόνα 1.1. Από το σχήμα αυτό παρατηρείται ότι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, είτε με φωτοβολταϊκά πάρκα είτε με ηλιοθερμικούς σταθμούς θα παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο στα επόμενα χρόνια.

Οι ΑΠΕ πλέον σε παγκόσμιο επίπεδο συνεισφέρουν περίπου στο 18% της παραγωγής ενέργειας. Διαρκώς εξαπλώνονται και οι τεχνολογίες αναπτύσσονται έτσι ώστε να μπορούν να συνεισφέρουν όσο το δυνατόν σε περισσότερους τομείς αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα.

Η Ευρώπη κατέχοντας ηγετική θέση στην εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες προσπαθεί να ανεξαρτητοποιηθεί προωθώντας όλο και περισσότερο τη χρήση των ΑΠΕ.



Εικόνα 1.1: Δείγμα παγκόσμιου ενεργειακού μείγματος το έτος 2020.

Με σύνθημα το «20-20-20» όλα τα κράτη μέλη υποχρεούνται να επιτύχουν την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στο 20% και τη συμμετοχή των ΑΠΕ στο 20% μέχρι το 2020. Επιπλέον σκοπεύει να έχει ένα ελάχιστο μερίδιο των βιοκαυσίμων της τάξεως του 10% στη συνολική κατανάλωση βενζίνης για μεταφορές της ΕΕ και της χρήσης ντίζελ μέχρι τότε. Ακόμη η Ε.Ε έχει θέσει στόχους για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, της αιολικής, της υδραυλικής και της βιομάζας ξεχωριστά. Κάποιοι από τους στόχους βρίσκονται κοντά στην πραγματοποίηση άλλοι όμως απέχουν. Η Ευρωπαϊκή Ένωση για να ενθαρρύνει περισσότερο την χρήση των ΑΠΕ, λόγω της καινούργιας τους φυσιογνωμίας δίνει επιχορηγήσεις, για να παροτρύνει τα κράτη μέλη της [2-10].

Τα ιδιαίτερα φυσικά μορφολογικά χαρακτηριστικά της Ελλάδας, σε συνδυασμό με τα ποικιλόμορφα κλιματολογικά στοιχεία της ικανοποιούν την αναγκαία συνθήκη, για την ανάπτυξη κάθε εφαρμογής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

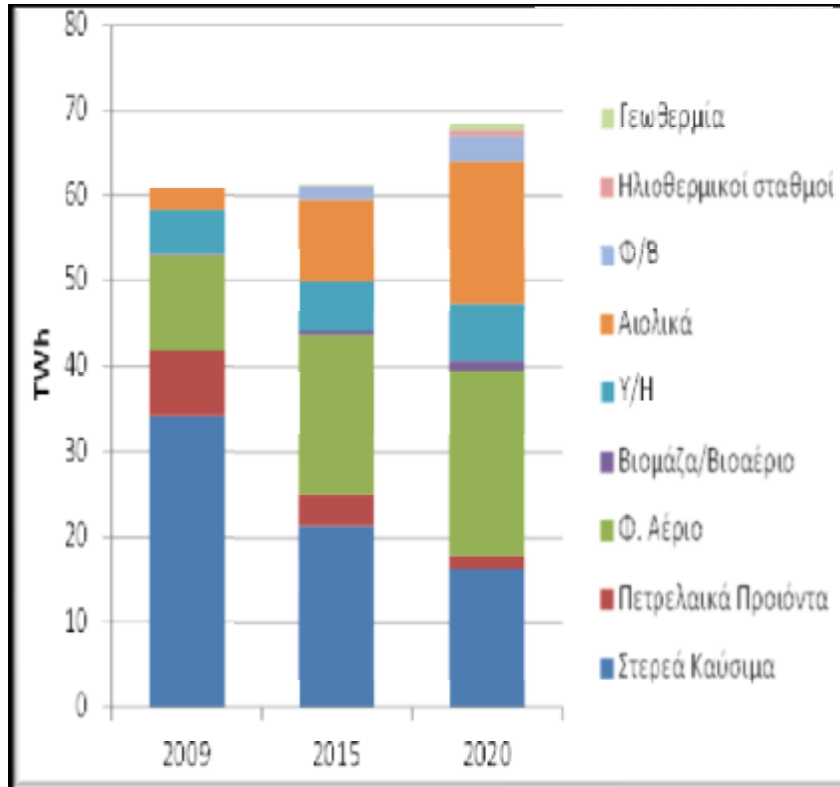
Η γεωγραφική της θέση εξασφαλίζει μια εκτεταμένη περίοδο ηλιοφάνειας, προσφέροντας την δυνατότητα μιας ουσιαστικής αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Ακόμη, η συνύπαρξη ηπειρωτικού - νησιωτικού τοπίου προσφέρει φυσικές διόδους στην νομοτελειακή μετακίνηση μεγάλων αέριων μαζών, διαμορφώνοντας ένα ιδιαίτερα αξιόλογο αιολικό δυναμικό κυρίως στις παράκτιες περιοχές. Τέλος, η διάσπαρτη παρουσία μιας πλειάδας μικρών αλλά ορμητικών ποταμών, λόγω του έντονου τοπογραφικού της ανάγλυφου, επιτρέπει την αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας ως συνέπεια της φυσικής ροής του ύδατος προς κατώτερα υψομετρικά επίπεδα.

Βέβαια, πέρα των φυσικών χαρακτηριστικών, μια σειρά άλλων παραμέτρων καθορίζει την δυνατότητα εφαρμογής των ΑΠΕ, όπως για παράδειγμα το διαθέσιμο

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

δίκτυο μεταφοράς και η περιορισμένη ζήτηση των νησιών (αυτόνομα δίκτυα), που θέτει όρια στην αξιοποίηση των ΑΠΕ.

Στην Εικόνα 1.2 φαίνεται η κατανομή της ηλεκτρικής παραγωγής, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της Ελλάδας μέχρι το 2020.



**Εικόνα 1.2:** Πρόοδος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά καύσιμο, για την επίτευξη των εθνικών στόχων έως το 2020.

## 1.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι :

- Αυτές οι πηγές ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητες και συμβάλλουν μ' αυτή τους την ιδιότητα στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος.
- Δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας.
- Αποτελούν πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για τη τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων [2-10].

Οι μορφές των ΑΠΕ εμφανίζονται ως εξής :

1. *Γεωθερμική ενέργεια* είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.
2. *Βιομάζα* είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.
3. *Θαλάσσια – κυματική ενέργεια* εκμεταλλεύεται διαφορετικούς τύπους θαλάσσιας ροής - παλίρροιας, ρεύματα, οσμωτική πίεση (τη διαφορά αλατότητας μεταξύ γλυκού και θαλάσσιου νερού) κ.α.- και αποτελεί μια γιγαντιαία δεξαμενή ηλεκτρικής ενέργειας.
4. *Υδροηλεκτρική ενέργεια*: Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, ισχύος μέχρι 10 MW , αξιοποιούν τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή και το μετασχηματισμό της σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια.
5. *Υδρογόνο*: Αποτελεί το 75% του σύμπαντος και θα αποτελέσει ένα νέο καύσιμο που θα χρησιμοποιούμε στο μέλλον.
6. *Αιολική ενέργεια* είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ενέργεια ή / και σε ηλεκτρική ενέργεια .
7. *Ηλιακή ενέργεια*, η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική ενέργεια.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 1.3 ΑΡΧΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

#### 1.3.1 Γεωθερμική ενέργεια

*Γεωθερμική ενέργεια* ονομάζεται η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών, είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους, που αναβλύζουν θερμό νερό και ατμούς. Με κριτήριο τη θερμοκρασία των ρευστών που ανέρχονται στην επιφάνεια, η γεωθερμική ενέργεια χαρακτηρίζεται ως:

- ✓ υψηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες άνω των 150 °C),
- ✓ μέσης ενθαλπίας (για θερμοκρασίες 100-150 °C)
- ✓ χαμηλής ενθαλπίας (για θερμοκρασίες μικρότερες των 100 °C).

Η υψηλής ενθαλπίας γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα αυτή η σχετικά ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Στην εικόνα 1.3 παρατηρούμε γεωθερμικά πεδία.



**Εικόνα 1.3:** Γεωθερμικά πεδία.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Ο εντοπισμός των γεωθερμικών περιοχών συχνά πραγματοποιείται από τον ατμό που βγαίνει από σχισμές του φλοιού της γης ή από την παρουσία θερμών πηγών. Για να υφίσταται διαθέσιμο θερμό νερό ή ατμός σε μια περιοχή, πρέπει να υπάρχει κάποιος υπόγειος ταμιευτήρας αποθήκευσής του κοντά σε ένα θερμικό κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, το νερό του ταμιευτήρα, που συνήθως είναι βρόχινο νερό που έχει διεισδύσει στους βαθύτερους ορίζοντες της γης, θερμαίνεται και ανεβαίνει προς την επιφάνεια (γεωθερμικό κοίτασμα). Τα γεωθερμικά αυτά ρευστά εμφανίζονται είτε με τη μορφή θερμού νερού ή ατμού όπως προαναφέρθηκε είτε αντλούνται με γεωτρήσεις [2-10].

Η θέρμανση των θερμοκηπίων είναι η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στις υδατοκαλλιέργειες, δεδομένου ότι διάφοροι υδρόβιοι οργανισμοί, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια, αναπτύσσονται σε αυξημένες θερμοκρασίες (έως 30 °C).

Άλλη διαδεδομένη χρήση της γεωθερμίας είναι η θέρμανση οικισμών. Η θερμική ενέργεια που δεσμεύτηκε από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με τη βοήθεια ενός δικτύου αγωγών (τηλεθέρμανση) σε άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές.

Μια άλλη εφαρμογή μπορεί να είναι η θερμική αφαλάτωση θαλασσινού νερού, ενώ στις περιπτώσεις γεωθερμικών ρευστών υψηλής θερμοκρασίας (>150 °C) μπορεί να γίνει παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την εκτόνωση ατμού.

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλο αριθμό επιβεβαιωμένων γεωθερμικών πεδίων που είναι διάσπαρτα σε όλη τη χώρα, όπως στη Νιγρίτα Σερρών, Ν.Κεσσάνη Ξάνθης, Λαγκαδά Θεσ/νίκης, Ελαιοχώρια Χαλκιδικής, Μήλο, Σαντορίνη και Νίσυρο. Η συστηματική εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη.

Η προέλευση της θερμότητας της Γης δεν είναι με ακρίβεια γνωστή. Υπάρχουν πολλές και διάφορες θεωρίες που αναφέρονται στους μηχανισμούς που συμμετέχουν στην παραγωγή της. Επικρατέστερη θεωρία είναι αυτή που αναφέρεται στη διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων του ουρανίου (U), του καλίου (K) και άλλων στοιχείων. Η μάζα της Γης είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με την επιφάνειά της και καλύπτεται με υλικά χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα της Γης να συγκρατείται στο εσωτερικό της.

Η θερμότητα που είναι συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της Γης, μέσω γεωλογικών φαινομένων, μεταφέρεται κοντά στην επιφάνειά της. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι υπέρθερμες περιοχές. Το πιο σημαντικό από αυτά τα γεωλογικά φαινόμενα, είναι αυτό των λιθοσφαιρικών πλακών. Η λιθόσφαιρα, που αποτελεί το εξωτερικό κέλυφος της Γης, δεν είναι ενιαία αλλά αποτελείται από πολλά κομμάτια, τις λιθοσφαιρικές πλάκες. Οι πλάκες αυτές μετακινούνται συνεχώς με πολύ μικρή ταχύτητα, μερικά μόλις εκατοστά το χρόνο.

Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των πλακών, στα όριά τους παρατηρούνται τρία διαφορετικά φαινόμενα. Αρχικά, υπάρχει περίπτωση, δύο πλάκες να κινούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να απομακρύνεται η μία από την άλλη, δηλαδή να αποκλίνουν. Στην περίπτωση αυτή, αναπτύσσεται ένα κενό μεταξύ των πλακών, το οποίο γεμίζει με μάγμα που στερεοποιείται και έτσι γεμίζει το κενό και δημιουργείται καινούρια λιθόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι λεγόμενες «ράχες».

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Άλλη περίπτωση είναι οι δύο πλάκες να συγκλίνουν με αποτέλεσμα η μία να βυθίζεται κάτω από την άλλη και τελικά, να καταστρέφεται ή να απορροφάται από το μανδύα. Η τριβή αυτή των πλακών έχει σαν αποτέλεσμα ένα μέρος της μηχανικής ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμότητα, η οποία θερμότητα εκτονώνεται με τη μορφή ηφαιστειακής δράσης. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι «τάφροι». Με το ρυθμό που δημιουργείται η λιθόσφαιρα στις ράχες, καταστρέφεται όμοια στις τάφρους.

Και τέλος, υπάρχει το ενδεχόμενο οι δύο πλάκες να γλιστρούν παράλληλα η μια στην άλλη, έτσι ώστε να μην καταστρέφεται αλλά ούτε δημιουργείται η λιθόσφαιρα.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι τάφροι και οι ράχες συνδέονται άμεσα με ηφαιστειακή δράση και συνεπώς με υπέρθερμες περιοχές. Για το λόγο αυτό τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, τις λεγόμενες «ζώνες σεισμικών εστιών». Πολλές περιοχές οι οποίες έχουν γεωθερμική βαθμίδα λίγο υψηλότερη από τη μέση, παρουσιάζουν μικρότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον και μπορεί να βρεθούν και εκτός των εν λόγω ζωνών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε κάποιον από τους παρακάτω παράγοντες [2-10]:

1. Αυξημένες συγκεντρώσεις των ραδιενεργών στοιχείων ουρανίου, φθορίου και καλίου σε ορισμένες περιοχές στο φλοιό της Γης, που συντελούν στην παραγωγή θερμότητας και κατά συνέπεια στην αύξηση της γεωθερμικής βαθμίδας.
2. Τοπικά υψηλή θερμική ροή από τη βάση του φλοιού και το μανδύα προς την επιφάνεια, σε πολλές περιοχές.
3. Σε μια περιοχή με δεδομένη θερμική ροή στη βάση του φλοιού και απουσία άλλης θερμικής πηγής μέσα στο φλοιό, η γεωθερμική βαθμίδα ποικίλλει ανάλογα με τη θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων που αποτελούν το φλοιό. Τα αργιλικά πετρώματα έχουν τη χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, ενώ τα κρυσταλλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική αγωγιμότητα.
4. Φαινόμενα συναγωγής που προκαλούνται από κυκλοφορία νερού διαμέσου πορωδών σχηματισμών ή μέσα από συστήματα ρηγμάτων. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται η θερμότητα σε μικρότερα βάθη και αυξάνεται η γεωθερμική βαθμίδα.

Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν γεωθερμικές ανωμαλίες δευτερεύουσας σημασίας μακριά από τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Έτσι, περιοχές με ελαφρά αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα συναντάμε σε όλη τη Γη, ενώ σημαντικές θερμικές ανωμαλίες εντοπίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές.

Στις περιοχές αυτές χρειάζονται γεωτρήσεις βάθους 6-7 km για να βρεθούν θερμοκρασίες κατάλληλες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά είναι και τα μέγιστα βάθη γεωτρήσεων που πραγματοποιούνται επειδή, οι βαθιές γεωτρήσεις κοστίζουν πολύ, δεν είναι ιδιαίτερα ασφαλείς και επιπλέον, σε αυτά τα βάθη είναι πιθανόν να μην υπάρχει υδροφορία.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 1.4:** Η γεωθερμική βαθμίδα ως ένδειξη γεωθερμικού πεδίου.

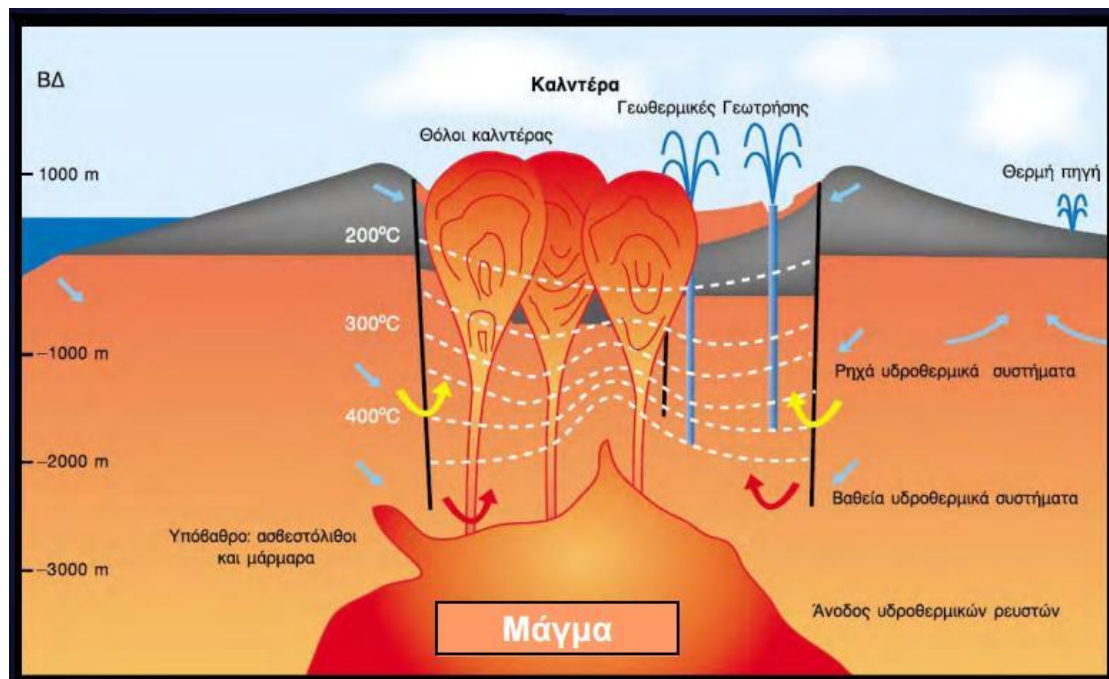
Η ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου δε βασίζεται μόνο στην ύπαρξη υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας σε κάποια περιοχή. Το μεταλλικό νερό (σε υγρή ή αέρια φάση) που περιέχεται μέσα σε πορώδη πετρώματα ή σε συστήματα ρηγμάτων είναι το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα από τα πετρώματα αυτά στην επιφάνεια της Γης. Έτσι, η παραγωγικότητα μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται και συχνά καθορίζεται από την υδρολογία των γεωλογικών σχηματισμών. Κατάλληλη υδρολογία, που αποτελεί και τη δεύτερη συνθήκη για την ύπαρξη εκμεταλλεύσιμου γεωθερμικού πεδίου, δεν έχουν όμως όλες οι θερμικές περιοχές. Συνέπεια αυτού είναι ότι ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο είναι συνδυασμός, θερμών πετρωμάτων και ύπαρξης νερού που να κυκλοφορεί μέσα σε αυτά.

Τα γεωθερμικά πεδία χωρίζονται σε δύο ομάδες. Στα πεδία υψηλής ενθαλπίας και στα πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Στα πρώτα, το ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση, ενώ στα δεύτερα, το ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για θέρμανση.

Στις ζώνες σεισμικών εστιών, υπάρχουν πεδία υψηλής και χαμηλής ενθαλπίας που σχετίζονται μεταξύ τους. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα είναι η Ισλανδία, που βρίσκεται πάνω στη μεσοωκεάνια ράχη του Ατλαντικού. Το γεωθερμικό ρευστό έχει μετεωρική προέλευση. Το νερό από τις βροχές και τα χιόνια εισχωρεί στο έδαφος και σιγά σιγά προχωράει προς το εσωτερικό της Γης, φτάνοντας σε βάθη μέχρι και 5 km. Στην πορεία του θερμαίνεται λόγω της υψηλής θερμικής ροής και στη συνέχεια βρίσκει διόδους μέσα από ρήγματα και ρωγμές και επιστρέφει στην επιφάνεια. Αναλύσεις βασισμένες σε ραδιοϊσότοπα έδειξαν ότι ο κύκλος του νερού σε ένα γεωθερμικό σύστημα διαρκεί περίπου 500 χρόνια. Η περιοχή τροφοδοσίας του συστήματος μπορεί να βρίσκεται πολύ κοντά στο πεδίο ή σε μεγάλη απόσταση από αυτό, μέχρι και 200 km, οπότε και η διαδρομή του ρευστού διαφέρει ανάλογα με τις

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

εκάστοτε συνθήκες. Το νερό, λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας, λειτουργεί και σαν «συμπυκνωτής» θερμότητας [2-10].



Εικόνα 1.5: Μελέτη γεωθερμικού πεδίου στην Νίσυρο.

Η μέση θερμοχωρητικότητα των πετρωμάτων που βρίσκονται στα πρώτα 10 km από την επιφάνεια της Γης είναι 85 kJ/kg, ενώ του νερού στην ίδια μέση θερμοκρασία είναι 420 kJ/kg, δηλαδή πενταπλάσια. Η θερμοχωρητικότητα του κορεσμένου ατμού στους 2360 βαθμούς Κελσίου είναι 2790 kJ/kg, δηλαδή τριακονταπλάσια αυτής των πετρωμάτων. Για να απορροφήσει λοιπόν το νερό αυτή τη θερμότητα, είτε πρέπει να έρθει σε επαφή με πολύ μεγάλες μάζες πετρωμάτων που βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία, είτε να διανύσει πολύ μεγάλη διαδρομή μέχρι να φτάσει στις γεωτρήσεις. Και στις δύο περιπτώσεις, οι μάζες των πετρωμάτων που συμμετέχουν στο σύστημα πρέπει να είναι πολύ μεγάλες, της τάξης των εκατοντάδων κυβικών χιλιομέτρων. Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση. Το 1988, η εγκατεστημένη ισχύς για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο ήταν 15 GW ενώ η εγκατεστημένη θερμική ισχύς ήταν 7GW.

Οι πιο σημαντικές θερμικές εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας είναι για θέρμανση κτιρίων και θερμοκηπίων, ενώ πολλοί επιστήμονες συζητούν την αξιοποίησή της και στο βιομηχανικό τομέα. Οι κλάδοι της βιομηχανίας στους οποίους έχει ήδη εφαρμοστεί η γεωθερμία και μάλιστα με επιτυχία, είναι η βιομηχανία τροφίμων και η ιχθυοκαλλιέργεια. Παρόλο που είναι κοινός τόπος ότι οι βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν το πεδίο μελλοντικής ανάπτυξης της γεωθερμίας, τα βήματα παραμένουν πολύ αργά, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση στις εφαρμογές που αφορούν τη θέρμανση οικιών, δημοσίων και εμπορικών κτιρίων [2-10].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



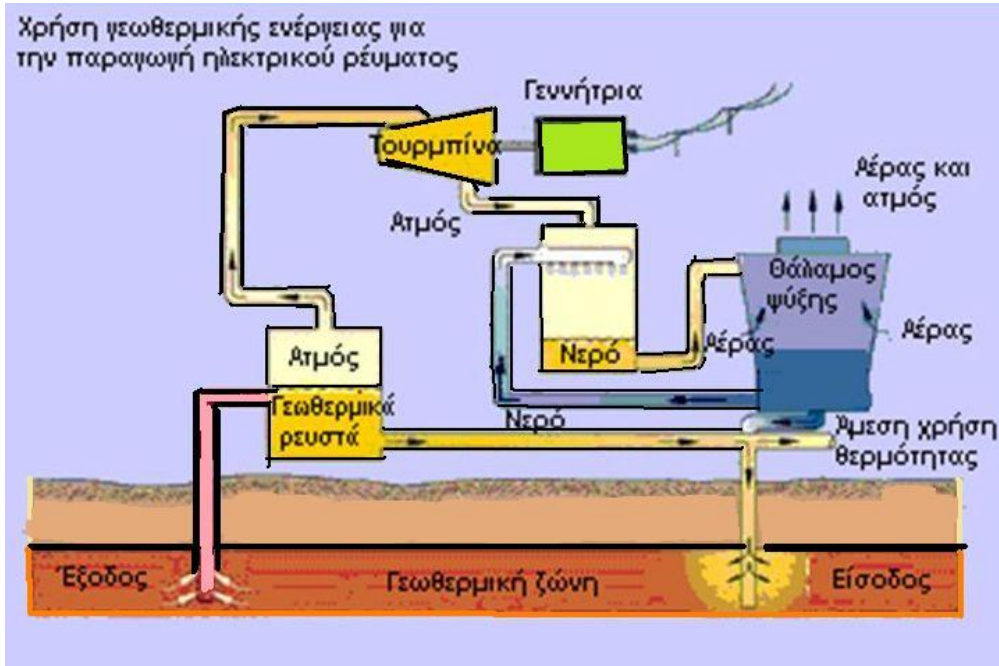
**Εικόνα 1.6:** Ο γεωθερμικός σταθμός "Krafla Power" παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ισχύος 60 MW.

Στη δεκαετία του 1970, λόγω της πετρελαϊκής κρίσης, δόθηκε σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμη και σε περιοχές με σχετικά χαμηλή γεωθερμική βαθμίδα, όπως είναι η λεκάνη του Παρισιού.

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να υπάρξει αν μεταδοθεί ένα μέρος της θερμότητας των ρευστών, που έχουν σχετικά μικρή ενθαλπία, σε ειδικά υγρά με πολύ χαμηλό σημείο βρασμού, όπως είναι για παράδειγμα το φρέον, το ισοβουτάνιο, το προπάνιο και το χλωριούχο αιθύλιο. Στη Ρωσία λειτουργεί πειραματικός σταθμός 680 KW με φρέον και στις ΗΠΑ σταθμός με ισοβουτάνιο, που θερμαίνεται με νερό θερμοκρασίας 81,5 βαθμών Κελσίου.

Οι δυνατότητες που προσφέρει ο τρόπος αυτός εκμετάλλευσης είναι τεράστιες και οι προοπτικές για το μέλλον θα είναι ακόμη μεγαλύτερες με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 1.7:** Σχεδιάγραμμα χρήσης γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εκμεταλλευσιμότητα ενός γεωθερμικού πεδίου δεν εξαρτάται μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αλλά και από την οικονομικότητα της επένδυσης που πρέπει να γίνει. Η οικονομικότητα αυτή σχετίζεται με το περιβάλλον μέσα στο οποίο θα πραγματοποιηθεί αυτή η επένδυση. Για παράδειγμα, οι τιμές των ορυκτών καυσίμων καθώς και οι δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομικότητα μιας τέτοιας επένδυσης. Η αξιοποίηση ενός γεωθερμικού πεδίου που σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή θεωρείται ανοικονομική, ενδέχεται στο μέλλον να αποδειχτεί συμφέρουσα. Ένας παράγοντας που ενισχύει αυτή την άποψη είναι το γεγονός ότι, η γεωθερμία έχει το πλεονέκτημα ότι δεν μολύνει το περιβάλλον και δε συμμετέχει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Επομένως, όταν κάποτε το κοινωνικό κόστος της μόλυνσης του περιβάλλοντος ενσωματωθεί στο κόστος των ορυκτών καυσίμων, θα δοθεί σημαντική ώθηση στην ανάπτυξη της γεωθερμίας, ακόμα και σε περιοχές με μέση γεωθερμική βαθμίδα.

Το πρόβλημα επάρκειας νερού για οικιακή, γεωργική και βιομηχανική χρήση γίνεται καθημερινά οξύτερο. Παραδείγματος χάριν ένα αέριο που έχει τεράστια σημασία για τα θερμοκήπια είναι το  $\text{CO}_2$ , το οποίο παράγεται συνήθως σε αφθονία στα γεωθερμικά πεδία. Είναι γνωστό ότι με τη θερμότητα καλυτερεύουμε την απόδοση στις καλλιέργειες, γι' αυτό κατασκευάζουμε τα θερμοκήπια. Είναι επίσης γνωστό, ότι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) έχει ζωτική σημασία στη δημιουργία των οργανικών ουσιών και επομένως στην ανάπτυξη των φυτών. Λίγοι όμως γνωρίζουν ότι η τεχνητή αύξηση της περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα σε κλειστούς χώρους, όπως τα θερμοκήπια, αποτελεί το καλύτερο χημικό λίπασμα και μπορεί ακόμα και να διπλασιάσει την παραγωγή [2-10].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οι γεωλογικές συνθήκες στην Ελλάδα ευνόησαν γενικά τη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας. Η έρευνα για τον εντοπισμό αξιοποιήσιμων γεωθερμικών ρευστών χαμηλής ενθαλπίας άρχισε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) το 1980 και εντατικοποιείται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια. Από την έρευνα προκύπτει ότι το γεωθερμικό δυναμικό χαμηλής ενθαλπίας στην Ελλάδα είναι σίγουρα πάρα πολύ σημαντικό. Τα περισσότερα από τα γεωθερμικά πεδία που ερευνήθηκαν βρίσκονται σε περιοχές με ευνοϊκές αναπτυξιακές συνθήκες, ενώ οι προοπτικές άμεσης εκμετάλλευσης των ρευστών είναι πολύ ευσίωνες. Τα γεωθερμικά ρευστά φαίνεται ότι έχουν συνήθως μικρή έως μηδαμινή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά άλατα και αέρια και δεν δημιουργούν σοβαρά τεχνικά προβλήματα εκμετάλλευσης ούτε βέβαια περιβαλλοντικά προβλήματα.

Σε κάποιες περιοχές η έρευνα προχώρησε αρκετά έτσι ώστε σήμερα να έχουν αναπτυχθεί αξιόλογες εφαρμογές. Στο Σιδηρόκαστρο, η Συνεταιριστική Επιχείρηση του Δήμου Σιδηρόκαστρου προχώρησε στην κατασκευή ενός θερμοκηπίου 5 στρεμμάτων που χρησιμοποιεί νερά μιας γεώτρησης του ΙΓΜΕ. Στο Λαγκαδά, στη Νυμφόπετρα και στη Νέα Απολλωνία λειτουργούν ήδη δεκάδες στρέμματα πλαστικών "γεωθερμικών" θερμοκηπίων, ενώ στο Λαγκαδά λειτούργησε για δύο χρόνια μικρή πειραματική μονάδα εκτροφής χελιών. Στα Ελαιοχώρια Χαλκιδικής λειτουργούν 6 μικρά πειραματικά θερμοκήπια. Τα αποτελέσματα από αυτές τις εφαρμογές είναι αισιόδοξα και δίνουν ώθηση για παραπέρα έρευνα σε γεωθερμικά πεδία που έχουν εντοπιστεί αλλά δεν έχουν μελετηθεί διεξοδικά.



(α)



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



(β)

**Εικόνα 1.8:** Εγκαταστάσεις γεωθερμικών θερμοκηπίων: α) εσωτερικός σχεδιασμός και β) εξωτερικός σχεδιασμός.

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ελλάδος (ΚΑΠΕ) συμβάλλει στην προσπάθεια αξιοποίησής τους. Στη Νίσυρο και στη Μήλο δεν ευδοκίμησε η προσπάθεια εκμετάλλευσης γεωθερμικών πεδίων, λόγω έκλυσης στο περιβάλλον δύοσσομων αερίων, γεγονός που προκάλεσε την αντίδραση των κατοίκων. Επιπλέον η γεωθερμική ενέργεια έχει και αγροτικές εφαρμογές. Ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας, π.χ. θερμοκρασίας 20 – 25 °C απαιτείται για τις ιχθυοκαλλιέργειες, 40 - 60 °C για θέρμανση εδάφους και περίπου 80 °C για θέρμανση θερμοκηπίων. Τέτοια πεδία χαμηλής ενθαλπίας αξιοποιούνται στην Κεντρική Μακεδονία, Θράκη και Λέσβο. Με δεδομένο την ύπαρξη πλούσιου γεωθερμικού δυναμικού στη χώρα μας, θετική θα ήταν η ενημέρωση με σκοπό την ευρύτερη αποδοχή και την αξιοποίησή του [2-10].

#### Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της εκμετάλλευση της γεωθερμίας

Η εκμετάλλευση της γεωθερμίας συμβάλλει στην :

- Εξοικονόμηση συναλλάγματος, με τη μείωση των εισαγωγών πετρελαίου.
- Εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων.
- Καθαρότερη ατμόσφαιρα (άμβλυση φαινομένου θερμοκηπίου, περιορισμό της όξινης βροχής).

Από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι ενδεχόμενο να προκύψουν :

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- Προβλήματα από την απόρριψη των γεωθερμικών ρευστών στο περιβάλλον της περιοχής ή δύσσομα αέρια (υδρόθειο), που αντιμετωπίζονται με την επανέγχυση των ρευστών στον ταμιευτήρα μέσω γεώτρησης επανεισαγωγής και δέσμευσης των αερίων με ειδικές συσκευές.
- Προβλήματα διάβρωσης και δημιουργίας αλάτων στις σωληνώσεις μεταφοράς των ρευστών, που αντιμετωπίζονται με την προσθήκη ειδικών χημικών στα γεωθερμικά ρευστά και με τη χρήση ανθεκτικών σωληνώσεων.

### 1.3.2 «Κυματική» θαλάσσια ενέργεια

Ο μεγάλος υδατοταμιευτήρας του πλανήτη μας είναι η θάλασσα. Δυστυχώς το νερό της, όπως και το νερό των μεγάλων λιμνών που βρίσκονται σε μικρό υψόμετρο, δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας με τον τρόπο που έχει περιγραφεί στην υδροηλεκτρική ενέργεια, διότι δεν είναι δυνατό να κινηθεί με ταχύτητα προς χαμηλότερες περιοχές.

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για την εκμετάλλευση της ενέργειας της θάλασσας:

- § από τα κύματα
- § από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- § από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού



Εικόνα 1.15: Σύστημα κυματικής- παλίρροϊκής ενέργειας.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας [2-10].

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3.5 °C. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

### Τρόποι σύλληψης της ενέργειας κυμάτων

Υπάρχουν τρεις τρόποι στη σύλληψη της ενέργειας κυμάτων :

#### *Πλωτήρες ή συσκευές ρίψης*

Αυτές οι συσκευές παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια από το ανεβοκατέβασμα ή τη ρίψη ενός πλωτήρα. Το αντικείμενο μπορεί να τοποθετηθεί σε μια σχεδία ή σε μια συσκευή που είναι σταθερή στον πάτο του ωκεανού.

#### *Ταλαντευόμενες υδάτινες στήλες (OWC)*

Αυτές οι συσκευές παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια από την οδηγούμενη από κύμα άνοδο και την πτώση του ύδατος σε έναν κυλινδρικό άξονα. Η αυξανόμενη και μειωμένη υδάτινη στήλη οδηγεί τον αέρα μέσα και έξω από την κορυφή του άξονα, τροφοδοτώντας έναν αεροδηγούμενο στρόβιλο.

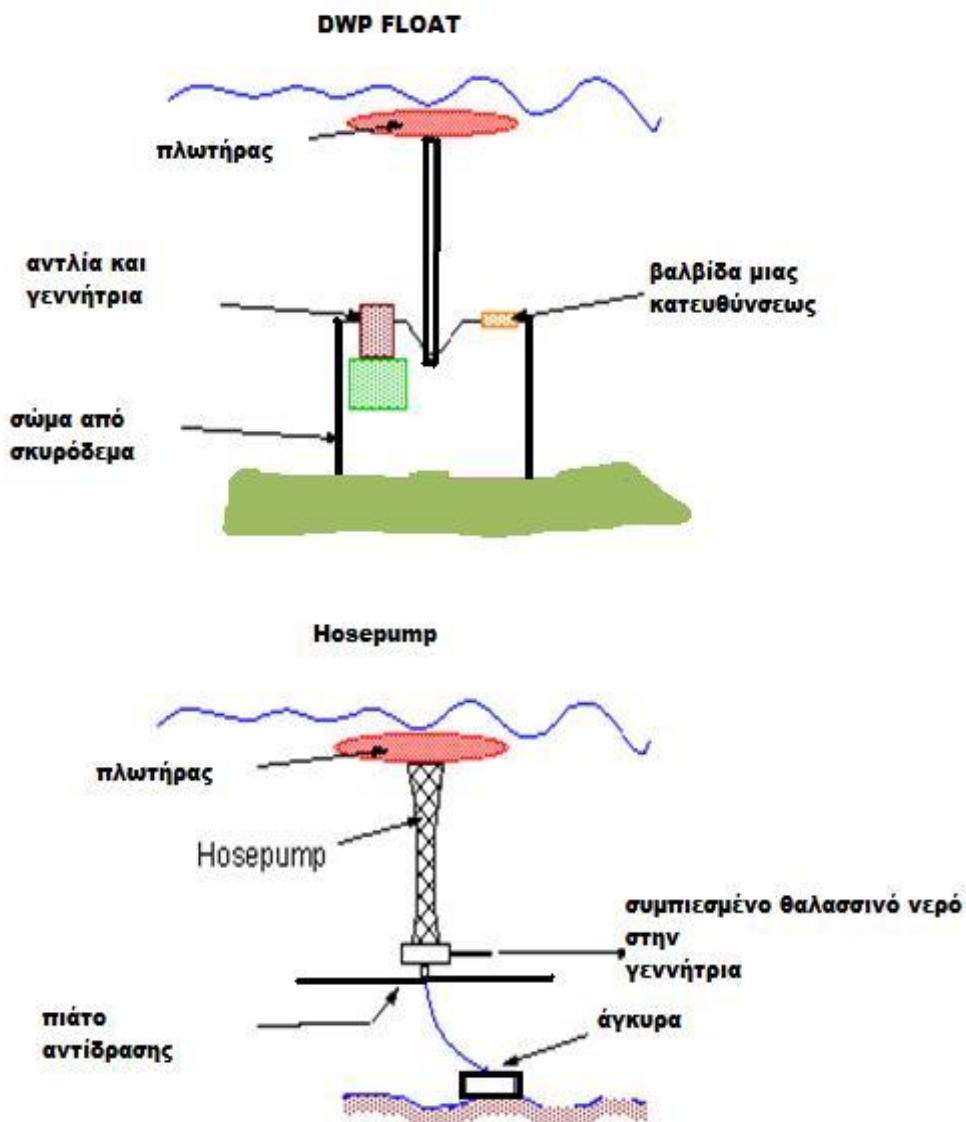
#### *Συγκέντρωση κυμάτων*

Αυτές οι συσκευές ακτών στηρίζονται σε μια τοποθετημένη σε ακτή δομή για να διοχετεύσουν και να συγκεντρώσουν τα κύματα, που τα οδηγούν σε μια ανυψωμένη δεξαμενή. Η ροή του νερού από αυτήν την δεξαμενή χρησιμοποιείται για να

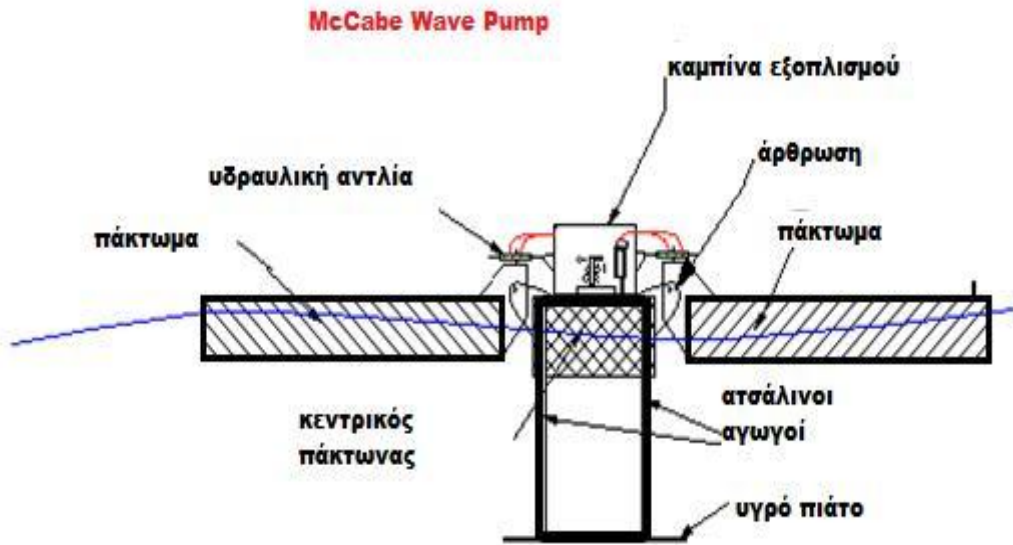
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

παραγάγει την ηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιώντας τις τυποποιημένες τεχνολογίες υδροενέργειας.

Οι κύριες χώρες που ασχολούνται με την ανάπτυξη της ενέργειας κυμάτων είναι οι : Ιρλανδία, Δανία, Ιαπωνία, Αγγλία, Ινδία, Νορβηγία, Σουηδία, Πορτογαλία και ΗΠΑ. Αυτές οι προσπάθειες είναι κατά ένα μεγάλο μέρος ασυντόνιστες και έτσι μια ευρεία ποικιλία τεχνολογιών έχει αναπτυχθεί. Οι διάφοροι τύποι συσκευών ενέργειας κυμάτων που έχουν προταθεί βασίζονται στη μέθοδο ενεργειακής εξαγωγής, το μέγεθος της συσκευής, κ.λ.π. Μία από τις κύριες μεθόδους χρησιμοποιεί τη θέση της συσκευής όσον αφορά την ακτή, δηλ. συσκευές ακτής (shoreline devices), συσκευές ρηχών υδάτων (nearshore devices), συσκευές ανοικτής θαλάσσης (offshore devices).



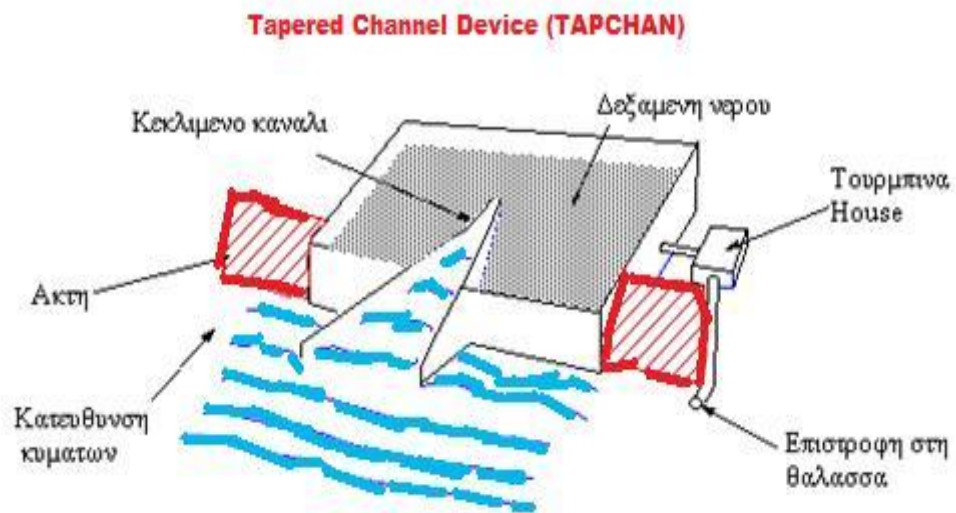
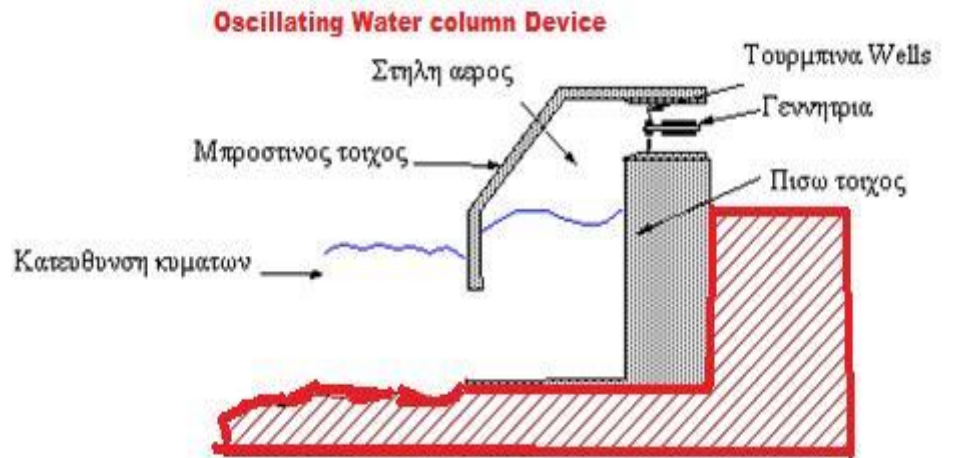
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 1.16:** Σχεδιαγράμματα κυματικών ενεργειακών συσκευών ανοικτής θαλάσσης (offshore devices).

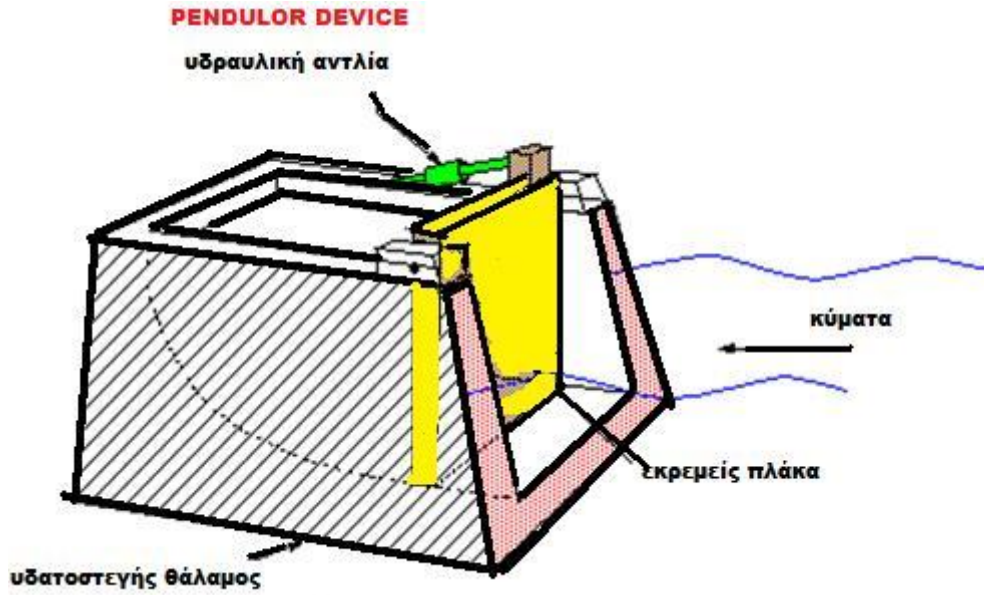
Οι εγκαταστάσεις ανοικτής θαλάσσης (offshore devices) είναι τοποθετημένες στα πιο μεγάλα θαλάσσια βάθη, με χαρακτηριστικά βάθη περισσότερο από 40 μ. Πολλά διαφορετικά σχέδια έχουν επεκταθεί παγκοσμίως, με πολλά περισσότερα ακόμα στο στάδιο σχεδιασμού. Μερικές από τις αντιπροσωπευτικότερες συσκευές που έχουν επεκταθεί παρουσιάζονται στην εικόνα 1.16.

Οι συσκευές ακτών (shoreline devices) έχουν το πλεονέκτημα της σχετικά ευκολότερης συντήρησης και της εγκατάστασης και δεν απαιτούν τις βαθιές μέσα στο νερό προσδέσεις και τα μακροχρόνια υποβρύχια ηλεκτρικά καλώδια. Το λιγότερο ενεργητικό κλίμα κυμάτων στην ακτή μπορεί να αντισταθμιστεί εν μέρει από τη συγκέντρωση της ενέργειας κυμάτων που εμφανίζεται φυσικά σε μερικές θέσεις από τη διάθλαση. Οι τρεις σημαντικές κατηγορίες συσκευών ακτών είναι η ταλαντευόμενη υδάτινη στήλη (OWC), το συγκλίνον κανάλι (TAPCHAN) και το Pendulor, όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 1.17α και 1.17β.



(α)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



(β)

**Εικόνα 1.17:** Σχεδιαγράμματα κυματικών ενεργειακών συσκευών ακτής (shoreline devices): (α) OWC, το συγκλίνον κανάλι (TAPCHAN) και (β) το Pendulor.

Τέλος οι συσκευές ρηχών υδάτων (nearshore devices) είναι τοποθετημένες στα ρηχά ύδατα (βάθος ύδατος 10 έως 25 μ). Και εδώ το OWC είναι ο κύριος τύπος συσκευής με διάφορα σχέδια που έχουν επεκταθεί παγκοσμίως. Η διαφορά με τις συσκευές ανοικτής θαλάσσης εκτός από την θέση της εγκατάστασης είναι η ενεργειακή δυνατότητα των κυμάτων όπου στην Ε.Ε. έχει υπολογιστεί περίπου ως 120-190 TWh/έτος (offshore) και 34-46 TWh/έτος (nearshore).

Όπως με τις περισσότερες συσκευές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι συσκευές κυμάτων δεν έχουν καμία εκπομπή κατά τη διάρκεια της παραγωγής αλλά η ενέργεια που συνδέεται με την κατασκευή της συσκευής έχει μικρές σχετικά εκπομπές.

Τελειώνοντας, η ενέργεια κυμάτων (όπως πολλές άλλες ανανεώσιμες ενέργειες) είναι απίθανο να είναι οικονομικά ανταγωνιστική με τη συμβατική ικανότητα παραγωγής στο εγγύς μέλλον.

Αυτή η κατάσταση θα μπορούσε βέβαια να αλλάξει αφού οι εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας έχουν μειώσει ήδη τις προβλέψιμες δαπάνες της ενέργειας κυμάτων κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δύο δεκαετιών. Με τις απαιτήσεις για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να αυξάνονται και με τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι σημερινές πηγές ενέργειας, η ενέργεια κυμάτων φαντάζει ως η πιο σίγουρη και ασφαλής λύση [2-10].

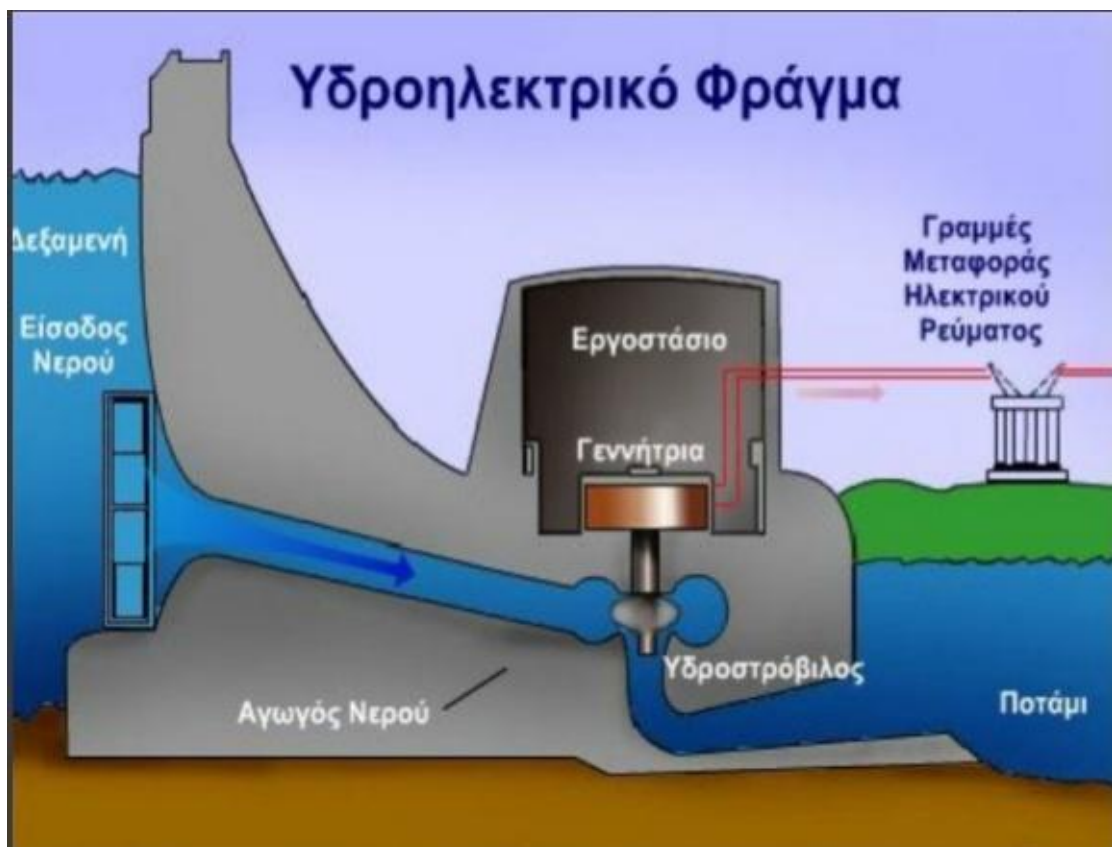
Η γενική μελλοντική αγορά για την ενέργεια κυμάτων είναι παραπάνω από 2000 TWh. Όλες αυτές οι εφαρμογές βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Αν, όμως, οι επιστήμονες κατόρθωναν να κάνουν τις εφαρμογές αυτές και οικονομικά αποδοτικές, θα μπορούσαμε να αντλήσουμε ενέργεια από μια αστείρευτη δεξαμενή –

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

πηγή, όπως είναι η θάλασσα και οι μεγάλες λίμνες, χωρίς καμιά απολύτως επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

### 1.3.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Το νερό κάνοντας τον «κύκλο του» στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με υψηλό υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Τα υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεύονται την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 1.18: Υδροηλεκτρικό φράγμα.

Η κατασκευή φραγμάτων και η συγκέντρωση νερού περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και έχουν



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

επιπτώσεις στο περιβάλλον οικοσύστημα. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 30 Mw σε μέγεθος χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Φυσικά μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών [2-10].

### Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ)

Η Ελλάδα έχει αρκετούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Εξετάζεται η διαχείριση των εισροών νερού στους ταμιευτήρες, η επίδραση των έργων στο περιβάλλον και η συμβολή τους στην ανάπτυξη των περιοχών όπου βρίσκονται.

#### **ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΗΣ**

1. Λάδωνας
2. Γκιώνα
3. Ν. Πλαστήρας
4. Κρεμαστά, Καστράκι, Στράτος
5. Πουρνάρι Ι, ΙΙ, Λούρος
6. Πηγές Αώου
7. Πολύφυτο
8. Σφηκιά, Ανώματα, Μακροχώρι
9. Άγρας, Εδεσσαίος
10. Θησαυρός, Πλατανόβρυση
11. Μικροί ΥΗΣ

Παρουσιάζονται παρακάτω τα σημαντικά υδροηλεκτρικά έργα που βρίσκονται γεωγραφικά και η ισχύς τους.

Ο ΥΗΣ Λάδωνας βρίσκεται κοντά στην Ολυμπία στον ποταμό Λάδωνας, έναρξης λειτουργίας το 1956 με ισχύ 70 MW. Το φράγμα είναι τσιμεντένιο αντιρρηδωτό με εξαιρετική παραγωγή.

Ο ΥΗΣ Γκιώνας κοντά στην Άμφισσα, στη σήραγγα προσαγωγής του νερού ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ για την Αθήνα από τον ταμιευτήρα του Μόρνου, έναρξη λειτουργίας το 1988, ισχύος 9,6 MW περίπου.

Ο ΥΗΣ Ν. Πλαστήρα που αξιοποιεί τα νερά του ποταμού Ταυρωπού και είναι η πρώτη εκτροπή των νερών της λεκάνης απορροής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία. Βρίσκεται κοντά στην Καρδίτσα, έναρξη λειτουργίας το 1962, ισχύος 130 MW. Το φράγμα τσιμεντένιο τοξωτό στον ποταμό Ταυρωπό (Μέγδοβα) 40 περίπου χιλ. από την Καρδίτσα. Αποτελεί τυπικό παράδειγμα υδροηλεκτρικού έργου που λειτουργεί άριστα ως έργο πολλαπλού σκοπού.

Ο ΥΗΣ Κρεμαστών στον Αχελώο, 60 Km από το Αγρίνιο, μεγάλο φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1965, ισχύος 437 MW, μεγάλος ταμιευτήρας.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Ο *ΥΗΣ Καστρακίου* στον Αχελώο, μετά τα Κρεμαστά, 25 Km από το Αγρίνιο, φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1970, ισχύς 320 MW.

Ο *ΥΗΣ Στράτος I* στον Αχελώο μετά το Καστράκι. Σταθμός υπόγειος, έναρξη λειτουργίας 1988, με ισχύ 150 MW. Οι τρεις σταθμοί του Αχελώου έχουν μεγάλη παραγωγή και είναι πολύ σημαντικοί για το Σύστημα Παραγωγής – Μεταφοράς.

Ο *ΥΗΣ Πουρναρίου I*, 4 Km. από Άρτα, στον ποταμό Άραχθο, έναρξη λειτουργίας 1981, ισχύος 300 MW, φράγμα χωμάτινο.

Ο *ΥΗΣ Πουρναρίου II* μετά το Πουρνάρι I, έναρξη λειτουργίας 2000, ισχύος 31,5 MW.

Ο *ΥΗΣ Λούρου* κοντά στη Φιλιππιάδα, στον ποταμό Λούρο, φράγμα τσιμεντένιο βαρύτητας, ισχύος 10,5 MW, έναρξη λειτουργίας το 1954, υψηλής παραγωγικότητας.

Ο *ΥΗΣ Πηγών Αώου* 45 Km από τα Ιωάννινα, κοντά στο Μέτσοβο, εκτρέπει μικρό μέρος των νερών του Αώου προς τη λεκάνη του Αράχθου. Φράγμα χωμάτινο, σταθμός υπόγειος, έναρξη λειτουργίας 1990, ισχύς 210 MW.

Ο *ΥΗΣ Πολυφύτου* στον ποταμό Αλιάκμονα, κοντά στα Σέρβια Κοζάνης, φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1974, ισχύς 360 MW. Έργο πολύ σημαντικό για την εξασφάλιση νερού στη Μακεδονία.

Ο *ΥΗΣ Σφηκιάς* κατάντη του Πολυφύτου στον Αλιάκμονα 25 Km. από Βέροια. Φράγμα χωμάτινο, έναρξη λειτουργίας 1985, ισχύς 315 MW. Ο σταθμός αυτός είναι αναστρέψιμος δηλ. λειτουργεί το βράδυ ως αντλητικός ισχύς 315 MW για την ρύθμιση του συστήματος ανεβάζοντας τα νερά του ταμειυτήρα Ασωμάτων στον ταμειυτήρα Σφηκιάς.

Ο *ΥΗΣ Ασωμάτων* κατάντη της Σφηκιάς έναρξη λειτουργίας 1985, ισχύος 108 MW .

Ο *ΥΗΣ Αγρα* 2Km από την Έδεσσα στον ποταμό Εδεσσαίο (Βόδα), Φράγμα χαμηλό χωμάτινο έναρξη 1956, ισχύς 50MW. Ο Εδεσσαίος μετά τους καταρράκτες της Έδεσσας, έναρξη 1969 19 MW.

Ο *ΥΗΣ Θησαυρού*, 60Km από τη Δράμα κοντά στο Παρανέστι, στο ποταμό Νέστο. Φράγμα υψηλό, λιθόρριπτο χωμάτινο, έναρξη το 1997, ισχύς 384 MW. Είναι σταθμός αναστρέψιμος με λειτουργία ως αντλητικός το βράδυ ανεβάζοντας το νερό του ταμειυτήρα Πλατανόβρυσης στον ταμειυτήρα Θησαυρού.

Ο *ΥΗΣ Πλατανόβρυσης* κατάντη του Θησαυρού, Φράγμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα (RCC), έναρξη λειτουργίας 1999, ισχύς 116 MW.

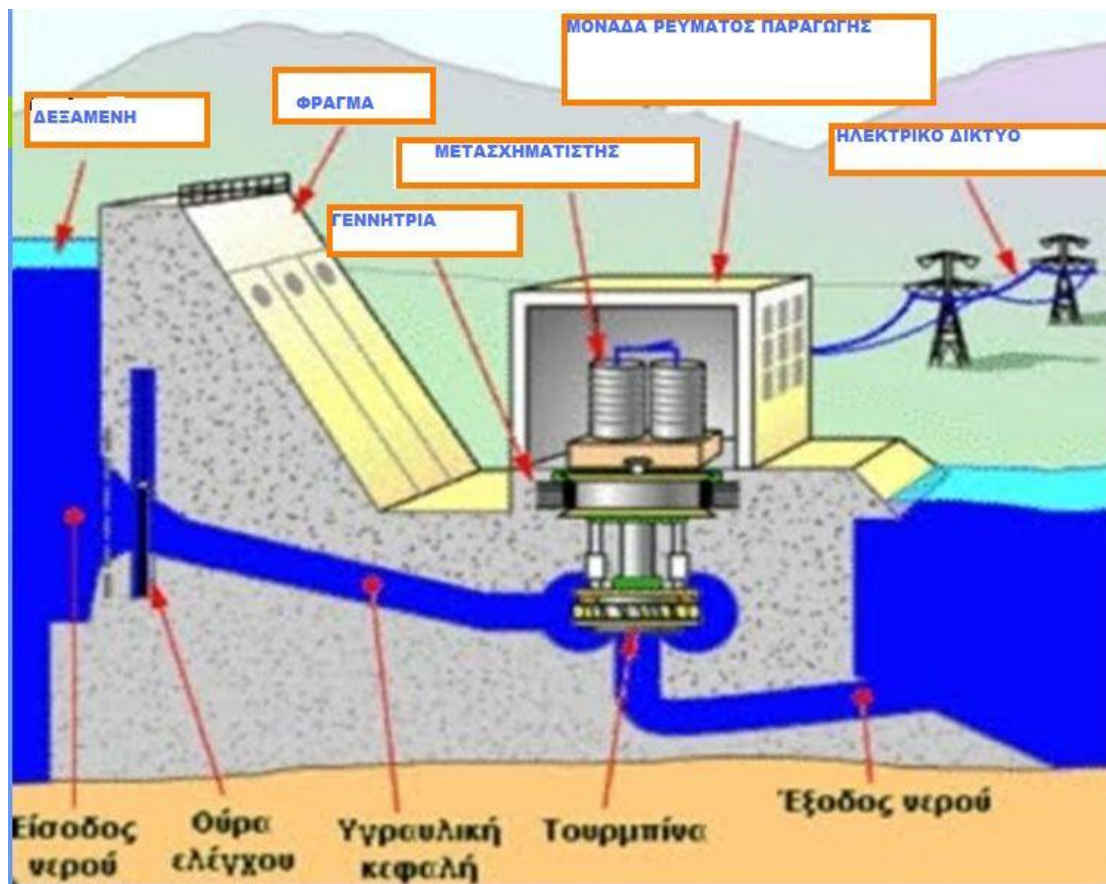
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Τέλος υπάρχει μια ομάδα μικρών, ιστορικών υδροηλεκτρικών σταθμών ισχύος κάτω των 10 MW όπως:  
 Αλμυρός και Αγυιά στην Κρήτη,  
 Γλαύκος στην Πάτρα,  
 Στράτος II, αρδευτικός στο Αγρίνιο,  
 Βέρμιο και Μακροχώρι στην Βέροια,  
 Αγ. Ιωάννης στις Σέρρες με μικρή σχετική Παραγωγή.

### Υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Οι Υδροηλεκτρικές Εγκαταστάσεις έχουν μεγάλη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του ποταμού και το σχέδιο εκμετάλλευσης του νερού της λεκάνης απορροής. Έπειτα από μετρήσεις και έρευνες γίνεται η προμελέτη έργων αξιοποίησης ενός ποταμού, η μελέτη, η κατασκευή και τέλος αρχίζει η εκμετάλλευση του έργου.

Κύρια τμήματα ενός υδροηλεκτρικού έργου είναι το Φράγμα, ο Ταμιευτήρας, ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής, η Υδροληψία, οι Σήραγγες, ο Αγωγός Προσαγωγής / Απαγωγής του νερού, το Εργοστάσιο παραγωγής, ο Υποσταθμός ανύψωσης τάσεως και οι Γραμμές μεταφοράς.



Εικόνα 1.19: Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Στην συνέχεια γίνεται ανάπτυξη των τμημάτων του υδροηλεκτρικού έργου:

*Το Φράγμα:* Υπάρχουν πολλά είδη φραγμάτων και χωρίζονται ανάλογα το υλικό με το οποίο κατασκευάζονται, πέτρα, σκυρόδεμα, χώμα και άλλα υλικά. Επίσης, ανάλογα με το ύψος τους, υπάρχουν τα μεγάλα, μεσαία και μικρά.

*Ο Ταμιευτήρας:* Ο Ταμιευτήρας σχηματίζεται μετά την έμφραξη της σήραγγας εκτροπής. Η έκταση και η χωρητικότητά του εξαρτώνται από την μορφολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού ανάντη του φράγματος αλλά και το ύψος του.

*Ο Εκχειλιστής – Υπερχειλιστής – Εκκενωτής:* Ο Εκχειλιστής ή Υπερχειλιστής και ο Εκκενωτής είναι τα επιμέρους έργα ή τμήματα του φράγματος που εξασφαλίζουν την ασφάλειά του σε έκτακτες περιπτώσεις όπως είναι οι μεγάλες πλημμύρες ή κάποιο άλλο συμβάν που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ένα φράγμα από αιτίες όπως σεισμούς, γεωλογικό πρόβλημα, κατολισθήσεις κ.τ.λ.

*Υδροληψία, Σήραγγες – Αγωγοί Προσαγωγής- Απαγωγής του νερού:* Είναι τα έργα που οδηγούν το νερό από τον ταμιευτήρα στο σταθμό παραγωγής και μετά την διέλευσή του από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη κοίτη του ποταμού κατόντη ή στον επόμενο ταμιευτήρα ανάλογα τις περιπτώσεις.

*Το Εργοστάσιο Παραγωγής:* Είναι το κτίριο που περιέχει τις μονάδες παραγωγής, τους πίνακες ελέγχου και τον βοηθητικό εξοπλισμό που χρειάζεται για την λειτουργία του. Μπορεί να είναι υπόγειος, υπαίθριος, ημιυπαίθριος.

*Ο Υποσταθμός Υψώσεως Τάσεως – Γραμμές Μεταφοράς:* Κοντά στο εργοστάσιο βρίσκεται ο υποσταθμός όπου υπάρχουν οι μετασχηματιστές ισχύος, διακόπτες, το κτίριο ελέγχου και άλλος βοηθητικός εξοπλισμός. Επίσης στον υποσταθμό είναι εγκατεστημένοι οι διακόπτες των γραμμών που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια και αποτελούν τμήμα του εθνικού συστήματος μεταφοράς υψηλής τάσεως 150 KV και 380 KV.

### Το περιβάλλον των ΥΗΣ

Παρακάτω εξετάζονται τα οφέλη και οι επιπτώσεις που έχουν σχέση με την εκμετάλλευση των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων:

Άρδευση  
 Ύδρευση  
 Αντιπλημμυρική Προστασία  
 Ξηρασία – Λειψυδρία

#### *Άρδευση*

Η ΔΕΗ μέσω των ταμιευτήρων εξασφαλίζει μεγάλες ποσότητες νερού την θερινή περίοδο με αιχμή τον Ιούλιο – Αύγουστο για την άρδευση εκτεταμένων περιοχών στα κατόντη των φραγμάτων. Υπολογίζεται ότι αρδεύονται περίπου 5 εκατομμύρια στρέμματα αυξάνοντας τόσο την αξία της περιουσίας των αγροτικών

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

πληθυσμών όσο και το ετήσιο εισόδημα. Επίσης θα μπορούσε να προσθέσει κανείς ότι τόσο μεγάλες αρδευόμενες περιοχές συμβάλλουν στην γενικότερη αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις με τον τρόπο αυτό ενισχύουν την απασχόληση μεγάλου μέρους του πληθυσμού και διατηρούν την χλωρίδα και πανίδα που χωρίς νερό θα καταστρεφόταν. Οι ταμιευτήρες αρδεύουν μεγάλες πεδιάδες όπως Μεσολογγίου, Άρτας, Αργινίου, Θεσσαλίας, Πιερίας, Ημαθίας, Καβάλας, Ξάνθης κ.τ.λ).

### *Υδρευση*

Οι ταμιευτήρες μας με την μεγάλη χωρητικότητά τους και το εξαιρετικής ποιότητας νερό εξυπηρετούν πολλές περιοχές εξασφαλίζοντας μεγάλες ποσότητες πόσιμου νερού σε περίπου 2,5 εκατομμύρια πολίτες (Αργίνο, Άρτα, Πρέβεζα, Καρδίτσα, Λευκάδα). Ο πρώτος στόχος μας είναι η διατήρηση της καλής ποιότητας του νερού ως αγαθό απαραίτητο για την ζωή και σε ανεπάρκεια διότι αυξάνεται η κατανάλωση και υποβαθμίζεται η ποιότητα του.

### *Αντιπλημμυρική Προστασία*

Με τα φράγματα που κατασκεύασε η ΔΕΗ Α.Ε. στα κυριότερα ποτάμια της Ελλάδας προσφέρει αντιπλημμυρική προστασία στα κατάντη και επέτρεψε την αξιοποίηση μεγάλων γόνιμων παραποτάμιων εκτάσεων εκατοντάδων χιλιάδων στρεμμάτων. Καλλιεργούνται χωρίς φόβο από πλημμύρες παραποτάμιες περιοχές κοντά στις εκβολές (Αλιάκμονας, Νέστος, Λάδωνας, Αχελώος, Άραχθος κ.τ.λ.).

### *Ξηρασία – Λειψυδρία*

Οι ταμιευτήρες των υδροηλεκτρικών σταθμών προφυλάσσουν πολλές περιοχές της χώρας από μεγάλες καταστροφές και αποφυγή δραματικών καταστάσεων λόγω παρατεταμένης ξηρασίας που εμφανίζεται στη Μεσόγειο. Αρκεί να θυμηθεί κανείς το 1990, ένα από τα ξηρότερα έτη του αιώνα, όπου η Αθήνα με τα 3 εκατομμύρια ανθρώπων, βρέθηκε μπροστά στο φάσμα της έλλειψης πόσιμου νερού. Εξετάσθηκε η λύση για μεταφορά νερού με δεξαμενόπλοια από τον Αχελώο. Βέβαια αυτή ήταν η μόνη εφικτή λύση διότι το έργο μεταφοράς νερού της Τριχωνίδας δεν μπορούσε να εκτελεστεί σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα και η Τριχωνίδα δεν είχε τόσες ποσότητες νερού. Έτσι προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον και προστατεύονται τα εισοδήματα εκατομμυρίων πολιτών.

Υπάρχουν όμως και σημαντικές επιπτώσεις όπως θα δούμε στην συνέχεια:

Τα φράγματα και οι ταμιευτήρες που δημιουργούνται κάνουν ανάσχεση πλημμύρων και κατακρατούν τα φερτά υλικά. Με τον τρόπο αυτό τροποποιούν το δέλτα των ποταμών και επιδρούν αρνητικά στα φυσικά οικοσυστήματα. Βέβαια δεν είναι ο μόνος λόγος υποβάθμισης αυτών των οικοσυστημάτων.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα για καταπατήσεις που μειώνουν την παροχτευτικότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια την δυσκολία στη χρησιμοποίηση των υπερχειλιστών χωρίς να προκληθούν ζημιές στα κατάντη. Επίσης με την δημιουργία του ταμιευτήρα χάνονται αγροτικές εκτάσεις, χωριά πνίγονται, μνημεία ιστορικά σκεπάζονται από το νερό [2-10].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΤΥΠΟΙ της ΥΗΣ

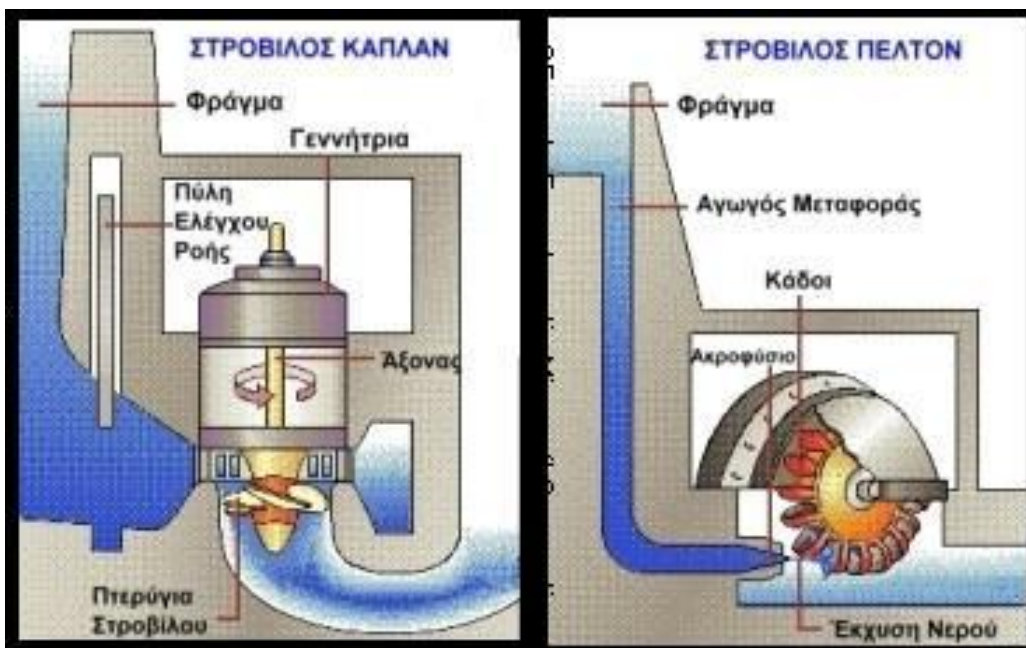
Υπάρχουν τρεις τύποι της ΥΗΣ:

Μεγάλης υψομετρικής διαφοράς ή μεγάλης δεξαμενής αποθήκευσης.  
Μεσαίας υψομετρικής διαφοράς ή μικρής δεξαμενής αποθήκευσης.  
Ροής ποταμών ή αγωγών.

Ανάλογα με τον τύπο Υ.Η.Σ. χρησιμοποιούνται αντίστοιχοι στρόβιλοι:

*Pelton*: από 184 έως 1840 μ. και αποτελείται από υδραυλικό τροχό με σκαφίδια όπου κατευθύνεται το νερό με ρυθμιζόμενης ροής ακροφύσια (υδροστρόβιλος δράσεως).

*Karlan*: Φυσική ροή. Έχει στοροφείο και χρησιμοποιεί αξονική ροή νερού και μεταβλητό βήμα πτερυγίων. Όλοι είναι κατάλληλοι για την κάλυψη φορτίων αιχμής αφού εκκινούν γρήγορα (περί τα 2min) και χρησιμοποιούνται και σαν σύγχρονοι αντισταθμιστές αεργου.



**Εικόνα 1.20:** Στρόβιλος τύπου ΚΑΠΛΑΝ και ΠΕΛΤΟΝ.

*Francis* : από 37 έως 490 μ και είναι υδροστρόβιλος αντιδράσεως, δηλαδή το νερό έχει μικρή ταχύτητα και μεγάλη πίεση και κατά τη ροή από το τροχό μειώνεται η πίεση και αυξάνεται η ταχύτητα.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από τη χρήση των ΥΗΣ

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση των ΥΗΣ είναι:

Είναι μια «καθαρή» και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα (εξοικονόμηση συναλλάγματος, φυσικών πόρων, προστασία περιβάλλοντος ).

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς ( γαιανθράκων, πετρελαίου ).

Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υγροτόπων, αναψυχή, αθλητισμός.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται από την χρήση των ΥΗΣ είναι:

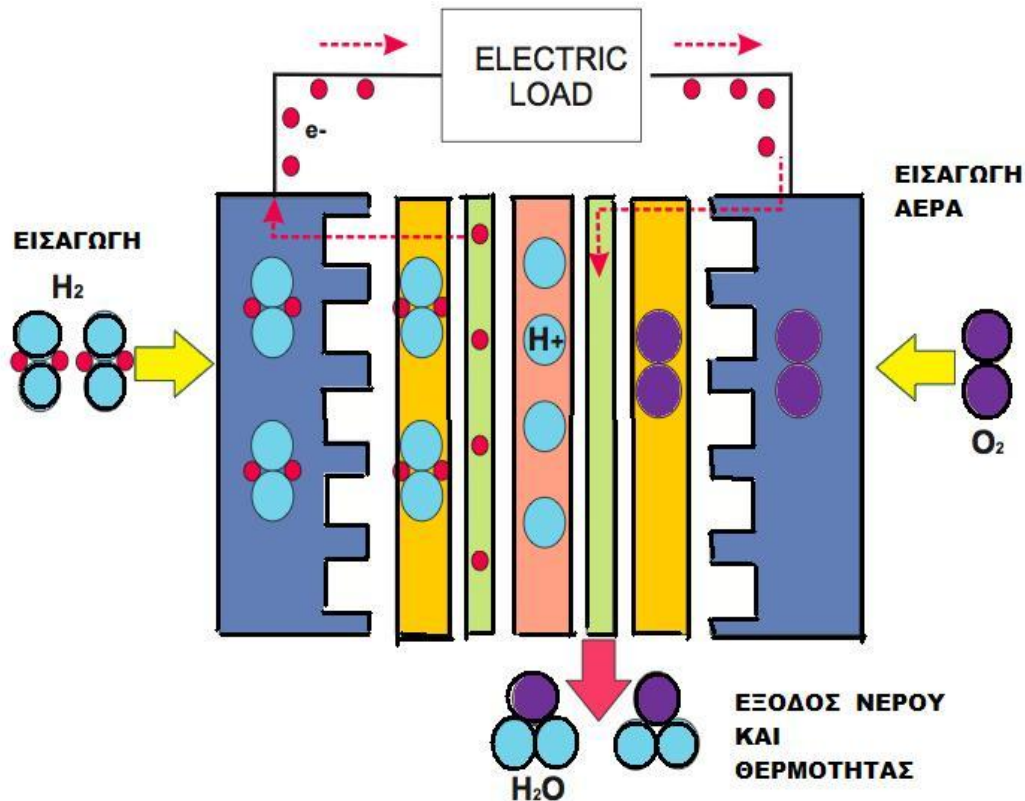
Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου.

Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα όπως ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, πλήρωση ταμιευτήρων με φερτές ύλες, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά. Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων.

#### **1.3.4 Υδρογόνο**

Το υδρογόνο θεωρείται ως το ιδανικό καύσιμο, διότι έχει υψηλή θερμαντική αξία, το προϊόν της καύσης του είναι καθαρό νερό, και μπορεί να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις με μηδενικές απώλειες. Το υδρογόνο σήμερα παράγεται κυρίως από φυσικό αέριο με την επίδραση υδρατμών, αλλά η πιο φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος είναι η παραγωγή του από ηλεκτρόλυση του νερού. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι, εκτός από τη δυνατότητα καύσης του σε ηλεκτρογεννήτριες, το υδρογόνο μπορεί να "τροφοδοτήσει" τις κυψέλες καυσίμου, μια από τις σημαντικότερες ενεργειακές πηγές του μέλλοντος [2-10].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



Εικόνα 1.21: Αρχή λειτουργίας κυψέλης καυσίμου τύπου PEM.

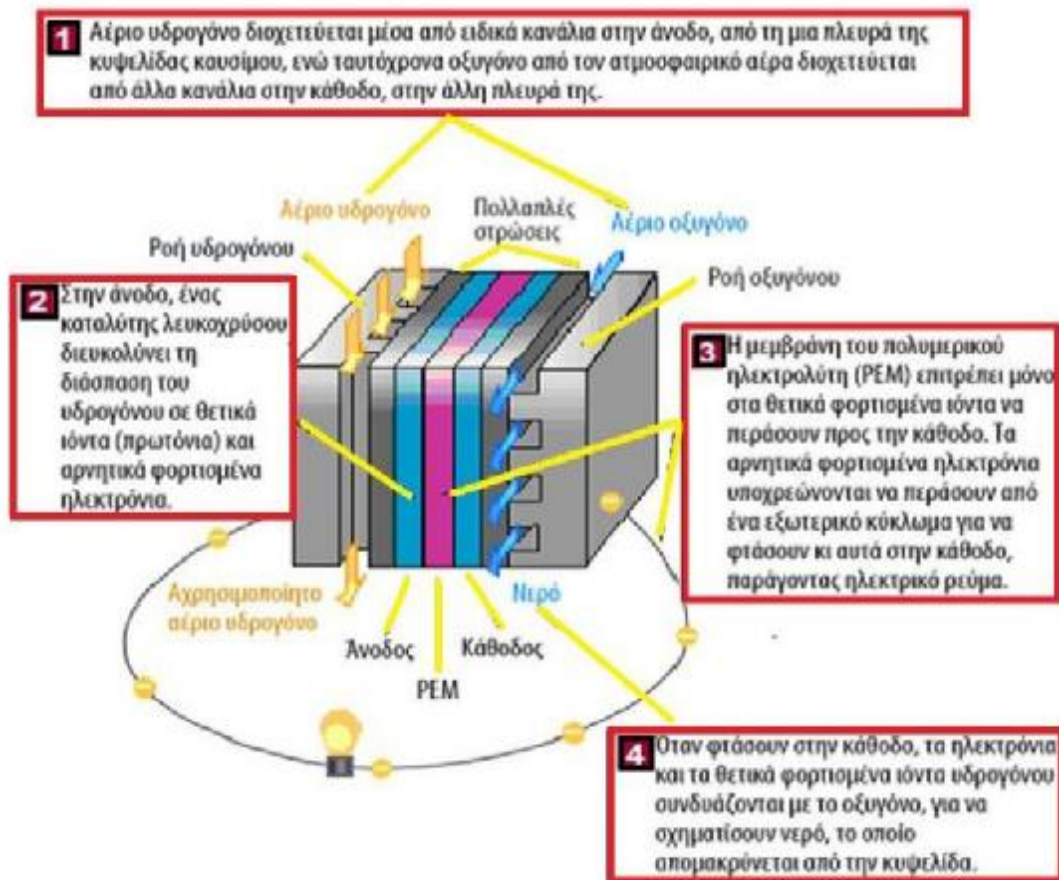
### Κυψέλη καυσίμου

Μεγάλο ενδιαφέρον για τη κυψέλη καυσίμων ως πρακτική γεννήτρια ξεκίνησε τη δεκαετία του '60, όταν επέλεξε το διαστημικό πρόγραμμα των ΗΠΑ τις κυψέλες καυσίμων και όχι την επικίνδυνη πυρηνική ενέργεια και την ακριβότερη ηλιακή ενέργεια. Οι κυψέλες καυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ποικίλα καύσιμα και μάλιστα με ΑΠΕ. Το υδρογόνο (H) "το αφθονότερο στοιχείο στη Γη" μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Οι κυψέλες καυσίμων μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν καύσιμα που περιέχουν υδρογόνο, συμπεριλαμβανομένης της μεθανόλης, της αιθανόλης, του φυσικού αερίου, και των ορυκτών καυσίμων ακόμη όπως η βενζίνη ή το ντήζελ.

Τα καύσιμα που περιέχουν υδρογόνο απαιτούν γενικά έναν "μετασχηματιστή καυσίμου" που θα εξάγει από το καύσιμο το υδρογόνο. Η ενέργεια θα μπορούσε επίσης να παρασχεθεί από τη βιομάζα, τον αέρα, την ηλιακή ενέργεια ή άλλες ανανεώσιμες πηγές.

Οι κυψέλες καυσίμων σήμερα λειτουργούν με πολλά διαφορετικά καύσιμα, ακόμη και αέριο από τις εγκαταστάσεις σκουπιδιών και της επεξεργασίας απόβλητου ύδατος.





Εικόνα 1.22: Κύκλος ροής Υδρογόνου.

Επίσης η δύναμη του αέρα, οι παλίρροιες και οι (υδροηλεκτρικοί στρόβιλοι μπορούν επίσης να δημιουργήσουν ηλεκτρική ενέργεια για να χωρίσουν το νερό σε υδρογόνο και οξυγόνο. Όταν το υδρογόνο παράγεται από τον ήλιο ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καλείται "ηλιακό-υδρογόνο"

Όταν χρησιμοποιούνται καύσιμα εκτός από το καθαρό υδρογόνο, απαιτείται ένας μετασχηματιστής ή επεξεργαστής καυσίμων. Ο μετασχηματιστής είναι μια συσκευή που παράγει υδρογόνο από τα καύσιμα όπως η βενζίνη, η μεθανόλη ή η αιθανόλη.

Τρία βασικά σχέδια μετασχηματιστών αξιολογούνται ως κατάλληλα για τις κυψέλες καυσίμων για χρήση τους σε οχήματα:

Του μετασχηματιστή του ατμού, της μερικής οξειδωσης και του αυτοθερμικού μετασχηματιστή.

Οι μετασχηματιστές ατμού συνδυάζουν τα καύσιμα με τον ατμό και τη θερμότητα για να παραγάγουν το υδρογόνο. Η θερμότητα που απαιτείται για να ενεργοποιηθεί το σύστημα λαμβάνεται με την καύση των καυσίμων ή του πλεονάζοντος υδρογόνου από την έξοδο των κυττάρων καυσίμων.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οι μετασχηματιστές της μερικής οξειδωσης συνδυάζουν χημικά τα καύσιμα με το οξυγόνο για να παραγάγουν μονοξειδίο υδρογόνου και άνθρακα. Το μονοξειδίο του άνθρακα αντιδρά έπειτα με τον ατμό για να παραγάγει περισσότερο υδρογόνο. Η μερική οξειδωση ελευθερώνει θερμότητα, η οποία συλλαμβάνεται και χρησιμοποιείται αλλού στο σύστημα.

Οι αυτοθερμικοί μετασχηματιστές συνδυάζουν χημικά τα καύσιμα και με τον ατμό και με το οξυγόνο έτσι ώστε η αντίδραση είναι σε θερμική ισορροπία. Ο αυτοθερμικός μετασχηματισμός, ενώ δεν είναι τόσο πλήρως αναπτυγμένος όσο οι άλλοι, προσφέρει την περισσότερη ευελιξία στη διαχείριση της θερμότητας. Γενικά, και η μεθανόλη και η βενζίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε από τα τρία σχέδια μετασχηματιστών. Οι διαφορές στη χημική φύση των καυσίμων, εντούτοις, μπορούν να ευνοήσουν ένα σχέδιο πιο πολύ από ένα άλλο.

Το υδρογόνο που παράγεται με τη βοήθεια ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών παρέχει μια καθαρή και άφθονη πηγή ενέργειας, ικανή για τις περισσότερες από τις μελλοντικές υψηλές ανάγκες ενέργειας. Όταν το υδρογόνο χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας σε μια κυψέλη καυσίμων, η μόνη εκπομπή που δημιουργείται είναι το νερό, το οποίο μπορεί έπειτα να ηλεκτρολυθεί για να κάνει περισσότερο υδρογόνο τα «απόβλητα» δηλαδή προμηθεύουν περισσότερα καύσιμα. Αυτός ο συνεχής κύκλος ενεργειακής παραγωγής έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας με κάθε ικανότητα έτσι δεν θα έχουμε άλλες νεκρές μπαταρίες που προκαλούν μόλυνση του περιβάλλοντος ή μηχανές που καίνε βενζίνη ή πετρέλαιο. Το μόνο μειονέκτημα είναι ότι το υδρογόνο είναι ακόμα ακριβότερο από τις άλλες πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Οι ερευνητές βοηθούν να αναπτυχθούν εκείνες οι τεχνολογίες για να παραγάγουν το υδρογόνο σε μαζικές ποσότητες και με φτηνότερες τιμές, προκειμένου να ανταγωνιστούν με τις παραδοσιακές πηγές της ενέργειας [2-10].

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Υδρογόνου

Στις μέρες μας υπάρχει ένας σαφής προσανατολισμός προς την κατεύθυνση του υδρογόνου. Η χρήση του υδρογόνου παρέχει πολλά πλεονεκτήματα μερικά από τα οποία παραθέτονται παρακάτω:

Ελάχιστες εκπομπές ρύπων. Προστασία της ατμόσφαιρας, φιλικός προς το περιβάλλον, παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Μεγάλη απόδοση στην μετατροπή ηλεκτρισμού της τάξης του 40-65%.

Οι κυψέλες δεν έχουν κινητά μέρη. Ήσυχη λειτουργία και μικρή συντήρηση.

Σαν αέριο ή υγρό, το υδρογόνο μπορεί εύκολα να μεταφερθεί, να φυλαχτεί και τελικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε εφαρμογή όπου χρησιμοποιούνται σήμερα τα καύσιμα.

Το υδρογόνο είναι το πιο ασφαλές από όλα τα καύσιμα. Το αέριο υδρογόνο είναι 14 φορές ελαφρύτερο από τον αέρα και για αυτό διαχέεται ταχέως στην ατμόσφαιρα στην περίπτωση ενός ατυχήματος. Ενώ τα άλλα καύσιμα έχουν μεγάλο χρόνο επικινδυνότητας έως ότου αυτά ξεφύγουν από την θέση τους.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Κοστίζει λιγότερο για να μετακινηθεί το υδρογόνο σε άλλες ηπείρους ως συμπιεσμένο αέριο με τη βοήθεια σωλήνων, από ένα ίσο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας.

Το υγρό υδρογόνο είναι η ασφαλέστερη και πιο οικονομική επιλογή για την κίνηση της ενέργειας από τους ωκεανούς.

Το υδρογόνο έχει το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους από οποιοδήποτε άλλο γνωστό καύσιμο, 120.7 KJ/gr και περίπου 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής βενζίνης.

Κάνει καθαρή καύση. Για το λόγο ότι κάνει καθαρή καύση δε συμβάλει στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Το ποσό του νερού που παράγεται κατά τη καύση είναι τέτοιο ώστε να θεωρείται επίσης αμελητέο και μη ικανό επομένως να επιφέρει κάποια κλιματολογική αλλαγή δεδομένης ακόμα και μαζικής χρήσης.

Μπορεί να παρασκευαστεί με πάρα πολλές μεθόδους σε οποιαδήποτε χώρα και σε οποιοδήποτε μέρος κι επομένως μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη αποκεντροποιημένων συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Αυτό θα ωφελήσει φτωχότερα και λιγότερο αναπτυγμένα κράτη τα οποία σήμερα εξαρτώνται ενεργειακά από άλλα ισχυρότερα.

Η χρήση του υδρογόνου ως καύσιμο όμως έχει και μερικά μειονεκτήματα που τα περισσότερα έχουν να κάνουν με την ελλιπή σημερινή υποδομή και αποτελούν κυρίως τεχνικά προβλήματα τα οποία αναζητούν λύση.

Ένα πρόβλημα είναι αυτό της αποθήκευσης του. Δεδομένου του ότι το υδρογόνο είναι πολύ ελαφρύ, η συμπίεση μεγάλης ποσότητας σε μικρού μεγέθους δεξαμενή είναι δύσκολη λόγω των υψηλών πιέσεων που χρειάζονται για να επιτευχθεί η υγροποίηση.

Δεύτερο πρόβλημα αποτελεί η έλλειψη οργανωμένου δικτύου διανομής του.

Λόγω του παραπάνω και η τιμή του επίσης είναι σχετικά υψηλή σε σύγκριση με αυτή της βενζίνης ή του πετρελαίου.

Επίσης αν και στο μεγαλύτερο μέρος των περιπτώσεων το υδρογόνο θεωρείται περισσότερο ασφαλές από οποιοδήποτε άλλο καύσιμο, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γίνει εξαιρετικά επικίνδυνο.

Αυξημένη είναι και η τιμή των κυψέλων καυσίμου με τις οποίες αυτή τη στιγμή γίνεται η μεγαλύτερη εκμετάλλευση του υδρογόνου ως καύσιμο. Επιπλέον η τεχνολογία τους δε μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωτικά αξιόπιστη αφού προς το παρόν υπάρχουν αρκετά τεχνικά προβλήματα τα οποία αναζητούν αξιόπιστες λύσεις.

Αυτό με τη σειρά του αυξάνει το κόστος παραγωγής του καυσίμου.

### 1.3.5 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια στηρίζεται στον άνεμο. Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Επειδή ο θερμός αέρας είναι ελαφρύτερος από τον ψυχρό, ανέρχεται υψηλότερα δημιουργώντας έτσι αέρια ρεύματα. Υπολογίζεται ότι περίπου το 2% της ηλιακής ενέργειας που καταφθάνει στη γη μετατρέπεται σε ανέμους [2-10].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- § Τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα.
- § Τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα.

Η αιολική ενέργεια έχει συμβάλει σημαντικά στην εξέλιξη του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του καθώς οι δυνατότητες του ανέμου εκτιμήθηκαν και αξιοποιήθηκαν από τα αρχαία χρόνια. Ξέρουμε ότι πολλούς αιώνες προ Χριστού ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε πλοία με πανιά για τις θαλάσσιες μετακινήσεις του, βοηθώντας στην μετάδοση του πολιτισμού και στην ανάπτυξη του εμπορίου. Μέχρι τη βιομηχανική επανάσταση και την εφεύρεση των ατμόπλοιων, ο άνεμος ήταν η βασική πηγή ενέργειας για τις μεταφορές. Στις αρχές του 20ου αιώνα χρησιμοποιούνταν ήδη πολλοί ανεμοκινητήρες για μηχανικά φορτία [11-14].



(α)

(β)

**Εικόνα 1.23:** (α) Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα και (β) ανεμογεννήτρια κατακόρυφου (ή κάθετου) άξονα.

Στις μέρες μας όμως, η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας δεν γίνεται με τους παραδοσιακούς τρόπους που αναφέρονται παραπάνω. Υπάρχουν ακόμα ιστιοφόρα και ανεμόμυλοι, όμως η κύρια εκμετάλλευση του ανέμου γίνεται από σύγχρονες, αποδοτικές ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροπαραγωγή. Η πρώτη γνωστή ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε το 1888 από τον Charles F. Brush στο Κλήβελαντ των Η.Π.Α ενώ πρόδρομος των ανεμογεννητριών με τη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα,

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

εγκαταστάθηκε το 1931 στη Γιάλτα της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και ήταν ισχύος 100Kw [2-10].

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ανεμογεννητριών ισχύος μερικών MW. Τοποθετημένες σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό και χρησιμοποιούμενες σε συστοιχίες δημιουργώντας τα γνωστά σε όλους μας αιολικά πάρκα, μπορούν και διοχετεύουν το σύνολο της παραγωγής τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας συμβάλλοντας κατά ένα ποσοστό στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας χώρας γεγονός όμως που έχει τεράστια οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόνομα σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται καλύπτοντας πλήρως τις απαιτήσεις τους σε ενέργεια.



**Εικόνα 1.24:** Ανεμογεννήτριες σε αιολικό πάρκο.

### Μέρη ανεμογεννήτριας

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από τα παρακάτω 4 μέρη:

Ο *πύργος*, ο οποίος αποτελείται από 2 ή 3 συνδεδεμένα τμήματα, έχει κυλινδρική μορφή και κατασκευάζεται από χάλυβα. Μοιάζει με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε εθνικούς δρόμους ή σε μεγάλα γήπεδα.

Ο *θάλαμος*, ο οποίος περιέχει μέσα τα μηχανικά υποσυστήματα, δηλαδή τον κύριο άξονα, το σύστημα πέδησης, το κιβώτιο ταχυτήτων και την ηλεκτρογεννήτρια.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας είναι υπεύθυνα για την ασφαλή και εύρυθμη λειτουργία των ανεμογεννητριών σε όλες τις συνθήκες και αποτελούνται συνήθως από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών [11-14].

Τα *περύγια* τα οποία είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά και σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να αντέχουν σε καταπονήσεις μεγάλου μεγέθους.

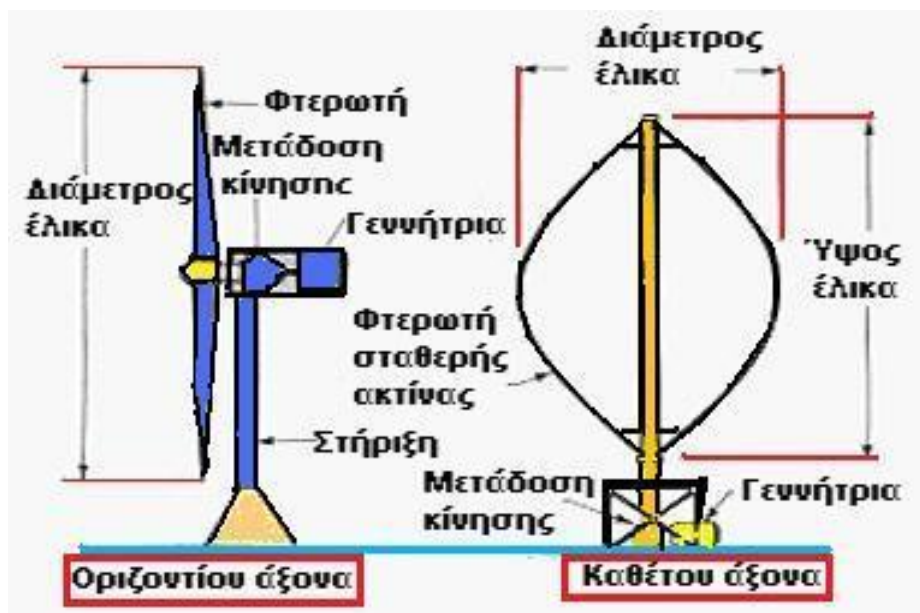
Τέλος θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στα εξαρτήματα λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και ο *μετασχηματιστής*, ο οποίος είναι εγκατεστημένος δίπλα στην ανεμογεννήτρια και μοιάζει με τους μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι πάνω στους στύλους της ΔΕΗ. Αυτός ο μετασχηματιστής μετατρέπει την χαμηλή τάση της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ.

### Κατηγορίες ανεμογεννητριών

Όπως αναφέραμε παραπάνω οι ανεμογεννήτριες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες.

Οι *οριζοντίου άξονα* είναι εκείνες των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και ο άξονάς τους μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.

Οι *κατακόρυφου άξονα* είναι εκείνες των οποίων ο άξονας παραμένει σταθερός. Οι κατακόρυφου άξονα έχουν τα πλεονεκτήματα ότι δεν χρειάζονται σύστημα προσανατολισμού και η ηλεκτρική τους γεννήτρια είναι στο έδαφος. Αντίθετα έχουν τα μειονεκτήματα ότι εκμεταλλεύονται μικρότερες ταχύτητες ανέμων αφού είναι κοντά στο έδαφος, έχουν μικρότερο συντελεστή ισχύος και η στερέωσή τους στο έδαφος απαιτεί εγκαταστάσεις που καταλαμβάνουν μεγάλο εμβαδόν [11-14].



Εικόνα 1.25: Μέρη ανεμογεννητριών οριζοντίου και κατακόρυφου (ή καθέτου) άξονα.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### Κριτήρια εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου

Το κυριότερο κριτήριο για την εξεταζόμενη περιοχή είναι το υψηλό αιολικό δυναμικό της δεν αποτελεί όμως και το μόνο. Άλλοι παράμετροι που θα πρέπει να συμπεριληφθούν στην εξέταση είναι:

- Τα γειτονικά δίκτυα με τη ΔΕΗ ανάλογης ισχύος και η ύπαρξη δρόμων πρόσβασης.
- Αποστάσεις από τις κοντινότερες κοινότητες.
- Το αρχαιολογικό ενδιαφέρον για την εξεταζόμενη περιοχή.
- Η θέση της ανεμογεννήτριας σε σχέση με τους αναμεταδότες της ΕΡΤ και του ΟΤΕ.
- Αποστάσεις από τα αεροδρόμια.
- Ειδικά προγράμματα περιβαλλοντικής προστασίας (NATURA, RAMSAR, κλπ.).

Γενικότερα τα αιολικά πάρκα και οι ανεμογεννήτριες αν και ανήκουν στην κατηγορία των μορφών παραγωγής ενέργειας που είναι φιλικές προς το περιβάλλον οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την διαδικασία σχεδίασης τους.

Την τελευταία δεκαετία προέκυψε ένας αριθμός προβλημάτων σχετικά με την αποδοχή των αιολικών πάρκων από το ευρύ κοινό. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ραγδαία αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των ανεμογεννητριών που εγκαθίστανται, σε συνδυασμό με την ολοένα και μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του κοινού σε περιβαλλοντικά θέματα. Σε πολλές περιπτώσεις η εγκατάσταση αιολικών πάρκων συνάντησε δυσκολίες με τους περιοίκους και συνεπώς με τις τοπικές αρχές, πράγμα που οδήγησε σε καθυστερήσεις ή ακόμα και σε ακυρώσεις των σχετικών κάθε φορά προγραμμάτων.

Σχετική έρευνα στο θέμα της αποδοχής των αιολικών πάρκων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι αν και τα αιολικά πάρκα είναι η πλέον δημοφιλής τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση είτε με συμβατικούς σταθμούς είτε ακόμα και με άλλες ήπιες μορφές ενέργειας, υπάρχουν σημαντικές αντιδράσεις από άτομα που μένουν σε περιοχές κοντά στις οποίες θα τοποθετηθούν τα αιολικά πάρκα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να είναι υψηλός ο χαρακτηριστικός δείκτης NIMBY (Not In My Back Yard).

Έχει λοιπόν εξαχθεί ως συμπέρασμα ότι ο κύριος λόγος για την αντίδραση αυτή είναι ως επί τω πλείστον η οπτική όχληση των ανεμογεννητριών, καθώς και ο θόρυβος που αυτές παράγουν και γι' αυτό το λόγο προτείνεται ο σχεδιασμός των αιολικών πάρκων με αισθητικά κριτήρια τα οποία και θα λαμβάνουν υπόψη τους όχι μόνο την αισθητική της ανεμογεννήτριας αλλά και το πώς το αιολικό πάρκο

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

συνδυάζεται με το ανάγλυφο καθώς και τα χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης του. Είναι επίσης σημαντικό να ενημερώνονται οι περίοικοι για την μελλοντική όψη της περιοχής τους και να εγκρίνουν την εγκατάσταση ή όχι του πάρκου στο στάδιο της σχεδιάσής του [11,12].

### Περιβαλλοντικό κόστος η ένταξη του στο κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού

Η ανάγκη αξιολόγησης των πραγματικών επιπτώσεων από την παραγωγή ενέργειας στην ανάπτυξη, την οικονομία, την υγεία και το περιβάλλον εισήγαγε την έννοια του *ολικού ενεργειακού κόστους παραγωγής* (ΟΕΚΠ), το οποίο ορίζεται ως το άθροισμα του κοινωνικού και του περιβαλλοντικού κόστους αντίστοιχα.

$$\text{ΟΕΚΠ} = \text{ΚΚ} + \text{ΠΚ} \quad (1.1)$$

Το *κοινωνικό κόστος* περιλαμβάνει τις άμεσες επιδοτήσεις από την πολιτεία προς τις εταιρείες παραγωγής, καθώς και τις έμμεσες επιδοτήσεις, όπως φοροεκπτώσεις, απαλλαγές από Φ.Π.Α., εξαγωγή και απώλεια συναλλάγματος κ.τ.λ.

Το *περιβαλλοντικό κόστος* αποτιμά τις επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών και την ποιότητα ζωής τους από την παραγωγή ενέργειας αν ληφθούν υπόψη επιπτώσεις όπως το φαινόμενο της όξινης βροχής, το "νέφος" στις πόλεις, τα ραδιενεργά απόβλητα, η ρύπανση της θάλασσας και τα πυρηνικά ατυχήματα. Το ουσιαστικότερο όμως και ταυτόχρονα το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κόστος είναι αυτό του φαινομένου του θερμοκηπίου το οποίο απειλεί να δημιουργήσει μη αναστρέψιμα φυσικά φαινόμενα στον πλανήτη και στα οικοσυστήματά του. Από όλα τα παραπάνω τίθεται η ανάγκη εκτίμησης του ολικού κόστους παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε η κάθε κοινωνία να είναι σε θέση να χαράξει την ενεργειακή της πολιτική βασισμένη πάνω σε αντικειμενικά κριτήρια [11-14].

### Επιδράσεις στο περιβάλλον και σε επιμέρους τομείς

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η επίδραση από τις ανεμογεννήτριες σε ένα σύνολο από περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι είναι: τα επίπεδα θορύβου, η επίδραση στο οικοσύστημα, στη χρήση της γης, η αισθητική επίδραση, οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις καθώς και το περιβαλλοντικό κέρδος από τη χρήση ανεμογεννητριών.

Ο ιδανικότερος χώρος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών είναι γνωστό ότι είναι οι κορυφογραμμές. Η θέση αυτή όμως καθιστά τις ανεμογεννήτριες ορατές από μεγάλες αποστάσεις. Εδώ υπεισέρχεται ο παράγοντας της αισθητικής επίδρασης μιας και η εικόνα που παρουσιάζουν αυτές θεωρείται από πολλούς αρμονική, από άλλους αδιάφορη και από μια μικρή μερίδα ανθρώπων ενοχλητική. Οι τριπτέρυγες ανεμογεννήτριες δίδουν ένα αισθητικά αρμονικότερο αποτέλεσμα στον ορίζοντα και η περιστροφή των πτερυγίων γίνεται ευκολότερα αποδεκτή.

Οι αποχρώσεις των πύργων στήριξης και των πτερυγίων παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην εναρμόνιση με τον περιβάλλοντα χώρο. Το λευκό χρώμα έχει επικρατήσει πλήρως έχοντας σαν εναλλακτική λύση το ανοικτό γκρι. Ακόμη οι ολόσωμοι πύργοι στήριξης είναι από πλευράς αισθητικής και ασφάλειας προτιμότεροι [11-14].





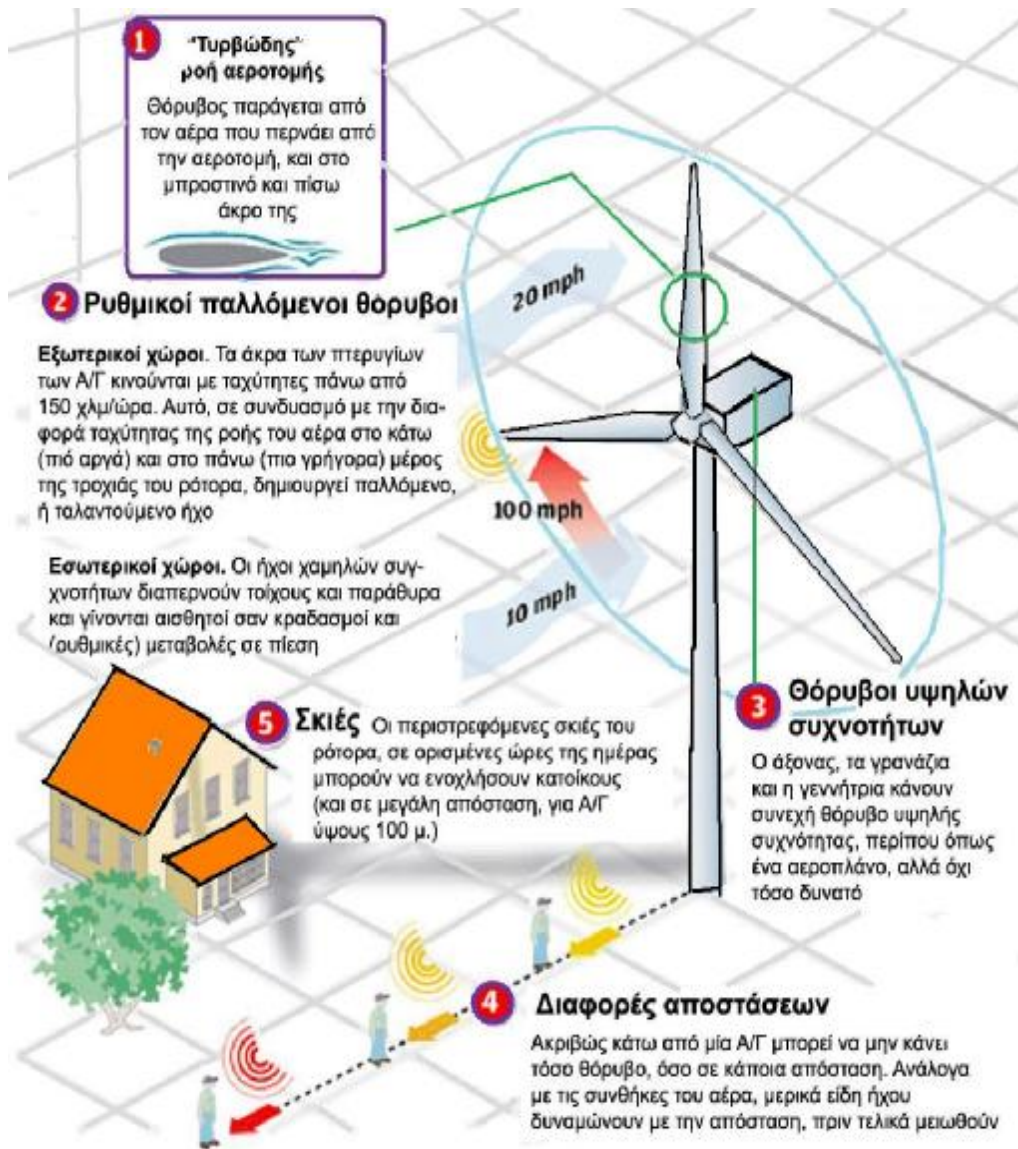
**Εικόνα 1.26:** Φωτογραφίες από περιοχές ανεμογεννητριών.

Πλέον οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πολύ ήσυχες και με συνεχείς βελτιώσεις τους, γίνονται όλο και περισσότερο αθόρυβες. Ο θόρυβος αντιμετωπίζεται με δύο τρόπους είτε με επέμβαση στην πηγή είτε με επέμβαση στη διαδρομή του.

*Επέμβαση στην πηγή:* ο μηχανικός θόρυβος μπορεί να μειωθεί με εξαρχής σχεδίαση τοποθετώντας στο κέλυφος της κατασκευής εσωτερική ηχομονωτική επένδυση.

*Επέμβαση στη διαδρομή:* ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με αντικραδασμικά πέλματα στήριξης και ηχομονωτικά πετάσματα. Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος μπορεί να ελαττωθεί αν τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας σχεδιαστούν με μεγάλη προσοχή.

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος που προέρχεται από μια μικρή επαρχιακή πόλη είναι σε επίπεδο μεγαλύτερος από το θόρυβο που προκαλεί μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια σε απόσταση 200 μέτρων και οποίος γίνεται αντιληπτός, οπότε δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Επιπλέον, με βάση το νόμο, οι ανεμογεννήτριες πρέπει να εγκαθίστανται σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα το επίπεδο του θορύβου να είναι χαμηλότερο και πλέον να αντιστοιχεί στο επίπεδο ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Τέλος, οι ταχύτητες λειτουργίας των ανεμογεννητριών είναι τέτοιες που ο φυσικός θόρυβος του ανέμου να υπερκαλύπτει τον οποιοδήποτε θόρυβο που προέρχεται από αυτές. Επομένως τα αιολικά πάρκα σε ουδεμία περίπτωση δεν προκαλούν αύξηση του θορύβου εκτός των ορίων τους και ιδιαίτερα σε κατοικημένες περιοχές και επίσης, σε καμία περίπτωση δεν εκθέτουν τους ανθρώπους σε θόρυβο τέτοιο ώστε να αποτελεί ενόχληση για αυτούς [11-14].



Εικόνα 1.27: Ηχορύπανση από ανεμογεννήτριες.

Ο θόρυβος προέρχεται από 2 πηγές. Τα πτερύγια που κατά την περιστροφή τους προκαλούν αεροδυναμικό θόρυβο και από τα μηχανικά μέρη, όπως είναι το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια. Το επίπεδο θορύβου είναι ανάλογο με το μέγεθος της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας αλλά εξαρτάται και από τη φιλοσοφία της κατασκευής. Σε ότι αφορά τα επίπεδα θορύβου οι ανεμογεννήτριες σε σύγκριση με άλλες βιομηχανικές μονάδες παραγωγής ενέργειας είναι ήσυχες κατασκευές με χαμηλά επίπεδα θορύβου.

Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν επιπλέον προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Οι ανεμογεννήτριες πολλές φορές, βρίσκονται σε θέσεις ίδιες με ήδη υπάρχοντες ραδιοφωνικούς σταθμούς ή σταθμούς τηλεόρασης και επίσης, λόγω πιθανών ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών που αναπτύσσουν οι ίδιες. Εμπόδια

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

παρεμβολών που μπορεί να υπάρχουν μεταξύ πομπού και δέκτη είναι γνωστό ότι είναι δυνατόν να επηρεάζουν τη διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες του ραδιοφώνου ή της τηλεόρασης. Τέτοιου είδους πρόβλημα μπορούν να προκαλέσουν τα πτερύγια των ανεμογεννητριών τα οποία λόγω της κίνησής τους μπορεί να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Οι πρώτες ανεμογεννήτριες της αγοράς οι οποίες είχαν μεταλλικά πτερύγια δημιουργούσαν πολύ έντονα προβλήματα αυτής της κατηγορίας. Σήμερα οι ανεμογεννήτριες έχουν σύγχρονες προδιαγραφές, κατασκευάζονται με πτερύγια από συνθετικά υλικά, και έτσι επηρεάζουν ελάχιστα τη διάδοση εκπομπών στις συχνότητες ραδιοφώνου και τηλεόρασης [11-14].

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, η άδεια για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου δίνεται μόνο εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από ραδιοτηλεοπτικούς και τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς. Από την άλλη τα περισσότερα προβλήματα παρεμβολών μπορούν πλέον να προληφθούν ή και να διορθωθούν. Η πρόληψη γίνεται με το σωστό σχεδιασμό από την αρχή και τη σωστή χωροθέτηση. Αντίστοιχα η διόρθωση γίνεται με μια σειρά από μικρά και απλά τεχνικά μέτρα όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών και έχουν και μικρό σχετικά κόστος. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών και φυσικά δεν αποτελούν κανένα απολύτως εμπόδιο.

Τώρα όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, τα μόνα επιμέρους τμήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, λαμβάνοντας υπόψη πώς είναι κατασκευασμένη η ανεμογεννήτρια, είναι ο μετασχηματιστής μέσης τάσης και η ηλεκτρογεννήτρια. Ο μετασχηματιστής είναι συνήθως κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο ή περιβάλλεται από περίφραξη ασφαλείας. Η περίφραξη αυτή βρίσκεται σε τέτοια απόσταση έτσι ώστε το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας να είναι αμελητέο. Από την άλλη το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφός της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος και είναι εξαιρετικά ασθενές. Με το δεδομένο αυτό καταλαβαίνει κανείς ότι στην ουσία δεν υφίσταται πραγματικά θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Έτσι λοιπόν με βεβαιότητα πια, μπορούμε να πούμε ότι όλα όσα λέγονται και ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας ή ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

Το ζήτημα στο οποίο έχει δοθεί αρκετά μεγάλη δημοσιότητα, είναι η προσβολή του φυσικού τοπίου και τα αισθητικά προβλήματα από τις ανεμογεννήτριες.

Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξαρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από τη χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός αιολικού πάρκου και ενός θερμικού σταθμού παραγωγής, είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το δεύτερο είναι εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τόπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσής τους στο τοπίο.

Επιπλέον έρευνες έχουν αποδείξει, ότι δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν την κτηνοτροφία ή τη γεωργία. Οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται ανενόχλητα και μετά την εγκατάσταση κάποιου αιολικού πάρκου, αν ληφθεί υπόψη ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί το αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο και για άλλες χρήσεις. Τα αιολικά πάρκα εγκαθίστανται κατά κανόνα σε ορεινές περιοχές με θαμνώδη βλάστηση διότι εκεί έχουμε υψηλότερες ταχύτητες του ανέμου και εκεί ακριβώς ευνοείται η εγκατάστασή τους. Η γη στις περιοχές αυτές χρησιμεύει για τη βοσκή αιγοπροβάτων η οποία μπορεί να συνεχιστεί χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα και μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Ακόμη, έχει παρατηρηθεί σε μερικά αιολικά πάρκα ότι οι ανεμογεννήτριες έλκουν τα αιγοπρόβατα που επωφελούνται από τη δροσιά της σκιάς που προσφέρουν οι πύργοι τους [11-14].

Τέλος, άλλο ένα θέμα τέθηκε προς συζήτηση και αυτό είναι, το αν οι ανεμογεννήτριες έχουν επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών. Πολλές φορές έχουμε δει πουλιά, καθώς πετούν, να συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Έρευνες που έχουν γίνει όμως σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες όπως στην Ολλανδία, στη Γερμανία, στη Δανία και στην Αγγλία, έδειξαν ότι οι ανεμογεννήτριες δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα. Συγκεκριμένα, στο συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνο 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες, ενώ 1500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Βέβαιο είναι ότι το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε προστατευόμενες περιοχές, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Συμπερασματικά, πρέπει να κατανοήσουμε, ότι οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες και τα αιολικά πάρκα είναι άμεσα ορατές και αφετέρου μπορούμε να τις ελαχιστοποιήσουμε με σωστό προσχεδιασμό. Αντίθετα, οι επιπτώσεις της θερμικής ή πυρηνικής παραγωγής ενέργειας αργούν να φανούν, είναι μακροπρόθεσμες και ελαχιστοποιούνται πολύ λίγο έως καθόλου. Από την στιγμή που πρέπει να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια, είναι προτιμότερο να την παράγουμε με τρόπο ακίνδυνο και χωρίς επιπτώσεις προς το περιβάλλον. Από οικονομικής και τεχνολογικής άποψης, η αιολική ενέργεια είναι η πιο ώριμη μορφή ανανεώσιμης και «καθαρής» ενέργειας. Λόγω του ότι συμβάλλει αποτελεσματικά στην αποτροπή κλιματικών αλλαγών και ταυτόχρονα προσφέρει πολλά οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη.

### Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα

Η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- ✓ Στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

- ✓ Σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογιστεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2700 βαρελιών πετρελαίου δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως καθώς και δύο τόνων άλλων ρύπων.
- ✓ Στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας .

Σήμερα παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες στη χώρα μας. Όπως ήταν αναμενόμενο όμως, ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης συνοδεύτηκε από αντιδράσεις και ανησυχίες της κοινωνίας για τις πιθανές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον. Πολλοί φόβοι και ενστάσεις εκφράστηκαν, κάποιες υπερβολικές και κάποιες άλλες άξιες προσοχής, σχετικά με την εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων. Για την αποφυγή τέτοιου είδους προβλημάτων, θα πρέπει να φροντίσει η κοινωνία για την αντικειμενική πληροφόρηση των επιπτώσεων αλλά και των οφελών της αιολικής ενέργειας [11-14].

Για την ηλιακή ενέργεια και την βιομάζα θα γίνει λεπτομερής ανάλυση στα επόμενα κεφάλαια.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

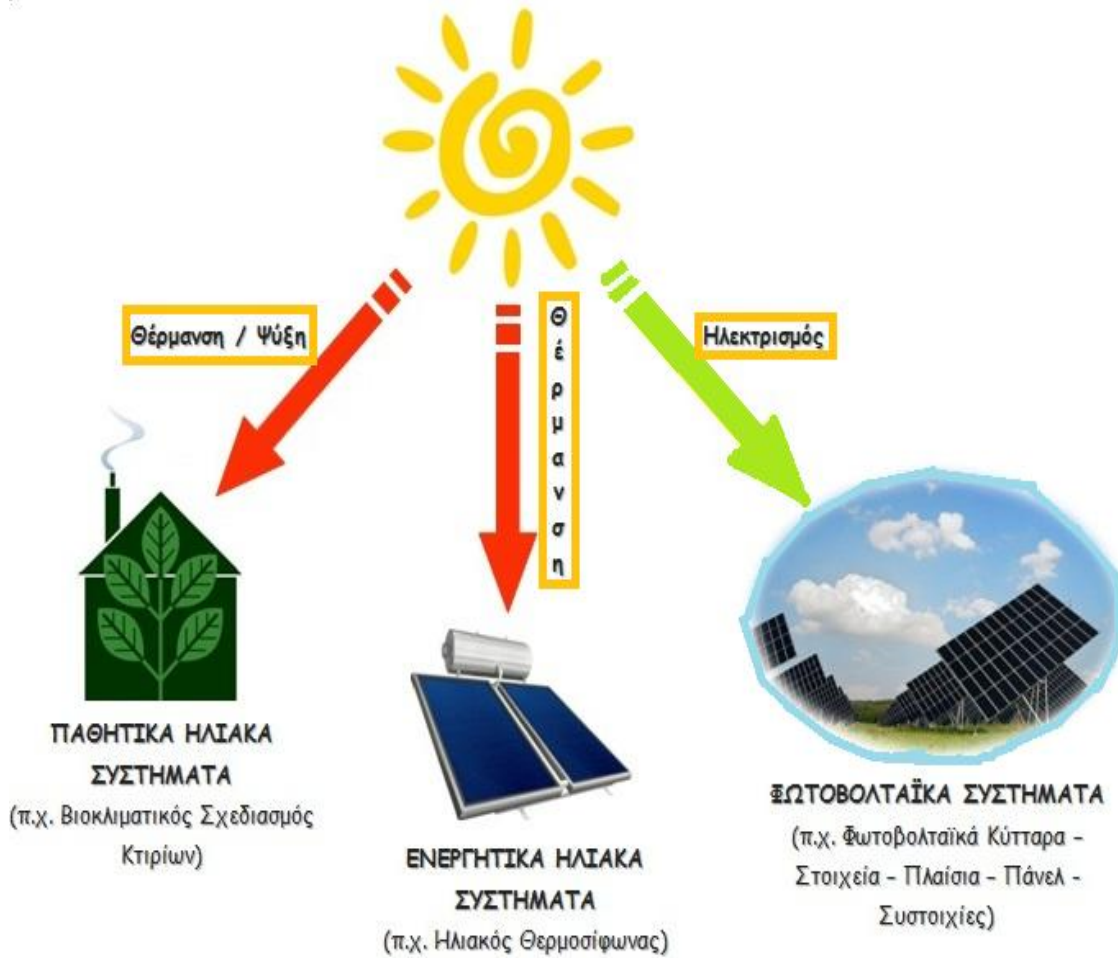
Ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταδίδεται από τον ήλιο στη γη. Ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας και ταυτόχρονα η πιο απαραίτητη για τον άνθρωπο αλλά και για κάθε άλλο οργανισμό.

Βασική επίδραση της ηλιακής ενέργειας είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας του πλανήτη σε τέτοια επίπεδα ώστε να είναι δυνατή η ύπαρξη ζωής. Σχεδόν όλες οι υπόλοιπες μορφές ενέργειας, εξαιρουμένων της πυρηνικής και της γεωθερμικής, προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από τον ήλιο. Η αλλαγή στη θερμοκρασία των αέριων μαζών προκαλεί την κίνηση τους, κίνηση που εκμεταλλευόμαστε με τις ανεμογεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ήλιος προκαλεί εξάτμιση των νερών, έπειτα βροχόπτωση κι έτσι έχουμε την υδροδυναμική ενέργεια. Επίπλέον, μέσω της φωτοσύνθεσης ζουν και αναπτύσσονται τα φυτά, από τα οποία προέρχεται η βιομάζα.

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Τα συστήματα ηλιακής ενέργειας διακρίνονται σε θερμικά και φωτοβολταϊκά. Τα θερμικά είναι αυτά που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε θερμότητα και μπορούν να υποδιαιρεθούν σε ενεργητικά και παθητικά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά από την άλλη, είναι τα συστήματα τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική [2-10].

- § Με τα *παθητικά ηλιακά συστήματα*, δηλαδή όλα τα κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα δομικά στοιχεία των οικοδομικών κατασκευών (κτιρίων) που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είτε για τη θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα είτε για το δρόσιμά τους το καλοκαίρι.
- § Με τη χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατροπή σε θερμότητα σε κάποια θερμομονωμένη δεξαμενή, όπου την αποθηκεύουν και ονομάζονται *ενεργητικά συστήματα*.
- § Με την κατευθείαν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση των *φωτοβολταϊκών συστημάτων*.

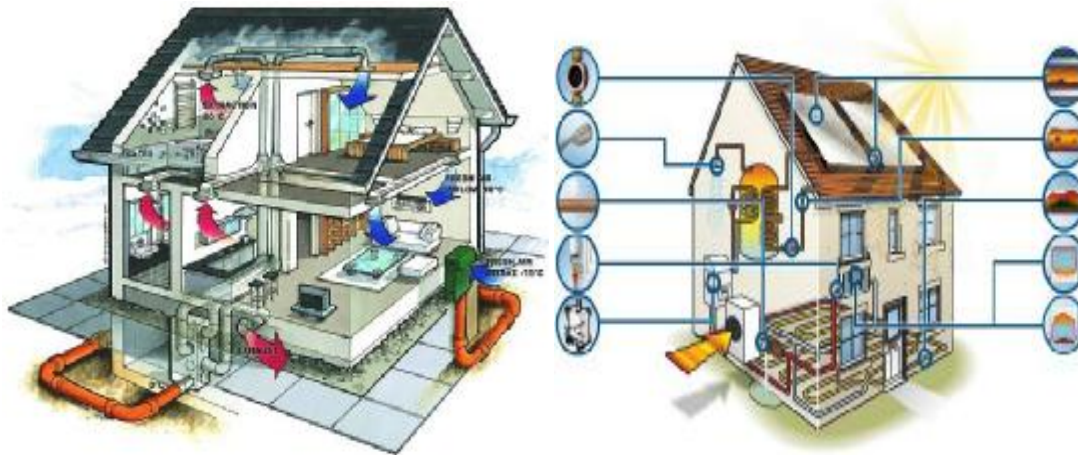
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



Εικόνα 2.1: Διάγραμμα ηλιακής ενέργειας.

## 2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία ενός κτηρίου, που χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων και αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο.



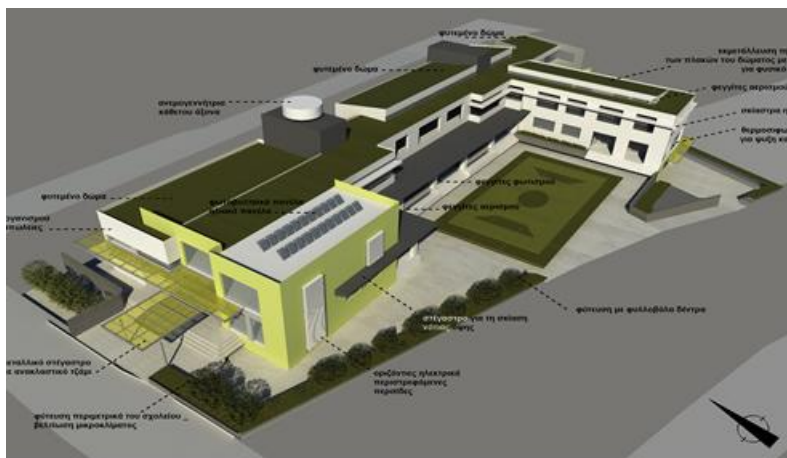
**Εικόνα 2.2:** Σχεδιαγράμματα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Ο τρόπος εφαρμογής τους είναι πολύ απλός. Μέρος δηλαδή ενός κτηρίου καλύπτεται από γυαλί ή από άλλο διαφανές δομικό υλικό ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να το διαπερνά, να μετατρέπεται σε θερμότητα και να παγιδεύεται στο κτήριο. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του γυαλιού να επιτρέπει την είσοδο της ακτινοβολίας στον χώρο και ταυτόχρονα να μην επιτρέπει την έξοδο της θερμότητας από το χώρο αυτό. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται δομικά υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα στους τοίχους του κτηρίου συμβάλλοντας και αυτά στη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας. Με την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας (υπό μορφή θερμικής) από αυτά τα υλικά αυξάνεται η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτηρίου.

Η ενέργεια διανέμεται στο χώρο μέσω του αέρα, πολλές φορές χωρίς τη χρήση ανεμιστήρων ή αντλιών. Ο αέρας που βρίσκεται κοντά στο υλικό συλλογής της ακτινοβολίας (γυαλί ή τοίχος) εξαιτίας της φυσικής ροής της θερμότητας από το ζεστό σώμα προς το κρύο, ζεσταίνεται και ως πιο ελαφρύς κινείται προς τα πάνω δημιουργώντας μια φυσική κυκλοφορία μέσα στο χώρο. Τη θέση του ζεστού αέρα παίρνει κρύος, ο οποίος ζεσταίνεται και ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται. Έτσι αυξάνεται συνολικά η θερμοκρασία του χώρου. Με αυτόν τον τρόπο, οι ανάγκες του κτηρίου για θέρμανση μειώνονται εξοικονομώντας ενέργεια και χρήματα [2-10, 15-17].



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 2.3:** Βιοκλιματικό κτίριο

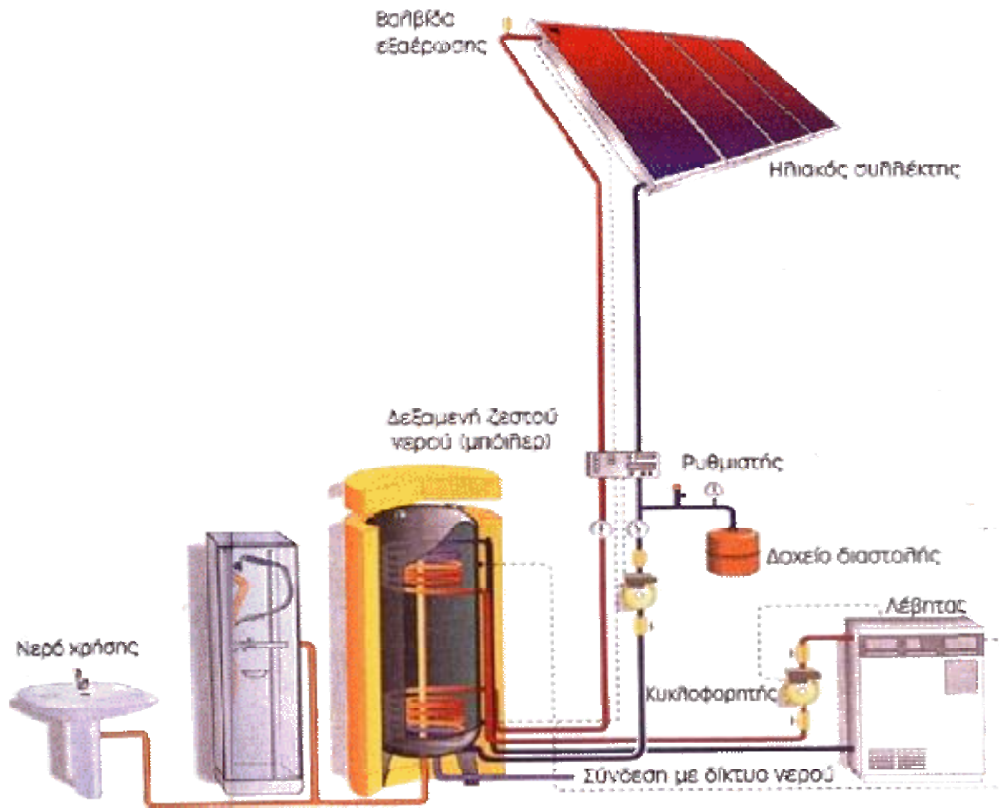
Η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων απαιτεί προσεκτική μελέτη και σωστό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό γι' αυτό και αφορά μόνο σε υπό κατασκευή κτήρια. Σε ήδη υπάρχοντα δύσκολα εφαρμόζονται γι' αυτό και ο ρυθμός εξαπλώσεώς τους είναι σχετικά αργός. Βέβαια στην εποχή μας που οι ανάγκες για εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων ολοένα και αυξάνονται, τέτοιες τεχνικές βρίσκουν πρόσφορο έδαφος.

Ένα κτίριο που περιλαμβάνει παθητικά συστήματα θέρμανσης, δροσισμού ή ακόμη και φυσικού φωτισμού, κατασκευασμένο εξ αρχής ή τροποποιημένο, ονομάζεται "βιοκλιματικό κτίριο" και είναι δυνατό να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών από την άμεση ή έμμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.

### **2.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα δε στηρίζονται στη φυσική ροή θερμότητας όπως τα παθητικά που αναλύθηκαν παραπάνω, αλλά στο συνδυασμό μηχανημάτων και συστημάτων. Δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία, την αποθηκεύουν ως θερμική και στη συνέχεια τη χρησιμοποιούν όποτε χρειαστεί για τη θέρμανση κυρίως νερού αλλά και αέρα ή άλλου ρευστού σε κάποιες περιπτώσεις.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 2.4:** Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Το κύριο μέρος ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη γυάλινη επιφάνεια του συλλέκτη, τη διαπερνά και έπειτα απορροφάται από τη σκούρα, τραχιά απορροφητική επιφάνεια. Όταν εκπέμπεται από αυτήν υπό μορφή θερμικής ακτινοβολίας, τότε δεν μπορεί να διαπεράσει το γυαλί. Κάτω από αυτήν την επιφάνεια και σε επαφή με αυτήν, υπάρχουν σωλήνες στους οποίους κυλά νερό ή κάποιο άλλο ρευστό και αποσπούν την πολύτιμη ενέργεια. Στην συνέχεια, αυτή η ενέργεια μεταφέρεται υπό μορφή ζεστού νερού σε κατάλληλα μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης όπου και αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί όποτε χρειαστεί [2-10, 15-17].

Το θερμό νερό που μας δίνει ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε, στη συνέχεια, για τις καθημερινές μας ανάγκες, δηλαδή για τη θέρμανση χώρων κατοικίας ή εργασίας, τη θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών, γεωργικών εγκαταστάσεων κ.λ.π. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, επίσης, και για το δροσισμό χώρων, με τη βοήθεια κατάλληλων ενεργειακών τεχνολογιών.

Επιπλέον, με τη χρήση κοίλων κατόπτρων, έχουμε την δυνατότητα να συγκεντρώσουμε τις ακτίνες του ήλιου σε μικρή επιφάνεια ή σε ένα μόνο σημείο και έτσι να επιτύχουμε υψηλές θερμοκρασίες για βιομηχανική χρήση.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

Ο γνωστός σε όλους μας ηλιακός θερμοσίφωνας είναι το πιο απλό και πιο διαδεδομένο σήμερα ενεργητικό ηλιακό σύστημα, που βρίσκεται ήδη στα περισσότερα ελληνικά σπίτια, μια και η χώρα μας εμφανίζει υψηλές τιμές σε ηλιοφάνεια.

Τα πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η απλότητα κατασκευής και εγκατάστασής τους, τα σχετικά φτηνά υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους και η αποδοτική μετατροπή της ενέργειας που επιτυγχάνεται με αυτά. Το μεγαλύτερο όμως πλεονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να εφαρμοσθούν σε ήδη υπάρχοντα κτήρια χωρίς να χρειάζονται ιδιαίτερες αρχιτεκτονικές μελέτες όπως γίνεται με τα παθητικά συστήματα.

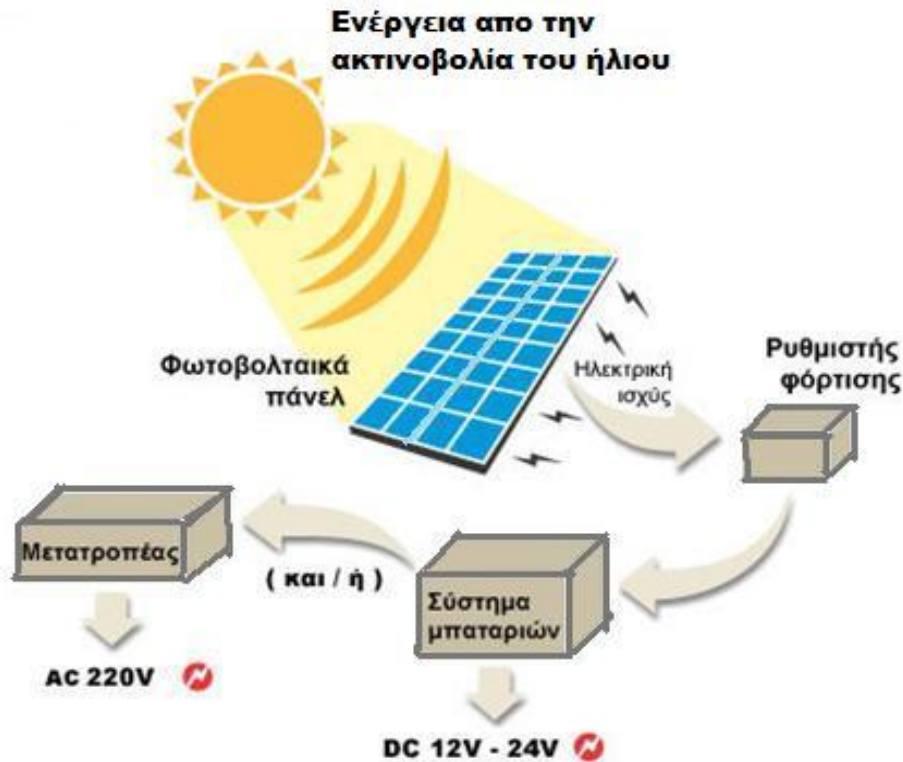
## 2.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από :

- το Φ/Β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη),
- το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες),
- και τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία.

Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους αποτελούν μία τυπική συστοιχία. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία τότε αυτά μετατρέπουν ένα 10% περίπου της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ακόμη, η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και δίχως καμιά επιβάρυνση για το περιβάλλον [15-17].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



Εικόνα 2.5: Φωτοβολταϊκό σύστημα.

Τα Φ/Β πλαίσια αποτελούνται από κατάλληλα επεξεργασμένους δίσκους πυριτίου (ηλιακά στοιχεία = solar cells) που βρίσκονται ερμητικά σφραγισμένοι μέσα σε πλαστική ύλη για να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες (π.χ. υγρασία). Από ανθεκτικό γυαλί προστατεύεται η μπροστινή όψη του πλαισίου. Το πάχος της κατασκευής δεν ξεπερνά τα 4 με 5 χιλιοστά του μέτρου, τοποθετείται κατά κανόνα σε πλαίσιο αλουμινίου, όπως στους υαλοπίνακες των κτιρίων. Τα εσωτερικά είναι διασυνδεδεμένα εν παραλλήλω και σειρά ανάλογα με την εφαρμογή.

Τα Φ/Β πλαίσια βρίσκουν εφαρμογές σε εξοχικά σπίτια, κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, τροχόσπιτα, φάρους, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα.

Υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Σε περίπτωση φορτίων εναλλασσομένου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.

Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, γεννήτρια πετρελαίου, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λ.π.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά.

Στις περισσότερες εφαρμογές, το σταθερό μοντάρισμα των Φ/Β με κατεύθυνση προς το νότο παρέχει πολλά πλεονεκτήματα και φυσικά με την

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

προϋπόθεση ότι η προσαρμογή γίνεται κάτω από την κατάλληλη γωνία ροπής. Μερικά από τα πλεονεκτήματα παρουσιάζονται παρακάτω [15-17]:

- § Καλή μηχανική σταθερότητα της εγκατάστασης ακόμα και κάτω από ισχυρούς ανέμους.
- § Εύκολο και ολιγοδάπανο μοντάρισμα με το μικρότερο κόστος.
- § Ποικιλία δυνατοτήτων για μια αισθητικά ικανοποιητική ενσωμάτωση στις υφιστάμενες κτιριακές δομές.

Από την άλλη πλευρά, η απόδοση των Φ/Β σε ενέργεια μπορεί να βελτιωθεί με την κατάλληλη κατεύθυνση τους προς τον ήλιο και μάλιστα παρατηρείται μεγαλύτερη βελτίωση όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της ευθείας ακτινοβολίας στο σύνολο της ακτινοβολίας.

Η συνεχής στροφή προς τον ήλιο τεχνικά απαιτεί μια σταθερή κατασκευή με ρύθμιση και κίνηση της κατεύθυνσης. Αυτό βέβαια συνδέεται πάντα με μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με το σταθερό μοντάρισμα, αλλά και με την κατανάλωση πρόσθετου ρεύματος. Η διεξαγωγή με δύο άξονες λειτουργεί με δύο προωστήρες, ώστε να προσαρμοστεί και η κλίση (ροπή γύρω από οριζόντιο άξονα) και η κατεύθυνση (δηλ. η περιστροφή γύρω από κάθετο άξονα) των Φ/Β στη θέση του ήλιου και να φέρει την καλύτερη δυνατή απόδοση.

Αντίθετα, στην μονοαξονική διεξαγωγή χρησιμοποιείται ένας κυρτός, πολικός (δηλ. κατευθυνόμενος προς το βορρά) άξονας με έναν μόνο προωστήρα. Η διεξαγωγή των δύο αξόνων έχει μεγαλύτερη απόδοση σε ενέργεια από την μονοαξονική διεξαγωγή. Η ηλιακή ακτινοβολία πάνω στην ηλιακή γεννήτρια ενισχύεται, κατά κύριο λόγο και με έναν καθρέφτη, δηλαδή μέσω της συγκέντρωσης του ηλιακού φωτός. Βέβαια η χρήση ανακλαστήρων έχει νόημα μόνο στην κινούμενη εγκατάσταση [2-10, 15-17].

Η μορφή αυτή δεν μπόρεσε να επικρατήσει στην χώρα μας γιατί:

- ∅ Οι φωτοκυψέλες θερμαίνονται έντονα μέσω της συγκέντρωσης της ακτινοβολίας, έτσι ώστε όταν ο βαθμός συγκέντρωσης είναι μεγαλύτερος του 2, χωρίς ενεργή ψύξη σε κυψέλες από Silicon, προξενούνται ζημιές στις κυψέλες.
- ∅ Η συγκέντρωση του ηλιακού φωτός αξίζει μόνο υπό συνθήκες κινούμενου μονταρίσματος και υψηλού μέρους ευθείας ακτινοβολίας.
- ∅ Η παραγωγή καθρεφτών είναι φθηνότερη από ό,τι η παραγωγή Φ/Β, αλλά δε φέρνουν τόσο μεγάλη πρόσθετη απόδοση.
- ∅ Επίσης, εκτός αυτού, απαιτούν πολύ χώρο στο μοντάρισμα όταν είναι σε κινούμενη εγκατάσταση.

Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως δομικά στοιχεία για την κάλυψη της οροφής, για την

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

επένδυση της πρόσοψης ή και ως σκίαστρα. Έτσι η προσθήκη του νέου αυτού στοιχείου στην αρχιτεκτονική, θα μπορούσε να οδηγήσει σε πρωτότυπες λύσεις για την εμφάνιση των κτιρίων.

Για την κατάλληλη τοποθέτηση ενός ηλιακού συστήματος, υπολογίζεται πρώτα το μέγεθος της γεννήτριας ρεύματος, ανάλογα με την υφιστάμενη ανάγκη για ενέργεια σε κάθε περίπτωση. Το ηλιακό σύστημα θα πρέπει να προμηθεύει ενέργεια σε επαρκή ποσότητα, ώστε να καλύπτει το ρεύμα που καταναλώνουν στη διάρκεια της ημέρας λάμπες, συσκευές, καθώς επίσης και την ενέργεια που καταναλώνει η ίδια η εγκατάσταση.

## 2.5 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Η απευθείας μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, γίνεται χάρη στη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β). Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο το οποίο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο φυσικό Becquerel το 1839. Όταν μία υψηλή ποσότητα φωτεινής ενέργειας προσπέσει πάνω σε έναν ημιαγωγό με προσμίξεις τύπου n-p ή p-n, τότε ένας αριθμός ηλεκτρονίων της ζώνης σθένους των ατόμων του ημιαγωγού αναγκάζεται να μετακινηθεί στη ζώνη αγωγιμότητας. Οι κενές θέσεις που αφήνουν τα μετακινούμενα ηλεκτρόνια, γνωστές και ως οπές, συμπεριφέρονται σαν θετικά φορτία. Η ένταση και η φασματική σύσταση του προσπίπτοντος φωτός είναι αυτά που καθορίζουν το πόσα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών θα δημιουργηθούν. Υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου αντίστροφης πολικότητας που δημιουργείται στην επιφάνεια επαφής των τμημάτων n και p του ημιαγωγού, τα ηλεκτρόνια και οι οπές δέχονται δυνάμεις και κινούνται αντίστοιχα προς το τμήμα n και προς το τμήμα p του ημιαγωγού. Αν οι δύο πλευρές του ημιαγωγού συνδεθούν με ένα εξωτερικό ηλεκτρικά αγωγίμο στοιχείο, τα ηλεκτρόνια κινούνται μέσω αυτού από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο, όπου επανασυνδέονται με τις οπές, δημιουργείται δηλαδή ηλεκτρικό ρεύμα [2-10, 15-17].

Μια τέτοια διάταξη, η οποία εκτιθέμενη σε φωτεινή πηγή παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο ή κυψέλη ή κύτταρο. Συνδεδεμένα σε σειρά πολλά στοιχεία δημιουργούν το γνωστό Φ/Β πλαίσιο. Το ημιαγωγίμο υλικό που χρησιμοποιείται συνηθέστερα για την κατασκευή του είναι το πυρίτιο σε όλες τις μορφές του, μονοκρυσταλικό, πολυκρυσταλικό και άμορφο αλλά και κάποια άλλα υλικά όπως δισεληνιούχος ινδικός χαλκός, τελλουριούχο κάδμιο κλπ.

Όσο χρόνο εκτίθεται το Φ/Β στοιχείο σε φωτεινή πηγή, παράγεται ρεύμα με το οποίο μπορούμε να τροφοδοτήσουμε οποιοδήποτε φορτίο συνεχούς ρεύματος. Εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής συναντάμε σε πολλές περιπτώσεις, από πολύ απλές έως πολύ σύνθετες. Μερικά παραδείγματα που μπορούν να αναφερθούν είναι η τροφοδοσία υπολογιστών τσέπης και ρολογιών χειρός αλλά και η τροφοδοσία διαστημικών σταθμών ως και ολόκληρων χωριών.

Κύριο πλεονέκτημα από την χρήση Φ/Β στοιχείων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία, πηγή ενέργειας που είναι δωρεάν, υπάρχει παντού και είναι ανεξάντλητη. Επιπλέον, είναι τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον καθώς δεν παράγονται απόβλητα, η τοποθέτηση τους είναι εύκολη και δεν έχουν μεγάλες ανάγκες για συντήρηση και

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

επίβλεψη παρόλη τη μεγάλη διάρκεια ζωής. Τέλος, υπάρχει δυνατότητα εύκολης επέκτασης της εγκατάστασης ανάλογα με τις ανάγκες για ενέργεια.

Ως μειονεκτήματα μπορούμε να θεωρήσουμε το υψηλό κόστος κατασκευής την ανάγκη για αποθήκευση της ενέργειας καθώς η λειτουργία τους δεν είναι αδιάλειπτη και το γεγονός ότι απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις εδάφους για την τοποθέτησή τους [15-17].

## 2.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

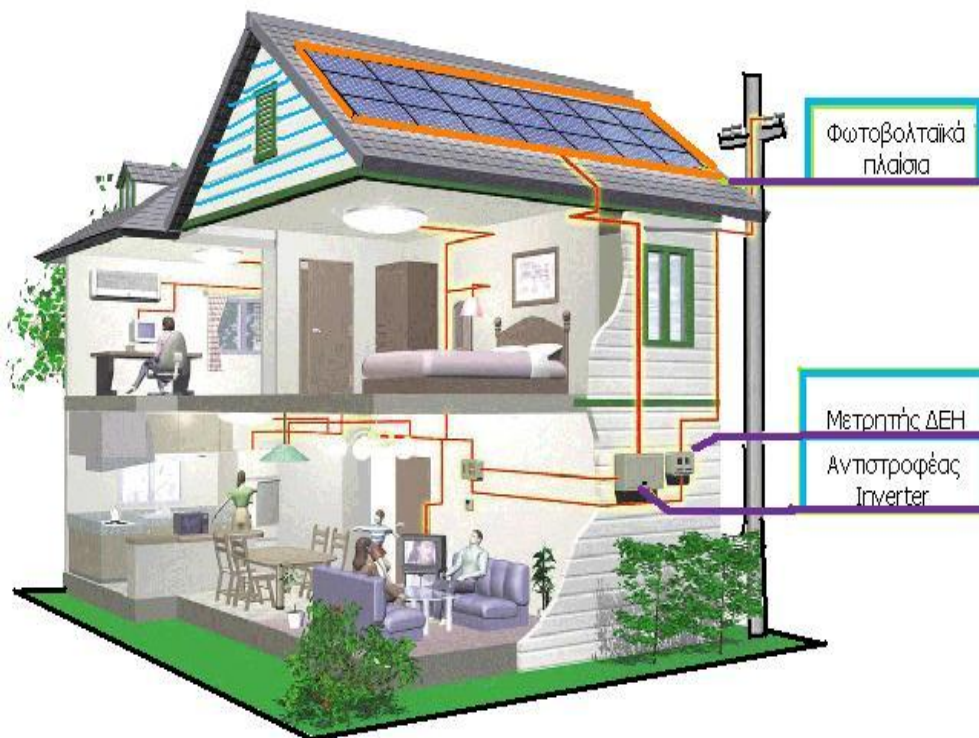
Η Ελλάδα, χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια, προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα είναι 4,6 KWh/m<sup>2</sup>. Η επιφάνεια των εγκαταστημένων συλλεκτών στη χώρα μας ανέρχεται περίπου σε 2.000.000 m<sup>2</sup>. Η τιμή αυτή αποτελεί ποσοστό 50% περίπου, της επιφάνειας συλλεκτών εγκατεστημένων σε ολόκληρη την Ευρώπη. Οι συλλέκτες αυτοί, κύρια αφορούν σε μικρά οικιακά συστήματα. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα [17].

Οι κύριοι λόγοι για την προώθηση της Φ/Β τεχνολογίας, της έρευνας και των εφαρμογών στην Ελλάδα παρουσιάζονται στην συνέχεια:

- ✓ Αξιοποίηση μιας εγχώριας και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας που είναι σε αφθονία, με συμβολή στην ασφάλεια παροχής ενέργειας.
- ✓ Υποστήριξη του τουριστικού τομέα για ανάπτυξη φιλική προς το περιβάλλον και οικολογικό τουρισμό, ιδιαίτερα στα νησιά. Η ενεργειακή εξάρτηση των νησιωτικών σταθμών παραγωγής ενέργειας από το πετρέλαιο και το τεράστιο κόστος μεταφοράς της, έχουν άμεσο αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των κατοίκων, στην τουριστική ανάπτυξη και στο κόστος παραγωγής ενέργειας, το οποίο τελικώς χρεώνεται η ΔΕΗ.
- ✓ Μείωση των απωλειών του δικτύου, με την παραγωγή ενέργειας στον τόπο της κατανάλωσης, ελάφρυνση των γραμμών και χρονική μετάθεση των επενδύσεων στο δίκτυο.
- ✓ Ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου τις ώρες των μεσημβρινών αιχμών, όπου τα Φ/Β παράγουν το μεγάλο μέρος ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο που παρατηρείται έλλειψη ή πολύ υψηλό κόστος ενέργειας.
- ✓ Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενη ενέργεια και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παραγωγής.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- ✓ Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης νέων κεντρικών σταθμών ισχύος συμβατικής τεχνολογίας. Συμβολή στη μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου ΔΕΗ.
- ✓ Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αειφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά κέντρα και στην περιφέρεια.
- ✓ Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους.
- ✓ Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας Φ/Β Συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας.



**Εικόνα 2.6:** Φωτοβολταϊκά πλαίσια στην οροφή κτιρίου.

Ανάμεσα στις πιθανές νέες ενεργειακές πηγές η ηλιακή ενέργεια, και ειδικά η άμεση φωτοβολταϊκή μετατροπή του φωτός του ηλίου σε ηλεκτρισμό, είναι εξαιρετικά ελπιδοφόρα. Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν όντως να παρέχουν ενέργεια σε ενεργειακά επίπεδα που ποικίλλουν από το mW έως το MW. Επιπλέον είναι αξιόπιστα, τελείως στατικά και χωρίς κόστος συντήρησης [15-17].



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	



**Εικόνα 2.7:** Ενεργειακός αυτόρκες κτίριο με ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά.

## 2.7 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ

Οι κύριοι λόγοι που κερδίζουν το επενδυτικό παγκόσμιο ενδιαφέρον στα φωτοβολταϊκά παρουσιάζονται παρακάτω [2-10, 15-17]:

- ✓ Το μακροχρόνιο ενεργειακό δυναμικό τους είναι τεράστιο. Σχεδόν οπουδήποτε στη γη μια τυπική ταράτσα σπιτιού καλυμμένη με ηλιακά κύτταρα συλλαμβάνει αρκετή ηλιακή ενέργεια για να προμηθεύσει πλήρως με ηλεκτρισμό τις ανάγκες της κατοικίας.
- ✓ Η αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια θα συνοδευτεί από μια γεωγραφική αλλαγή εφόσον ο μεγαλύτερος αναπτυξιακός ρυθμός θα επιτευχθεί στα αναπτυσσόμενα έθνη. Εξαιτίας της υπερτερούσας αγροβιομηχανικής ή αγροτικής φύσης αυτών των χωρών ο ηλιακός ηλεκτρισμός είναι μια ιδιαίτερα ελκυστική προσέγγιση αφού κάνει εφικτά αυτόνομα ενεργειακά συστήματα τα οποία είναι ελεύθερα από καύσιμο και εξαιρετικά αξιόπιστα.
- ✓ Τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούν ημιαγωγούς και από την πλευρά των υλικών και επεξεργασίας της τεχνολογίας, συνδέονται με τα μικροηλεκτρονικά. Έτσι η έρευνα στα φωτοβολταϊκά επίσης μπορεί να αποφέρει χρήσιμα αποτελέσματα για την βιομηχανία των μικροηλεκτρονικών και το αντίθετο. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η εισαγωγή των ημιαγώγιμων υλικών όπως το άμορφο πυρίτιο (Si), που πρωτοχρησιμοποιήθηκε για τα φωτοβολταϊκά όπου ακόμη μπορεί να έχει

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

σημαντικά οφέλη και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Υποστηρίζοντας την φωτοβολταϊκή έρευνα κάποιος επενδύει ταυτοχρόνως στην γρήγορα αναπτυσσόμενη βιομηχανία των μικροηλεκτρονικών.

Το μακροχρόνιο αποτέλεσμα για τα φωτοβολταϊκά είναι εξαιρετικό, έχοντας κατά νου την αναμενόμενη μείωση τιμών. Από την άλλη η βραχυπρόθεσμη αξία τους σαν μια ενεργειακή πηγή είναι περισσότερο δύσκολο να αποτιμηθεί. Ο σημαντικότερος λόγος της μείωσης της ανάπτυξης της φωτοβολταϊκής βιομηχανίας είναι ότι το κόστος των φωτοβολταϊκών μονάδων δεν μειώθηκε τόσο γρήγορα όσο αρχικά αναμενόταν. Αυτό οφείλεται σε κάποιο βαθμό στα ενεργειακά και πετρελαϊκά προγράμματα διατήρησης στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες και επίσης στην οικονομική κρίση του αναπτυξιακού ρυθμού της παγκόσμιας οικονομίας.

Τέλος ακόμη ένας λόγος γιατί κάποιος δεν θα περίμενε μια δυνατή συνεισφορά των φωτοβολταϊκών στην παγκόσμια ενεργειακή παραγωγή τα επόμενα 20 χρόνια είναι το γεγονός ότι η μεγάλου βαθμού εισαγωγή μιας τεχνολογίας συνήθως παίρνει περίπου πάνω από 40 χρόνια. Παρόλα αυτά, βραχυπρόθεσμα, μια οικονομικά βιώσιμη φωτοβολταϊκή βιομηχανία μπορεί να αναπτυχθεί καθώς η τιμή των φωτοβολταϊκών μονάδων μειώνεται. Επιπλέον, είναι σημαντικό οι εντατικές προσπάθειες έρευνας να συνεχιστούν, φέρνοντας το κόστος μείωσης της τάξης μεγέθους το οποίο είναι απαραίτητο για να γίνουν ανταγωνιστικά τα φωτοβολταϊκά με άλλες ενεργειακές τεχνολογίες για μεγάλης κλίμακας παραγωγής ενέργειας.

Πρέπει να διεξαχθούν μελέτες για την βελτίωση των φωτοβολταϊκών όπως:

- Τα παραγόμενα ζευγάρια οπών-ηλεκτρονίων πρέπει να χωρίζονται. Τα ηλεκτρόνια πρέπει να δεσμεύονται από τον τύπο n και οι οπές από τον τύπο p.
- Η απορρόφηση του ηλιακού φωτός, δημιουργώντας ζευγάρια οπών-ηλεκτρονίων πρέπει να είναι επαρκής.
- Η ενσωματωμένη δυναμικότητα πρέπει να είναι επαρκώς μεγάλη εφόσον καθορίζει την μέγιστη απόδοση τάσης του κυττάρου.
- Η ωμική μείωση τάσης, που προκαλείται από παρασιτικές αντιστάσεις, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- Τέλος η μεταλλική κάλυψη δικτύου πρέπει να είναι μικρή εφόσον τα παχιά μεταλλικά στρώματα δεν είναι διαφανή.

Οι ακόλουθες διαδικασίες συμβαίνουν διαδοχικά όταν το φως του ήλιου προσπίπτει στην επιφάνεια ενός φωτοβολταϊκού κυττάρου:

- I. αντανάκλαση κάποιας ενέργειας στην επιφάνεια του κυττάρου.
- II. Χρήσιμη απορρόφηση, που έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή των ζευγαριών ηλεκτρονίων-οπών και παρασιτική απορρόφηση με

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- αποτέλεσμα τη ζέστη. Μέρος του φωτός δεν απορροφάτε και μεταδίδεται μέσω του κυττάρου.
- III. Χωρισμός και συλλογή των φωτοπαραγόμενων φορέων.
  - IV. Ροή των φορέων προς εξωτερικές συνδέσεις.
  - V. Απώλεια της φωτοπαραγόμενης ενέργειας σε εξωτερικό φορτίο.

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από τη χρονική διάρκεια που το φωτοβολταϊκό σύστημα αλληλεπιδρά με τον ήλιο κάθετα. Επειδή όμως η θέση του ήλιου μεταβάλλεται συνεχώς σε ότι αφορά το μέγιστο ύψος και τη διαδρομή (Ανατολή – Δύση) σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, εκμεταλλευόμαστε μέρος μόνο της ενέργειας που θα μπορούσαμε να λάβουμε εφόσον τα φωτοβολταϊκά παραμένουν σταθερά με νότιο προσανατολισμό και είναι ενεργά μόνο στην εμπρόσθια όψη (όπως συμβαίνει μέχρι σήμερα).

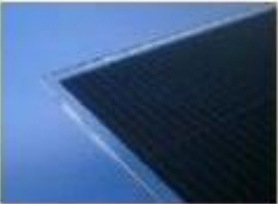


Τα panels μιας όψεως τοποθετούνται κανονικά με κατεύθυνση το Νότο και σε μέση κλίση περίπου 40ο και έτσι δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν το σύνολο της ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να χάνονται 3-4 ώρες ηλιοφάνειας το πρωί και άλλες τόσες το απόγευμα. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε φωτοβολταϊκά διπλής όψεως καλύπτουμε περισσότερη απορρόφηση ηλιακής ενέργειας οπότε έχουμε περισσότερη παραγωγή ενέργειας [16].

## 2.8 ΜΟΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΑ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΑ

Μια τυπική διαδικασία επεξεργασίας ηλιακού κυττάρου σε υποστρώματα ημικρυσταλλικού πυριτίου αποτελείται από τα ίδια βήματα επεξεργασίας που ακολουθούνται και για τα μονοκρυσταλλικά υποστρώματα. Παρόλα αυτά, στην περίπτωση του ημικρυσταλλικού πυριτίου, πολλά βήματα γίνονται περισσότερο δύσκολα και μια διαφορετική βελτίωση των επεξεργαστικών παραμέτρων απαιτείται. Επιπρόσθετα, τα όρια των κόκκων και τα ελαττώματα των ενδοκόκκων περιορίζουν την απόδοση των ημικρυσταλλικών κυττάρων.

Για εφαρμογές με χαμηλή ενεργειακή ζήτηση χρησιμοποιούνται τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια που έχουν έναν μέσο όρο αποδοτικότητας 11%. Για υψηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις χρησιμοποιούνται περισσότερο τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια λόγω της υψηλότερης αποδοτικότητάς τους (περίπου 14%), οδηγώντας στην μείωση της απαιτούμενης περιοχής εγκατάστασης.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>

**Εικόνα 2.8:** Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.

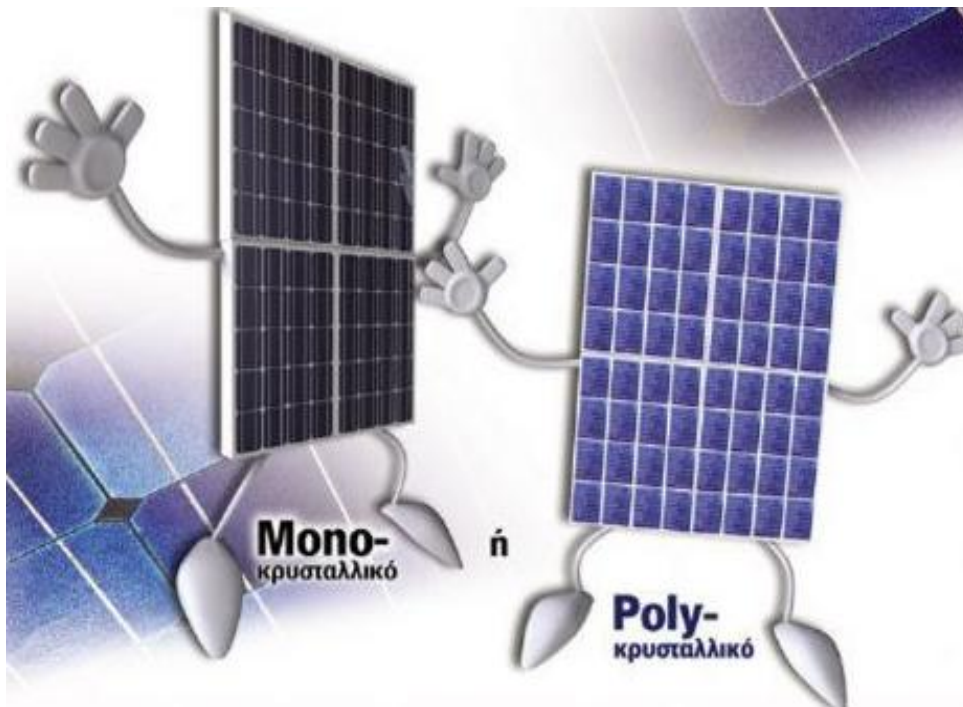
Τα πλαίσια αξιοποιούν τις βασικές αρχές βιομηχανικής κατασκευής για να διασφαλίσουν μακροζωία ακόμα και στο πιο αντίξοο περιβάλλον. Κάθε στοιχείο καλύπτεται από μια ολοκληρωμένη 10-ετή εγγύηση και συμμορφώνεται με όλα τα σχετικά βιομηχανικά και καταναλωτικά πρότυπα αξιοπιστίας και ασφάλειας. Τα Φ/Β στοιχεία είναι φτιαγμένα από υψηλής αποδοτικότητας ΦΒ πλαίσια σιλικόνης, ικανά να παράγουν ενέργεια με μόνο 4-5% ηλιακής ακτινοβολίας. Όλα τα μοντέλα από 38 Watt έχουν κιβώτια ενώσεων καλωδιωμένα δια μέσου διόδων για να μειώσουν πιθανή απώλεια ενέργειας από μερική σκίαση [2-10, 15-17].

Το άμορφο ηλιακό κύτταρο πυριτίου ελκύει το ενδιαφέρον για τους ακόλουθους λόγους:

- ü Οι ενεργειακές απαιτήσεις στην κατασκευή του άμορφου ηλιακού κυττάρου πυριτίου είναι πολύ λιγότερες από ότι του κρυσταλλικού κυττάρου πυριτίου επειδή το ποσό του ημιαγωγικού υλικού που απαιτείται είναι πολύ λιγότερο και η θερμοκρασία απόδοσης είναι χαμηλή (200 με 400°C).
- ü Το άμορφο πυρίτιο έχει ένα συντελεστή απορροφητικότητας περίπου μιας τάξης μεγέθους μεγαλύτερη από ότι το μονο-κρυσταλλικό πυρίτιο στο μήκος κύματος της ανώτατης ηλιακής ενέργειας περίπου 5000 Å. Ένα αποτελεσματικό ηλιακό κύτταρο μπορεί να κατασκευασθεί με μια λεπτή μεμβράνη άμορφου πυριτίου περίπου ένα μικρόμετρο σε πάχος.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- ü Επειδή το άμορφο πυρίτιο δεν έχει ένα προνομιακό κρυσταλλογραφικό προσανατολισμό μπορεί να τοποθετηθεί σε φτηνά υποστρώματα όπως το γυαλί ή το ανοξείδωτο ατσάλι.
- ü Το υλικό έχει αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά όπως μια εξαιρετική φωτοαγωγιμότητα.
- ü Η έλλειψη μιας μακροπρόθεσμης σειράς στα υλικά του άμορφου πυριτίου επιτρέπει μεγαλύτερο έλεγχο σε φυσικά συστατικά όπως, για παράδειγμα, το ενεργειακό χάσμα.



**Εικόνα 2.9:** Μονοκρυσταλλικό και πολυκρυσταλλικό πλαίσιο.

Για την απόκτηση ενός ηλιακού κύτταρου χαμηλού κόστους πρέπει να γίνει χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων υλικών και κατασκευαστικές διαδικασίες κατάλληλες ώστε να έχουμε μαζική παραγωγή. Το κύριο εμπόδιο στην ευρεία χρησιμοποίηση της φωτοβολταϊκής μετατροπής είναι το κόστος των ηλιακών κυττάρων. Μια πιθανή προσεγγιστική λύση σε αυτό τον περιορισμό είναι η χρησιμοποίηση οπτικών συγκεντρωτών οι οποίοι εστιάζουν την ηλιακή ακτινοβολία σε κύτταρα με περιοχή πολύ μικρότερη από ότι το άνοιγμα του συγκεντρωτή στο οποίο πέφτει το φως του ηλίου. Υπάρχουν αρκετές βασικές αιτίες που αποτρέπουν την πιθανή επιτυχία μιας τέτοιας προσέγγισης [15-17].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Από την άλλη μεριά, η οικονομική βιωσιμότητα συγκεντρωτή φωτοβολταϊκών συστημάτων θα εξαρτηθεί κατά πολύ στην συντήρηση μιας υψηλής κυτταρικής και οπτικής αποτελεσματικότητας, ένα χαμηλό κόστος συγκεντρωτή ανά μονάδα περιοχής και μια υψηλή αξιοπιστία του συστήματος. Πρέπει να αναπτυχθούν υψηλής αποτελεσματικότητας συγκεντρωτές, αυτό υποδηλώνει ότι τα κύτταρα θα λειτουργούν φθηνά και αποδοτικά κάτω από το συγκεντρωμένο φως του ηλίου και δεν θα έχουν αυστηρές απαιτήσεις συντήρησης. Εφόσον αυτοί οι διαφορετικοί στόχοι είναι κατά κάποιο τρόπο αντιφατικοί, ένα πρακτικό συγκεντρωτικό σύστημα κάνει συμβιβασμό ανάμεσα σε αυτούς τους παράγοντες. Έχει προταθεί μια ποικιλία φωτοβολταϊκών συγκεντρωτών που χρησιμοποιούν οπτική συγκέντρωση. Τα πρωτότυπα αξιοσημείωτου βαθμού τα οποία έχουν κατασκευασθεί έως τώρα χρησιμοποιούν συμβατικά γεωμετρικά οπτικά και διαθέσιμο συγκεντρωτή και κυτταρική τεχνολογία. Αυτές οι καινοτομίες χρησιμοποιούν πολύ-κυτταρική προσέγγιση. Το συγκεντρωμένο ηλιακό φάσμα χωρίζεται σε μέρη και κάθε μέρος κατευθύνεται σε ένα κύτταρο με ένα bandgap που ταιριάζει στην επικείμενη φασματική διανομή.

Με ημικλασική τεχνολογία έχουν κατασκευαστεί υψηλής αποδοτικότητας κύτταρα πυριτίου. Για την υπερυψηλή συγκέντρωση παραγόντων ένα μη συμβατικό κύτταρο πυριτίου ή ακόμη καλύτερα, ένα GaAs ηλιακό κύτταρο φαίνεται να είναι η καλύτερη λύση. Η αποδεδειγμένη ικανότητα των κυττάρων πυριτίου να λειτουργούν σε παράγοντες συγκέντρωσης πολλών εκατοντάδων ακόμη τα κάνει ένα κύριο υποψήφιο για ένα από τα κύτταρα στα συστήματα φασματικού διαχωρισμού πολλαπλού- bandgap.

Βασικοί περιορισμοί δεν υπάρχουν που να αποτρέπουν την επιτυχή λειτουργία των φωτοβολταϊκών γεννητριών χρησιμοποιώντας οπτικό συγκεντρωτή. Τα πρωτότυπα έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας συμβατική γεωμετρική οπτική. Η παγκόσμια αποδοτικότητα τέτοιων συστημάτων είναι τυπικά 9%.

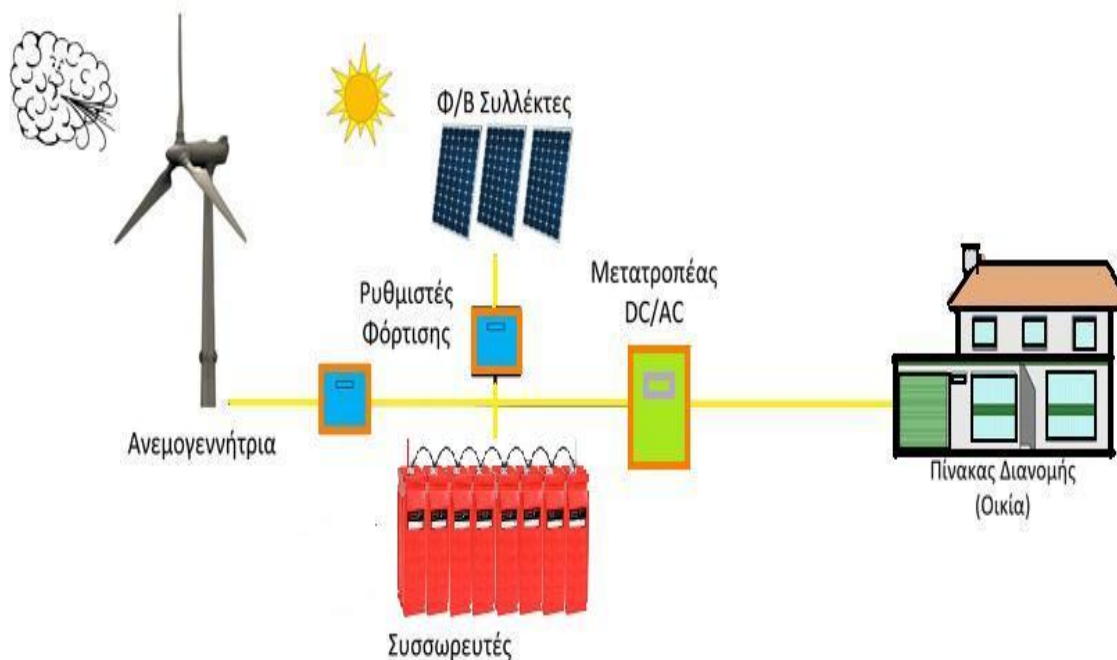
Η πολλαπλών βαθμίδων προσέγγιση προσφέρει την καλύτερη ανταλλαγή ανάμεσα στο κόστος των υλικών του συγκεντρωτή και την αποδοτικότητα. Για να επιτύχουμε το οικονομικό ισοφάρισμα για τις εφαρμογές κεντρικών αναγκαίων είναι αναγκαίες σχετικά υψηλότερες αποδόσεις. Η αντίληψη του πολυκυττάρου έμφυτα μας επιτρέπει να φτάσουμε αυτές τις υψηλές αποδόσεις. Πολλές πρακτικές συνειδητοποιήσεις αυτής της ιδέας έχουν προταθεί, ανάμεσα στις οποίες ένα πλήθος φθορίζοντων συλλογών, καθένας ενισχυμένος με μια διαφορετική φθορίζουσα βαφή, ο οποίος έχει προσαρμοστεί πολύ καλά στις ευρωπαϊκές κλιματολογικές συνθήκες.

Αυτές οι διαφορετικές ιδέες μπορεί να εκτιμηθούν μόνο με δράση μέσω της κατασκευής επαρκώς μεγάλων πρωτοτύπων τα οποία μπορούν να παρακολουθούνται για μια μεγάλη χρονική περίοδο. Συγκεκριμένα, συστήματα υψηλής συγκέντρωσης παραγόντων με υψηλής αποδοτικότητας κύτταρα έχουν οικονομικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι ευνοϊκά για εφαρμογές σταθμών κεντρικής ενέργειας αν η αξιοπιστία τους μπορεί να αποδειχθεί.

Οι τυπικές φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούνται από συνδέσεις αλληλοσυνδεδεμένων κρυσταλλικών ηλιακών κυττάρων πυριτίου. Υλικά λεπτής μεμβράνης ηλιακού κυττάρου όπως το άμορφο πυρίτιο ή τα υλικά II-VI δεν έχουν φτάσει το βιομηχανικό στάδιο στις ενεργειακές εφαρμογές, αν και χρησιμοποιούνται αυξανόμενα σαν ηλιακές γεννήτριες στα καταναλωτικά ηλεκτρονικά για εφαρμογές mW. Τα τυπικά μεγέθη στις βιομηχανικές μονάδες είναι κυκλικά μονοκρυσταλλικά

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

διαμέτρου 100 mm ή 10 cm x 10 cm τετράγωνα ημικρυσταλλικά κύτταρα, και τα δύο παράγουν περίπου 1 W ηλεκτρικής ενέργειας κάτω από κανονική ηλιακή έκθεση. Σε μια τυπική μονάδα περίπου 34 με 36 κύτταρα υπάρχουν σειρές αλληλοσυνδέσεων. Μια τέτοια μονάδα λοιπόν έχει μια τυπική κορυφή ενέργειας ανάμεσα στα 30 και τα 40 W [2-10, 15-17].



Εικόνα 2.10: Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα: συνδυασμός ανεμογεννήτριας-Φ/Β.

## 2.9 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΉΝΑΝΤΙ ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ

Μια από τις πιο ελπιδοφόρες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον κόσμο είναι η φωτοβολταϊκή ισχύς. Συγκριτικά με τις μη ανανεώσιμες πηγές όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας, το φυσικό αέριο, κ.λ.π., τα πλεονεκτήματα της είναι ξεκάθαρα: δεν έχει κανένα κινούμενο μέρος, είναι συνολικά μη ρυπαντικό και δεν απαιτεί πολύ συντήρηση. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτεί μια εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει, σε αντίθεση με τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτρικής παραγωγής. Οι ηλιογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση ή σχολείο, και να παράγουν ισχύ ήσυχα και ακίνδυνα.

Στις περισσότερες επιχειρήσεις ή σπίτια μπορούν να προστεθούν στην στέγη, και με αυτόν τον τρόπο να επιτραπεί η ηλεκτρική παραγωγή ανάλογα με τις ανάγκες χωρίς να πρέπει να κατασκευαστεί κάποιος ξεχωριστός χώρος, όπως συχνά απαιτείται στα συμβατικά συστήματα ισχύος μεγάλης κλίμακας αλλά ακόμα και όταν

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

φωτοβολταϊκή ισχύς συγκρίνεται με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η υδραυλική ισχύς, ή ακόμη και την ηλιακή θερμική ισχύ, παρατηρούμε ότι υπάρχουν πλεονεκτήματα. Αρχικά, ο αέρας και η υδραυλική ισχύς στηρίζονται στους στροβίλους για να γυρίσουν τις γεννήτριες ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια.

Οι στρόβιλοι και οι γεννήτριες έχουν τα κινούμενα μέρη, κι αυτό απαιτεί συντήρηση, καθώς είναι και θορυβώδης διαδικασία. Η φωτοβολταϊκή ισχύς, σε αντίθεση, παράγεται άμεσα από τα συστήματα Φ/Β, δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος, δεν απαιτείται ουσιαστικά καμία συντήρηση και έχει τα κύτταρα που διαρκούν για δεκαετίες [2-10, 15-17]..



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 3 ΒΙΟΜΑΖΑ

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό επικεντρωνόμαστε σε διάφορες πτυχές σχετικά με το πλαίσιο της βιομάζας, όπως είναι ο ορισμός, η ταξινόμησή της, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της και η αξιολόγηση του δυναμικού της. Η βιομάζα είναι μια από τις ανερχόμενες και περισσότερο αξιοποιήσιμες, τώρα τελευταία, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η *βιομάζα* ορίζεται ως το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων.

Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας [2-10].



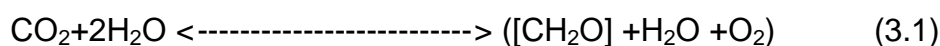
**Εικόνα 3.1:** Εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομάζας.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή για την κάλυψη πολλών ενεργειακών αναγκών. Η *βιοενέργεια* δηλαδή η ενέργεια από βιομάζα, είναι αποθηκευμένη χημική ενέργεια και περιλαμβάνει κάθε στερεό, υγρό ή αέριο καύσιμο, οιαδήποτε ποσότητα ηλεκτρισμού ή ωφέλιμο χημικό παράγωγο, που προέρχονται είτε κατευθείαν από τα φυτά είτε έμμεσα από φυτικής προέλευσης βιομηχανικά, εμπορικά ή αστικά απόβλητα, ή από γεωργικά και δασικά υπολείμματα. Συνεπώς, η βιοενέργεια μπορεί να προέρχεται από ένα μεγάλο εύρος πρώτων υλών και να παράγεται με ποικίλους τρόπους.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας φυτικής προέλευσης προκύπτει αρχικά από την ηλιακή ενέργεια μέσω της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Αναλυτικότερα, η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από την ατμόσφαιρα, νερό (H<sub>2</sub>O) και ανόργανα συστατικά από το έδαφος (Σχέση 3.1). Στη φύση, όλη η βιομάζα αποσυντίθεται στα στοιχειώδη μόριά της με απελευθέρωση θερμότητας. Κατά τις διεργασίες μετατροπής (π.χ. καύση), η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργειά της, συχνά υπό μορφή θερμότητας, και ο άνθρακας επανοξειδώνεται σε CO<sub>2</sub>, ώστε να αντικατασταθεί η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που απορροφήθηκε όσο αναπτυσσόταν το φυτό. Συνεπώς, η ενεργειακή χρήση της βιομάζας είναι το αντίστροφο της φωτοσύνθεσης [2-10, 18-20].

### Ηλιακή Ενέργεια



### Θερμότητα

Η βιοενέργεια παράγεται σε κύκλο όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.2. Η αέναη χρήση των φυσικών ενεργειακών ροών μιμείται τους οικολογικούς κύκλους της Γης και ελαχιστοποιεί την εκπομπή ρύπων στον αέρα, τους ποταμούς και τους ωκεανούς. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα για τη δημιουργία της βιομάζας προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα μέσω της διεργασίας ανάπτυξης των φυτών (φωτοσύνθεση) και αργότερα επιστρέφει σε αυτήν. Επιπλέον, οι θρεπτικές ουσίες για τη δημιουργία της λαμβάνονται από το έδαφος και εν συνεχεία επιστρέφουν σε αυτό. Τα υπολείμματα ενός σταδίου του κύκλου συνιστούν τις εισροές του επόμενου σταδίου.

Σε φυτική βιομάζα (δένδρα, χορτάρια, άλλες καλλιέργειες) μετατρέπεται το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα. Η βιομάζα συγκομιδής, μαζί με τα δασικά και γεωργικά υπολείμματα, μπορεί να μετατραπεί σε δομικά υλικά, χαρτί, καύσιμα, τρόφιμα, ζωοτροφή και άλλα προϊόντα, όπως χημικά φυτικής προέλευσης (κεριά, καθαριστικά, κτλ.).

Παράλληλα, μερικές καλλιέργειες φύονται για οικολογικούς σκοπούς, όπως για φιλτράρισμα γεωργικών απορροών, σταθεροποίηση του εδάφους, καθώς και για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα [18-20].



Εικόνα 3.2: Ενεργειακός κύκλος βιομάζας.

Η μονάδα επεξεργασίας στερεής βιομάζας (εργοστάσιο κάτω αριστερά, εικόνα 3.2) μπορεί να παράγει θερμότητα διεργασιών και ηλεκτρισμό. Τα οργανικά υποπροϊόντα και οι ανόργανες ουσίες από την επεξεργασία της μπορεί να επιστρέφονται στο έδαφος, ανακυκλώνοντας έτσι κάποια θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των φυτών (π.χ. κάλιο και φώσφορο). Μπορεί να γίνει συνδυασμός επιλεγμένων αστικών απορριμμάτων με δασικά και γεωργικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και καλλιέργειες βιομάζας για την τροφοδοσία ενός διαφορετικού τύπου κατεργασίας της βιομάζας. Η νέα αυτή μονάδα (βιοδιυλιστήριο - εργοστάσιο πάνω δεξιά) θα μπορούσε να παράγει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων, όπως καύσιμα, χημικά, νέα βιολογικά υλικά, ηλεκτρισμό.

Ένα σημαντικό συμπαραγόμενο μερικών διεργασιών θα μπορούσαν να είναι οι ζωοτροφές. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας της βιομάζας θα εφαρμόζαν αποδοτικές μεθόδους ελαχιστοποίησης των αποβλήτων και θα ανακύκλωναν τις θρεπτικές ουσίες και τα οργανικά υλικά στο έδαφος, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό το κλείσιμο του κύκλου [18-21].

Η πόλη στο κάτω μέρος της εικόνας 3.2, αντιπροσωπεύει όλα τα προϊόντα της βιομάζας (τροφή, υλικά και ενέργεια) που χρησιμοποιούνται από τον ανθρώπινο πληθυσμό. Τα υπολείμματα από την πόλη (χαρτιά και ξυλεία, αστικά απορρίμματα, κ.τ.λ.) υπόκεινται σε ανάκτηση υλικών και ενέργειας, ενώ είναι εφικτή και η απευθείας ανακύκλωση ορισμένων υπολειμμάτων σε νέα προϊόντα. Σε όλη την διάρκεια του κύκλου, από τις μονάδες επεξεργασίας βιομάζας και τις αστικές και αγροτικές κοινότητες απελευθερώνεται CO<sub>2</sub> πίσω στην ατμόσφαιρα, με λίγη ή χωρίς καμία

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

καθαρή προσθήκη άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Βασικά πλεονεκτήματα της βιοενέργειας είναι:

- Ότι αποτελεί ανανεώσιμη πηγή και παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή.
- Χαρακτηρίζεται ως ανανεώσιμη πηγή, καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ό,τι χρησιμοποιείται ως ενεργειακή πηγή.
- Η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με τη μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας.
- Κατά την παραγωγή και τη μετατροπή της δεν δημιουργούνται περιβαλλοντολογικά και οικολογικά προβλήματα, όπως το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» και η «όξινη βροχή».
- Η αμελητέα περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο, δεν επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) που παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της όξινης βροχής.
- Τέλος, η βιομάζα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας συμβάλλοντας σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο), ενώ παράλληλα συντελεί στην περιφερειακή ανάπτυξη της χώρας, μέσω της εξασφάλισης εργασίας και της συγκράτησης των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και τις άλλες γεωργικές περιοχές.

Η βιοενέργεια από την άλλη μεριά εμφανίζει και ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία αφορούν ως επί τον πλείστον, δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της και είναι τα ακόλουθα [18-21]:

- Η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα λόγω χαμηλής πυκνότητας ή/και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, μεγάλη διασπορά και εποχιακή διαθεσιμότητα.
- Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες δυσκολίες στη συλλογή, μεταποίηση, μεταφορά και αποθήκευσή της έναντι των ορυκτών καυσίμων.
- Το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας να παραμένει υψηλό. Ωστόσο, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται,

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

αφενός λόγω της ανόδου των τιμών των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο) και αφετέρου λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας.

- ü Τέλος, κάθε φορά πρέπει να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

### 3.2 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Λόγο της πολυμορφίας της βιομάζας είναι απαραίτητη μία ταξινόμηση των διαφόρων μορφών της έτσι ώστε να γίνει καλύτερη η μελέτη της. Οι βασικότερες κατηγορίες βιομάζας με βάση την πηγή προέλευσης, παρουσιάζονται παρακάτω [18-22]:

- ✓ Υπολείμματα δασικού τομέα.
- ✓ Γεωργικά υπολείμματα.
- ✓ Ενεργειακές καλλιέργειες.
- ✓ Ζωικά απόβλητα.
- ✓ Αστικά στερεά απορρίμματα.
- ✓ Βιομηχανικά απορρίμματα.
- ✓ Αστικά λύματα.



Εικόνα 3.3: Πρώτη ύλη για την παραγωγή βιομάζας.

### 3.2.1 Υπολείμματα δασικού τομέα

Τα δασικά υπολείμματα περιλαμβάνουν μη χρησιμοποιούμενα υπολείμματα υλοτομίας, νεκρά ξύλα, μη εμπορεύσιμα δένδρα καθώς και άλλα μη εμπορικά δένδρα που πρέπει να κοπούν από πυκνά, ασθενή ή ευτυρόβλητα δάση. Η αποψίλωση των δασών, που είναι απαραίτητη για να βοηθηθούν μερικά δάση να επανακτήσουν τη φυσική τους υγεία, παρέχει επίσης μια μεγάλη ποσότητα υπολειμμάτων ξύλου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, αν τα δασικά υπολείμματα της συγκομιδής της ξυλείας εξεταστούν ως πηγή ενέργειας, εμφανίζουν το πολύ σημαντικό μειονέκτημα της διασποράς τους σε μεγάλες εκτάσεις και της μικρής πυκνότητάς τους, με αποτέλεσμα η συλλογή και η μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις να είναι αντικοινωνική. Σίγουρα όμως, το πρόβλημα αυτό ελαχιστοποιείται με τη συμπύκνωσή τους σε μπρικέτες [18-19].

### 3.2.2 Γεωργικά υπολείμματα

Κάθε ποσότητα γεωργικών προϊόντων που δεν αξιοποιείται εμπορικά, αλλά αφήνεται συνήθως στο χωράφι, μπορούμε να την χαρακτηρίσουμε γεωργικά υπολείμματα. Έχουμε δύο βασικές κατηγορίες υπολειμμάτων γεωργικού τομέα:

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- Υπολείμματα αγρού, τα μέρη δηλαδή μιας καλλιέργειας που απομένουν σε αγρούς ή σπυρώνες μετά τη συγκομιδή, όπως το άχυρο σιτηρών και ρυζιού, τα υπολείμματα αραβοσίτου, τα στελέχη και φύλλα από καλλιέργειες ελαιωδών καρπών, τα κλαδοδέματα δενδρώδους καλλιέργειας.
- Υπολείμματα επεξεργασίας, δηλαδή παραπροϊόντα ή υπολείμματα από βιομηχανίες επεξεργασίας, κυρίως από τον κλάδο των τροφίμων ή ινών. Σε αντίθεση με τα υπολείμματα αγρού που είναι διαθέσιμα στο χωράφι και πρέπει να συλλεχθούν από μια εκτεταμένη περιοχή, τα υπολείμματα επεξεργασίας συλλέγονται από ένα συγκεκριμένο σημείο και η εφοδιαστική τους αλυσίδα απλοποιείται σημαντικά. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι πυρήνες από τα κονσερβοποιεία φρούτων και τις ελαιουργικές μονάδες, τα υπολείμματα εκκοκκισμού βάμβακος, τα κελύφη από ρύζι, ξηρούς καρπούς, καφέ, ελαιούχους σπόρους και άλλα.

Η γεωργική πρακτική είναι συνήθως τα υπολείμματα αυτά να επιστρέφονται στο χώμα, να καίγονται, να αφήνονται να αποσυντίθενται ή να αποτελούν απόθεμα βοσκής. Πάντως, μελέτες για τη βιομάζα και τη γεωργία έχουν καταλήξει στο ότι είναι δυνατό να αφαιρείται και να αξιοποιείται ένα μέρος των γεωργικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας, παρέχοντας μεγάλους όγκους υλικού χαμηλού κόστους. Τα υπολείμματα αυτά θα μπορούσαν να καούν/αεριοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού [2-10, 18-19].



(α)

(β)

(γ)

**Εικόνα 4.3:** Γεωργικά υπολείμματα: (α) Ελαιοπυρηνόξυλο, (β) μπάλα άχυρο και (γ) φλοιός ρυζιού.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 3.2.3 Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την παροχή ηλεκτρισμού, θερμότητας ή καυσίμων. Ενεργειακές καλλιέργειες θεωρούνται είτε οι παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες (όπως σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα, ηλιάνθος) των οποίων το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ), είτε «νέες» καλλιέργειες υψηλής παραγωγικότητας σε βιομάζα ανά μονάδα γης (όπως μίσχανθος, καλάμι και αγριαγκινάρα) που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά και το τελικό προϊόν τους προορίζεται για παραγωγή ενέργειας. Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες (ετήσιες ή πολυετείς) και σε δασικές ενεργειακές καλλιέργειες (μικρού περιόδου χρόνου) [18,19,21,22]:

#### ü Ετήσιες γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- ü Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
- ü Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
- ü Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*)

#### ü Πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- ü Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)
- ü Καλάμι (*Arundo donax* L.)
- ü Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)
- ü Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)

#### ü Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες:

- ü Δύο είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus globulus* Labil., *Eucalyptus camaldulensis* Denh)

Οι ενεργειακές καλλιέργειες επιλέγονται προσεχτικά ώστε να αναπτύσσονται



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ταχέως, να είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και τα παράσιτα και να έχουν εύκολη συγκομιδή προκειμένου να επιτρέπουν ανταγωνιστικές τιμές όταν χρησιμοποιούνται ως καύσιμα. Εκτός από την αξία τους ως καύσιμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον έλεγχο της διάβρωσης, την αναβάθμιση του εδάφους, αλλά και ως φυσικά φίλτρα για την παρεμπόδιση της διαφυγής των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος προς τους υδροφόρους ορίζοντες. Τέλος, αναπτύσσονται σε αγροτικές εκτάσεις που δεν χρησιμοποιούνται για καλλιέργεια τροφών, ζωοτροφών ή ινών. Τέτοιες εκτάσεις μπορεί να είναι γαίες που αποσύρονται από χρήση για λόγους ελέγχου των τιμών ή εκτάσεις όπου η καλλιέργεια των τροφών είναι οικονομικά ασύμφορη. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωργικές καλλιέργειες, οι ενεργειακές απαιτούν λιγότερη συντήρηση και αγωγή με παρασιτοκτόνα και λιπάσματα [18-22].

### 3.2.4 Ζωικά απόβλητα

Υπάρχει μια ποικιλία ζωικών αποβλήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές ενέργειας από βιομάζα. Οι πιο συνηθισμένες πηγές είναι οι κοπριές από τα χοιρινά, τα κοτόπουλα και τα βοοειδή (σε εκτροφεία), καθώς τα ζώα αυτά εκτρέφονται σε περιορισμένο χώρο παράγοντας μεγάλη ποσότητα αποβλήτων σε μικρή έκταση.

Στο παρελθόν γινόταν ανάκτηση αυτών των αποβλήτων και πωλούνταν ως λιπάσματα ή απλωνόταν σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Με το πέρας του χρόνου όμως, άρχισαν να γίνονται αυστηροί έλεγχοι, σχετικά με τις οσμές και τη ρύπανση των νερών, πράγμα που σήμαινε ότι έπρεπε πλέον να γίνεται κάποιας μορφής διαχείριση αυτών των αποβλήτων. Έτσι ανοίγει ο δρόμος για την πιθανή εκμετάλλευση της παραγωγής ενέργειας από απόβλητα.

Η οργανική ύλη των ζωικών αποβλήτων περιέχει ενέργεια δεσμευμένη στα μόριά της, που το μεγαλύτερο μέρος της μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους μικροοργανισμούς για τις ανάγκες του μεταβολισμού τους. Όταν οι συνθήκες είναι αναερόβιες, παράγεται βιοαέριο, δηλαδή αέριο μείγμα πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο και συνεπώς παρουσιάζει ενεργειακό ενδιαφέρον. Μέσω κατάλληλων αντιδραστήρων επιτυγχάνονται ελεγχόμενες αναερόβιες συνθήκες. Η παραγωγή βιοαερίου παρέχει ένα φθινό και εύχρηστο καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρισμού ή να καεί άμεσα για θέρμανση χώρων ή νερού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στη σημερινή εποχή η διάθεση των ζωικών αποβλήτων αποτελεί μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα, παρέχονται επιπλέον κίνητρα για τη μετατροπή τους σε ενέργεια [21].

### 3.2.5 Αστικά στερεά απορρίμματα

Τα στερεά απορρίμματα των πόλεων που είναι κατεχοχόν οικιακής προέλευσης, τα απορρίμματα από την καθαριότητα των δρόμων, των πάρκων κτλ., καθώς και τα απορρίμματα διαφόρων οικονομικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε ένα πολεοδομικό συγκρότημα (εμπόριο, βιοτεχνίες, κ.α.) αποτελούν τα αστικά απορρίμματα.

Στις μέρες μας, οι γενικοί τρόποι διάθεσης των απορριμμάτων είναι η απόθεση σε χώρους ταφής, η λισματοποίηση και η καύση ενώ σε αρκετές χώρες

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

συμπληρώνονται και με μεθόδους ανάκτησης/ανακύκλωσης ορισμένων υλικών, όπως το γυαλί, το χαρτί, ή τα μέταλλα. Παρόλα αυτά, σε πολλές χώρες όπου είναι διαθέσιμες οι απαραίτητες εκτάσεις, το σύστημα της ταφής παραμένει το πιο συμφέρον από οικονομική άποψη. Στην Ελλάδα, η διάθεση των απορριμμάτων των μεγάλων πόλεων γίνεται σε χωματερές, ενώ των άλλων περιοχών αποτίθενται στην ύπαιθρο.

Πρωταρχικό ρόλο στη επιλογή της μεθόδου διάθεσης, διαδραματίζει η σύσταση των απορριμμάτων, η οποία μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και σχετίζεται με τη θέση και τον τύπο της υπηρεσίας συλλογής. Η πηγή βιομάζας στα απορρίμματα αυτά αποτελείται από τα ζυμώσιμα, που περιλαμβάνουν τα υπολείμματα της κουζίνας και του κήπου, το χαρτί και τα πλαστικά, και κατά μέσο όρο είναι περίπου το 78% των συνολικά συλλεγόμενων αστικών απορριμμάτων.

Τα αστικά στερεά απορρίμματα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με άμεση καύση ή μέσω φυσικής αναερόβιας χώνευσης στο χώρο ταφής τους (παραγωγή βιοαερίου). Στους χώρους ταφής, το παραγόμενο αέριο από τη φυσική αποσύνθεση των αστικών στερεών απορριμμάτων (περίπου 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα) συλλέγεται από τα συσσωρευμένα υλικά και καθαρίζεται πριν την τροφοδοσία των μηχανών εσωτερικής καύσης ή των αεριοστροβίλων για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού [2-10, 18-20].

### 3.2.6 Βιομηχανικά απορρίμματα

Για την παραγωγή ενέργειας μπορούν να αξιοποιηθούν οι μεγάλες ποσότητες των υπολειμμάτων και των υποπροϊόντων που παράγονται από τη βιομηχανία τροφίμων. Τα απορρίμματα αυτά προέρχονται από όλους τους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων, από την ζαχαροπλαστική μέχρι και τη παραγωγή κρέατος.

Οι βιομηχανίες χαρτιού παράγουν ένα προϊόν αποβλήτων, το οποίο είναι γνωστό ως μαύρο ρευστό, και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιομάζα αν αεριοποιηθεί ή αν πυρολυθεί. Μεγάλες ερευνητικές προσπάθειες κατάφεραν να αναπτύξουν μια διεργασία ρευστοποιημένης κλίσης με ταχεία πυρόλυση, η οποία μπορεί να μετατρέψει το μαύρο υγρό σε βιοκαύσιμο. Στη συνέχεια αυτό μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο κατάλληλο για τις μηχανές των αυτοκινήτων.

Η βιομηχανία ζαχάρεως, παράγει από το ζαχαροκάλαμο μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων του, που είναι εν δυνάμει μια μεγάλη ενεργειακή πηγή βιομάζας. Και αυτό διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για παραγωγή ηλεκτρισμού και ατμού. Στις ΗΠΑ και στην Αυστραλία πολλοί μύλοι ζάχαρης παράγουν ηλεκτρισμό με τον τρόπο αυτό, ενώ έχουν και τη δυνατότητα εξαγωγής μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρισμού από αυτή την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Επιπλέον, η βιομηχανία τροφίμων παράγει μεγάλο όγκο αποβλήτων και παραπροϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα. Τα απόβλητα αυτά παράγονται σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων, από την παραγωγή κρέατος μέχρι την παραγωγή γλυκών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακή πηγή. Στα στερεά απόβλητα περιλαμβάνονται φλοιοί και κομμάτια από λαχανικά και φρούτα, τρόφιμα τα οποία κρίνονται ακατάλληλα για βρώση και δεν περνούν τους ποιοτικούς ελέγχους, ιζήματα από φίλτρα κλπ. Αυτά τα απόβλητα επιβαρύνουν τον προϋπολογισμό της ίδιας της βιομηχανίας διότι καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής.

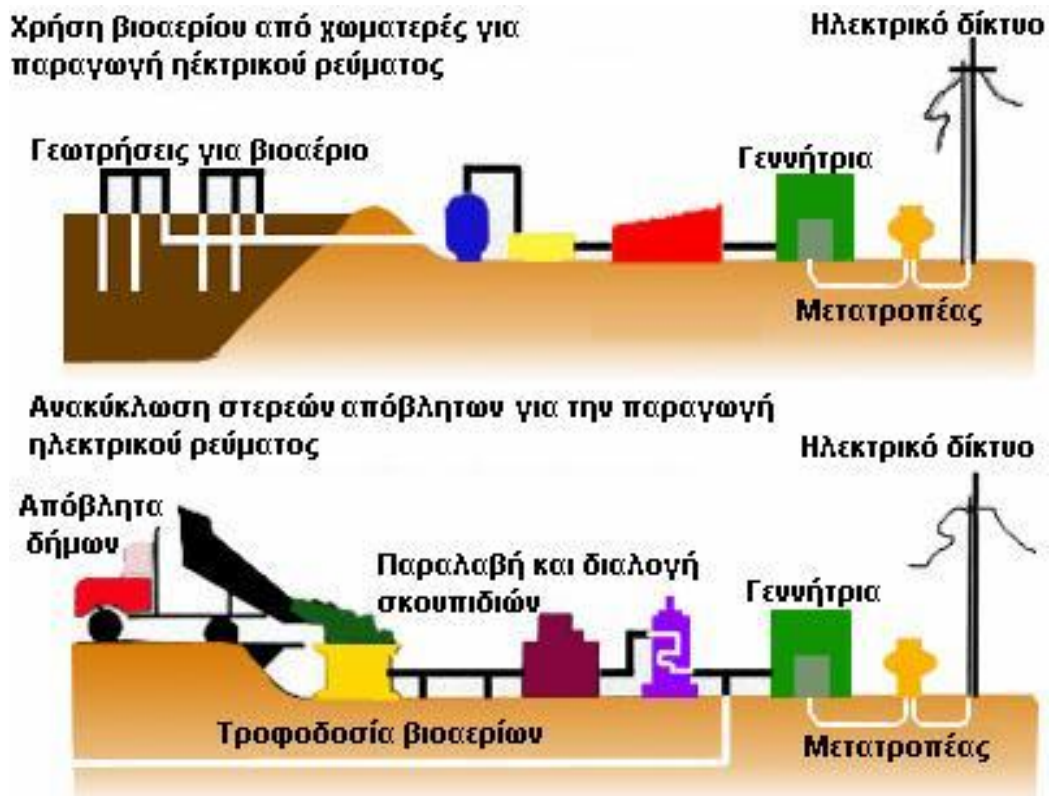
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Κατά τη διάρκεια του πλυσίματος του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, της προπαρασκευής του μαγειρέματος του κρέατος, των ψαριών της αποφλοίωσης των καρπών, καθώς και κατά τη διάρκεια της οινοπαραγωγής, παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Αυτά περιέχουν άμυλο, σάκχαρα και άλλη διαλυμένη και στερεά οργανική ύλη σε αρκετά αραιή μορφή. Για αυτά τα βιομηχανικά απόβλητα υπάρχει το δυναμικό να χωνευτούν αναερόβια προς παραγωγή βιοαερίου ή να ζυμωθούν για παραγωγή αιθανόλης. Η ενεργειακή αξιοποίηση των βιομηχανικών απορριμμάτων γίνεται με αναερόβια χώνευση για την παραγωγή βιοαερίου [18-22].

### 3.2.7 Αστικά λύματα

Τα αστικά λύματα, ως πηγή ενέργειας, παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τα ζωικά απόβλητα, με τη μόνη διαφορά ότι αυτά υφίστανται επεξεργασία εδώ και πολλά χρόνια στις αναπτυγμένες χώρες. Κάθε έτος συλλέγονται και οδηγούνται στους χώρους υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ), εκατομμύρια τόνων αστικών αποβλήτων. Η σύστασή τους ποικίλλει ανάλογα με τον τόπο, την εποχή καθώς και με τον τρόπο και επιλογή της συλλογής αυτών. Τα αστικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με καύση ή με αναερόβια χώνευση στα ΧΥΤΑ. Στις βιομηχανικές χώρες υπάρχουν ακόμη πολλοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση του βιοαερίου, που εκλύεται σαν αποτέλεσμα της φυσικής αποσύνθεσης. Αυτό, πριν οδηγηθεί προς καύση, στις μηχανές εσωτερικής καύσης ή σε αεριοστρόβιλους για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, καθαρίζεται και απομακρύνεται το διοξείδιο του θείου που πιθανώς να περιέχει.

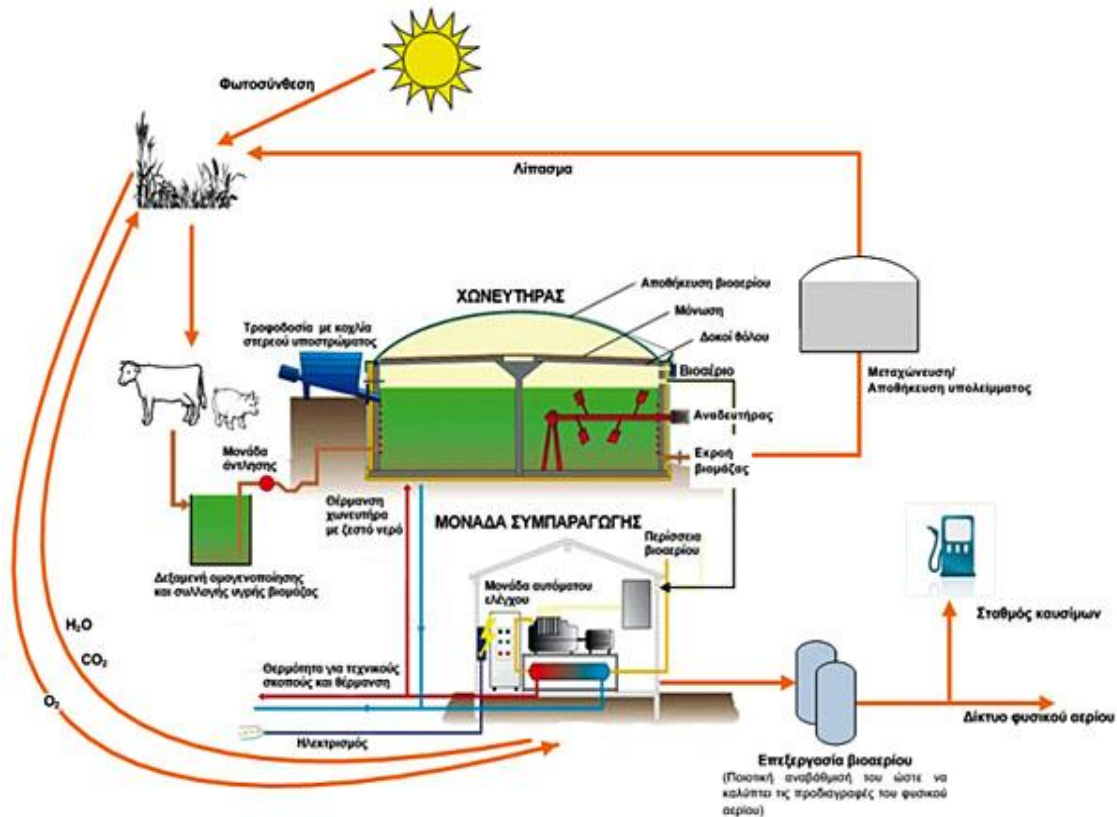
Τέλος, αναφέρονται τα υγρά απόβλητα τα οποία είναι μια ακόμη πηγή βιομάζας, παρόμοια με αυτή που προέρχεται από τα ζωικά απόβλητα και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες. Εξάγεται από τα απόβλητα με αναερόβια χώνευση προς παραγωγή βιοαερίου. Μια τέτοια μονάδα λειτουργεί στην Ψυτάλλεια και εκμεταλλευόμενη τα απόβλητα του λεκανοπεδίου της Αθήνας παράγει ηλεκτρισμό που οδηγείται στο κεντρικό δίκτυο της ΔΕΗ [18-22].



Εικόνα 3.4: Παραγωγή ηλεκτρισμού με βιοαέριο (ΧΥΤΑ).

Από αυτή τη διεργασία απομένει λάσπη η οποία μπορεί να πυρολυθεί ή να καεί για περαιτέρω παραγωγή βιοαερίου ή βιοπετρελαίου. Η αναεροβική χώνευση είναι η αποσύνθεση της υγρής και πράσινης βιομάζας με τη βοήθεια βακτηριακής δράσης και απουσία οξυγόνου, προς παραγωγή ενός αερίου μείγματος που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και είναι γνωστό ως βιοαέριο.

Η αναεροβική χώνευση των αστικών στερεών αποβλήτων που αποθέτονται στους ΧΥΤΑ, δημιουργεί το αέριο που είναι γνωστό ως αέριο των ΧΥΤΑ μέσω της φυσικής διαδικασίας της βακτηριακής αποσύνθεσης της οργανικής ύλης που εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου. Το μεθάνιο όπου είναι το αέριο αυτό εκλύεται στην ατμόσφαιρα και συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Γίνεται όμως να συλλεχθεί με τη χρησιμοποίηση διάτρητων σωλήνων που έχουν εισαχθεί μέσα στον όγκο των αποβλήτων και με τον τρόπο αυτό να οδηγηθεί, μέσω της φυσικής διαφοράς πίεσης, για ενεργειακή εκμετάλλευση [20,21,23,24].

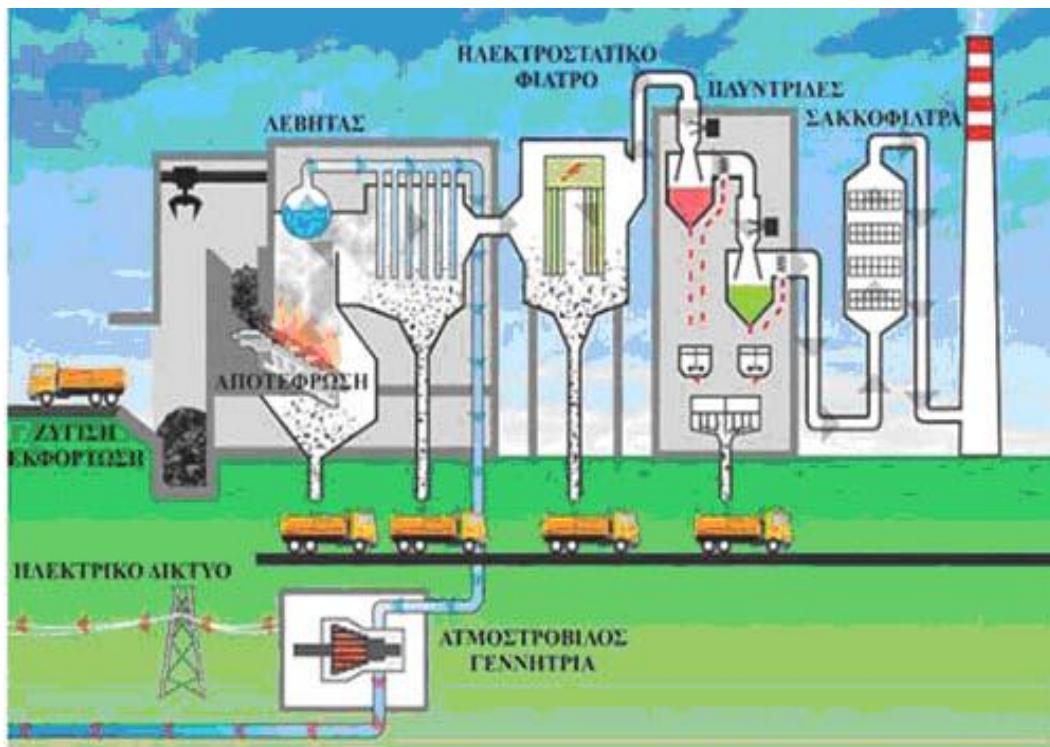


Εικόνα 3.5: Αειφόρος κύκλος του βιοαερίου.

Από την ανάμιξη νερού και ζωικών αποβλήτων, τα οποία θερμαίνονται και αναμιγνύονται μέσα σε αεροστεγείς αντιδραστήρες παράγεται συνήθως το βιοαέριο. Οι αεροστεγείς αντιδραστήρες έχουν διάφορα μεγέθη, από 1 κυβικό μέτρο για μικρές οικιακές μονάδες μέχρι 2000 κυβικά μέτρα για μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το βιοαέριο μπορεί στη συνέχεια να καεί για θέρμανση χώρων ή μαγείρεμα ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η άμεση καύση είναι η κύρια διεργασία για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται μέσω της καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή ηλεκτρισμό καθώς και στη βιομηχανία. Εφαρμογές μικρής κλίμακας, όπως μαγείρεμα και θέρμανση χώρων, είναι συνήθως μικρής απόδοσης με απόδοση στη μεταφορά θερμότητας. Σε μεγαλύτερη κλίμακα η βιομάζα από τα υπολείμματα των δασών και των αστικών στερεών αποβλήτων μπορεί να καεί σε φούρνους για παραγωγή θερμότητας και για παραγωγή ατμού για αμοστρόβιλους και γεννήτριες.

Στην Ελλάδα στην περιοχή της Αρκαδίας υπάρχει η περίπτωση χωριού το οποίο διαθέτει σύστημα παραγωγής θερμότητας από τα υπολείμματα της δασικής εκμετάλλευσης της περιοχής. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο σωληνώσεων μέσα στο χωριό και διανέμεται στα κτίρια για κάλυψη των θερμικών αναγκών [18-22].



Εικόνα 3.6: Σταθμός μεγάλης κλίμακας για παραγωγή ρεύματος.

Οι μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με βιομάζα έχουν παραπλήσιο βαθμό απόδοσης με εκείνο των συμβατικών σταθμών. Το πρόβλημα έγκειται στο κόστος κατασκευής τους όπου είναι υψηλότερο διότι ο καυστήρας θα πρέπει να σχεδιάζεται για το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας της βιομάζας. Η οικονομικότητα του συστήματος όμως βελτιώνεται στην περίπτωση συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού [18-22,25].

### 3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βιομάζα όπως είναι γνωστό έχει πολλές εφαρμογές όπως, την παραγωγή ηλεκτρισμού, την παραγωγή βιοκαυσίμων, την παραγωγή θερμότητας και ατμού και την παραγωγή αερίου καυσίμου. Παρακάτω αναφέρονται το καθένα ξεχωριστά.

Η παραγωγή βιοκαυσίμων όπως είναι το βιοπετρέλαιο και η αιθανόλη έχει μεγάλη δυνατότητα να αντικαταστήσει κάποια στιγμή μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων σε πολλές περιπτώσεις μεταφορών. Στην Ευρώπη, στη Βραζιλία και στις ΗΠΑ η παραγωγή αυξάνεται όλο και περισσότερο και τα προϊόντα έρχονται στην αγορά ως μίγματα. Όλη αυτή η προσπάθεια υποστηρίζεται προς το παρόν με επιχορηγήσεις αλλά σύντομα πρόκειται να αποκτήσει μια θέση στην αγορά καυσίμων και να υποκαταστήσει πολλά καύσιμα, εφόσον διαδοθούν ευρέα οι ενεργειακές καλλιέργειες και βελτιωθεί αρκετά η τεχνολογία [18,19,21,23,25,26].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα είναι μια μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας και μπορεί να φέρει τη σφραγίδα του «πράσινου καυσίμου». Δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς αυτό που παράγει δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα από τα φυτά, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.

Ατμός και θερμότητα παράγονται από τη καύση της βιομάζας ή του βιοαερίου. Ο ατμός σαν προϊόν αυτής της διεργασίας μπορεί να οδηγηθεί σε ατμοστρόβιλους για ηλεκτροπαραγωγή, για θέρμανση μεγάλων εγκαταστάσεων ή για θέρμανση βιομηχανικών διεργασιών. Η θερμότητα από την άλλη είναι κατάλληλη για τη θέρμανση κτιρίων και για μαγείρεμα, ενώ ταυτόχρονα χρησιμεύει σε συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Τέλος, το βιοαέριο που παράγεται από την αναεροβική χώνευση έχει επίσης μια σειρά από χρήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα με αεριοστρόβιλους-γεννήτριες για ηλεκτροπαραγωγή, σε μηχανές εσωτερικής καύσης, για παραγωγή θερμότητας σε εμπορικές και οικιακές χρήσεις καθώς και σε τροποποιημένα οχήματα για καύσιμο.

### 3.4 ΚΥΡΙΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Στη στοιχειακή ανάλυση προσδιορίζεται η κατά βάρος σύσταση της βιομάζας σε άνθρακα (C), υδρογόνο (H), άζωτο (N) και θείο (S). Επίσης, συνηθίζεται να γίνεται και μέτρηση της περιεκτικότητας σε χλώριο (Cl). Το οργανικό περιεχόμενο των διαφόρων πηγών βιομάζας έχει σε γενικές γραμμές παρόμοια στοιχειακή ανάλυση. Γενικά, στα καύσιμα βιομάζας εμφανίζονται οι εξής τυπικές τιμές στοιχειακής ανάλυσης (% κ.β. ξηρής βάσης):

- ✓ Ο άνθρακας (C) κυμαίνεται μεταξύ 44 - 51%.
- ✓ Το οξυγόνο (O) από 41 - 50%.
- ✓ Το θείο (S) είναι αμελητέο (από 0 – 0.2%).
- ✓ Το υδρογόνο (H) από 5.5 – 6.7%.
- ✓ Το άζωτο (N) από 0.12 – 0.60%.
- ✓ Το χλώριο (Cl) είναι συνήθως μικρότερο του 0.4%.

#### 3.4.1 Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη εκφράζει την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την καύση της μονάδας μάζας του καυσίμου σε συγκεκριμένες συνθήκες και αποτελεί τη βάση προσδιορισμού της απόδοσης του ενεργειακού συστήματος [18,19,25]. Διακρίνεται σε ανώτερη θερμογόνο δύναμη (HHV - Higher Heating Value) και σε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

κατώτερη (LHV - Lower Heating Value). Στην ανώτερη θερμογόνο δύναμη προστίθεται η λανθάνουσα θερμότητα του νερού, κάτι το οποίο δεν ισχύει για την κατώτερη θερμογόνο δύναμη, όπου έχει αφαιρεθεί η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του περιεχόμενου νερού. Συνήθεις τιμές της ανώτερης θερμογόνου δύναμης των διαφόρων ειδών βιομάζας είναι της τάξης των 14-23 MJ/Kg [49]. Οι διαφορές οφείλονται στο διαφορετικό περιεχόμενο άνθρακα (κύρια πηγή ενέργειας) και στη διαφορετική περιεκτικότητα σε τέφρα (μη καύσιμη ύλη).

### 3.4.2 Πυκνότητα

Το κόστος μεταφοράς της βιομάζας από το σημείο παραγωγής μέχρι το σημείο κατανάλωσης καθορίζεται από την πυκνότητα της βιομάζας. Επίσης η βιομάζα χρησιμοποιείται τεμαχισμένη, πιο χρήσιμη τεχνικά είναι η «χύδην» (bulk) πυκνότητα, η οποία αποτελεί κλάσμα της πυκνότητας ανά τεμάχιο. Η «χύδην» πυκνότητα κυμαίνεται από 100-200 Kg/m (για άχυρο) έως και 700-900 Kg/m (για ξύλο) και εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος, το είδος, το σχήμα και την υγρασία των τεμαχίων της βιομάζας. Η «χύδην» πυκνότητα σε συνδυασμό με τη θερμογόνο δύναμη της βιομάζας αποτελούν την «ενεργειακή πυκνότητα», δηλαδή την πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου της βιομάζας. Συγκριτικά με τα συμβατικά καύσιμα, η βιομάζα έχει περίπου το 10% της ενεργειακής πυκνότητας του πετρελαίου [19].

### 3.4.3 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η υγρασία είναι η ποσότητα του νερού εντός της βιομάζας και είναι ανεπιθύμητη πρόσμιξη που πρέπει να αφαιρεθεί στο μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό με ξήρανση (θερμική ή φυσική). Η υγρασία στην περίπτωση της καύσης της βιομάζας μειώνει την τελική ωφέλιμη ενέργεια και επομένως την απόδοση του ενεργειακού συστήματος, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην αυξημένη εκπομπή ρύπων. Οι τιμές της κυμαίνονται από 10% κ.β. (υπολείμματα καλλιέργειας δημητριακών) έως και 80% κ.β. (δασικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα). Για καύση της βιομάζας επιβάλλονται τιμές περιεκτικότητας σε υγρασία μικρότερες του 50% κ.β. [18,19,]

### 3.4.4 Περιεκτικότητα σε τέφρα

Η τέφρα είναι το ανόργανο κλάσμα της βιομάζας (μη καύσιμη ύλη) και συνίσταται κατά κύριο λόγο από τις ενώσεις  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  και  $\text{TiO}_2$ . Κυμαίνεται από 0,5% κ.β. (περίπτωση ξύλου) έως και 30-40% κ.β. (περίπτωση φλοιού ρυζιού). Είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος που, ανάλογα με την ποσότητα και τη χημική σύσταση, μπορεί να επηρεάσει τη συμπεριφορά του βιοκαυσίμου κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα (υάλωση) στις μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας [18,19].



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

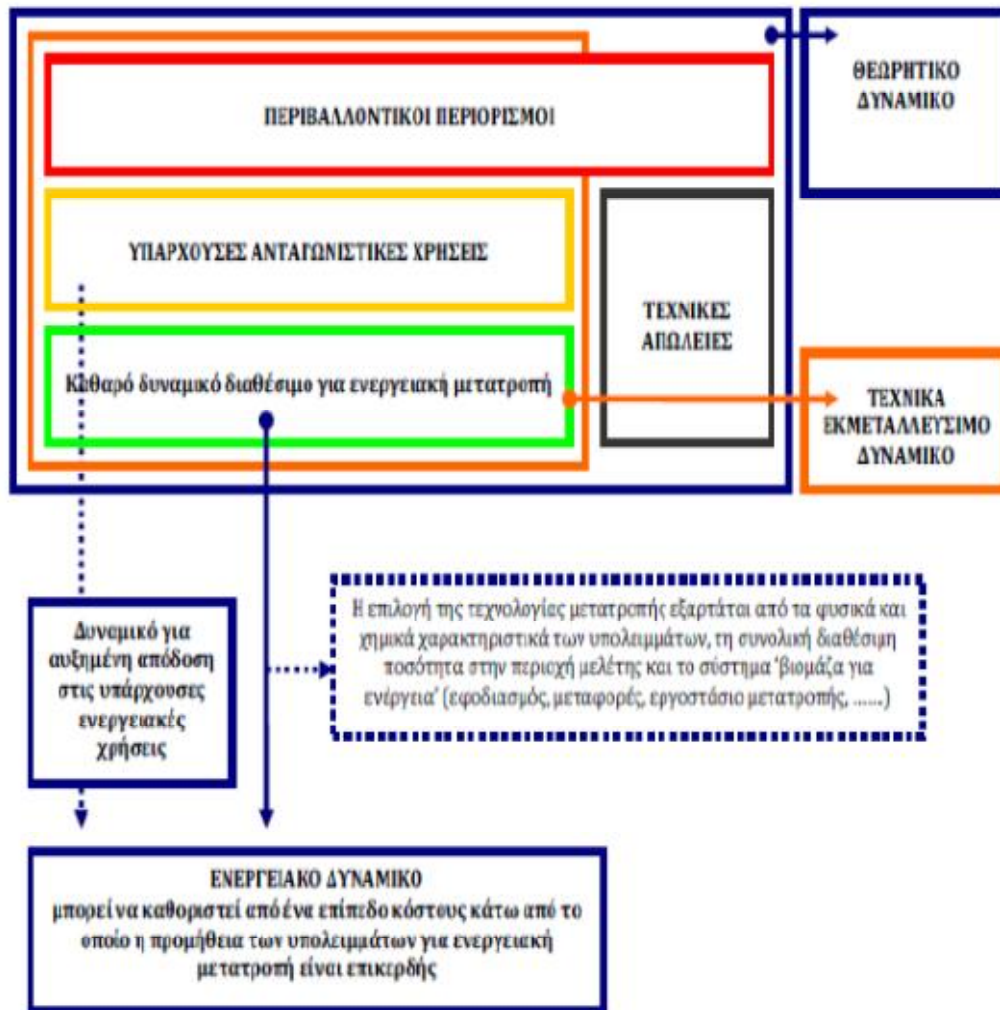
### 3.5 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Κάθε προσπάθεια εκτίμησης του δυναμικού βιομάζας σε παγκόσμια κλίμακα πρέπει να στηριχτεί σε λεπτομερείς τοπικές αναλύσεις της συνεισφοράς της κάθε περιοχής. Το δυναμικό της βιομάζας διακρίνεται σε θεωρητικό δυναμικό, διαθέσιμο δυναμικό, οικονομικά και τεχνικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό.

Ως *θεωρητικό δυναμικό* αναφέρεται το σύνολο των παραγόμενων αγροτικών, δασικών και άλλης μορφής υπολειμμάτων που προκύπτουν σε μία περιοχή. Το δυναμικό αυτό αντιστοιχεί στο μέγιστο ποσό της ενέργειας που θα μπορούσε να παραληφθεί από την περιοχή αυτή, επιτυγχάνοντας την πλήρη αξιοποίησή του για παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, η χρήση της βιομάζας ως καύσιμο είναι μία από τις τέσσερις ανταγωνιστικές χρήσεις της [26,27].

Τα αποθέματα της βιομάζας μοιράζονται σε ανθρώπους και ζώα, που τρέφονται με τα φυτά, ενώ οι φυτικές ίνες χρησιμοποιούνται στις κατασκευές για την παραγωγή χαρτιού, υφασμάτων κτλ. Για τους λόγους αυτούς, εισάγεται η έννοια του *διαθέσιμου δυναμικού* της βιομάζας, της αδιάθετης δηλαδή ποσότητας βιομάζας που μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά. Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας του θεωρητικού δυναμικού αποτελεί επίσης η απόδοση της διαδικασίας περισυλλογής των υπολειμμάτων που θα καταλήξουν στη μονάδα παραγωγής ενέργειας [26,27].

Οι έννοιες του τεχνολογικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού σχετίζονται άμεσα με την τεχνολογία που επιλέγεται για την παραγωγή ενέργειας από συγκεκριμένη πρώτη ύλη και τα οικονομικά χαρακτηριστικά της επένδυσης. Για την εκτίμηση του *τεχνολογικά εκμεταλλεύσιμου δυναμικού* απαιτείται πρωταρχικά ο καθορισμός συγκεκριμένης τεχνολογίας για την αξιοποίηση του διαθέσιμου δυναμικού. Η επιλογή αυτή εξαρτάται άμεσα από τη μορφή της διαθέσιμης πρώτης ύλης, την επιθυμητή μορφή της παραλαμβανόμενης ενέργειας, καθώς και από τις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής που είναι συγκεντρωμένο το διαθέσιμο δυναμικό. Παράλληλα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας περιορίζουν ανάλογα την ποσότητα της ενέργειας που τελικά προσφέρεται προς κατανάλωση. Τέλος, *οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό* ορίζεται η ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί με οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο. Η εκτίμηση του συγκεκριμένου δυναμικού προϋποθέτει τις εκτιμήσεις των ποσοτήτων που αναφέρθηκαν, με τη συγκεκριμένη σειρά. Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση είναι και η επιλογή συγκεκριμένης θέσης για την κατασκευή της συγκεκριμένης ενεργειακής μονάδας, δεδομένου ότι το κόστος μεταφοράς της βιομάζας στη συγκεκριμένη θέση είναι καθοριστική παράμετρος για τη βιωσιμότητα της επένδυσης [26,27].



Εικόνα 3.7: Προσεγγιστική εκτίμηση της βιομάζας [28].

Το παγκόσμιο δυναμικό των πρώτων υλών βιομάζας δασικής και γεωργικής προέλευσης, σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α απεικονίζεται στην εικόνα 3.8.

Με βάση τις εκτιμήσεις του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), η παραγόμενη ποσότητα βιομάζας σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού ετησίως, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα.

### Παγκόσμιοι Πόροι Βιοισχύος:

Ενεργειακό Δυναμικό άνω των 5 GW



**Ενεργειακές καλλιέργειες**

**Δασικές πηγές**

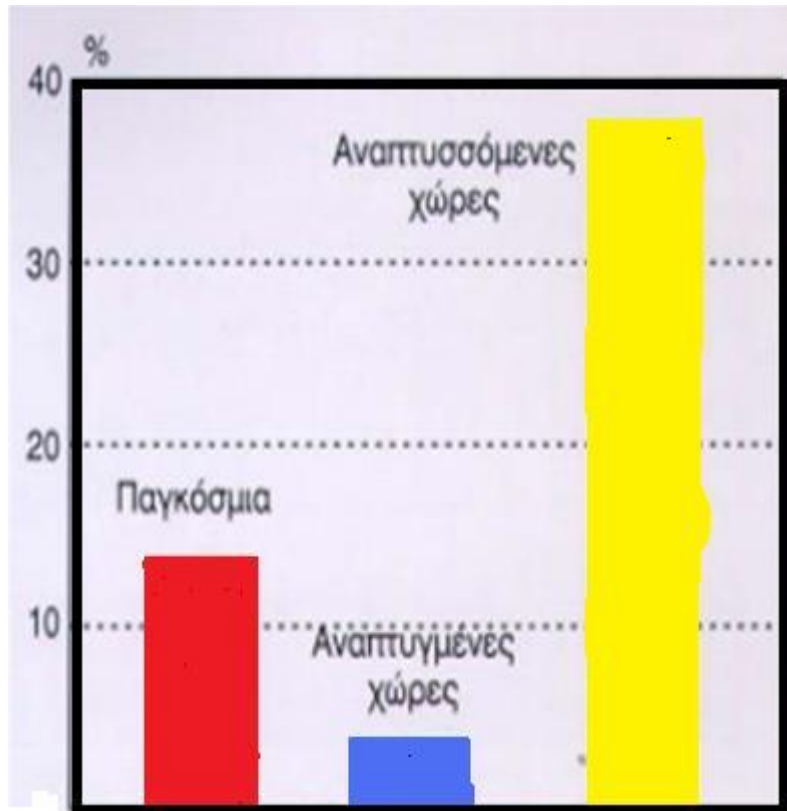


**Γεωργικά υπολείματα**

**Εικόνα 3.8:** Χάρτης της γεωγραφικής κατανομής των πρώτων υλών βιομάζας.[29]

Πάντως, αν και οι εφαρμογές της βιομάζας καλύπτουν μόνο το 14% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών (εικόνα 3.9) και αφορούν κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της βιομάζας όπως καυσόξυλα κ.α., η πολιτική πρόθεση παγκοσμίως για τη αποτελεσματική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και του θείου (S), έχει οδηγήσει την τελευταία δεκαετία σε αύξηση της χρήσης της βιομάζας στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στις ΗΠΑ η παραγωγή ηλεκτρισμού από βιομάζα αυξανόταν ετησίως κατά 7% μεταξύ των ετών 1990 και 1994, φθάνοντας τις 59.000 GWh το έτος 1994. Μια τέτοια εξέλιξη θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια βιομηχανία δυναμικότητας περίπου 30 GW, που θα παράγει από 150.000 έως 200.000 GWh ηλεκτρισμού το 2020 [30].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



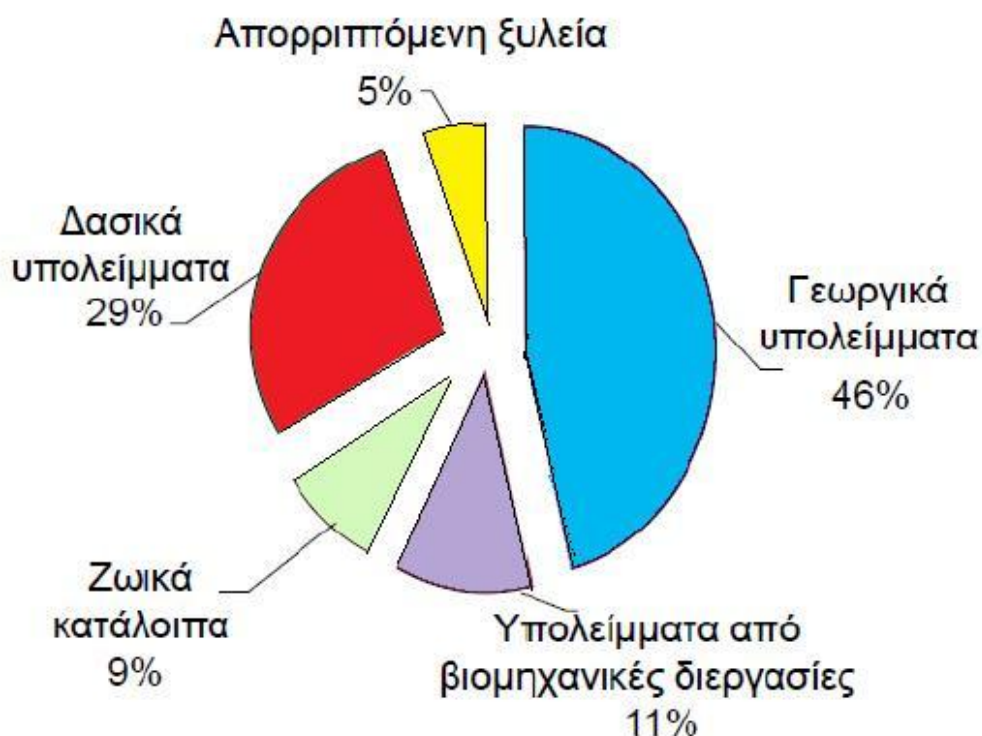
**Εικόνα 3.9:** Διάγραμμα συμμετοχής της βιομάζας % στην κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως [31].

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας από στερεή βιομάζα ανήλθε σε 79,3 Mtoe ( $10^6$  toe, δηλαδή  $10^6$  τόνους ισοδύναμου πετρελαίου) το έτος 2010, ποσότητα μεγαλύτερη κατά 8% από την αντίστοιχη του 2009. Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη από εκείνη που παρουσιάστηκε κατά τη διετία 2008-2009 (4%) [32].

Στη χώρα μας η βιομάζα βρίσκει εφαρμογές κυρίως στην παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (θέρμανση και μαγειρική), στη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιουργεία, επίσης και στη βιομηχανία (πυρηνελαιουργεία, εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, κ.α.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Επιπλέον, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι στις περισσότερες περιπτώσεις, οικονομικά ανταγωνιστική της παραγόμενης ενέργειας από συμβατικές πηγές.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Με βάση πρόσφατα στοιχεία του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, το θεωρητικό δυναμικό της βιομάζας στη χώρα μας για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από γεωργικά υπολείμματα ανέρχεται σε 27,7 TWh [33]. Η ποσοστιαία κατανομή της ετήσιας παραγωγής βιομάζας ανά κατηγορία υπολείμματος απεικονίζεται στην εικόνα 3.10 παρακάτω.



Εικόνα 3.10: Διάγραμμα της ποσοστιαίας κατανομής της ετήσιας παραγωγής βιομάζας στην Ελλάδα [26].

Έχει εκτιμηθεί από πρόσφατη απογραφή ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνίσταται από 7.5 εκατομμύρια τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (αραβόσιτου, σιτηρών, βαμβακιού, ηλίανθου, καπνού, κλαδοδεμάτων οπωροφόρων και ελαιόδεντρων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.τ.λ.), καθώς και από 2.7 εκατομμύρια τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (φλοιοί, κλαδιά, κ.α.) [34]. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου, τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, αντιστοιχούν δηλαδή στο 30-40% της ποσότητας πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας [33].

Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων δασικών και γεωργικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατόν να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Δεδομένου ότι, σε σύγκριση με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας και επιπλέον της ευκολότερης συλλογής, το

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

δυναμικό τους μπορεί να ξεπεράσει άνετα το αντίστοιχο των δασικών και γεωργικών υπολειμμάτων. Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι στην δεκαετία που διανύουμε υπολογίζεται ότι θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100-150 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αυξηθούν οι ευρωπαϊκοί ενεργειακοί πόροι και να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές. Στη χώρα μας 10 εκατομμύρια στρέμματα έχουν ήδη περιθωριοποιηθεί ή προβλέπεται να εγκαταλειφθούν στο μέλλον. Εάν η έκταση αυτή αποδοθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, αναμένεται ετήσιο όφελος σε ενέργεια 5-6 Mtoe, που αντιστοιχεί στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου στην Ελλάδα [34].

Τέλος, στην Ελλάδα έχει αρχίσει μια προσπάθεια ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαερίου τα τελευταία χρόνια. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον των επενδυτών για το βιοαέριο διαφαίνεται στις αιτήσεις που έχουν υποβληθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), από τις οποίες έχουν ήδη εγκριθεί δέκα αιτήσεις για άδειες ηλεκτροπαραγωγής, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 48 MW, με καύση βιοαερίου από επεξεργασία αγροτοβιομηχανικών οργανικών αποβλήτων, αστικών λυμάτων και ΧΥΤΑ. Η εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου δεν δίνει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει ταυτόχρονα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο.

### 3.6 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Τα καύσιμα που παράγονται από βιομάζα ονομάζονται *βιοκαύσιμα*. Η αιθανόλη ήταν το πρώτο βιοκαύσιμο που χρησιμοποιήθηκε το 1975 στη Βραζιλία και τρία χρόνια αργότερα στις Η.Π.Α. (σε μορφή μίγματος σε ποσοστό 10% γνωστό τότε ως «gasohol»).

Η αύξηση της ζήτησης και της τιμής του πετρελαίου το 21<sup>ο</sup> αιώνα ήταν ένας επιπλέον λόγος για τα βιοκαύσιμα να χρησιμοποιηθούν ως πιθανά υποκατάστατα των ορυκτών καυσίμων.

#### 3.6.1 Ταξινόμηση βιοκαυσίμων

Έχουν γίνει αρκετές μελέτες σχετικά με το θέμα της ταξινόμησης των βιοκαυσίμων. Η πιο γνωστή ταξινόμηση είναι ως «πρώτης» και «δεύτερης γενιάς», αλλά η διάκριση είναι ασαφής επειδή το ίδιο καύσιμο (αιθανόλη ή βιοντίζελ) μπορεί να χαρακτηριστεί και ως πρώτης και ως δεύτερης γενιάς, ανάλογα με την τεχνολογία με την οποία παρήχθηκε, τις εκπομπές που προκαλεί, και την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε κατά την παραγωγή του.

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης είναι "συμβατικά" και "προηγμένα", σύμφωνα με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους και την αντίστοιχη ωριμότητα τους. Τα *συμβατικά βιοκαύσιμα* περιλαμβάνουν καθιερωμένες τεχνολογίες που παράγουν τα βιοκαύσιμα σε εμπορική κλίμακα σήμερα. Αυτά τα βιοκαύσιμα συνήθως αναφέρονται ως πρώτης γενιάς και το πιο γνωστό από αυτά είναι η

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

αιθανόλη από τη ζάχαρη του ζαχαροκάλαμου (sugar cane ethanol). Τα προηγμένα βιοκαύσιμα, μερικές φορές αναφέρονται ως δεύτερης ή τρίτης γενιάς και περιλαμβάνουν διαφορετικές τεχνολογίες μετατροπής που είναι επί του παρόντος στο στάδιο της έρευνας και ανάπτυξης. Αυτά τα βιοκαύσιμα είναι πιο φιλικά και πιο αποδοτικά προς το περιβάλλον. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις τεχνολογίες βιοκαυσίμων που βασίζονται στην λιγνινοκυτταρινούχα βιομάζα, όπως η κυτταρινική-αιθανόλη.

Επιπλέον, η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει νέες τεχνολογίες βιοκαυσίμων που είναι ως επί το πλείστον στο στάδιο της πιλοτικής- πρώιμης έρευνας και ανάπτυξης και αναφέρονται ως τρίτης γενιάς, όπως το βιοντίζελ και η βουτανόλη με βάση τα φύκια, καθώς και η μετατροπή της ζάχαρης σε πετρέλαιο με τη χρήση μικροοργανισμών (φυσικοί ξενιστές). Υπερτερούν ακόμα περισσότερο έναντι των συμβατικών βιοκαυσίμων. Οι κύριοι λόγοι είναι ότι δεν είναι αναγκαία η χρήση καλλιεργήσιμων εκτάσεων, και ότι δεν ανταγωνίζονται τη βιομηχανία τροφίμων. Το πρόβλημα τους όμως είναι πώς είναι πολύ δαπανηρά και η λύση του προβλήματος αυτού φαίνεται πως θα έρθει με την πρόοδο στις τεχνολογίες παραγωγής και συγκομιδής της βιομάζας καθώς και την χρήση Γενετικής και Μεταβολικής Μηχανικής [35].

### 3.6.2 Διαδικασία παραγωγής βιοκαυσίμου

Τα κύρια συστατικά που χρησιμοποιούνται για τα βιοκαύσιμα είναι τα σάκχαρα και τα λιπίδια. Τα σάκχαρα είναι τα πιο άφθονα ακατέργαστα υλικά για την παραγωγή βιοκαυσίμων (άμυλο, απλά σάκχαρα, λιγνοκυτταρινή). Η παραγωγή βιοαιθανόλης από φυτικά άμυλα και απλά σάκχαρα είναι το πιο επιτυχημένο βιοκαύσιμο μέχρι σήμερα. Τα λιπίδια χρησιμεύουν σαν υλικό αποθήκευσης ενέργειας στους ζωντανούς οργανισμούς και μπορούν εύκολα να εξαχθούν από ελαιούχα φυτά, όπως ο φοίνικας και η σόγια και να μετατραπούν σε βιοντίζελ μέσω διεργασίας εστεροποίησης. Εξαιτίας της υψηλής αναλογίας άνθρακα-οξυγόνου (C/O) στα λιπίδια, το βιοντίζελ που παράγεται από την εστεροποίηση της βιομάζας λιπιδίων έχει το πλεονέκτημα της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας [36].

**Πίνακας 3.1:** Κατηγοριοποίηση πρώτων υλών βιοκαυσίμου.

Πρώτη Ύλη	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αστικά/ Γεωργικά σκουπίδια	Φτηνά ή και δωρεάν	Μικρές ποσότητες
Ξύλο	Στις χώρες με μεγάλη παραγωγή εύκολη συγκομιδή	Δυσκολότερη εξαγωγή κυτταρίνης από το ξύλο σε σχέση με άλλες μορφές βιομάζας
Άλγη	Δυνατότητες μεγάλης παραγωγικότητας	Δύσκολη εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα. Απαιτούν διάχυση CO <sub>2</sub> , δηλαδή αυξημένο κόστος διεργασίας
Ενεργειακές καλλιέργειες	Δυνατότητες μεγάλης παραγωγής – βελτίωση εδαφών – απορρόφηση CO <sub>2</sub>	Δυσκολίες σε συγκομιδή και μεταφορά

Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση διεργασιών παραγωγής βιοκαυσίμου.

Διεργασία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Θέρμανση, χημικά, ορυκτοί καταλύτες	Χρήση σε ποικίλες μορφές πρώτης ύλης. Οι καταλύτες έχουν δυνατότητα παραγωγής ποικιλίας βιοκαυσίμων	Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και απαίτηση πρόσθετων βημάτων καθαρισμών
Βιολογικές (ένζυμα, μικρόβια)	Ενεργειακά οικονομική διεργασία	Απαίτηση προσαρμογής στο είδος της πρώτης ύλης. Ακριβά ένζυμα

Πίνακας 3.3: Είδη βιοκαυσίμων που παράγονται.

Βιοκαύσιμο	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Βιοαιθανόλη	Δυνατότητα πώλησης στην ήδη υπάρχουσα αγορά	Επί του παρόντος δεν μπορεί να αναμειχθεί σε ποσοστό > 10% με βενζίνη
Βιοντίζελ	Συnergάζεται με υπάρχουσες υποδομές	Ακριβή παραγωγή
Βουτανόλη και λοιπά προϊόντα που μοιάζουν με τη βενζίνη	Δυνατότητα ανάμειξης σε μεγάλες ποσότητες με τη βενζίνη και χρήσης των δικτύων διανομής της	Απαιτούνται τεχνολογικές βελτιώσεις. Μη ώριμη τεχνολογία. Ακριβότερη από την αιθανόλη

### 3.6.3 Βιοαιθανόλη



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Η βιοαιθανόλη είναι η αιθανόλη που παράγεται από βιομάζα. Η αιθανόλη είναι το γνωστό σε όλους οινόπνευμα. Έχει πολλές εφαρμογές ως πρώτη ύλη, ως διαλύτης και ως καύσιμο, χρησιμοποιείται δε σε μεγάλες ποσότητες στις χημικές και φαρμακευτικές βιομηχανίες καθώς και στις βιομηχανίες τροφίμων.

Μέχρι και το 70% του κόστους παραγωγής της βιοαιθανόλης μπορούν να το αποτελέσουν οι πρώτες ύλες για την παραγωγή της. Ως εκ τούτου η επιλογή χαμηλού κόστους υλικών ασκεί σημαντική επίδραση στα οικονομικά της διεργασίας. Η πρώτη ύλη που θα επιλεγεί πρέπει να είναι εύκολα και οικονομικά διαθέσιμη στις εγκαταστάσεις. Στη Βραζιλία χρησιμοποιείται εκτενώς η ζάχαρη από το σακχαροκάλαμο, ενώ στις ΗΠΑ οι τιμές της ζάχαρης την καθιστούν οικονομικώς ασύμφορη ως πρώτη ύλη [37].

Οι διαδικασίες παραγωγής της αποτελούνται από στάδια ζύμωσης και απόσταξης από καλλιέργειες ζάχαρης, όπως το ζαχαροκάλαμο, τα ζαχαρότευτλα και το γλυκό σόργο, ή καλλιέργειες αμύλου όπως, το σιτάρι, το καλαμπόκι και η μανιόκα. Είναι παρόμοια η βασική διαδικασία και από τους δύο τύπους καλλιεργιών. Η απαίτηση ενέργειας όμως για την μετατροπή της από το άμυλο είναι πολύ υψηλότερη από εκείνη βασισμένης σε ζάχαρη λόγω των επιπλέον σταδίων της μεθόδου που εμπλέκονται στη προαπαιτούμενη μετατροπή των αμύλων σε ζάχαρη [38].

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χωριστούν σε γενιές όπως αναφέραμε παραπάνω. Έτσι και η βιοαιθανόλη μπορεί να χαρακτηριστεί ως 1ης ή 2ης γενιάς. Η βιοαιθανόλη 1ης γενιάς παράγεται από αμυλούχα και σακχαρούχα προϊόντα (δημητριακά, τεύτλα) και η βιοαιθανόλη 2ης γενιάς από ξυλώδη (κυτταρινούχα) δασικά και γεωργικά υποπροϊόντα και υπολείμματα. Τα κύρια πλεονεκτήματα της βιοαιθανόλης 2ης γενιάς είναι ότι υπάρχουν άφθονες πρώτες ύλες, για τις οποίες δεν τίθεται θέμα χρήσης τους ως τρόφιμα και επομένως δεν υπάρχει κανένα ηθικό δίλημμα. Ακόμη, η 2ης γενιάς βιοαιθανόλη επιτυγχάνει μεγαλύτερη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το μειονέκτημά της όμως είναι το υψηλό κόστος προκατεργασίας (κυρίως της υδρόλυσης της πρώτης ύλης-της κυτταρίνης) [39].

Η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε καθαρή μορφή είτε ως μίγμα με βενζίνη. Αν και το ενεργειακό περιεχόμενο της βιοαιθανόλης είναι περίπου τα δύο τρίτα αυτού της βενζίνης, όταν αναμειγνύεται με βενζίνη που έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίων, βελτιώνει την απόδοση του οχήματος και μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Το πιο συνηθισμένο μίγμα είναι αυτό που αποτελείται από 10% αιθανόλη και 90% βενζίνη, που συμβολίζεται ως E10. Οι κινητήρες των συμβατικών οχημάτων δεν απαιτούν μετατροπή για να κινηθούν με E10, επιπλέον η χρήση E10 δεν έχει καμία επίπτωση στην εγγύηση του οχήματος. Μόνο τα πιο μοντέρνα οχήματα μπορούν να κινηθούν με καύσιμο μίγμα 85% αιθανόλης και 15% βενζίνης κάτι που σκοπεύει να προωθήσει η κυβέρνηση των ΗΠΑ [38].

### 3.6.4 Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ παράγεται από ζωικά λίπη και φυτικά έλαια μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως εστεροποίηση (είναι η αντίδραση παραγωγής εστέρων από άλλες χημικές ενώσεις, τις αλκοόλες). Σημαντικές είναι οι πρώτες ύλες σόγια, ελαιοκράμβη, ηλιέλαιο και φοινικέλαιο, αλλά περίπου το 11% της πρώτης ύλης είναι

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

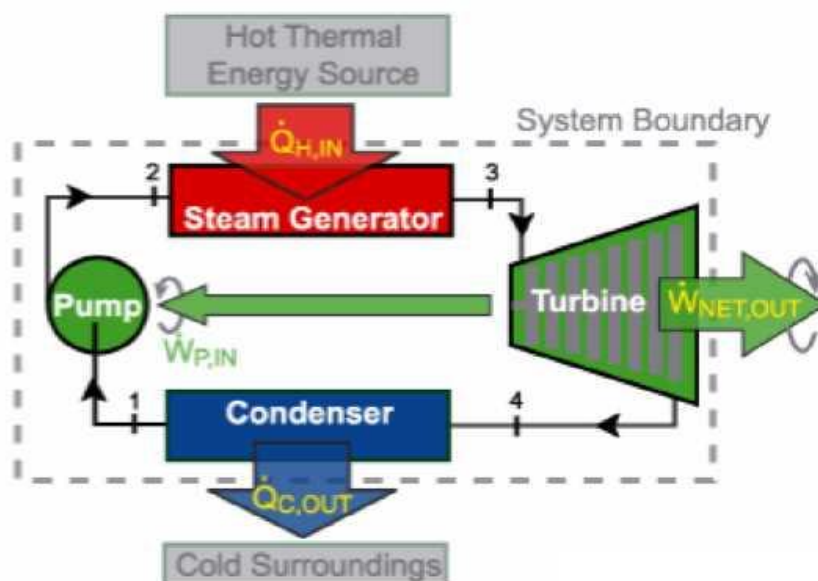
ζωικό λίπος και τα μαγειρικά έλαια. Η διαδικασία παραγωγής παρέχει πρόσθετα παραπροϊόντα, όπως γλυκερίνη και ζωοτροφές, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες βιομηχανίες. Το βιοντίζελ μπορεί να αναμιχθεί με ντίζελ ή να χρησιμοποιηθεί σε καθαρή μορφή. Το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι περίπου 90-95% του πετρελαίου.

Χρησιμοποιώντας βιοντίζελ επιτυγχάνουμε μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και σωματιδίων από το όχημα, σε σύγκριση με το καθαρό ντίζελ. Στην παγκόσμια αγορά, χρησιμοποιείται ο βαθμός "B" για να εκφράσει την ποσότητα του καθαρού βιοντίζελ σε μίξη με το συμβατικό: το καύσιμο το οποίο περιέχει 20% βιοντίζελ συμβολίζεται B20, ενώ το καθαρό βιοντίζελ συμβολίζεται B100. Τα μίγματα B20 μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως έχουν σε συμβατικούς κινητήρες Ντήζελ, ενώ τα B100 χρησιμοποιούνται σε νέας γενιάς κινητήρες ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα συντήρησης και απόδοσης στους αντίστοιχους συμβατικούς.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι περιέχει λιγότερους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και συγκεκριμένα 56% και 71% μικρότερη ποσότητα σε βενζοφθορανθένιο και βενζοπυρένιο, αντίστοιχα. Επιπλέον μηδενίζει τις εκπομπές θείου (SO<sub>2</sub>), επειδή το βιοντίζελ δεν περιέχει θείο. Και τέλος φαίνεται να μειώνει κατά τουλάχιστον 65% την εκπομπή των σωματιδίων - τα μικρά μόρια των στερεών προϊόντων καύσης [35].

### 3.7 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ο βασικός κύκλος των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι ο κύκλος Rankine. Μια τυπική διάταξη που υλοποιεί έναν τέτοιο κύκλο απεικονίζεται στην εικόνα 3.11 που ακολουθεί.

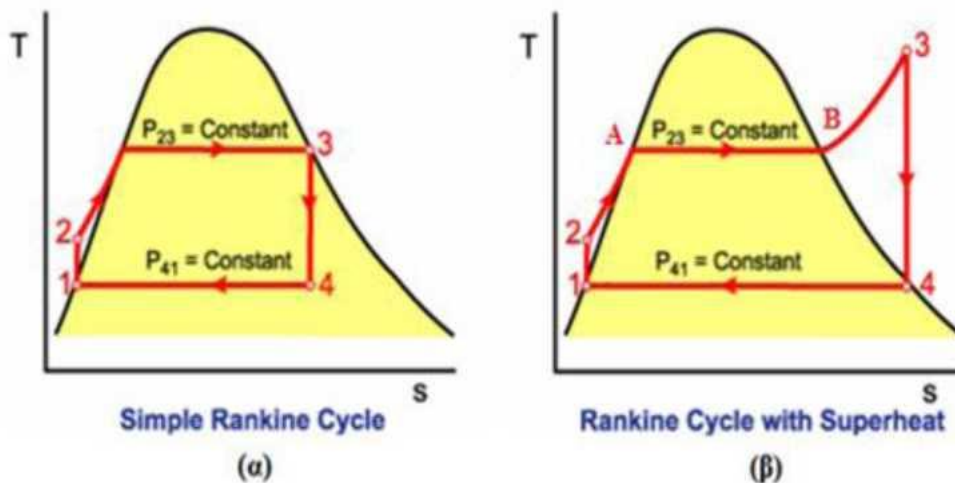


Εικόνα 3.11: Σχηματική διάταξη κύκλου Rankine [40].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Η μορφή του θερμοδυναμικού κύκλου που επιτυγχάνεται με τη παραπάνω διάταξη στην ιδανική του μορφή (δηλαδή χωρίς απώλειες) δίνεται στην εικόνα 3.12. Η μορφή του κύκλου μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη θέση των ορίων αποτόνωσης που πραγματοποιείται στο στρόβιλο και έτσι προκύπτουν οι ακόλουθοι τύποι κύκλου [23,41]

- ✓ Κύκλος κορεσμένου ατμού, στον οποίο ο στρόβιλος τροφοδοτείται με κορεσμένο ατμό που εξέρχεται από τον λέβητα (εικόνα 3.12 α).
- ✓ Κύκλος υπέρθερμου ατμού, στον οποίο ο στρόβιλος τροφοδοτείται με υπέρθερμο ατμό (εικόνα 3.12 β). Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται η εισαγωγή ενός επιπλέον τμήματος στον ατμοπαραγωγό, του υπερθερμαντή.



**Εικόνα 3.12:** Ο κύκλος Rankine στο διάγραμμα θερμοκρασίας - εντροπίας, T-S: (α) κύκλος κορεσμένου ατμού, (β) κύκλος υπέρθερμου ατμού [42].

Οι επιμέρους μεταβολές πραγματοποιούνται από διαφορετικά τμήματα της εγκατάστασης. Η όλη διάταξη περιλαμβάνει τις ακόλουθες κύριες συνιστώσες κατ'αντιστοιχία των μεταβολών του κύκλου:

#### Αντλία τροφοδοσίας:

Οι τροφοδοτικές αντλίες παρέχουν ισεντροπικά ενέργεια στο νερό (εργαζόμενο μέσο) για να τροφοδοτήσει τον ατμοπαραγωγό. Αναλυτικότερα, ανυψώνουν την πίεση του κεκορεσμένου νερού που επιστρέφει από τον συμπυκνωτή για να τη φέρουν στην τιμή πίεσης τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού. Το νερό εισέρχεται στις αντλίες σε κατάσταση κορεσμού και κατά την έξοδό του είναι υπόψυκτο (Μεταβολή 1-2, εικόνα 3.12 β) [41,43].

#### Ατμοπαραγωγός:

Ο ατμοπαραγωγός παράγει τον ατμό που απαιτείται για τη λειτουργία του ατμοστρόβιλου με καύση κάποιου καυσίμου. Η όλη διεργασία θέρμανσης του νερού, ατμοποίησης και πιθανά υπερθέρμανσης γίνεται υπό σταθερή πίεση (για την

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ακρίβεια υπάρχει σχετικά μικρή πτώση πίεσης που οφείλεται στις διαφόρων ειδών απώλειες κατά τη ροή μέσα στον ατμοπαραγωγό). Η διαφορετική φυσική κατάσταση του θερμαινόμενου μέσου οδηγεί σε διαφορετική κατασκευή των επιμέρους τμημάτων που διαχωρίζονται ως εξής (Εικόνα 3.12 β):

- ü Ο *οικονομητήρας (ECO)*, στον οποίο γίνεται προθέρμανση του νερού από υπόψυκτη σε κεκορεσμένη κατάσταση (Μεταβολή 2-A).
- ü Ο *κυρίως λέβητας*, στον οποίο γίνεται η ατμοποίηση του νερού, η μετατροπή δηλαδή από κεκορεσμένο υγρό σε κεκορεσμένο ατμό (Μεταβολή A-B).
- ü Ο *υπερθερμαντήρας*, όταν έχουμε κύκλο υπέρθερμου ατμού, που μετατρέπει τον κεκορεσμένο ατμό σε υπέρθερμο (Μεταβολή B-3).

#### Ατμοστρόβιλος:

Ο *ατμοστρόβιλος* πραγματοποιεί την ισεντροπική εκτόνωση του ατμού που εξέρχεται από τον ατμοπαραγωγό, μετατρέποντας σε μηχανική ενέργεια την ενθαλπική πτώση του ατμού (Μεταβολή 3-4, εικόνα 3.12 β). Η μετατροπή γίνεται με χρήση διαδοχικών κινητών και σταθερών πτερυγώσεων, πρόκειται δηλαδή για τυπική περίπτωση θερμικής στροβιλομηχανής. Ο ατμοστρόβιλος είναι συνδεδεμένος σε κοινή άτρακτο με ηλεκτρική γεννήτρια και έτσι η ενθαλπική πτώση του ατμού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια [41,43].

#### Συμπυκνωτής:

Ο *συμπυκνωτής* συλλέγει και συμπυκνώνει περίπου ισόθλιπτα τον ατμό εξόδου του στροβίλου, απορρίπτοντας την απαραίτητη θερμότητα στο περιβάλλον. Πρόκειται για εναλλάκτη θερμότητας στον οποίο ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ δύο ρευμάτων: (α) του ατμού εξόδου του στροβίλου, που συμπυκνώνεται και οδηγείται προς το σύστημα τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού απορρίπτοντας θερμότητα και (β) του νερού ψύξης, που παραλαμβάνει την απορριπτόμενη θερμότητα (Μεταβολή 4-1, εικόνα 3.12 β). Το νερό ψύξης είτε προέρχεται από το περιβάλλον (για παράδειγμα νερό θαλάσσης ή ποταμών) είτε κυκλοφορεί σε εξωτερικό κύκλωμα σε τμήμα του οποίου πραγματοποιείται η ψύξη (π.χ. σε πύργους ψύξης) [43].

### **3.8 ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ RANKINE (ORC)**

Στις μέρες μας ο Οργανικός Κύκλος Rankine (Organic Rankine Cycle, ORC) εφαρμόζεται σε συστήματα μεσαίας κλίμακας ισχύος, που τροφοδοτούνται με γεωθερμική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια ή βιομάζα ή από θερμότητα που απορρίπτεται στο περιβάλλον ως παραπροϊόν διαφόρων βιομηχανικών διεργασιών. Η διαφορά του

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οργανικού Κύκλου Rankine με τον κλασικό κύκλο Rankine είναι η χρήση κάποιου οργανικού εργαζόμενου μέσου αντί του νερού - ατμού. Συνήθως, η οργανική ουσία είναι κάποιος υδρογονάνθρακας (βουτάνιο, πεντάνιο, εξάνιο, κ.τ.λ.), κάποιο σιλικονούχο λάδι ή υπερφθοράνθρακας (PFC) [23,44].

### 3.8.1 Επιλογή εργαζόμενου μέσου κύκλου ORC

Η επιλογή του εργαζόμενου μέσου επηρεάζει και τη συνολική ενεργειακή απόδοση της διάταξης ORC. Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις είναι η κατάλληλη επιλογή του εργαζόμενου μέσου, ώστε να επιτευχθεί ο μέγιστος βαθμός απόδοσης του κύκλου. Τα χαρακτηριστικά ενός οργανικού ρευστού που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του εργαζόμενου μέσου παρουσιάζονται παρακάτω [45,46]:

- Χαμηλή θερμοκρασία ατμοποίησης.
- Χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία (Η μέγιστη θερμοκρασία του κύκλου να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης).
- Θερμοκρασία τήξης χαμηλότερη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, ώστε σε περίπτωση μη λειτουργίας της εγκατάστασης να μην στερεοποιηθεί το ρευστό.
- Αποδεκτές πιέσεις, δεδομένου ότι οι υψηλές πιέσεις τείνουν να έχουν αρνητική επίδραση στη σταθερότητα του κύκλου.
- Συμβατότητα - μη διάβρωση του ρευστού με τα υλικά κατασκευής του μηχανολογικού εξοπλισμού (αντλίες, εναλλάκτες, στρόβιλος, κ.τ.λ.).
- Διαθεσιμότητα και χαμηλό κόστος.

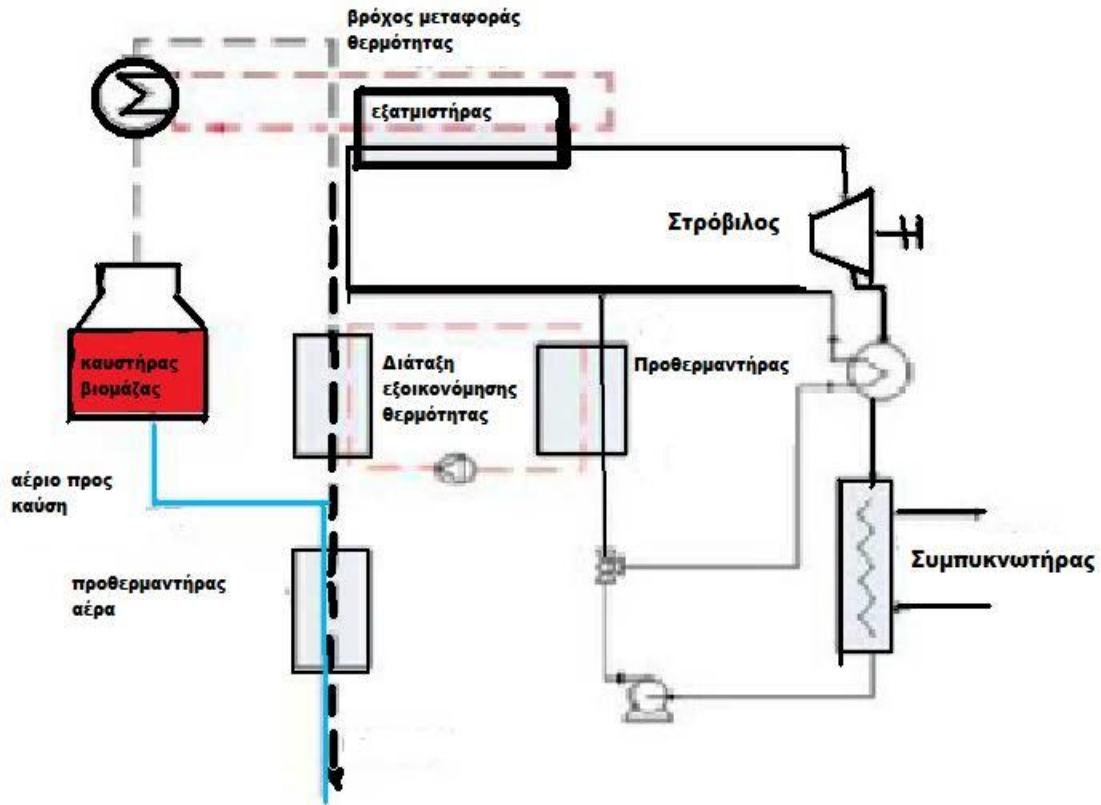
Πάντως, πέρα των χαρακτηριστικών αυτών, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι και η περιβαλλοντική συμβατότητα.

### 3.8.2 Αρχή λειτουργίας κύκλου ORC

Η αρχή λειτουργίας ενός κύκλου ORC με βιομάζα είναι ακριβώς η ίδια με ένα κύκλο Rankine νερού - ατμού, εκτός του ότι αξιοποιείται οργανικό ρευστό αντί του νερού (εικόνα 3.13 και 3.14). Κατά κανόνα, η πρόσδωση θερμότητας στον οργανικό κύκλο Rankine γίνεται με την βοήθεια ειδικού θερμικού ελαίου για την αποφυγή

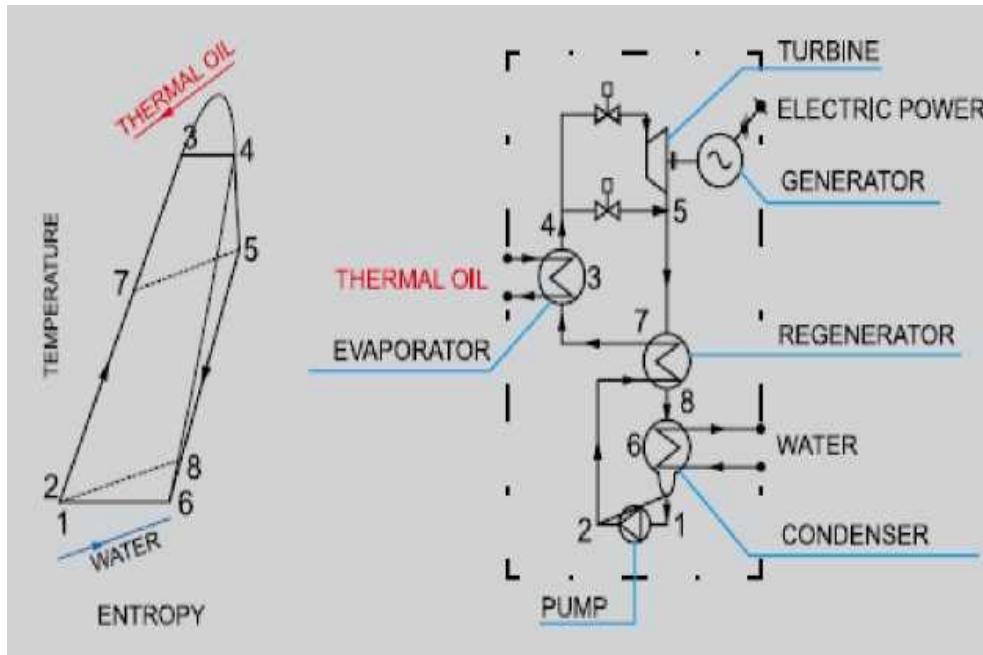
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

τοπικής υπερθέρμανσης του οργανικού ρευστού και την εξασφάλιση της λειτουργίας του εναλλάκτη θερμότητας σε ατμοσφαιρική πίεση [45].



Εικόνα 3.13: Διάγραμμα ροής διάταξης παραγωγής ενέργειας από βιομάζα [32].

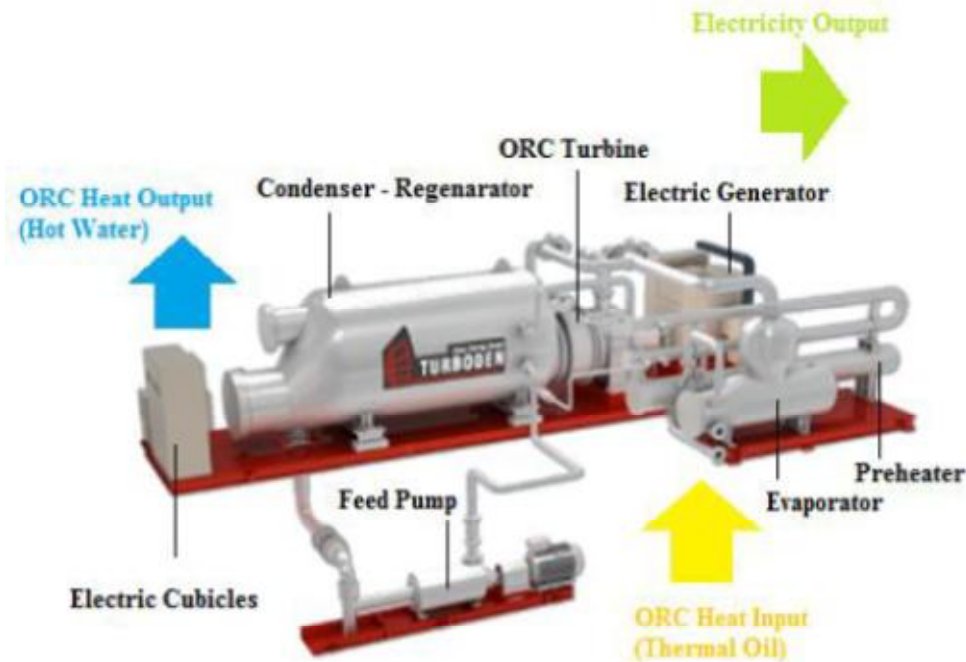
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 3.14:** Διάγραμμα ροής και θερμοδυναμικό διάγραμμα ORC [47].

Η θερμότητα από την καύση της βιομάζας μεταφέρεται από τα καυσαέρια σε διαθερμικό λάδι μέσω δυο εναλλακτών θερμότητας, σε θερμοκρασία που κυμαίνεται από 150 μέχρι 320°C. Στην συνέχεια, το διαθερμικό λάδι μεταφέρεται στον κύκλο του ORC, όπου θερμαίνει και εξατμίζει το οργανικό ρευστό σε θερμοκρασία γύρω στους 300°C (μεταβολή 7-3-4). Αφού εξατμιστεί το οργανικό ρευστό, εκτονώνεται στο στρόβιλο (μεταβολή 4-5) που είναι συνδεδεμένος σε κοινή άτρακτο με ηλεκτρική γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ατμός εξόδου του στρόβιλου διέρχεται μέσω του κατάλληλου εναλλάκτη θερμότητας (regenerator) (μεταβολή 5-8) για την προθέρμανση νέας ποσότητας οργανικού ρευστού (μεταβολή 2-7), και στη συνέχεια συμπυκνώνεται στον συμπυκνωτή (condenser), απορρίπτοντας θερμότητα στο νερό ψύξης (μεταβολή 8-6-1). Τέλος, το υγρό οργανικό ρευστό οδηγείται μέσω τροφοδοτικής αντλίας (μεταβολή 1-2) στον προθερμαντήρα, όπου προθερμαίνεται και εξατμίζεται εκ νέου, συμπληρώνοντας έτσι έναν πλήρη κύκλο. Στη εικόνα 3.15 παρατηρούμε τα κύρια μέρη της διάταξης ORC.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



Εικόνα 3.15: Κύρια μέρη διάταξης ORC [47].

### 3.8.3 Επιδόσεις μονάδας ORC

Η μονάδα ORC χρησιμοποιείται είτε σε εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση βιομάζας είτε σε εφαρμογές συμπαραγωγής. Σε εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος η παραγόμενη θερμική ενέργεια αξιοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία τροφοδοτεί το υπάρχον δίκτυο της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς κυμαίνεται από 1MW έως 10MW. Αντίθετα, σε εφαρμογές συμπαραγωγής, παράγεται ηλεκτρική ενέργεια σε συνδυασμό με ζεστό νερό, το οποίο αξιοποιείται για θέρμανση χώρων και βιομηχανικές χρήσεις (π.χ. θέρμανση βιοτεχνιών, θέρμανση θερμοκηπίων, βιομηχανιών κ.τ.λ.). Η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς κυμαίνεται από 600 kW έως 3MW. Στο πίνακα 3.4 και 3.5 παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων Turboden ORC για εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής – υψηλές επιδόσεις (Electric Only –High Efficiency Units, HRS) και για εφαρμογές συμπαραγωγής (Combined Heat and Power Units, CHP) αντίστοιχα [48].

**Πίνακας 3.4:** Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων Turboden ORC για εφαρμογές ηλεκτροπαραγωγής – υψηλές επιδόσεις [48].



HRS for biomass application - Standard Sizes and typical performances					
		TURBODEN 12 HRS		TURBODEN 24 HRS	
		PeI=1156 kW with Split* standard conditions	PeI=1188 kW without Split standard conditions	PeI=2269 kW with Split* standard conditions	PeI=2342 kW without Split standard conditions
<b>INPUT - Thermal oil</b>					
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°C	305/210	305/206	300/214	300/211
Thermal power input "HT" loop	kW	4425	4817	8850	9634
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	°C	210/130	-	214/130	-
Thermal power input "LT" loop	kW	392	-	784	-
Overall thermal power input	kW	4817	4817	9634	9634
<b>OUTPUT - Cooling water</b>					
Cooling water temperature (in/out)	°C	25/35	25/35	24/37	24/37
Thermal power to the cooling water	kW	3586	3556	7212	7143
<b>PERFORMANCES</b>					
Gross electric power	kW	1156	1188	2269	2342
Gross electric efficiency		24,0%	24,7%	23,6%	24,3%
Captive power consumption	kW	46	49	89	94
Net active electric power output	kW	1110	1139	2180	2248
Net electric efficiency		23,0%	23,6%	22,6%	23,3%
Electrical generator		asynchronous tripphase, L.V.	asynchronous tripphase, L.V.	asynchronous tripphase, M.V.	asynchronous tripphase, M.V.
Plant size		multiple skid	multiple skid	multiple skid	multiple skid
Biomass consumption**	kg/h	2105	2316	4211	4632

(\*) The Turboden split systems allows maximizing power production for a given biomass consumption.  
 (\*\*) Assuming a low heat value of biomass = 2,6 kWh/kg and boiler efficiency = 0,88 in case of ORC with split, = 0,80 in case of ORC without split. The thermal oil boiler is not included in the Turboden scope of supply.

Πίνακας 3.5: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων Turboden ORC για εφαρμογές συμπαραγωγής [48].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννιστόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Combined Heat & Power (CHP) with split - Standard Sizes and typical performances *								
		TURBODEN 4	TURBODEN 6	TURBODEN 7	TURBODEN 10	TURBODEN 14	TURBODEN 18	TURBODEN 22
		CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP
		"split"	"split"	"split"	"split"	"split"	"split"	"split"
<b>INPUT - Thermal oil</b>								
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°C	310/250	310/250	310/250	310/250	310/250	312/252	312/252
Thermal power input "HT" loop	kW	2100	2965	3485	4690	6130	8935	10975
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	°C	250/130	250/130	250/130	250/130	250/130	252/132	252/132
Thermal power input "LT" loop	kW	200	275	330	450	585	855	1045
Overall thermal input	kW	2300	3240	3815	5140	6715	9790	12020
<b>OUTPUT - Hot water</b>								
Hot water temperature (in/out)	°C	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/90	60/90
Thermal power to the cooling water circuit	kW	1844	2600	3060	4100	5350	7850	9630
<b>PERFORMANCES</b>								
Gross active electric power	kW	424	617	727	1001	1317	1862	2282
Gross electric efficiency		0,184	0,19	0,191	0,194	0,196	0,19	0,189
Captive power consumption	kW	24	30	38	51	62	87	107
Net active electric power	kW	400	587	689	950	1255	1775	2175
Net electric efficiency		0,174	0,181	0,181	0,184	0,186	0,181	0,181
Electrical generator		<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>	<i>asynchronous</i>
		<i>triphas, L.V. 400V</i>	<i>triphas, L.V. 400V</i>	<i>triphas, L.V. 400V</i>	<i>triphas, L.V. 400V</i>	<i>triphas, L.V. 400V</i>	<i>triphas, L.V. 660V</i>	<i>triphas, L.V. 660V</i>
Plant size		Single Skid	Single Skid	Single Skid	Single Skid	Multiple Skid	Multiple Skid	Multiple Skid
Biomass consumption**	Kg/h	1005	1416	1667	2247	2935	4279	5254
* The Turboden split system allows maximising electric power production for a given biomass consumption.								
**Assuming a low heat value of biomass = 2,6 kWh/kg and boiler efficiency = 0,88 . The thermal oil boiler is not included in the Turboden scope of supply.								

### 3.9 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ORC ΚΑΙ ΑΠΛΟΥ ΚΥΚΛΟΥ RANKINE

Όπως έχει προαναφερθεί παραπάνω σε προηγούμενη παράγραφο, η διαφορά του Οργανικού Κύκλου Rankine με τον κλασικό κύκλο Rankine είναι η χρήση κάποιου οργανικού εργαζόμενου μέσου αντί για το σύνηθες θερμικό μέσο νερό-ατμός. Μπορεί η αρχή λειτουργίας να είναι κοινή και στους δύο κύκλους, οι διαφορετικές φυσικές ιδιότητες του κάθε εργαζόμενου μέσου είναι υψηλής σημασίας για τη συνολική συμπεριφορά και την απόδοση κάθε κύκλου.

Αναλυτικότερα, σε περίπτωση που ο κύκλος έχει χαμηλή μέγιστη θερμοκρασία δεν ενδείκνυται η χρήση του νερού/ατμού, λόγω της χαμηλής του απόδοσης σε αυτές τις συνθήκες. Αυτό οδηγεί στη χρήση υδρογονανθράκων ως θερμικό μέσο (περίπτωση κύκλου ORC). Συγχρόνως, το νερό παρουσιάζει μεγάλο ειδικό όγκο, πράγμα που απαιτεί μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Επομένως, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση της βιομάζας βασιζόμενη στον απλό κύκλο ατμοστροβίλου (κλασικός κύκλος Rankine), είναι δύσκολο να υποδιαστασιοποιηθεί και απαντάται μόνο σε μεγάλης ισχύος μονάδες (άνω των 10 MW), οι οποίες απαιτούν μεγάλες ποσότητες πρώτων υλών βιομάζας και υψηλό κόστος κεφαλαίου. Αντίθετα, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιώντας τον κύκλο ORC είναι ιδιαίτερα διαδομένοι για αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας και απαντώνται σε μεσαίας ή σχετικά μικρότερης ισχύος μονάδες (μέχρι 10 MW) [44-46].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 3.10 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμες μορφές ενέργειας με διαφορετικές διαδικασίες. Ανάλογα με το κύριο προϊόν μετατροπής της υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος «βιο-ισχύς» περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακας) και το κύριο προϊόν μετατροπής είναι ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Αντίθετα, ο όρος «βιοκαύσιμα» χρησιμοποιείται όταν το τελικό προϊόν μετατροπής είναι υγρά καύσιμα μεταφορών, τα οποία υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα (βενζίνη, ντίζελ) [30].

Υπάρχουν δυο κατηγορίες διεργασιών που επιτυγχάνουν την ενεργειακή μετατροπή της βιομάζας [49]:

- I. *Θερμοχημικές διεργασίες:* Κατά τη θερμοχημική μετατροπή χρησιμοποιώντας υψηλή θερμοκρασία και σε ορισμένες περιπτώσεις αυξημένη πίεση για τη μετατροπή του στερεού. Στις περισσότερες διεργασίες η θερμότητα που απαιτείται για την πραγματοποίηση της χημικής διεργασίας παράγεται από τη μερική καύση της πρώτης ύλης. Οι θερμοχημικές διεργασίες χρησιμοποιούνται για τα είδη βιομάζας με σχέση C/N >30 και υγρασία < 50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται η απευθείας καύση, η πυρόλυση η αεριοποίηση και η αναερόβια χώνευση.
- II. *Βιοχημικές διεργασίες:* Κατά τη βιοχημική μετατροπή χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί για τη μετατροπή του στερεού υλικού. Οι κύριες διεργασίες που χρησιμοποιούνται λαμβάνουν χώρα σε θερμοκρασίες ανάπτυξης μικροοργανισμών της τάξης των 30-45 °C και οι απώλειες θερμότητας των προϊόντων είναι περιορισμένες. Εφαρμόζονται κυρίως για προϊόντα και υπολείμματα λαχανικών, όπου η σχέση C/N είναι μικρότερη του 30 και η υγρασία μεγαλύτερη του 50%. Οι βιοχημικές διεργασίες διακρίνονται στην αερόβια βιοσταθεροποίηση (ζύμωση), την αναερόβια χώνευση και την αλκοολική ζύμωση.

Η επιλογή της κατάλληλης διαδικασίας μετατροπής προσδιορίζεται, κατά σειρά σημαντικότητας:

- από την επιθυμητή μορφή ενέργειας (καύσιμο ή ηλεκτρισμός),
- από την ποσότητα και τον τύπο της διαθέσιμης πηγής βιομάζας (π.χ. στοιχειακή ανάλυση βιομάζας, περιεχόμενη υγρασία συγκομιδής των υπολειμμάτων),
- από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (π.χ. αέρια του θερμοκηπίου, προστατευμένες περιοχές, χρήσεις γης, παραγωγή αποβλήτων),
- από τις οικονομικές παραμέτρους (Καθαρή Παρούσα Αξία (Net Present Value - NPV), Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return - IRR),

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Χρηματοδότηση), καθώς και από τις ειδικότερες συνθήκες της μελετώμενης περιοχής.

Για την *ηλεκτροπαραγωγή* από βιομάζα εφαρμόζονται κυρίως τα συστήματα απευθείας καύσης από τις θερμοχημικές διεργασίες (δεδομένου ότι οι τεχνολογίες της αεριοποίησης και της πυρόλυσης είναι ακόμη σε ερευνητικό στάδιο), καθώς και η αναερόβια χώνευση από τις βιοχημικές διεργασίες. Η αερόβια βιοσταθεροποίηση (ζύμωση) και η αλκοολική ζύμωση εφαρμόζονται μόνο για την παραγωγή βιοκαυσίμων [49].

### 3.10.1 Καύση

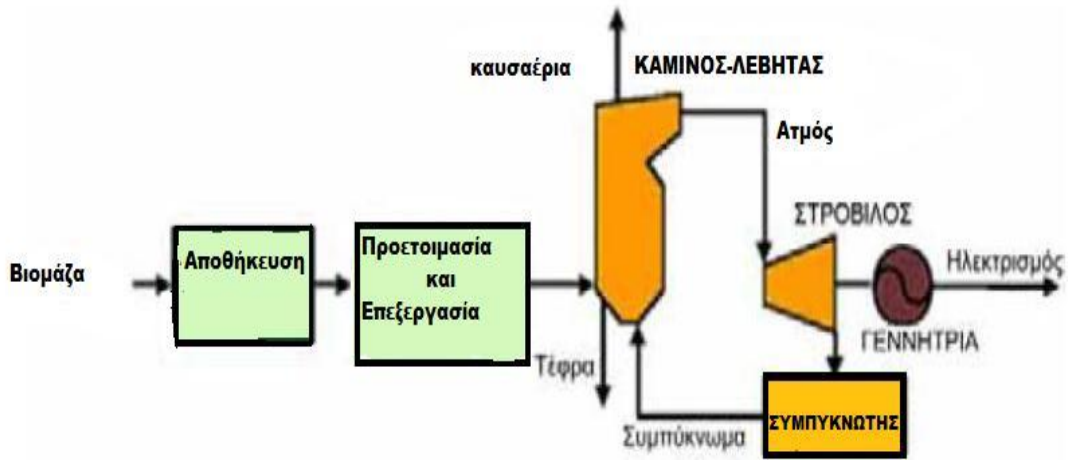
Από τις θερμοχημικές διεργασίες μετατροπής βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα συστήματα καύσης αποτελούν ώριμη τεχνολογία. Η απευθείας καύση είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια, θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια, και παγκοσμίως παρέχει το 90% της ενέργειας που 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). Συνεπώς, είναι υψίστης σημασίας ο σχεδιασμός οποιοδήποτε καυστήρα ή λέβητα να εξασφαλίζει την καύση των πτητικών ουσιών ώστε να μη διαφεύγουν από την καμινάδα άκαυστα. Ο αέρας πρέπει να έρχεται σε επαφή με όλη τη μάζα του καυσίμου, για την πλήρη καύση, γεγονός που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας καύσιμο τεμαχισμένο σε μικρά κομμάτια. Πρέπει η ροή του αέρα 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 [18,19].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



Εικόνα 3.16: Σύστημα ατμοστροβίλου άμεσης καύσης [29].

### Μικτή καύση βιομάζας:

Η μικτή καύση βιομάζας με ορυκτά καύσιμα (λιγνίτη, άνθρακα) 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%.

Τα υποσχόμενα πεδία ανάπτυξης της τεχνολογίας της καύσης είναι:

- § η καύση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση υψηλής απόδοσης που μπορεί να αξιοποιήσει μεγάλο εύρος μίγματος καυσίμων περιεκτικότητας μέχρι και 60% σε υγρασία,
- § η καύση κονιορτοποιημένης βιομάζας σε κεραμικούς αεριοστροβίλους, 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.

### 3.10.2 Πυρόλυση

Στις μέρες μας, το επίκεντρο της προσοχής έχει στραφεί 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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

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.

Μέσω της διεργασίας πυρόλυσης γίνεται η 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 το χρόνο παραμονής, τη θερμοκρασία, 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, αλδεΐδες, εστέρες, κετόνες, σάκχαρα και φαινόλες. Τα αέρια προϊόντα της πυρόλυσης αφορούν σε μίγματα  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  και ελαφρών υδρογονανθράκων. [18,19,34]

### 3.10.3 Αεριοποίηση

Η στερεή βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμο αέριο μέσω της διεργασίας αεριοποίησης της βιομάζας όπου είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία. Το αέριο αυτό που παράγεται αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων (και μη) αερίων. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, η θερμογόνο δύναμη του αερίου μπορεί ακόμα και να τριπλασιασθεί. Και στις δυο περιπτώσεις, πάντως, η θερμογόνο δύναμη κάνει το αέριο σύνθεσης κατάλληλο για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού.

Η θερμογόνο δύναμη του αερίου σύνθεσης είναι ιδιαίτερα χαμηλή (περίπου το 1/3 αυτής του φυσικού αερίου) και για αυτό απαιτούνται εξειδικευμένες μηχανές για την καύση του.

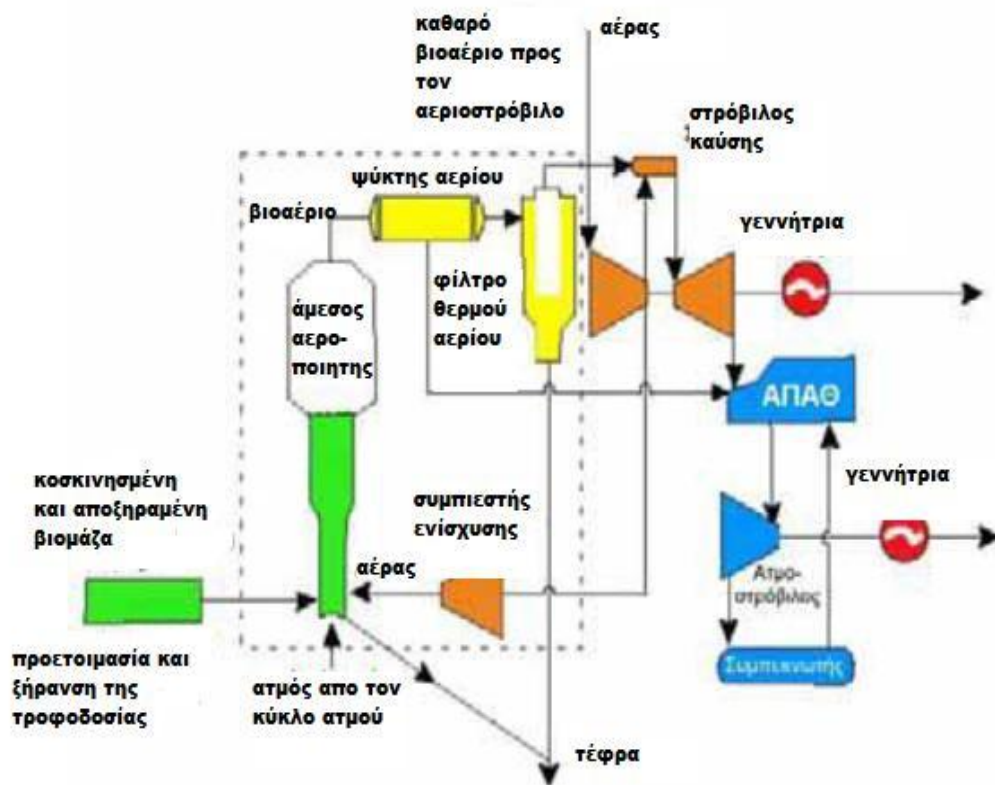
Διάφορες εφαρμογές αεριοποίησης βιομάζας έχουν ήδη πραγματοποιηθεί παγκόσμια με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή.

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με καύση σε λέβητες, μηχανές νίζελ, αεριοστροβίλους ή μηχανές δίδυμου καυσίμου μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων, της πίσσας και του νερού. Σε βιομηχανική κλίμακα η αεριοποίηση βιομάζας σε ρευστοποιημένη κλίση 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 [20].

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

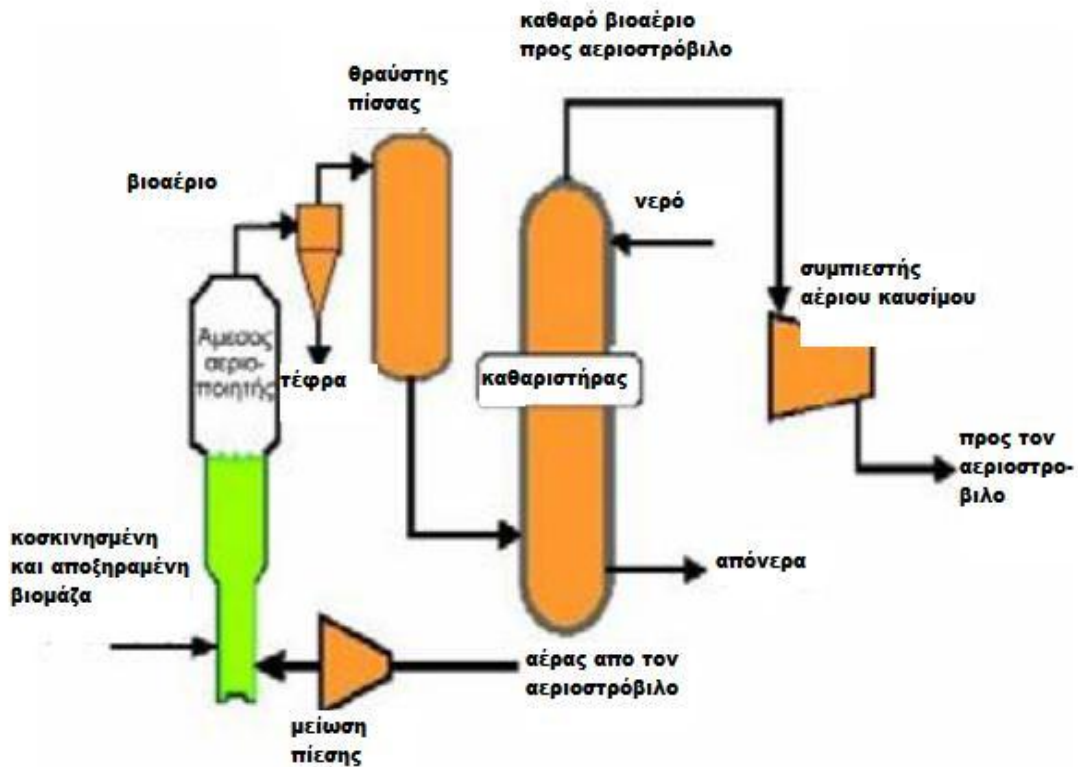
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

κυψέλες καυσίμου φαίνονται επαρκείς για παραγωγή ηλεκτρισμού σε εφαρμογές μικρής κλίμακας απαιτείται περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη και μείωση του κόστους για την ευρύτερη χρήση τους.

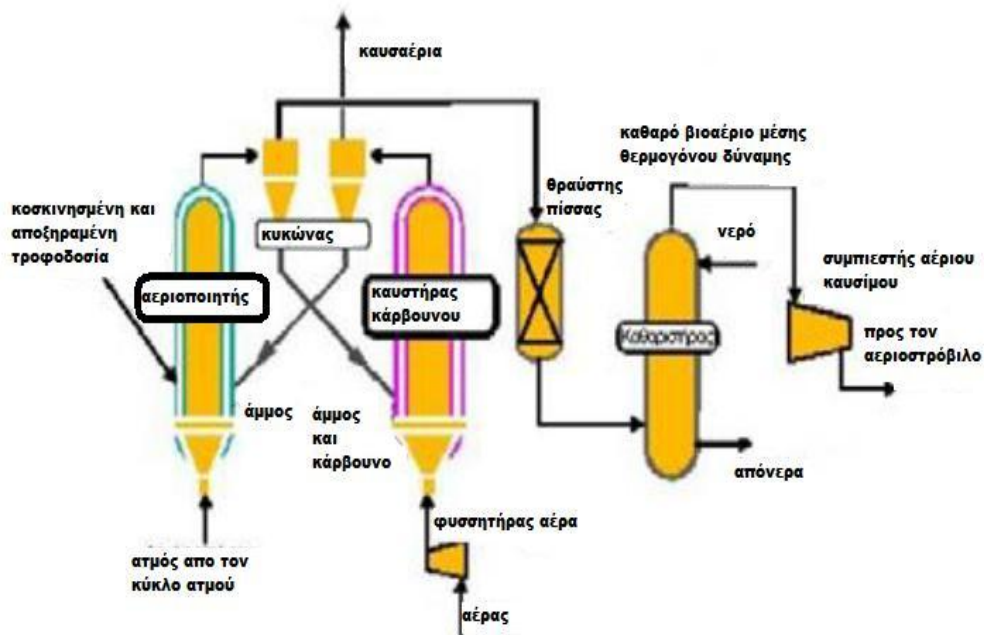


Εικόνα 3.17: Σύστημα συνδυασμένου κύκλου με ενσωματωμένη αεριοποίηση μάζας [29].

Επιπλέον, ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου αεριοποιητή, οι αντιδράσεις για την αεριοποίηση της βιομάζας μπορούν να λάβουν χώρα σε ένα μόνο δοχείο αντιδραστήρα ή να διαχωριστούν σε διαφορετικά δοχεία. Στους άμεσους αεριοποιητές η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η καύση πραγματοποιούνται σε ένα δοχείο, στο οποίο εισάγεται απευθείας αέρας και ενίοτε ατμός όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.18. Στους **έμμεσους** αεριοποιητές η πυρόλυση και η αεριοποίηση γίνονται σε ένα δοχείο και η καύση σε άλλο. Ένα αδρανές μέσο μεταφοράς (π.χ. άμμος) μεταφέρει την παραγόμενη στον καυστήρα θερμότητα προς τον αεριοποιητή για να ενεργοποιηθούν οι αντιδράσεις πυρόλυσης και αεριοποίησης του κάρβουνου (εικόνα 3.19). Οι έμμεσοι αεριοποιητές λειτουργούν με σχεδόν ατμοσφαιρική πίεση, ενώ συστήματα άμεσης αεριοποίησης έχουν αναπτυχθεί και για μεγαλύτερες πιέσεις [30].



Εικόνα 3.18: Άμεσος αεριοποιητής χαμηλής πίεσης [29].

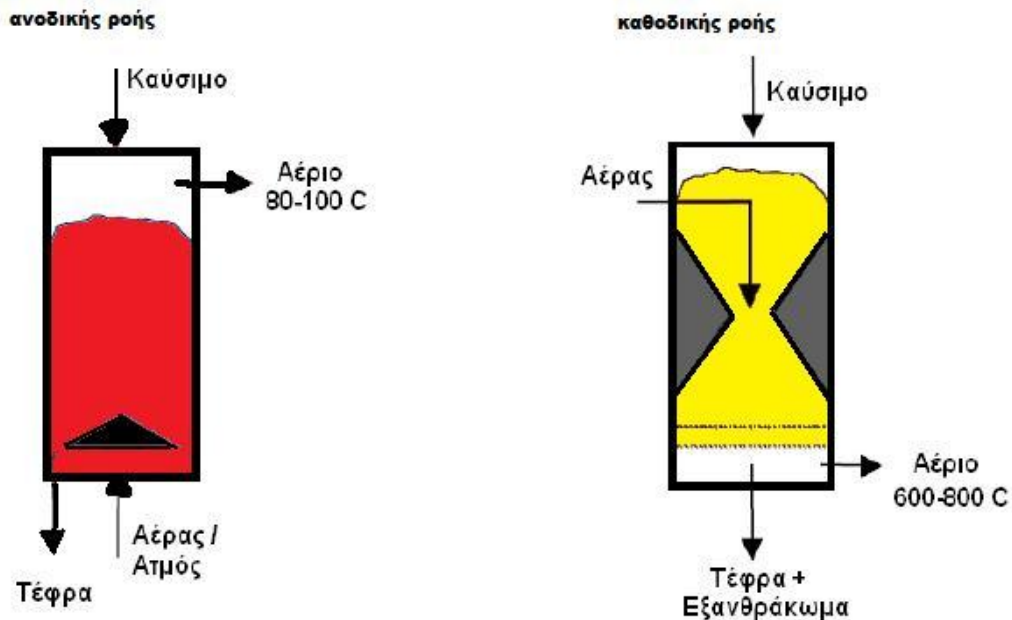


Εικόνα 3.19: Έμμεσος αεριοποιητής [29].



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Ανάλογα με την αεροδυναμική συμπεριφορά, οι πιο συνήθεις τύποι αεριοποιητών είναι οι αεριοποιητές στατικής κλίνης (Fixed Bed Gasifier) και οι αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης (Fluidised Bed) [26]. Οι αεριοποιητές στατικής κλίνης χαρακτηρίζονται από την απλότητά τους στο σχεδιασμό και τη λειτουργία, ενώ είναι κατάλληλοι για μικρής κλίμακας εφαρμογές (<10 MW<sub>th</sub>). Διακρίνονται στους ανοδικής (updraft) και της καθοδικής (downdraft) ροής αεριοποιητές. Στους αεριοποιητές ανοδικής ροής το μέσο αεριοποίησης (αέρας/ατμός) και το παραγόμενο αέριο σύνθεσης διατηρούν αντίθετη ροή στον αντιδραστήρα σε σχέση με την πρώτη ύλη της βιομάζας, ενώ στους αεριοποιητές καθοδικής ροής το μέσο αεριοποίησης και η βιομάζα εισόδου έχουν την ίδια κατεύθυνση ροής, ενώ διατηρούν αντίθετη ροή στον αντιδραστήρα συγκριτικά με το παραγόμενο αέριο σύνθεσης (εικόνα 3.20).



**Εικόνα 3.20:** Αεριοποιητές ανοδικής και καθοδικής ροής.

Οι αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης είναι κατάλληλοι για εφαρμογές μέσης (<15-40 MW<sub>th</sub>) και μεγάλης κλίμακας ισχύος (40-100 MW<sub>th</sub>). Βασίζουν τη λειτουργία τους στο ρευστοποιημένο μείγμα αδρανούς υλικού και βιομάζας. Ανάλογα με την ταχύτητα εισροής του μέσου αεριοποίησης, διακρίνονται σε αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης φυσαλίδων (Bubbling Fluidised Bed) και σε αεριοποιητές ρευστοποιημένης κλίνης ανακυκλοφορίας (Circulating Fluidised Bed) [26].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 3.10.4 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) [30,50].

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

- Να διοχετευθεί, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, σε μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από το σύστημα συμπαραγωγής.
- Να καεί απευθείας σε λέβητες για την παραγωγή θερμότητας
- 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

### 3.10.5 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 κάνουν χρήση ατμού 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 επιστρέφει στο λέβητα για να επαναληφθεί η διαδικασία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των στροβίλων είναι:

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

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

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα στα κτίρια, χρησιμοποιούνται κυρίως συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) με τυπική τεχνολογία αμμοστροβίλων.

Οι μικρού μεγέθους αμμοστροβίλοι (< 25 MW) είναι συνήθως ακριβοί και με μικρές αποδόσεις. Πολύ μεγάλες μονάδες αμμοστροβίλων μπορεί να έχουν 30-40% ηλεκτρική απόδοση. Τεχνολογία αμμοστροβίλων χρησιμοποιείται κατά κόρον στη Δανία. Στην εικόνα 3.21 φαίνεται μια φωτογραφία της τεχνολογίας αμμοστροβίλων Alstom.



**Εικόνα 3.21:** Αμμοστροβίλος τεχνολογίας Alstom [51].

### 3.10.6 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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel. Στην εικόνα 3.22 απεικονίζεται μια μηχανή εσωτερικής καύσης.



**Εικόνα 3.22:** Παράδειγμα μηχανής εσωτερικής καύσης [51].

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

Τα κύρια μηχανικά μέρη των μηχανών Diesel και κύκλου Otto είναι τα ίδια. Και οι δύο ΜΕΚ 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 τετράχρονοι μηχανές Diesel ολοκληρώνουν έναν κύκλο λειτουργίας σε τέσσερις κινήσεις του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο. Οι κινήσεις αυτές περιλαμβάνουν:

- i. εισαγωγή του αέρα (ή του μίγματος αέρα-καυσίμου) στον κύλινδρο,
- ii. συμπίεση με καύση του καυσίμου,
- iii. επιτάχυνση του εμβόλου από τη δύναμη της καύσης (κίνηση ισχύος),

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

iv. αποβολή των προϊόντων της καύσης από τον κύλινδρο.

Η σημαντικότερη 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. 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:

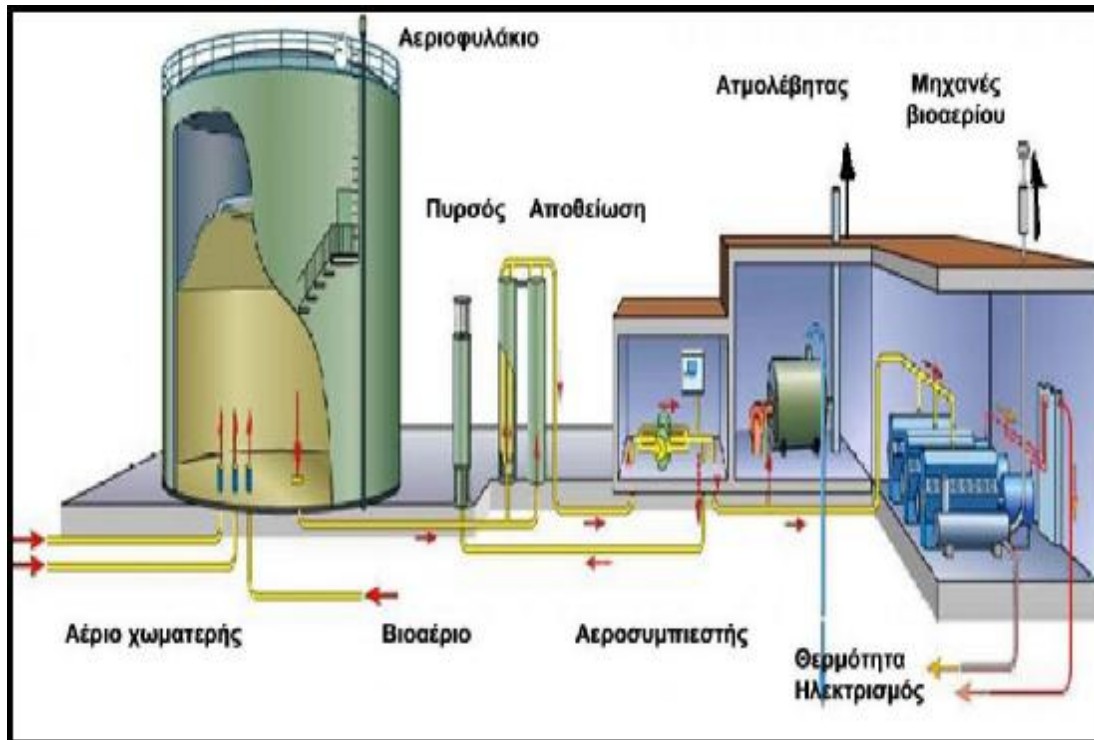
- ✓ Σχετικά υψηλή απόδοση ανεξαρτήτως φορτίου
- ✓ Σχετικά μικρό αρχικό κόστος ανά kW ηλεκτρικής ισχύος

#### Μειονεκτήματα:

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

### 3.10.7 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 στρόβιλου αναγκάζοντας τα να κινηθούν.



Εικόνα 3.23: Τροφοδότηση αεριοστροβίλων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας [51].

### 3.10.8 Μικροτουρμπίνες

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

Αντίθετα από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, οι μικροτουρμπίνες μπορούν να χρησιμοποιούνται από ιδιώτες, έχουν εύκολη εγκατάσταση, έχουν χαμηλές εκπομπές ρύπων και βρίσκονται ακριβώς δίπλα στη ζήτηση της ενέργειας είτε στην οικία είτε στην επιχείρηση. Σε περιπτώσεις όπου τα τιμολόγια του αερίου είναι χαμηλά όπου είναι και το σύνηθες σε αντίθεση με την ηλεκτρική ενέργεια που είναι σχετικά ακριβή, καθίσταται πιο οικονομική η χρησιμοποίηση μονάδων μικροτουρμπίνων αντί της ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου.

Συγκρίνοντας 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 ηλεκτροπαραγωγής 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). Στην εικόνα 3.24 απεικονίζεται μια

συστοιχία μικροτουρμπίνων.



Εικόνα 3.24: Συστοιχία μικροτουρμπίνων.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μικροτουρμπίνων είναι:

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### Εφαρμογές και απόδοση

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

Η χρήση των μικροτουρμπίνων μπορεί να είναι για την παροχή ισχύος σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης, για αξιόπιστη και ποιοτική παραγωγή ισχύος και κυρίως σε εφαρμογές συμπαραγωγής θερμότητας. Οι μικροτουρμπίνες μπορούν να είναι πολύ χρήσιμες για εγκαταστάσεις μικρών εμπορικών κτιρίων όπως σε ξενοδοχεία, εστιατόρια, εμπορικά μαγαζιά, μικρά γραφεία κ.α [28,30 49-51].

#### Ειδικά για αξιοποίηση με βιομάζα

Όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο 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 - δυσκολία συμπίεσης του αερίου καυσίμου αποτελεί το μεγαλύτερο παρασιτικό φορτίο της μονάδας. Μονάδες μικροτουρμπίνων έχουν εγκατασταθεί σε εφαρμογές σε βιολογικούς καθαρισμούς όπου σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν μονάδες ΑΠΕ [28,30 49-51].

#### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μικροτουρμπινών

Τέλος οι μικροτουρμπίνες προσφέρουν κάποια επιπλέον πλεονεκτήματα έναντι άλλων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για μικρής κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα πλεονεκτήματα των μικροτουρμπίνων περιλαμβάνουν:

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



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

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

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

Ένα από τα σοβαρά μειονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι το υψηλό κόστος [28,30 49-51].

### 3.10.9 Καύση –Stirling

Οι μηχανές εξωτερικής καύσης–Stirling έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους αμμοστροβίλους, αεριοστροβίλους και τους κινητήρες Diesel όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

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

Οι μηχανές Stirling κατηγοριοποιούνται ως μηχανές εξωτερικής καύσης. Η εξωτερική καύση στις μηχανές Stirling επιτρέπει τη χρήση διάφορων καυσίμων: υγρά ή αέρια καύσιμα, αέρια ή υγρά προερχόμενα από άνθρακα, καύσιμα προερχόμενα από βιομάζα, ακόμη και απορρίμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ακόμη, 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.

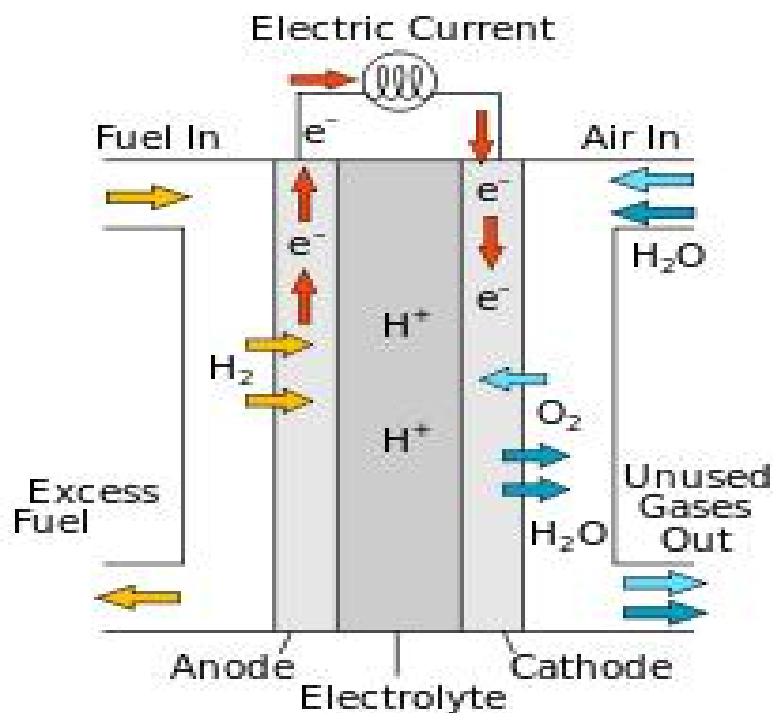
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 3.10.10 Κυψελίδες-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. Στην εικόνα 3.25 απεικονίζεται η λειτουργία της κυψέλης καυσίμου [52-54].



Εικόνα 3.25: Τυπική λειτουργία κυψέλης καυσίμου [55].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

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.

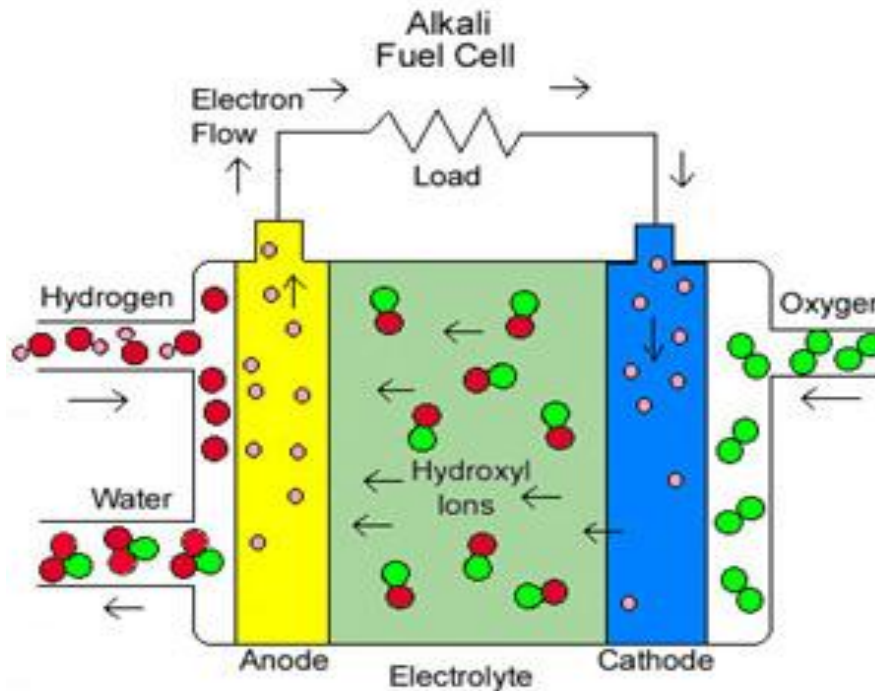
### Απόδοση συστημάτων κυψελών καυσίμου

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).

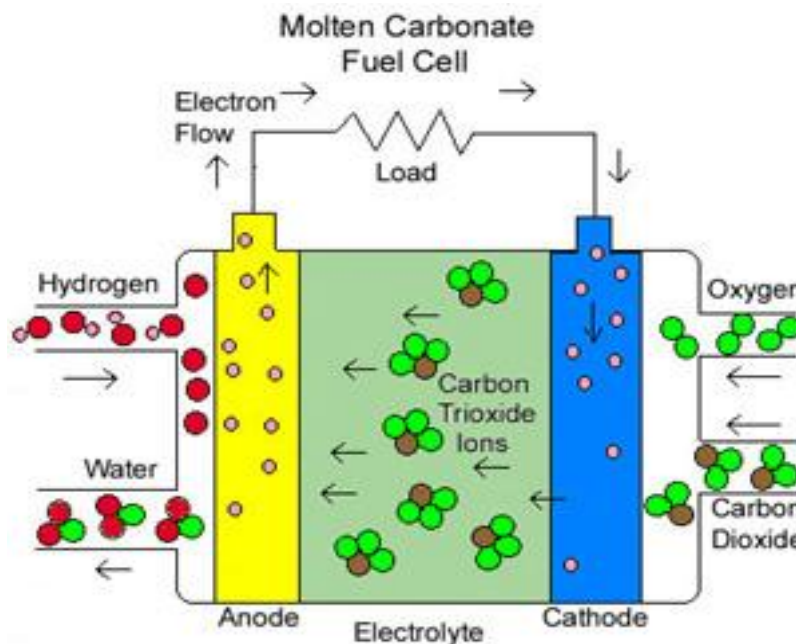
Οι αλκαλικές κυψέλες καυσίμου (AFC) λειτουργούν με συμπιεσμένο υδρογόνο και οξυγόνο. Γενικά μπορούν να χρησιμοποιούν ένα διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ) σε νερό ως ηλεκτρολύτη. Η απόδοση των αλκαλικών κυψελών καυσίμου είναι περίπου 70 τοις εκατό, και η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι 150 έως 200 °C. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται από 300W έως 5 kW. Οι αλκαλικές κυψέλες χρησιμοποιούνται στο διαστημικό σκάφος Apollo για την παροχή τόσο της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και πόσιμου νερού. Οι καταλύτες ηλεκτροδίου λευκόχρυσου που χρησιμοποιούν είναι αρκετά ακριβοί. Στην εικόνα 3.26 απεικονίζεται ένα σχέδιο αλκαλικών κυψελών καυσίμου [56].

Οι κυψελίδες τηγμένου ανθρακικού άλατος (MCFC) χρησιμοποιούν ενώσεις υψηλής θερμοκρασίας του άλατος (όπως νάτριο ή μαγνήσιο) ανθρακικών αλάτων ως ηλεκτρολύτη. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 60 έως 80% και η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι περίπου 650 °C. Έχουν κατασκευαστεί μονάδες με έξοδο έως 2 μεγαβάτ MW, και υπάρχουν σχέδια για μονάδες μέχρι 100 MW. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας χρήσης του μονοξειδίου του άνθρακα στην κυψελίδα και η απορριπτόμενη θερμότητα μπορεί να ανακυκλωθεί για να κάνουν επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια. Οι καταλύτες με ηλεκτρόδια νικελίου είναι φθηνή σε σύγκριση με την πλατίνα που χρησιμοποιούνται σε άλλες κυψέλες [56].



Εικόνα 3.26: Σχεδιασμός μιας αλκαλικής κυψέλης καυσίμου. [56]

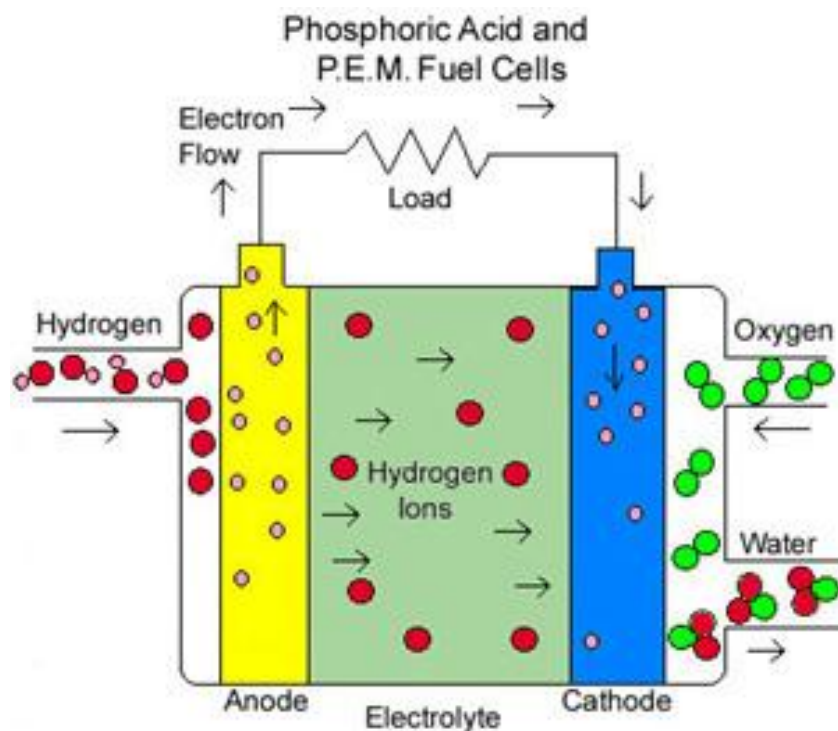
Ακόμη, η υψηλή θερμοκρασία περιορίζει τα υλικά και την ασφαλή χρήση των MCFCs, που μπορεί να είναι πολύ ζεστό για οικιακή χρήση. Επίσης, οι ανθρακικά ιόντα από τον ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιείται σε αντιδράσεις, καθιστώντας απαραίτητη την προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα για να αντισταθμίσει. Στην εικόνα 3.27 απεικονίζεται ο σχεδιασμός μιας κυψελίδας τηγμένου ανθρακικού άλατος.



Εικόνα 3.27: Σχεδιασμός κυψελίδας τηγμένου ανθρακικού άλατος [56].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οι κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέος (PAFC) χρησιμοποιούν το φωσφορικό οξύ ως ηλεκτρολύτη. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 40 έως 80%, και η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι μεταξύ 150 έως 200°C. Υπάρχοντες κυψέλες φωσφορικού οξέος έχουν εξόδους έως 200 kW, και έχουν δοκιμαστεί μονάδες των 11 MW. Οι κυψέλες καυσίμου φωσφορικού οξέος αντέχουν μια συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα περίπου 1,5%, το οποίο διευρύνει την επιλογή των καυσίμων που μπορούν να χρησιμοποιήσουν. Στην εικόνα 3.28 απεικονίζεται ο σχεδιασμός μιας κυψέλης καυσίμου φωσφορικού οξέος σε συνδυασμό με κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων [52,53,56].

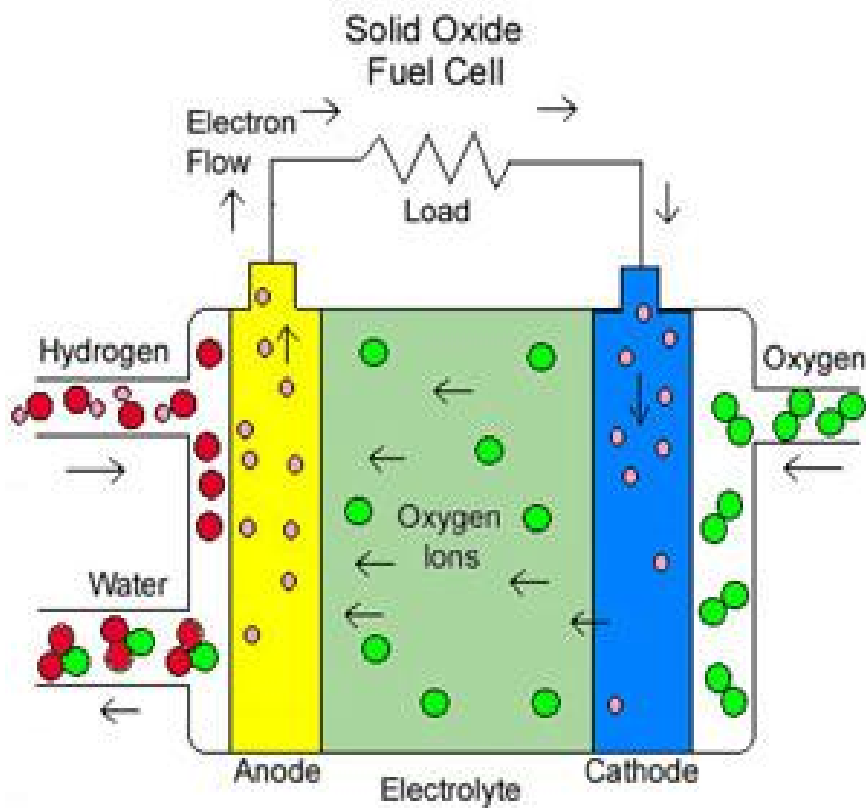


**Εικόνα 3.28:** Σχεδιασμός κυψέλης καυσίμου φωσφορικού οξέος σε συνδυασμό με μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων [56].

Οι κυψέλες καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (PEM), λειτουργούν με ένα πολυμερές ηλεκτρολύτη με τη μορφή ενός λεπτού, διαπερατού φύλλου. Η αποδοτικότητα τους είναι περίπου 40 έως 50% και η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι περίπου 80 °C. Γενικά οι έξοδοι των κυψέλων κυμαίνονται από 50 ως 250 kW. Ο στερεός, ευέλικτος ηλεκτρολύτης δεν θα διαρρεύσει ή θα ραγίσει. Αυτές οι κυψέλες λειτουργούν σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία ώστε να είναι κατάλληλες για τα σπίτια και τα αυτοκίνητα. Χρησιμοποιείται ένας καταλύτης λευκόχρυσου και στις δύο πλευρές της μεμβράνης, αυξάνοντας έτσι το κόστος της [52,53,56].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Οι κυψελίδες καυσίμου με στερεό οξείδιο (SOFC) χρησιμοποιούν μια σκληρή, κεραμική ένωση των μετάλλων (όπως το ασβέστιο ή ζirkονίου) οξειδία ως ηλεκτρολύτη. Η απόδοση τους είναι περίπου 60 τοις εκατό, και οι θερμοκρασίες λειτουργίας είναι περίπου 1.000 °C. Οι κυψέλες παραγωγής επιτυγχάνουν μέχρι 100 kW. Σε τέτοιες υψηλές θερμοκρασίες δεν απαιτείται μεταρρυθμιστής για την εξαγωγή υδρογόνου από το καύσιμο, και η απορριπτόμενη θερμότητα μπορεί να ανακυκλωθεί για να παραχθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος, η υψηλή θερμοκρασία περιορίζει τις εφαρμογές των μονάδων SOFC. Στην εικόνα 3.29 απεικονίζεται ο σχεδιασμός κυψελίδων καυσίμου με στερεό οξείδιο [52,53,56].



**Εικόνα 3.29:** Σχεδιασμός κυψελίδων καυσίμου με στερεό οξείδιο [56].

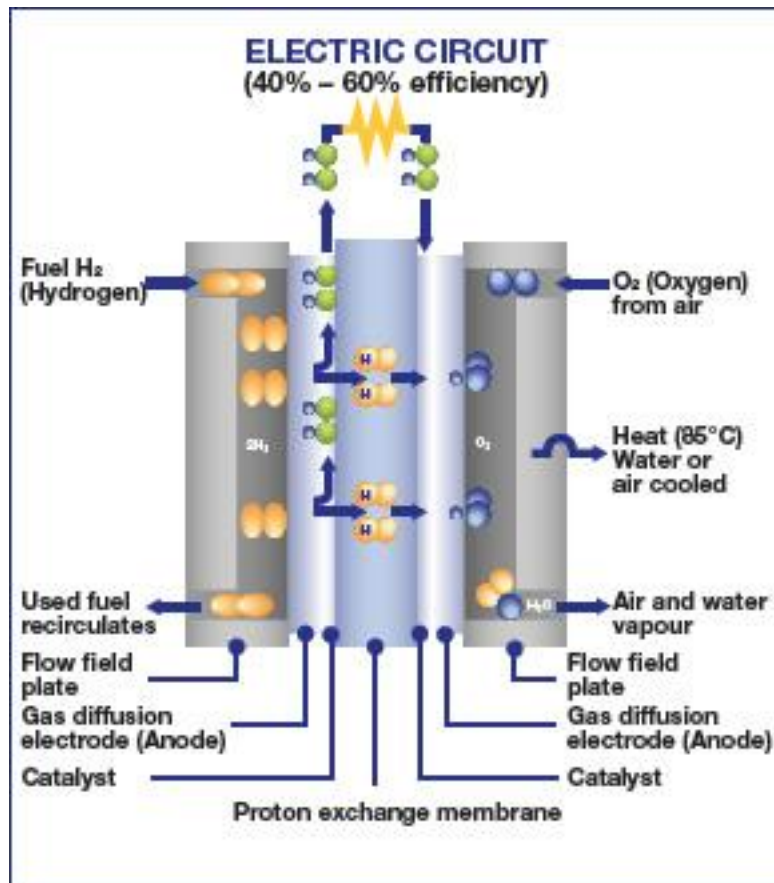
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των κυψέλων καυσίμου

Εκτός από τις χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές αερίων των κυψέλων καυσίμου, τα οφέλη τους περιλαμβάνουν υψηλή αποδοτικότητα και αξιοπιστία, την εύκολη χωροθέτηση, την αντοχή, την επεκτασιμότητα, την χωρητικότητα πολλαπλών καυσίμων 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 θέρμανση χώρου για το σπίτι ή το γραφείο ή ζεστό νερό [52,53,56].

Προς το παρόν όμως η ευρεία διάδοσή και χρήση τους παρεμποδίζεται από:

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



Εικόνα 3.30: Εσωτερική διεργασία κυψελίδας καυσίμου [57].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 3.11 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

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 αντιτίθεται 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. Εξαιτίας του ότι 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.

Η ΣΗΘ δεν αποτελεί απλά 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. Εξαιτίας 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 κυψελών καυσίμου, των στροβίλων και παλινδρομικών μηχανών συνιστούν το αποτέλεσμα συνδυασμένης και εντατικής έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης, τόσο από ιδρύματα 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' ό,τι 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 [18,19,58].

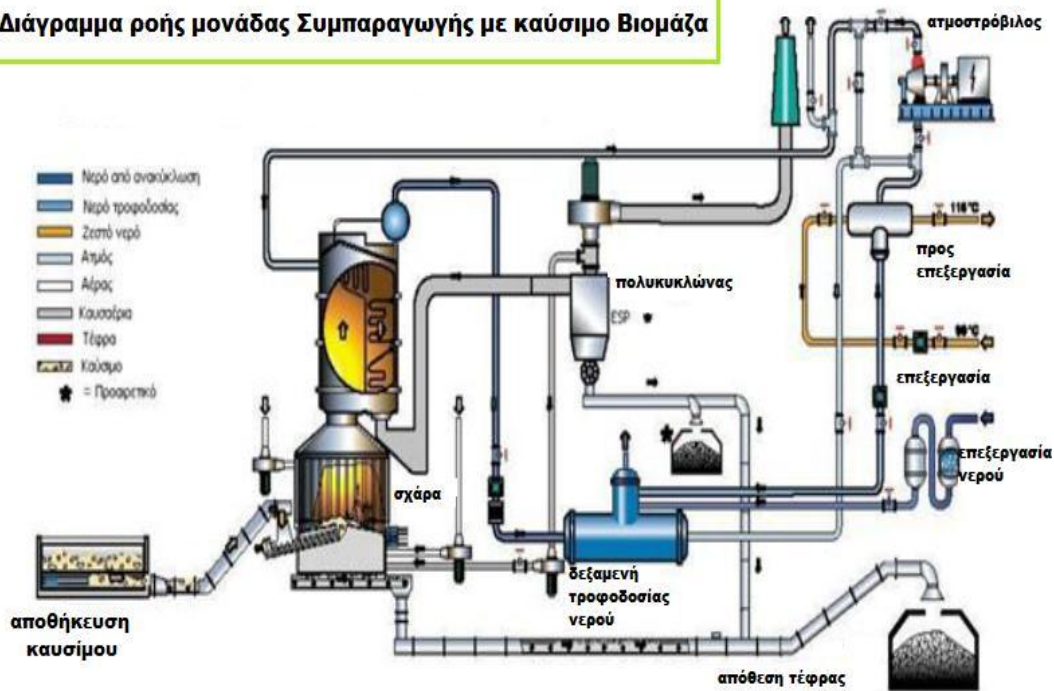
Τα αποδοτικότερα συστήματα ΣΗΘ (με πάνω από 80% συνολικό βαθμό απόδοσης) είναι εκείνα που ικανοποιούν μεγάλη θερμική ζήτηση με την ταυτόχρονη



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

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 [18,19,58-60].

### Διάγραμμα ροής μονάδας Συμπαγωγής με καύσιμο Βιομάζα



**Εικόνα 3.31:** Διάγραμμα τυπικής εγκατάστασης συμπαγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας με καύση βιομάζας [58].

Μερικά από τα πλεονεκτήματα συστημάτων συμπαγωγής είναι τα ακόλουθα:

- Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καυσίμου, γιατί έχουν υψηλότερο βαθμό απόδοσης από τη χωριστή παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Εφόσον κατά τη συμπαγωγή γίνεται αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων.
- Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών. Η συμπαγωγή αυξάνει το δυναμικό της ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ü Επιτυγχάνεται όφελος στην Εθνική Οικονομία από τη μείωση των δαπανών για εισαγόμενα καύσιμα.

### 3.12 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Ας δούμε παρακάτω τα σημαντικότερα από αυτά:

Η βιομάζα αποτελεί μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η καύση της έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα και έτσι δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της, δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη όξινη βροχή.

Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

Και τέλος η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών, αυξάνει τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στον βιομηχανικό χώρο.

Βασικά μειονεκτήματα της βιομάζας είναι:

Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίησή της.

Επίσης η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της, δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

Βάση των παραπάνω, παρουσιάζονται μεγάλες δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας, γεγονός που αυξάνει το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

Και τέλος, οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού αν τις συγκρίνουμε με αυτές των συμβατικών καυσίμων.

Σήμερα η σύγχρονη εκμετάλλευση της βιομάζας αντιπροσωπεύει μόνο το 3% της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης των βιομηχανικών χωρών. Στις αναπτυσσόμενες χώρες όμως ο αγροτικός πληθυσμός, που αποτελεί το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού, εξακολουθεί να στηρίζεται στην παραδοσιακή βιομάζα, κυρίως το ξύλο, για καύσιμη ύλη. Σε παγκόσμιο επίπεδο η βιομάζα αντιπροσωπεύει το 14% της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης. Μια ανάλυση των Ηνωμένων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Εθνών εκτιμά ότι η βιομάζα έχει το δυναμικό να υποστηρίξει περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2050 [18,19,58-60].

### Επιπτώσεις της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας

1. Οικονομικές επιπτώσεις (αύξηση εθνικού εισοδήματος, εκμετάλλευση αχρησιμοποίητων και ανεκμετάλλευστων αποθεμάτων κ.α.)
2. Κοινωνικές επιπτώσεις (αύξηση της απασχόλησης στον αγροτικό τομέα, αύξηση της παραγωγικότητας στην γεωργία, απασχόληση σε τοπικές κοινωνίες και ανάπτυξη τοπικών μονάδων)
3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (χρησιμοποίηση συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου).

Συνοψίζοντας, με βάση όλα τα παραπάνω, μπορεί κανείς με σιγουριά να πει ότι η βιομάζα έχει τη δυνατότητα να προσφέρει μια οικονομική και βιώσιμη λύση στην προσφορά ενέργειας, συνεισφέροντας παράλληλα στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατανεμημένη παραγωγή είναι γνωστή διεθνώς με διάφορες ονομασίες όπως ενσωματωμένη παραγωγή, επί τόπου παραγωγή, αποκεντρωμένη παραγωγή παράγει ηλεκτρική ενέργεια από πολλές μικρές πηγές ενέργειας. Αυτή η μορφή παραγωγής ενέργειας αποτελεί μια νέα ιδέα στην οικονομική βιβλιογραφία της αγοράς του ηλεκτρισμού, αλλά στην πραγματικότητα ως ιδέα είναι κάθε άλλο παρά καινούργια. Εξαρτάται κυρίως από την εγκατάσταση και λειτουργία ενός συνόλου από μικρού μεγέθους, συμπαγείς και καθαρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κοντά ή στη θέση του ηλεκτρικού φορτίου (παραγωγή πλησίον της κατανάλωσης).

Η κατανεμημένη παραγωγή εμφανίστηκε σαν μέθοδος από τη στιγμή που ξεκίνησε η παραγωγή και εκμετάλλευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ευρύ επίπεδο. Τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής ισχύος παρείχαν ηλεκτρισμό σε φορτία-πελάτες που βρίσκονταν σε μικρή ακτίνα από αυτούς. Τα πρώτα ηλεκτρικά δίκτυα ισχύος (grids<sup>1</sup>) ήταν συνεχούς ρεύματος (Direct Current, DC), οπότε η τάση παροχής ήταν σχετικά περιορισμένη, όπως και η απόσταση μεταξύ σταθμού παραγωγής και καταναλωτή. Η εξισορρόπηση προμήθειας και ζήτησης πραγματοποιούνταν μερικώς με τη χρήση τοπικής αποθήκευσης ενέργειας, όπως για παράδειγμα με τη χρήση συσσωρευτών οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα άμεσης ηλεκτρικής σύνδεσης με το DC δίκτυο ισχύος. Παράλληλα, με τη μικρής κλίμακας παραγωγή, επιστρέφουν στο προσκήνιο και οι μονάδες τοπικής αποθήκευσης. Με το πέρασμα του χρόνου, τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η εμφάνιση των δικτύων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος (Alternate Current, AC), έδωσαν ώθηση στην ανάπτυξη του τομέα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας την μεταφορά του ηλεκτρισμού σε μεγάλες πλέον αποστάσεις [61-63].

Αν και η κατανεμημένη παραγωγή είχε ξεχαστεί σαν έννοια τα χρόνια που ακολούθησαν την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές καινοτομίες και οι αλλαγές στο ρυθμιστικό και στο οικονομικό περιβάλλον έφεραν στο προσκήνιο την κατανεμημένη παραγωγή. Οι βασικοί λόγοι που συνετέλεσαν σ' αυτό παρατίθενται παρακάτω:

- Αυξημένη απαίτηση για ενέργεια υψηλής αξιοπιστίας.
- Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ανάπτυξη των τεχνολογιών κατανεμημένης παραγωγής.
- Προβληματισμοί για της κλιματικές αλλαγές.
- Περιορισμοί στην κατασκευή νέων γραμμών μεταφοράς.

Η εφαρμογή της κατανεμημένης παραγωγής προς το παρόν γίνεται σε μικρή κλίμακα λόγω τεχνικών αλλά και οικονομικών ζητημάτων, με κατάλληλο σχεδιασμό όμως είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν. Από αρκετούς ερευνητές στο μέλλον αναμένεται ότι θα γνωρίσει ευρεία αποδοχή και χρήση.



Εικόνα 4.1: Κεντρική κατανεμημένη παραγωγή (ΚΠ).

## 4.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ( ΚΠ )

Γίνονται προσπάθειες από διάφορους φορείς που έχουν σαν στόχο τη διατύπωση ενός ενιαίου και ευρέως αποδεχόμενου ορισμού για την κατανεμημένη παραγωγή (ΚΠ). Γιατί με την μέχρι τώρα έρευνα στην βιβλιογραφία αλλά και στις νομοθεσίες των διαφόρων κρατών φαίνεται να μην υπάρχει ομοφωνία για έναν κοινό και σαφή ορισμό πάνω στο θέμα της κατανεμημένης παραγωγής.

Η Διεθνής Επιτροπή CIGRE έχει δημιουργήσει ομάδα εργασίας στον τομέα της κατανεμημένης παραγωγής (ΚΠ), σύμφωνα με την οποία μονάδες παραγωγής που:

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

1. η μέγιστη ισχύς τους κυμαίνεται από 50 έως 100 MW,
2. είναι συνήθως συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής και
3. η κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής δεν γίνεται κεντρικά συνιστούν κατανεμημένη παραγωγή.

Η IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) καθορίζει την κατανεμημένη παραγωγή (ΚΠ) ως παραγωγή ηλεκτρισμού από εγκαταστάσεις που είναι σαφώς μικρότερες από τις κεντρικές μονάδες παραγωγής, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διασύνδεσή τους σχεδόν σε κάθε σημείο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Perermans ορίζουν ως κατανεμημένη παραγωγή την πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι απευθείας συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής ή στην πλευρά σύνδεσης των καταναλωτών. Τέλος οι Dondi et al. και ο Chambers δίνουν ορισμούς που καθορίζονται τόσο από την παραγόμενη ισχύ όσο και από τον τρόπο σύνδεσης στην πλευρά σύνδεσης των καταναλωτών [61-63].

Προκειμένου να διατυπωθεί ένας ενιαίος ορισμός, αλλά και να γίνει κατανοητή η έννοια της κατανεμημένης παραγωγής, είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά πάνω σε κάποια βασικά ζητήματα που αφορούν αυτόν τον τρόπο παραγωγής όπως είναι:

- Ø Ο σκοπός για τον οποίο γίνεται η παραγωγή.
- Ø Η τοποθεσία.
- Ø Το μέγεθος.
- Ø Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται.
- Ø Η περιοχή που τροφοδοτεί.
- Ø Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Ø Ο τρόπος λειτουργίας.
- Ø Το ιδιοκτησιακό καθεστώς.
- Ø Και το ποσοστό διείσδυσης της ΚΠ.

Στην συνέχεια γίνεται μία περιγραφή ορισμένων από τα θέματα αυτά προκειμένου να καταστεί σαφές σε τι αναφερόμαστε όταν μιλάμε για κατανεμημένη παραγωγή.

Εάν προσπαθούσαμε να δώσουμε ένα ενιαίο ορισμό που μπορεί να γίνει γενικά αποδεκτός θα μπορούσαμε να πούμε ότι *κατανεμημένη παραγωγή* είναι οποιαδήποτε πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδεδεμένη άμεσα στο δίκτυο διανομής ή στη θέση κατανάλωσης ή πιο απλά οι μονάδες παραγωγής ενέργειας έχουν εγκατασταθεί κοντά στο σημείο κατανάλωσης (φορτίο).

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

#### 4.2.1 Ο σκοπός της παραγωγής

Σκοπός της καταναμεμένης παραγωγής είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην καρδιά ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας από πολλές μικρές πηγές ενέργειας, εξαρτάται δηλαδή κυρίως από την εγκατάσταση και την λειτουργία ενός συνόλου από μικρού μεγέθους, συμπαγείς και καθαρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στη θέση του ηλεκτρικού φορτίου. Αυτό που επιδιώκεται είναι η παραγωγή ενεργού ισχύος χωρίς ωστόσο να επιβάλλεται η παραγωγή άεργου ισχύος [61-63].

#### 4.2.2 Η τοποθεσία της παραγωγής

Ο ορισμός της θέσης των εγκαταστάσεων της καταναμεμένης παραγωγής ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων μελετητών και αρχών που ασχολούνται με το ζήτημα αυτό. Οι περισσότεροι προσδιορίζουν τη θέση της ΚΠ στην πλευρά διανομής του δικτύου, άλλοι περιλαμβάνουν την πλευρά των πελατών και μερικοί περιλαμβάνουν ακόμη και τη πλευρά μετάδοσης του δικτύου. Συμπερασματικά ως θέση της καταναμεμένης παραγωγής ορίζεται η εγκατάσταση και λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που συνδέεται άμεσα με το δίκτυο διανομής ή στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή.

Το κίνητρο για τη χρήση αυτού του ορισμού είναι ότι η σύνδεση των μονάδων παραγωγής στο δίκτυο διανομής γίνεται παραδοσιακά από τη βιομηχανία. Η κεντρική ιδέα της καταναμεμένης παραγωγής, όμως είναι να τοποθετείται η παραγωγή κοντά στο φορτίο, άρα στην πλευρά των πελατών. Έχοντας προσδιορίσει την καταναμεμένη παραγωγή τώρα ως παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο επίπεδο της διανομής ή πιο κάτω, ο ορισμός απαιτεί μια πιο λεπτομερή διάκριση μεταξύ ενός συστήματος μετάδοσης και του συστήματος διανομής. Μια διάκριση που βασίζεται σε επίπεδα τάσης, π.χ. 220 kV και υψηλότερα θεωρείται μετάδοση και στη συνέχεια διανομή, δεν είναι χρηστική διότι οι εταιρείες διανομής μερικές φορές διατηρούν και εκμεταλλεύονται τις γραμμές 220 kV και οι εταιρείες μεταφοράς λειτουργούν 110 kV γραμμές. Δεδομένου ότι το επίπεδο τάσης δεν παρέχει καμία διεθνώς διάκριση μεταξύ της διανομής και της μεταφοράς πρέπει να γίνει μια προσέγγιση με βάση τη νομοθεσία. Σε ένα ανταγωνιστικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, οι νομικοί κανονισμοί καθορίζουν το σύστημα μετάδοσης, το οποίο συνήθως λειτουργεί από μία ανεξάρτητη εταιρεία, που δεν εμπλέκεται στην παραγωγή, τη διανομή ή την λιανική πώληση.

Είναι απαραίτητη περαιτέρω ανάλυση του ζητήματος σε χώρες στις οποίες δεν έχει διατυπωθεί ακόμα ένας σαφής νομικός ορισμός [61-65].

#### 4.2.3 Το μέγεθος των μονάδων παραγωγής

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ισχύς μιας μονάδας παραγωγής που μπορεί να συνδεθεί σε ένα δίκτυο εξαρτάται από το μέγεθος και την χωρητικότητα του δικτύου διανομής δεν μπορεί να καταστεί σαφής ορισμός της ισχύος που εγκαθίσταται διότι η

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

χωρητικότητα είναι ανάλογη του επιπέδου της τάσης λειτουργίας. Ο σχεδιασμός του κάθε συστήματος διανομής είναι μοναδικός συνεπώς δεν μπορεί να δοθεί ένα σαφές όριο στις μονάδες παραγωγής που μπορούν να συνδεθούν σε αυτό. Σε ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί σε επίπεδο τάσης 110 kV δεν είναι δυνατόν να συνδεθούν μονάδες παραγωγής ισχύος, μεγαλύτερες από 150 MW πράγμα το οποίο θέτει ένα περιορισμό στο μέγεθος των μονάδων που μπορεί να θεωρηθούν ως κατακεμημένης παραγωγής.

Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατή η εγκατάσταση μεγαλύτερων μονάδων κατακεμημένης παραγωγής όπως σε μία εφαρμογή στην Γερμανία όπου εγκαταστάθηκε μονάδα παραγωγής 300 MW. Παρόλα αυτά έχει διατυπωθεί μία πρόταση η οποία κάνει ένα διαχωρισμό της κατακεμημένης παραγωγής σύμφωνα με το μέγεθος (χωρητικότητα) των μονάδων παραγωγής. Κατά τον τρόπο αυτό οι μονάδες κατακεμημένης παραγωγής κατατάσσονται σε ομάδες ανάλογα με την ισχύ την οποία είναι σε θέση να παράγουν ως εξής [61-66]:

- ✓ Πολύ Μικρής κλίμακας: Από 1 W έως 5 kW.
- ✓ Μικρής κλίμακας: Από 5kW έως 5 MW.
- ✓ Μεσαίας κλίμακας: Από 5 MW έως 50 MW.
- ✓ Μεγάλης κλίμακας: Από 50 MW έως 300 MW.

#### 4.2.4 Χρησιμοποιούμενη τεχνολογία

Όταν αναφερόμαστε σε χρησιμοποιούμενη τεχνολογία μιλάμε για τους τρόπους ή τα φυσικά μέσα που χρησιμοποιούμε προκειμένου να επιτύχουμε κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα ή στόχο. Δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός όσον αφορά την τεχνολογία η οποία θα χρησιμοποιηθεί στην κατακεμημένη παραγωγή. Χρησιμοποιούνται συμβατικοί τρόποι παραγωγής ενέργειας με θερμικές μηχανές όπως π.χ. αεριοστρόβιλοι, μηχανές καύσης άνθρακα, ή μη συμβατικών τεχνολογιών όπως είναι οι κυψέλες καυσίμου (Fuel Cells) αλλά και ανανεώσιμων πηγών όπως είναι η αιολική και ηλιακή ενέργεια. Εξαιρέση αποτελούν τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας πιο πολύ λόγω της πολυπλοκότητας στην κατασκευή αλλά και του επαυξημένου ρίσκου περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη λειτουργία τους [61-66].



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσης Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

**Πίνακας 4.1:** Τεχνολογίες και μεγέθη κατανεμημένης παραγωγής.

	Τεχνολογία	Τυπικά μεγέθη
Ορυκτά καύσιμα	Αεριοστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου	35-450 MW
	Μηχανή εσωτερικής καύσης	5 kW-10MW
	Γεννήτρια καύσης	1-250MW
	Μικρο-Τουρμπίνα	35kW-1MW
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Πολύ μικρό υδροηλεκτρικό	25-kW-1MW
	Μικρό υδροηλεκτρικό	1-100MW
	Ανεμογεννήτρια	200W-3MW
	Φωτοβολταϊκή συστοιχία	20W-100kW
	Ηλιακό θερμικό, κεντρικός δέκτης	1-10MW
	Ηλιακό θερμικό, σύστημα Lutz	10-80MW
	Βιομάζα (αεριοποίηση)	100kW-20MW
	Κυψέλη φωσφορικού οξέος	200kW-2MW
	Κυψέλη τηγμένου άνθρακα	250kW-2MW
	Κυψέλη καυσίμου ανταλλαγής πρωτονίου	1kW-250kW
	Κυψέλη καυσίμου στερεού οξειδίου	250kW-5MW
	Γεωθερμική	5-100MW
	Ωκεανική ενέργεια	100kW-1MW
	Μηχανή Stirling	2-10kW
	Συσσωρευτές	500kW-5MW

#### 4.2.5 Ιδιοκτησιακό καθεστώς

Εν γένει δεν υπάρχει κάποια συμφωνία για το αν οι μονάδες κατανεμημένης παραγωγής ανήκουν σε ανεξάρτητους παραγωγούς ή απλούς καταναλωτές. Επίσης μεγάλες επιχειρήσεις ηλεκτρισμού δείχνουν όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον τους για μονάδες κατανεμημένης παραγωγής και δεν υπάρχει προφανής λόγος ώστε η κατανεμημένη παραγωγή να περιορίζεται σε ανεξάρτητη ιδιοκτησία.

#### 4.2.6 Επιδράσεις στο περιβάλλον

Οι τεχνολογίες κατανεμημένης παραγωγής περιγράφονται ως περιβαλλοντικά φιλικές εν συγκρίσει με τις αντίστοιχες τεχνολογίες όπου υπάρχει ένας ή πολλοί κεντρικοί και μεγάλοι μεγέθους σταθμοί παραγωγής. Γενικότερα για να γίνει μια εκτεταμένη μελέτη πάνω στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις απαιτούνται στοιχεία για τις άμεσες αλλά και τις έμμεσες εκπομπές ρύπων για την κάθε χρησιμοποιούμενη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

τεχνολογία. Έμμεσες εκπομπές είναι οι εκπομπές ρύπων κατά τη διαδικασία κατασκευής της μονάδας, αναζήτησης και μεταφοράς των πηγών ενέργειας [61-66].

**Πίνακας 4.2:** Σύγκριση χρόνου απόσβεσης και εκπομπών διαφόρων ενεργειακών τεχνολογιών.

Τεχνολογία	Απόσβεση (μήνες)	SO <sub>2</sub> (kg/GWh)	NO <sub>x</sub> (kg/GWh)	CO <sub>2</sub> (t/GWh)	CO <sub>2</sub> και eqCO <sub>2</sub> για CH <sub>4</sub> (t/GWh)
Μηχανές καύσης άνθρακα	1-1,1	630-1370	630-1560	830-920	1240
Πυρηνικές	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε
Αεροστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου	0,4	45-140	650-810	370-420	450
Μεγάλο υδροηλεκτρικό	5-6	18-21	34-40	7-8	5
Πολύ μικρό υδροηλεκτρικό	9-11	38-46	71-86	16-20	Δ.Ε
Μικρό υδροηλεκτρικό	8-9	24-29	45-56	10-12	2
Ανεμογεννήτρια 4,5 m/s	6-20	18-32	26-43	19-34	Δ.Ε
Ανεμογεννήτρια 5,5 m/s	4-13	13-20	18-27	13-22	Δ.Ε
Ανεμογεννήτρια 6,5 m/s	2-8	10-16	14-22	10-17	11
Φωτοβολταϊκό μονοκρυστ.	72-93	230-295	270-340	200-260	Δ.Ε
Φωτοβολταϊκό πολυκρυστ	58-74	260-330	250-310	190-250	228
Φωτοβολταϊκό άμορφο	51-66	135-175	160-200	170-220	Δ.Ε
Γεωθερμική	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	50-70
Κυματική	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	Δ.Ε	2

Επιπρόσθετα, περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την μείωση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς λόγω της σωστής χωροθέτησης των σταθμών κατανεμημένης παραγωγής σε σχέση με την τοποθεσία και δυναμικότητα, μπορεί να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο το περιβαλλοντικό ισοζύγιο της κατανεμημένης παραγωγής.

Οι κυψέλες καυσίμου καθώς και οι συστοιχίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχουν άμεσες εκπομπές. Πέρα από τις εκπομπές κατά τη διαδικασία της κατασκευής, το μίγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται στις μπαταρίες, θα πρέπει να συμπεριληφθεί στις έμμεσες εκπομπές. Επιπλέον, στην περίπτωση των κυψελών καυσίμου οι έμμεσες εκπομπές είναι συνάρτηση του μίγματος που απαιτείται για την παραγωγή του υδρογόνου, αφού αυτό δεν γίνεται να εξορυχθεί.

Κάποιες πλευρές πιστεύουν ότι η διείσδυση και χρήση σταθμών κατανεμημένης παραγωγής θα έχει ως αποτέλεσμα την υπολειτουργία των μεγάλων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

κεντρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι εκπομπές ανά παραγόμενη kWh. Επομένως η κατανεμημένη παραγωγή ως προς το σύνολό της δεν μπορεί να θεωρηθεί με απόλυτο τρόπο περιβαλλοντικά φιλική. Εντούτοις, η χρήση κατανεμημένων μονάδων παραγωγής που βασίζονται σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, θεωρείται ότι είναι ικανή να μειώσει τις εκπομπές αερίων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου [61-66].

#### 4.2.7 Διείσδυση της ΚΠ

Βιβλιογραφικά δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς το ύψος της ισχύος διείσδυσης σε σχέση με την περιοχή (τοπικό σύστημα διανομής εθνικό σύστημα ισχύος).

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 5 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ

Οι εφαρμογές ηλεκτρονικών στερεάς κατάστασης, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία, τον έλεγχο και τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας ορίζονται ως *Ηλεκτρονικά Συστήματα Ισχύος*. Η ανάγκη για επεξεργασία και έλεγχο της ηλεκτρικής ροής ήταν ο σκοπός και η αιτία για την οποία πολλοί επιστήμονες και ερευνητές δραστηριοποιήθηκαν και οδηγήθηκαν στην εφεύρεση των Ηλεκτρονικών Ισχύος, με την πρώτη τεχνική εφαρμογή να χρονολογείται το 1902.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος συνδυάζουν ηλεκτρονικά, ισχύ και έλεγχο. Με τον όρο *ηλεκτρονικά* εννοούμε τα ηλεκτρονικά δομικά στοιχεία και τις συσκευές που στηρίζονται στις ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών, τα οποία από την άποψη των δυνατοτήτων δημιουργίας ηλεκτρικού ρεύματος, βρίσκονται μεταξύ των μεταλλικών αγωγών και των μονωτικών υλικών. Η *ισχύς* αφορά στις στατικές και περιστρεφόμενες συσκευές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή, την μεταφορά και την διανομή της ηλεκτρικής ισχύος. Τέλος, ο *έλεγχος* έχει να κάνει με τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ημιαγωγικών στοιχείων ώστε να επιτευχθεί ο έλεγχος και η διαμόρφωση της ηλεκτρικής ροής [67-69].

Στόχος των ηλεκτρονικών ισχύος είναι ο μετασχηματισμός των κυματομορφών των ηλεκτρικών μεγεθών, όπως είναι η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή ή και αντίστροφα η μετατροπή συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, μεταβάλλοντας τη συχνότητα και την ενεργό τιμή αυτής. Η ανάγκη για την επεξεργασία της ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από το γεγονός ότι η ηλεκτρική ισχύς παρέχεται από το δίκτυο με σταθερά χαρακτηριστικά. Όταν οι απαιτήσεις του φορτίου δεν είναι συμβατές με τα χαρακτηριστικά αυτά τότε είναι αναγκαία η χρήση ενός μετατροπέα ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή μιας διάταξης ηλεκτρονικών ισχύος. Μέσω αυτών των μετατροπέων επιτυγχάνεται η τροφοδοσία των διαφόρων ηλεκτρικών φορτίων, για παράδειγμα μηχανών συνεχούς και εναλλασσομένου ρεύματος όπου σημασία έχει ο έλεγχος της ποσότητας ισχύος σε κάθε χρονική στιγμή ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του χρήστη. Ακόμη, οι διαδικασίες μετατροπής των ηλεκτρικών μεγεθών με ταυτόχρονη μετατροπή της ενέργειας, λόγω χάριν από ηλεκτρική σε μηχανική, πρέπει να διεκπεραιώνεται γρήγορα, αξιόπιστα, με υψηλές τιμές του βαθμού απόδοσης και του συντελεστή ισχύος, καθώς και με μικρό κόστος. Στις εφαρμογές τα συστήματα με ηλεκτρονικές διατάξεις ισχύος εκτείνονται από την περιοχή των μικρών μεγεθών ισχύος (mW) μέχρι πολύ μεγάλες τιμές (τάξεως εκατοντάδων MW) [69].

Η διακοπτική ικανότητα και η δυνατότητα των ημιαγωγικών στοιχείων για ελεγχιμότητα της ροής με ακρίβεια και μεγάλη ταχύτητα είναι τα κλειδιά της μεγάλης ανάπτυξης που παρουσιάζουν τα ηλεκτρονικά ισχύος τις τελευταίες δεκαετίες. Επιπλέον, η ανάπτυξη της τεχνολογίας μικροεπεξεργαστών και συνολικά της μικροηλεκτρονικής έχει συμβάλει αρκετά στην πρόοδο του κλάδου αυτού. Όλες οι έρευνες και οι δοκιμές σ' αυτόν τον τομέα αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

απωλειών ενέργειας, στους υψηλούς βαθμούς απόδοσης και στην παροχή με ακρίβεια και αξιοπιστία της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας [67-69].

## 5.2 ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η ανάγκη για τον έλεγχο, την επεξεργασία και την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ο λόγος για την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος. Οι μετατροπείς ισχύος είναι το μέσον με το οποίο επιτυγχάνεται ο σκοπός αυτός. Οι μετατροπείς ισχύος μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες, ανάλογα με τη μορφή της ισχύος εισόδου και εξόδου [67-70].

### 5.2.1 Μετατροπείς DC-AC ή Αντιστροφείς (Inverters)

Οι *αντιστροφείς* μετατρέπουν την ενέργεια συνεχούς μορφής (DC) σε εναλλασσόμενη (AC). Η τάση εξόδου μπορεί να είναι είτε μονοφασική είτε πολυφασική, συνήθως τριφασική. Οι μετατροπείς αυτοί είναι ελεγχόμενοι τόσο για το πλάτος εξόδου όσο και για τη συχνότητα, έλεγχος που επιτυγχάνεται μέσω ρύθμισης του χρόνου αγωγής των στοιχείων [69,70].

### 5.2.2 Μετατροπείς AC-DC ή Ανορθωτές (Rectifiers)

Η λειτουργία τους είναι αντίθετη εκείνης των αντιστροφέων. Ανορθωτές ονομάζονται εκείνες οι διατάξεις ισχύος οι οποίες μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) σε συνεχές (DC). Διακρίνονται σε μονοφασικούς ή πολυφασικούς, ανάλογα με το είδος της εναλλασσόμενης εισόδου. Ακόμη μπορούν να διακριθούν σε ελεγχόμενους και μη ελεγχόμενους κι αυτό εξαρτάται με το αν η τάση εξόδου είναι μεταβαλλόμενη ή μη [67-71].

### 5.2.3 Μετατροπείς DC-DC (Converters)

Οι μετατροπείς συνεχούς τάσης σε συνεχή μετατρέπουν τη συνεχή τάση ορισμένου πλάτους και πολικότητας σε συνεχή τάση με διαφορετικό πλάτος ή/και διαφορετική πολικότητα. Οι μετατροπείς αυτού του είδους διακρίνονται σε μετατροπείς υποβιβασμού, δηλαδή η τάση εξόδου είναι μικρότερη από την τάση εισόδου (καταμητές), και σε μετατροπείς ανύψωσης, όταν η τάση εξόδου είναι μεγαλύτερη της τάσης εισόδου. Μπορούν επίσης να διαθέτουν απομόνωση της εξόδου από την είσοδό τους.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 5.2.4 Μετατροπείς AC-AC (Cycloconverters)

Οι κυκλομετατροπείς μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση σταθερού πλάτους και συχνότητας σε εναλλασσόμενη τάση με ρυθμιζόμενο πλάτος και συχνότητα. Τα μεγέθη αυτά ελέγχονται ρυθμίζοντας το χρόνο αγωγής των διακοπτικών στοιχείων. Μπορούν να διακριθούν σε μετατροπείς ανύψωσης συχνότητας ή υποβιβασμού συχνότητας αναλόγως με το αν η συχνότητα εξόδου είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη της συχνότητας εισόδου. Υπάρχει και μια ειδική κατηγορία αυτών των μετατροπέων, οι ρυθμιστές εναλλασσόμενης τάσης, στους οποίους η συχνότητα εξόδου είναι σταθερή και ίση με τη συχνότητα εισόδου [67-72].

### 5.2.5 Μετατροπείς με βάση τον τρόπο μετάβασης των διακοπτικών στοιχείων

Οι μετατροπείς ισχύος διακρίνονται με ακόμη ένα κριτήριο, κι αυτό είναι ο τρόπος μετάβασης των διακοπτικών στοιχείων που τους αποτελούν. Με βάση αυτό το κριτήριο έχουν τις ακόλουθες κατηγορίες:

- *Μετατροπείς με φυσική μετάβαση:* Τα διακοπτικά στοιχεία αυτών των μετατροπέων ανοίγουν ή κλείνουν με τη βοήθεια της εναλλασσόμενης τάσης του δικτύου ή των συνθηκών που επιβάλλει το φορτίο. Η εξέλιξη τέτοιων μετατροπέων οφείλεται στην εφεύρεση των θυρίστορ SCR. Οι μετατροπείς με διόδους ισχύος, είναι κι αυτοί φυσικής μετάβασης.
- *Μετατροπείς με εξαναγκασμένη μετάβαση:* Σε αυτού του είδους τους μετατροπείς, τα διακοπτικά στοιχεία ελέγχονται αποκλειστικά από την μονάδα ελέγχου της διάταξης ισχύος. Λειτουργούν σε πολύ υψηλές συχνότητες γι' αυτό και θεωρούνται ως διακοπτικοί ενισχυτές ισχύος με υψηλό κέρδος.
- *Μετατροπείς συντονισμού:* Στους μετατροπείς συντονισμού, η ένευση και η σβέση των στοιχείων πραγματοποιείται όταν η τάση ή/και το ρεύμα που τους διαρρέει είναι μηδέν. Η ονομασία τους οφείλεται στο κύκλωμα συντονισμού LC που απαιτείται. Πλεονεκτούν έναντι των δύο προηγούμενων μετατροπέων χάρη στις περιορισμένες μεταβατικές απώλειες ισχύος στους διακόπτες [67-72].

### 5.2.6 Εφαρμογές μετατροπέων ισχύος στις ΑΠΕ

Για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι απαραίτητη η μετατροπή, για παράδειγμα, της αιολικής ή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τέτοια χαρακτηριστικά ώστε να μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε. Η παρεμβολή ηλεκτρονικών ισχύος μεταξύ πηγής και δικτύου είναι απαραίτητη εξαιτίας της φύσης των πηγών και της ενέργειας που παράγουν αλλά και του δικτύου, το οποίο έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις για να παραλάβει αυτή την ενέργεια .

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ ΣΕ ΑΙΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στις ημέρες μας η ολοένα και αυξανόμενη χρήση ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί νέες στρατηγικές για το χειρισμό και τον έλεγχο της εγχεόμενης ενέργειας στο δίκτυο. Ο λόγος δεν είναι άλλος από την ανάγκη για βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας της παρεχόμενης ισχύος στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή, η διαμόρφωση και ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρονικών μετατροπών. Η ανάπτυξη και η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών ισχύος έχει βοηθήσει σημαντικά ώστε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες να είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμη.

Η ανάλυση και η παρουσίαση των ηλεκτρονικών μετατροπών ισχύος που χρησιμοποιούνται σε αιολικά συστήματα, θα γίνει με κριτήριο το είδος λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Με βάση τη λειτουργία τους οι ανεμογεννήτριες μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες [71-73]:

1. Λειτουργία σταθερών στροφών-σταθερής συχνότητας (ΣΣΣΣ).
2. Λειτουργία μεταβλητών στροφών-σταθερής συχνότητας (ΜΣΣΣ).

Αρχικά, οι πρώτες ανεμογεννήτριες που εγκαταστάθηκαν λειτουργούσαν σύμφωνα με τη μέθοδο σταθερών στροφών-σταθερής συχνότητας. Μετά από έρευνες όμως διαπιστώθηκε ότι με τη μέθοδο μεταβλητών στροφών-σταθερής συχνότητας προσφέρονται περισσότερα πλεονεκτήματα και γι' αυτό το λόγο καθιερώθηκε αυτή η λειτουργία.

#### 5.3.1 Λειτουργία Σταθερών Στροφών-Σταθερής Συχνότητας (ΣΣΣΣ)

Τα αιολικά συστήματα σταθερών στροφών – σταθερής συχνότητας αποτελούν τις «συμβατικές» μορφές συστημάτων του παρελθόντος που όμως ακόμα και σήμερα αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι από τις ήδη λειτουργούσες ανεμογεννήτριες. Στη λειτουργία σταθερών στροφών, ο δρομέας του ανεμοκινητήριου συστήματος περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα, είναι δηλαδή ανεξάρτητος από την ταχύτητα του ανέμου. Σε αυτή την περίπτωση συστήματος, η σύνδεση του με το δίκτυο γίνεται απευθείας, χωρίς την χρησιμοποίηση ηλεκτρονικού μετατροπέα, με τη χρήση όμως ενός μετασχηματιστή προσαρμογής της τάσης εξόδου της ανεμογεννήτριας στην τάση του δικτύου [71-74].

#### 5.3.2 Λειτουργία Μεταβλητών Στροφών-Σταθερής Συχνότητας (ΜΣΣΣ)

Μια νέα σχετικά τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί στην αγορά αιολικών συστημάτων είναι η λειτουργία μεταβλητών στροφών – σταθερής συχνότητας. Σε αυτή τη λειτουργία η ταχύτητα του δρομέα της ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται με ελεγχόμενο τρόπο, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Σκοπός είναι να μεγιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος και κατά συνέπεια η αύξηση της

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

παραγωγής. Χρησιμοποιήθηκαν αρκετές μέθοδοι προς επίτευξη του σκοπού αυτού, όπως υδραυλικά συστήματα και κιβώτια ταχυτήτων μεταβαλλόμενου λόγου, όμως η πλέον αξιόπιστη και κατάλληλη μέθοδος είναι η χρήση ηλεκτρονικών μετατροπών συχνότητας [70-74].

## 5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΩΝ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Εδώ και πολλά χρόνια το ενδιαφέρον για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι υπαρκτό όμως τα τελευταία χρόνια τα φωτοβολταϊκά συστήματα γνωρίζουν μεγάλη άνθιση. Οι δύο κύριοι λόγοι, πέρα από την ανάγκη για εξεύρεση νέων, εναλλακτικών πηγών ενέργειας πέραν του πετρελαίου και των παραγώγων του, είναι η αύξηση της απόδοσης των ηλιακών κυττάρων και η ταυτόχρονη μείωση στο κόστος κατασκευής ενός τέτοιου συστήματος. Βέβαια αυτό έχει προέλθει μετά από χρόνια ερευνών και δοκιμών και πλέον έχει επιτευχθεί μια άκρως ικανοποιητική σχέση απόδοσης-τιμής κάτι που φαίνεται και από τον αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων, ο οποίος αυξάνεται χρόνο με το χρόνο.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα θεωρούνται συνδυασμός μικρότερων υποσυστημάτων που συνεργάζονται μεταξύ τους για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε χρήσιμη ηλεκτρική. Οι βασικές μονάδες που αποτελούν ένα τέτοιο σύστημα είναι οι φωτοβολταϊκές κυψέλες που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και ο ηλεκτρονικός μετατροπέας (inverter) που προσαρμόζει την ηλεκτρική ενέργεια σε αξιοποιήσιμη μορφή. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι είτε αυτόνομα, τροφοδοτώντας απευθείας κάποια φορτία, είτε διασυνδεδεμένα στο δίκτυο, τροφοδοτώντας το με ισχύ. Στην περίπτωση των αυτόνομων συστημάτων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συσσωρευτών (μπαταρίες) για αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας [67-71].

### 5.4.1 Ηλεκτρονικοί μετατροπείς στα Φ/Β πλαίσια

Οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς είναι το σημαντικότερο δομικό στοιχείο μετά τα πλαίσια σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Είναι το μέρος του συστήματος που είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, σε τέτοια μορφή, ώστε να μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμη. Η μετατροπή της ενέργειας είναι απαραίτητο να συμβεί και αυτό γιατί αφενός είναι σε συνεχή μορφή (DC) και αφετέρου πρέπει να τηρηθούν οι απαιτήσεις των φορτίων ή του δικτύου στο οποίο διοχετεύεται η ενέργεια. Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν ενδεικτικά στην μορφή των ηλεκτρικών μεγεθών, στη συχνότητα, στο πλάτος, στην ποιότητα ισχύος και στο αρμονικό περιεχόμενο. Ο τρόπος που συνδέονται τα πλαίσια, το εύρος ισχύος και η εφαρμογή του συστήματος καθορίζουν αντίστοιχα το είδος μετατροπέα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Στην συνέχεια ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των μετατροπών όπου γίνεται με βάση τη χρήση ή όχι ενδιάμεσου μετατροπέα συνεχούς σε συνεχή σε συνδυασμό με τη χρήση ή τη μη χρήση μετασχηματιστή:



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- ✓ Αντιστροφείς με DC-DC μετατροπέα και γαλβανική απομόνωση:
  - i) Αντιστροφείς με DC-DC push-pull μετατροπέα.
  - ii) Αντιστροφείς με DC-DC μετατροπέα πλήρους γέφυρας (full bridge).
  
- ✓ Αντιστροφείς με DC-DC μετατροπέα χωρίς γαλβανική απομόνωση:
  - i. Αντιστροφείς με DC-DC boost μετατροπέα.
- ✓ Αντιστροφείς χωρίς DC-DC μετατροπέα με γαλβανική απομόνωση:
  - i. Αντιστροφείς με DC-AC μετατροπέα πλήρους γέφυρας (full bridge).
  
- ✓ Αντιστροφείς χωρίς DC-DC μετατροπέα χωρίς γαλβανική απομόνωση:
  - i. Αντιστροφείς με DC-AC μετατροπέα πλήρους γέφυρας (full bridge).
  - ii. Αντιστροφείς τοπολογίας HERIC.
  - iii. Αντιστροφείς με DC-AC μετατροπέα μισής γέφυρας με διόδους περιορισμού.

## 5.5 ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα φωτοβολταϊκά ή τα αιολικά συστήματα για να θεωρούνται αξιόπιστα πρέπει να παρέχουν κάθε στιγμή την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι ένα σύστημα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε με κάποιον τρόπο να καλύπτεται η ζήτηση όταν είναι ιδιαίτερα αυξημένη και ξεπερνά την παραγωγή, ή όταν η παραγωγή είναι μικρή λόγω καιρικών συνθηκών. Έτσι γεννάται η ανάγκη αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας τις στιγμές που η παραγωγή είναι μεγαλύτερη της κατανάλωσης και απόδοσή της όταν η ζήτηση το απαιτεί.

Σε διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα, είτε αυτά είναι αιολικά είτε φωτοβολταϊκά, αυτή η ανάγκη δεν υφίσταται καθώς το δίκτυο δύναται να προσφέρει την απαιτούμενη συμπληρωματική ενέργεια. Ταυτόχρονα, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη της ζήτησης η περίσσεια ενέργεια διοχετεύεται προς το δίκτυο και έτσι δεν χάνεται.

Στα υβριδικά συστήματα, η πρόσθετη απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από κάποια άλλη συμβατική πηγή, συνήθως ντιζελογεννήτρια, ενώ η περίσσεια χάνεται [67-71].

Σε αυτόνομα συστήματα όμως, αυτή η δυνατότητα ανταλλαγής της ενέργειας δεν υπάρχει καθόλου. Αυτή η ανάγκη μπορεί να καλυφθεί με τη χρήση συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές (μπαταρίες) αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργεια και όταν χρειαστεί τη διοχετεύουν προς τα φορτία. Η ποσότητα της ενέργειας που θα αποθηκεύεται εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και τις απαιτήσεις του συστήματος. Συνήθως απαιτείται αυτονομία του συστήματος για δύο με τρεις ημέρες, ανάλογα και με την εφαρμογή [68].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

### 5.5.1 Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

Για την αξιόπιστη και συνεχή λειτουργία αυτόνομων συστημάτων παραγωγής ενέργειας, είτε αυτά είναι φωτοβολταϊκά είτε αιολικά μικρής ισχύος, είναι όπως είπαμε απαραίτητη η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας γίνεται στους *ηλεκτρικούς συσσωρευτές*, ή αλλιώς μπαταρίες. Μια μπαταρία πρέπει να έχει συγκεκριμένες ιδιότητες, οι οποίες θα την ξεχωρίσουν για τη χρησιμοποίησή της σε συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτές οι ιδιότητες συνοψίζονται ακολούθως:

1. *Ικανοποιητικά υψηλή δεκτικότητα φόρτισης*, που σημαίνει πόσο παραπάνω ποσοστό της ενέργειας που καταναλώθηκε απαιτείται για να φορτιστεί πλήρως η μπαταρία. Συνδέεται άμεσα με τις απώλειες λόγω πτώσεων τάσεως στο εσωτερικό της μπαταρίας.
2. *Μεγάλη αντοχή σε κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης*, δηλαδή πόσες φορές είναι σε θέση η μπαταρία να φορτιστεί και να εκφορτιστεί. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από το βάθος εκφόρτισης. Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός κύκλων ζωής της.
3. *Δυνατότητα επαρκούς αναφόρτισης*: Είναι δεδομένη όταν παρατηρείται μια γρήγορη επαναφόρτιση μέχρι την ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας.
4. *Απλή και αξιόπιστη λειτουργία*, δηλαδή να μην απαιτεί διαρκή και εξειδικευμένη συντήρηση, παρά μόνο μια απλή συμπλήρωση υγρών μια-δύο φορές το χρόνο και να έχει αξιόπιστη παροχή της ενέργειας όποτε απαιτείται.

Οι συσσωρευτές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- *Πρωτογενείς*. Είναι μπαταρίες μιας χρήσεως οι οποίες δεν έχουν τη δυνατότητα επαναφόρτισης όταν εκφορτιστούν πλήρως. Τέτοιου είδους συσσωρευτές προτιμούνται σε συστήματα που απαιτούν μικρούς ρυθμούς εκφόρτισης και μικρό αρχικό κόστος. Λόγω αυτής της ιδιότητας τους, δεν είναι κατάλληλοι για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων.
- *Δευτερογενείς*. Οι συσσωρευτές αυτοί χαρακτηρίζονται από την αντιστρεπτότητα των χημικών δράσεων στα ηλεκτρόδιά τους και συνεπώς υπάρχει η δυνατότητα επαναφόρτισης. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος και είναι κατάλληλοι για φωτοβολταϊκά συστήματα. Παραδείγματα τέτοιων συσσωρευτών είναι οι συσσωρευτές νικελίου-καδμίου και μολύβδου-θειικού οξέως.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μολύβδου-θειικού οξέως και όχι νικελίου-καδμίου καθώς οι τελευταίοι παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα. Απαιτούν περίπου 20-30% περισσότερη ενέργεια επαναφορτίσεως σε σχέση με τους μολύβδου-θειικού οξέως και απαραίτητη προϋπόθεση για την πλήρη επαναφόρτισή τους είναι η φόρτισή τους χωρίς διακοπή, κάτι που σε τέτοιες εφαρμογές είναι ανέφικτο. Επιπλέον, σε μικρά αυτόνομα συστήματα η χρησιμοποίησή τους είναι ασύμφορη γιατί είναι περίπου 3 φορές ακριβότεροι [67-71].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

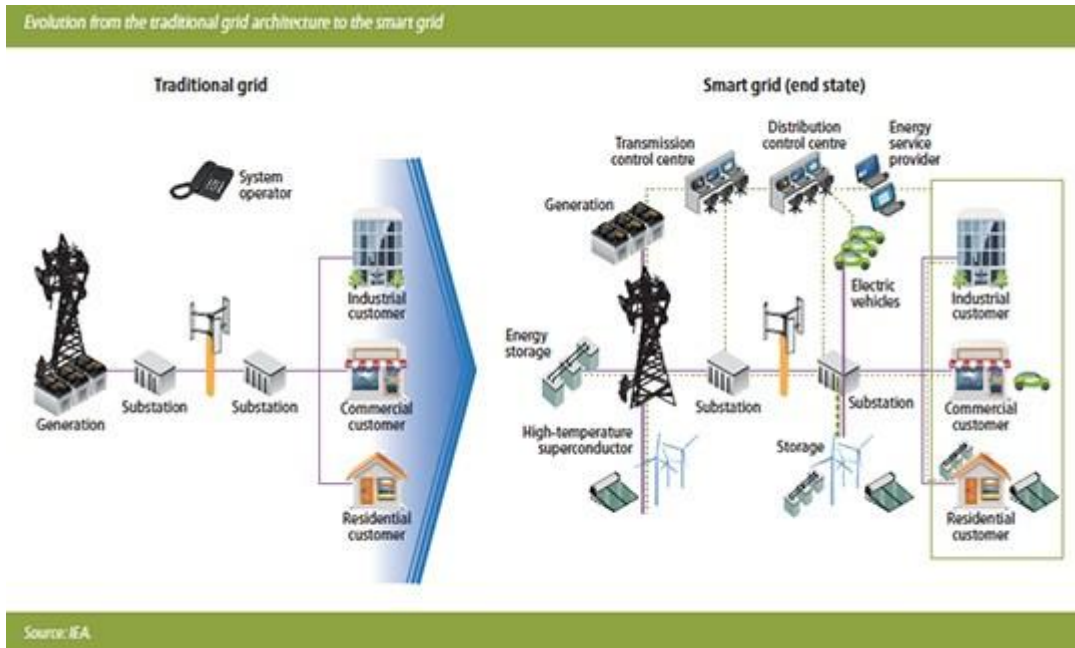
## 6 ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

### 6.1 ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΑΠΕ

Οι περισσότερες χώρες στον τομέα του ηλεκτρισμού χρησιμοποιούν πυρηνικούς και ορυκτούς σταθμούς καύσιμων για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η περιβαλλοντική ρύπανση λόγω των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής ορυκτών καύσιμων έχει συμβάλει σε φυσικές καταστροφές, όπως και στην υπερθέρμανση του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου). Η πυρηνική καταστροφή της Φουκουσίμα στις 11 Μαρτίου 2011 δίνει μια ηχηρή προειδοποίηση σχετικά με τις καταστροφικές συνέπειες που οφείλονται σε ατυχήματα σε πυρηνικούς σταθμούς. Τέτοιες ανησυχίες λόγω των πυρηνικών σταθμών και σταθμών συμβατικών ορυκτών καυσίμων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ευρεία χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την ηλεκτρική παραγωγή σε παγκόσμιο επίπεδο. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, έχουν γίνει προσπάθειες για την ενσωμάτωση μεγάλης και μικρής κλίμακας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι διασκορπισμένες παραγωγές συνήθως ενσωματώνονται στο σύστημα διανομής με τη μορφή των μονάδων κατανεμημένης παραγωγής (DGs) και των μικροδικτύων (MGs). Οι μαζικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να χαρακτηριστούν ως κατανεμημένες παραγωγές (DGs), και η παραγωγή μικρής κλίμακας με συνδεδεμένα φορτία μπορεί να χαρακτηριστεί ως (μικροδίκτυα) MGs [75-80].

Η ευρεία ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μεταμορφώνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κεντροποιημένη σε κατανεμημένη. Αυτή η κατανεμημένη παραγωγή απαιτεί ένα αμφίδρομο μοντέλο δικτύου και όχι τη σημερινή ιεραρχική δομή που έχει η σημερινή υποδομή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντικές εξελίξεις στις υπολογιστικές και επικοινωνιακές τεχνολογίες κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαπενταετίας έχουν παρακινήσει τους ενεργειακούς μηχανικούς να μετατρέψουν τα δίκτυα συμβατικής ενέργειας σε «έξυπνα δίκτυα» με αμφίδρομη προηγμένη παρακολούθηση και έλεγχο.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	



**Εικόνα 6.1:** Μετάβαση της αρχιτεκτονικής του συμβατικού δικτύου ενέργειας προς το έξυπνο δίκτυο.

Η ανάπτυξη σε διάφορους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας άνοιξαν το δρόμο στους μηχανικούς ενέργειας σε ολόκληρο τον κόσμο να φέρουν την επανάσταση στα συμβατικά ενεργειακά δίκτυα με τα έξυπνα δίκτυα. Μια σχηματική σκιαγράφιση της εξέλιξης των ευφυών δικτύων από συμβατικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας απεικονίζεται στην εικόνα 6.1. Η επανάσταση περιλαμβάνει τον εκσυγχρονισμό στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την παρακολούθηση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, τον έλεγχο της ροής ισχύος, και το κέντρο προστασίας του συστήματος [75-80].

## 6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Από την διαθέσιμη βιβλιογραφία σχετικά με τον όρο «έξυπνο δίκτυο» παρουσιάζεται ένα ευρύ φάσμα εκδόσεων. Το έξυπνο δίκτυο έχει εξελιχθεί από την επιθυμία των εμπλεκόμενων φορέων της παγκόσμιας βιομηχανίας ενέργειας να ανταποκριθεί στις προκλήσεις του σχεδιασμού και της κατασκευής του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας "the grid" του μέλλοντος. Στην ιδέα δόθηκαν διαφορετικά ονόματα, όπως έξυπνο δίκτυο, δίκτυο σοφός, EPRI's Intelligrid, και άλλα. Παρά το γεγονός ότι, αρχικά ο ορισμός της έννοιας μπορεί να φαίνεται απατηλός, υπάρχει σχεδόν ομόφωνη συμφωνία ότι το έξυπνο δίκτυο είναι μια έννοια δυναμικής διαδραστικής υποδομής πραγματικού-χρόνου που καλύπτει τα οράματα των ποικίλων εμπλεκόμενων φορέων των συστημάτων ενέργειας.

Από έγγραφο IEC το οποίο κυκλοφόρησε το Μάιο του 2010 υποστηρίζεται ότι το «έξυπνο δίκτυο» χρησιμοποιείται ως όρος μάρκετινγκ και όχι ως τεχνικός ορισμός.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

Είναι αξιοσημείωτο ότι η ιστοσελίδα EPRI προσφέρει ένα περιεκτικό ορισμό που αναφέρει ότι "έξυπνο δίκτυο είναι αυτό που ενσωματώνει τεχνολογία πληροφορίας και επικοινωνίας σε κάθε πτυχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με παροχή και κατανάλωση που έχει σκοπό την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, την ενίσχυση των αγορών, την βελτίωση της αξιοπιστίας και της εξυπηρέτησης, καθώς και τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας". Η IEC δημιούργησε την ομάδα στρατηγικής μελέτης έξυπνου δικτύου, (Smart Grid Strategy Study Group 3), SG3, η οποία ολοκλήρωσε το IEC Smart Grid Standardization Roadmap Edition 1.0 το 2010. Σε αυτό το έγγραφο, η SG3 όρισε τα έξυπνα δίκτυα ως "η έννοια του εκσυγχρονισμού του ηλεκτρικού δικτύου. Το έξυπνο δίκτυο ενσωματώνει τις ηλεκτρικές και πληροφοριακές τεχνολογίες σε οποιαδήποτε σημεία της παραγωγής και σε κάθε σημείο κατανάλωσης" [75-82].

Μελέτη που χρηματοδοτήθηκε από την Καναδική Ένωση ηλεκτρικής ενέργειας κατέδειξε την ποικιλομορφία των ορισμών των έξυπνων δικτύων αναφέροντας τρία δημοσιοποιημένα παραδείγματα και προσδιόρισε τα βασικά θέματα της επικοινωνίας, της ενσωμάτωσης, και του αυτοματισμού τα οποία είναι βιώσιμα, οικονομικά και ασφαλή. Η μελέτη προσφέρει μια συνοπτική περιγραφή: «το έξυπνο δίκτυο είναι μια σειρά από εφαρμογές που βασίζονται στην πληροφορία και γίνονται εφικτές από την αύξηση της αυτοματοποίησης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η σειρά τεχνολογιών ενσωματώνει τη συμπεριφορά και τις ενέργειες όλων των συνδεδεμένων προμηθειών και των φορτίων μέσω διασκορπισμένων δυνατοτήτων επικοινωνίας για να προσφέρει βιώσιμη, οικονομική και ασφαλή παροχή ενέργειας».

### 6.3 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όλοι οι ενδιαφερόμενοι φορείς της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας (επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, προμηθευτές, κατασκευαστές, ρυθμιστικές αρχές, καταναλωτές και οι δικηγόροι τους, κυβερνήσεις) αναγνωρίζουν την ανάγκη να αντιμετωπισθούν δύσκολα προβλήματα που κινητοποιούν την ανάπτυξη και την εφαρμογή του έξυπνου δικτύου. Στην συνέχεια παρουσιάζεται μια λίστα των σχετικών θεμάτων [75-84].

- Γήρανση και ανεπάρκεια επενδύσεων σε υποδομές: Το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας υποδομής του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας χρονολογείται από το 1950 ή και νωρίτερα και φθάνει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του.
- Σταθερή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος σε όλο τον κόσμο, η οποία προκαλεί υψηλή φόρτωση ισχύος που οδηγεί σε υπερβολική καταπόνηση του εξοπλισμού του συστήματος.
- Αύξηση της απόστασης μεταξύ των χώρων παραγωγής και των κέντρων του φορτίου.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- Û Μεταβαλλόμενη συσχέτιση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργεί τους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παράλληλα με μεγάλο αριθμό μικρής, κατανεμημένης παραγωγής.
- Û Ομάδες δημοσίου συμφέροντος ασκούν πίεση στους πολιτικούς για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσω υιοθέτησης εναλλακτικών πηγών ενέργειας και να εφαρμόσει κανονισμούς για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.
- Û Διακοπές και διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή, ασκούν επιπλέον πιέσεις στα υπάρχοντα δίκτυα.
- Û Πρόσθετα και νέα μοντέλα κατανάλωσης (έξυπνα plug-in οχήματα, έξυπνα σπίτια (SHs), και έξυπνα κτίρια).
- Û Διαχωρισμός των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας που αύξησε την εμπορία ηλεκτρικής ενέργειας.
- Û Αύξηση του κόστους και πιέσεις ρυθμιστικών αρχών.
- Û Ανάγκη για διαφανή κατανάλωση και τιμολόγηση του καταναλωτή.
- Û Ρυθμιστικές αρχές πιέζουν για πιο ανταγωνιστικές και χαμηλές τιμές ενέργειας.
- Û Ανάγκη για τη διασφάλιση ανεφοδιασμού και την κάλυψη της αύξησης των ενεργειακών αναγκών.
- Û Επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας πρέπει να υιοθετήσουν τεχνολογίες επικοινωνίας και πληροφορίας για την αντιμετώπιση σεναρίων και προκλήσεων, διατηρώντας παράλληλα την κερδοφορία και τη δυνατότητα να επενδύουν σε υποδομές.
- Û Η αποτελεσματική και αξιόπιστη μετάδοση και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας είναι θεμελιώδους σημασίας για την διατήρηση της λειτουργίας των οικονομιών και των κοινωνιών.
- Û Βιωσιμότητα.

Ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνιών για τη βελτίωση της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και της αποτελεσματικότητας του ηλεκτρικού συστήματος. Στις μέρες μας στα έργα έξυπνου δικτύου, αυτές οι τεχνολογίες εφαρμόζονται σε ηλεκτρικές εφαρμογές του δικτύου, με τη συμμετοχή συσκευών στο επίπεδο των καταναλωτών μέσω του επιπέδου μεταφοράς, για να κάνει το ηλεκτρικό μας σύστημα πιο ανταποκρίσιμο και ευέλικτο. Εκτός από τα οικονομικά και πολιτικά κίνητρα, οι εφαρμογές του έξυπνου δικτύου ανταποκρίνονται στον αυξανόμενο ρυθμό των αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως η υπολογιστική

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

ισχύς, οι επικοινωνίες, αποθήκευση ενέργειας, καθώς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Σαφώς, ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες μαζί με ευφυή παρακολούθηση, έλεγχο, επικοινωνίας, και τεχνολογίες αυτο-ίασης για να:

- § Επιτρέπουν στους καταναλωτές να διαδραματίσουν ένα ρόλο στην βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος και
- § παρέχουν στους καταναλωτές μεγαλύτερη πληροφόρηση και επιλογή του εφοδιασμού.

Η υπόσχεση του έξυπνου δικτύου περιλαμβάνει βελτιωμένη αξιοπιστία και ποιότητα ισχύος, μείωση της αιχμής ζήτησης, μείωση στο κόστος συμφόρησης μετάδοσης, αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, περιβαλλοντικά οφέλη από την αυξημένη αξιοποίηση κεφαλαίων, αυξημένη ασφάλεια, ικανότητα να εξυπηρετήσουν περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αυξημένη ανθεκτικότητα και ευκολία αντιμετώπισης κακόβουλων επιθέσεων ή δυσμενών φυσικών φαινομένων [75-84].

#### 6.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΥΠΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στην συνέχεια ακολουθούν μερικά χαρακτηριστικά των έξυπνων δικτύων [75-84]:

- ✓ **Αποδοτικότητα:** είναι ικανό να αντιμετωπίσει την αυξημένη ζήτηση των καταναλωτών χωρίς πρόσθετες υποδομές.
- ✓ **Εξυπηρέτηση:** δέχεται ενέργεια από σχεδόν οποιοδήποτε πηγή καυσίμων, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας, με την ίδια ευκολία και διαφάνεια όπως τον άνθρακα και το φυσικό αέριο, ικανό να ενσωματώσει καλύτερες ιδέες και τεχνολογίες εφόσον έχουν δοκιμαστεί στην αγορά και είναι έτοιμες να ισχύσουν.
- ✓ **Αποτελεί κίνητρο:** επιτρέπει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ του καταναλωτή και της επιχείρησης κοινής ωφέλειας ώστε οι καταναλωτές να μπορούν να προσαρμόσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση με βάση ατομικών προτιμήσεων, όπως η τιμή και/ ή περιβαλλοντικές ανησυχίες.
- ✓ **«Οπορτουνιστικό»:** δημιουργεί νέες ευκαιρίες και αγορές μέσω της ικανότητάς του να αξιοποιεί την «σύνδεση και άμεση λειτουργία» (plug-and-play) καινοτομίας, όπου και όποτε χρειάζεται.
- ✓ **Εστίαση στην ποιότητα:** είναι ικανό να παρέχει την ποιότητα ισχύος που είναι αναγκαία, χωρίς χαλάρωση, διακοπές και διαταραχές, για την τροφοδότηση της ολοένα εξελισσόμενης ψηφιακής οικονομίας και των αυξανόμενων



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

κέντρων δεδομένων, των υπολογιστών και ηλεκτρονικών που είναι αναγκαία για να λειτουργεί.

- ✓ *Προσαρμοστικότητα (ελαστικότητα):* πιο ανθεκτικά στην επίθεση και τις φυσικές καταστροφές, καθώς γίνεται πιο αποκεντρωμένο και ενισχυμένο με έξυπνα πρωτόκολλα ασφάλειας δικτύου και
- ✓ «Πράσινο»: επιβραδύνει την παγκόσμια κλιματική αλλαγή και προσφέρει μια σημαντική περιβαλλοντική βελτίωση στο αντίκτυπο που έχει η προσφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην ανθρωπότητα.

## 6.5 ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ

Πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αντιμετώπιση ιδιαίτερων προβλημάτων και θεμάτων που αντιμετωπίζει η πρόοδος, η υιοθέτηση και η αποδοχή του έξυπνου δικτύου [75-84].

1. *Συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων:* Στα πρώτα στάδια εφαρμογής του έξυπνου δικτύου, η αρνητική αντίληψη των ενδιαφερόμενων φορέων μπορεί να εκτροχιάσει ακόμα και το πιο ευεργετικό έργο, ιδίως όταν οι υποστηρικτές αδυνατούν να δώσουν ιδιαίτερη προσοχή στις εκπαιδευτικές πτυχές. Οι υποστηρικτές του έξυπνου δικτύου πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν και να προσδιορίσουν με σαφήνεια στους πελάτες τα οφέλη του κάθε μέρους του έξυπνου δικτύου.
2. *Υψηλό αρχικό κόστος:* Το υψηλό κόστος των πιλοτικών προγραμμάτων μπορεί να λειτουργήσει αποτρεπτικά για την αποδοχή και υιοθέτηση των έξυπνων δικτύων. Ο επιμερισμός του κόστους μεταξύ των δικαιοδοσιών και των πιθανών δικαιούχων μπορεί να ανακουφίσει εν μέρει ορισμένες από αυτές τις δυσκολίες.
3. *Ασφάλεια:* Ως ακρογωνιαίο λίθο των έξυπνων δικτύων, η έξαρση της τεχνολογίας πληροφοριών μπορεί να εισάγει νέα τρωτά σημεία ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Η μείωση των κινδύνων ασφαλείας είναι από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες της έρευνας και ανάπτυξης των έξυπνων δικτύων.
4. *Φόβος απαρχαίωσης:* Όπως πολλοί χρήστες τεχνολογίας (υπολογιστές, έξυπνα τηλέφωνα, κλπ) έχουν την επίγνωση ότι η υιοθέτηση νέων εργαλείων μπορεί να ανοίξει την πόρτα σε νέα και πρόσθετα κόστη που μπορεί να καλυφθούν μόνο από τον τελικό καταναλωτή. Ο φόβος αυτός μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της ανάπτυξης προτύπων διαλειτουργικότητας και συμβατότητα με προηγούμενες τεχνολογίες.
5. *Προστασία Προσωπικών Δεδομένων:* Η ανεπαρκής εποπτεία, του πώς χρησιμοποιούνται τα δεδομένα αυξάνει τον κίνδυνο για πιθανές παραβιάσεις της ιδιωτικής ζωής των καταναλωτών. Αυτή η ανησυχία πρέπει να

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

αντιμετωπιστεί κατάλληλα για να αποκτηθεί η αποδοχή και η εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

## 6.6 ΕΞΕΤΑΣΗ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ: ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΤΩΡΑ Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ

### 6.6.1 Ενεργή διαχείριση της διανομής για την μελλοντική γενιά των DNS

Τα έξυπνα δίκτυα έχουν ευρέως αναγνωριστεί ως η μελλοντική υποδομή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για ασφαλή και βιώσιμη ανάπτυξη ενέργειας. Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (DNS) είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο και μεγάλο μέρος της υποδομής του δικτύου ενέργειας. Επειδή θα γίνει κρισιμότερο θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη μελλοντικών έξυπνων δικτύων. Αυτό συμβαίνει επειδή τα DNS είναι εκεί όπου οι περισσότεροι τελικοί χρήστες, οι πηγές καταναμημένης παραγωγής (DG) και τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) είναι συνδεδεμένα. Η αύξηση του επιπέδου διείσδυσης της καταναμημένης παραγωγής (DG) και των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs), η εφαρμογή των έξυπνων τεχνολογιών διανομής, όπως είναι η προηγμένη υποδομή μέτρησης / παρακολούθησης (AMI) καθώς και η υιοθέτηση των έξυπνων συσκευών (SAs) έχουν αλλάξει τα DNS από παθητικά σε ενεργητικά. Τα DNS επόμενης γενιάς θα πρέπει να είναι αποτελεσματικά ευρέως βελτιστοποιημένα σύστημα, εξαιρετικά αξιόπιστα και ανθεκτικά, και ικανά για αποτελεσματική διαχείριση των ηλεκτρικών οχημάτων, των πηγών καταναμημένης παραγωγής, και των άλλων ελεγχόμενων φορτίων. Για να ανταποκριθεί στις νέες προκλήσεις, τα νέας γενιάς DNS χρειάζονται ενεργή διαχείριση της διανομής (ADM).

Διάφορες τεχνολογίες διαχείρισης διανομής, όπως η AMI, η τοποθεσία σφάλματος, ο αυτοματισμός της διανομής, η αυτοματοποιημένη αναδιαμόρφωση και ο έλεγχος VAR, έχουν μελετηθεί και κάποιες από αυτές έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στα σημερινά DNS. Διαφορετικές πτυχές της βελτιστοποίησης του σχεδιασμού του δικτύου διανομής (DN) έχουν επίσης ερευνηθεί, συμπεριλαμβανομένης της βέλτιστης ανάπτυξης πυκνωτών και άλλων συσκευών αντιστάθμισης VAR, των διακοπών αυτόματης επαναφοράς (reclosers) και πηγές καταναμημένης παραγωγής. Επιπλέον, η εξέλιξη στις νέες τεχνολογίες καταναμημένης παραγωγής, η πρόοδος στους νέους ηλεκτρονικούς μετατροπείς ισχύος (PEC), όπως είναι οι μετασχηματιστές στερεάς κατάστασης (SSTs) που είναι ικανοί να ρυθμίζουν τις ροές της πραγματικής και άεργου ηλεκτρικής ισχύος, η διεύρυνση της χρήσης των έξυπνων συσκευών και άλλων ελεγχόμενων φορτίων καθώς και η εφαρμογή αυτοματοποιημένων δικτύων γραφείου και σπιτιού. Όλα αυτά πραγματοποιούν την ενεργητική διαχείριση της διανομής για την μελλοντική γενιά των DNS [75-84].

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 6.6.2 Πλαίσιο ενεργητικής διαχείρισης των δικτύων διανομής

Σε ένα σύστημα ενεργής διαχείρισης των δικτύων διανομής (ADM), ο κατάλληλος συντονισμός των κατανεμημένων παραγωγών (DGs), των ρυθμιστών τάσης, των εγκάρσιων πυκνωτών (shunt capacitors) και των άλλων συσκευών σε ένα δίκτυο διανομής είναι κρίσιμος για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ασφάλεια του συστήματος και της λειτουργικής αποτελεσματικότητας. Συγκεκριμένα, το πλαίσιο διαχείρισης της ADM μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις τύπους πλαισίου [75-84]:

- Στο *κεντρικό πλαίσιο* διαχείρισης, η τάση, η ροή ισχύς, και η κατάσταση μετρήσεων του εξοπλισμού σε επιλεγμένα σημεία του DN αποστέλλονται στον κεντρικό ελεγκτή DN (Distribution Network Central Controller-DNCC). Παρόμοια με τον εποπτικό έλεγχο και την απόκτηση δεδομένων (SCADA) των συστημάτων μεταφοράς, ο DNCC είναι σε θέση να διαχειριστεί το DN μέσω αποστολής ενεργού και άεργου ισχύος από τη κατανεμημένη παραγωγή και μέσω ανάθεσης εντολών λειτουργίας στα άλλα στοιχεία του δικτύου.
- Στο *αποκεντρωμένο πλαίσιο* ελέγχου που έχει αναπτυχθεί για να ακολουθηθεί η κατανεμημένη φύση των DN. Οι συσκευές στις αποκεντρωμένες μεθόδους μπορεί να είναι αυτόνομες. Οι αποφάσεις ελέγχου των τοπικών ελεγκτών μπορούν να γίνουν σύμφωνα μόνο με την τοπική πληροφορία ή το συντονισμό με τις γειτονικές συσκευές. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας την τοπική πληροφορία τάσης και τη πληροφορία συχνότητας, η πραγματική και άεργος ισχύς της κατανεμημένης παραγωγής DG και η αποθήκευση ενέργειας θα μπορούσαν να προσαρμοστούν μέσω  $f / P$  και  $V / Q$  μονάδες στατισμού (droop controller).
- Στην *υβριδική ιεραρχική διαχείριση* «πλαίσιο ΗΗΜ» (Hybrid Hierarchical Management). Η υβριδική ιεραρχική διαχείριση (ΗΗΜ) είναι ένα πιο πρακτικό πλαίσιο για τη διαχείριση των μεγάλων DN. Συνδυάζει κεντρικό και αποκεντρωμένο έλεγχο και έχει μια δομή πολλαπλών στρωμάτων. Η ΗΗΜ συνήθως αποτελείται από πολλά στρώματα εποπτικού ελέγχου. Στο ανώτερο στρώμα της στρατηγικής, ο ελεγκτής διενεργεί τις λειτουργίες απεικόνισης, της παρακολούθησης, της λειτουργίας και της διαχείρισης με τη συλλογή των πληροφοριών των χαμηλότερων στρωμάτων και των πληροφοριών της αγοράς. Με βάση τη σειρά των στρατηγικών εντολών, οι ελεγκτές στο κάτω στρώμα τακτικού εποπτικού ελέγχου εκτελούν διάφορες προκαθορισμένες λειτουργίες για να δημιουργήσουν τις βέλτιστες ρυθμίσεις για τους τοπικούς ελεγκτές στο χαμηλότερο επίπεδο λειτουργικού ελέγχου.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχει γνωρίσει πολλές πρόσφατες εξελίξεις οι οποίες αναβίωσαν το ενδιαφέρον όχι μόνο στον τομέα της έρευνας και της ανάπτυξης, αλλά επίσης οδήγησε σε σημαντικά κοινωνικό-οικονομικά και άλλα μη-απτά οφέλη για το σύνολο της κοινωνίας. Η αφύπνιση των πολιτών σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του αποτυπώματος άνθρακα (ενεργειακό αποτύπωμα) όλων των πηγών ενέργειας, έχουν δώσει ώθηση στην ανάπτυξη και την υιοθέτηση των ανανεώσιμων και εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Οι κυριότερες μορφές των ΑΠΕ είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια, η θαλάσσια- κυματική ενέργεια, η ενέργεια που προέρχεται από τη βιομάζα, η γεωθερμική ενέργεια, το υδρογόνο, η αιολική ενέργεια και η ηλιακή. Έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλων πηγών ενέργειας, όπως το γεγονός ότι είναι πρακτικά ανεξάντλητες, δε μολύνουν το περιβάλλον και έχουν χαμηλό λειτουργικό κόστος. Η αύξηση των επενδύσεων σε ΑΠΕ άρχισε να γίνεται ιδιαίτερα αισθητή τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια όπου παρατηρείται έντονη άνοδος στην επενδυτική δραστηριότητα και συνεπώς στην εγκατεστημένη ισχύ μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Από την μελέτη των Φ/Β συστημάτων προκύπτει ότι δεν έχουν κανένα κινούμενο μέρος, είναι συνολικά μη ρυπαντικά και δεν απαιτούν πολύ συντήρηση και έχουν τα κύτταρα που διαρκούν για δεκαετίες. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτεί μια εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει, σε αντίθεση με τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτρικής παραγωγής. Οι ηλιογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση ή σχολείο, και να παράγουν ισχύ ήσυχα και ακίνδυνα. Επιπλέον δεν χρειάζεται να κατασκευαστεί κάποιος ξεχωριστός χώρος. Τέλος σε σύγκριση με άλλες ΑΠΕ δεν έχει κινούμενα μέρη τα οποία απαιτούν συντήρηση, καθώς είναι και θορυβώδης διαδικασία. Από την άλλη μεριά ο ηλεκτρισμός από βιομάζα είναι μια άλλη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας και μπορεί να φέρει τη σφραγίδα του «πράσινου καυσίμου». Δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς αυτό που παράγει δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα από τα φυτά, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Η βιομάζα αποτελεί μια από τις διαδεδομένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η καύση της έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα και έτσι δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της, δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα, στη βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος. Ακόμη η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών, αυξάνει τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στον βιομηχανικό χώρο.

Η άνοδος του έξυπνου δικτύου είναι ένα όφελος όχι μόνο για την κοινωνία στο σύνολό της αλλά σε όλους όσους εμπλέκονται στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας, τους πελάτες της και των πολλών εμπλεκόμενων φορέων.

Ο πολλαπλασιασμός της ενεργειακής αποθήκευσης, η αποκεντρωμένη παραγωγή, ο εξοπλισμός στερεάς κατάστασης, και η μεγαλύτερη συμμετοχή στην πλευρά της ζήτησης δεν είναι, προς το παρόν, πλήρως ολοκληρωμένη για διάφορους λόγους (όπως είναι η αγορά, ρυθμιστικά και πολιτικά εμπόδια).

Ακόμη, η διαχείριση πληροφοριών, οι μετρήσεις δικτύου, η αναγνώριση της διαταραχής, και τα εργαλεία οπτικοποίησης δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί και εφαρμοστεί πλήρως. Αυτό περιλαμβάνει επίσης την ανάπτυξη τεχνολογιών διεπαφής και προτύπων για να καταστεί δυνατή η απρόσκοπτη ενσωμάτωση κατανεμημένης ενέργειας και των φορτίων στο τοπικό σύστημα διανομής.

Αν και τα κύρια συστατικά των περισσότερων υπαρχών τεχνολογιών υπάρχουν, η πρόκληση είναι η ανάπτυξη και η επίδειξη της ολοκλήρωσης (ενσωμάτωσης) αποτελεσματικού ενεργειακού συστήματος και ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο, δείχνοντας ότι τα μικροδίκτυα μπορεί να προσφέρουν τη λειτουργικότητα και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των μελλοντικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Energy Information Administration, "Annual Energy Outlook 2006", διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov).
2. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
3. Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας, όλα για την ενέργεια, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.allaboutenergy.gr>.
4. Green Energy Solar Power, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: [www.pvsunenergy.gr](http://www.pvsunenergy.gr)
5. Europa's Energy Portal, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.energy.eu>
6. Έρευνα- ανάπτυξη Συστημάτων Εκμετάλλευσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: [www.energotech.gr](http://www.energotech.gr)
7. <http://www.eurobserv-er.org>.
8. Περιβάλλον Ενέργεια Οικολογία, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.econews.gr/>
9. GreenGas Ad Plant., διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.greengas.ie/>
10. ΚΑΠΕ, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ετήσια Έκθεση. Αθήνα: s.n., 2009.
11. Αλεξανδρίδης Α., Θ. "Τεχνολογίες Ελέγχου στα Αιολικά Συστήματα." Πάτρα, 2009.
12. ΖΑΧΑΡΙΑΣ Θ., "ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ"», Πάτρα, 2008.
13. Νέρης, Α., "Ανάλυση και έλεγχος αιολικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας", Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα ΗΜΤΥ, Πάτρα, 1999.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

14. Γκιαουράκης Δ., Σαφάκας Α., "Σύγχρονα Συστήματα Μετατροπής Αιολικής Ενέργειας σε Ηλεκτρική" Πάτρα.
15. Δεδούσης Α., Στοιχεία Τεχνικής Θερμοδυναμικής, Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Συμβατικών Μορφών Ενέργειας, Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2004.
16. Μπουγιούκου Φ., "Σχεδιασμός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος για την τροφοδότηση αγροικίας", Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών, 2010.
17. Κουμπούγιας Ι., Κυρίσης Α., Νανάκος Α., Τατάκης Ε.. "Σύγχρονες Εξελίξεις σε Φωτοβολταϊκά συστήματα για Διεσπαρμένη Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας". Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα ΗΜΜΥ, 2008.
18. Φούντη, Μ., 2005, Θεωρία και Συστήματα Καύσης, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
19. Γιαννόπουλος, Δ., Φούντη, Μ., Εισαγωγή στη Βιομάζα - Πηγές, Ιδιότητες, Βιοκαύσιμα, Ε.Μ.Π., 2005.
20. Γραμμέλης Π., Καραμπίνης Μ., Οδηγός Σχεδιασμού Βιοενεργειακών Συστημάτων - Bisyplan, Έργο "BIO-EN-AREA - Βελτίωση των Πολιτικών Περιφερειακής και Εδαφικής Ανάπτυξης για τη Βιοενέργεια 2012.
21. Γεωργαράκης, Δ., Η Ενεργειακή Αξιοποίηση Ζωικών Αποβλήτων, Επιθεώρηση αγροτικών μελετών, Τόμος 1ος, Νο 2, σ. 88-101, Αθήνα, 1982.
22. E. van Thuijl, R. van Ree, T.J. de Lange, "Biofuel production chains", , EC project "Clear Views on Clean Fuels", Contract No: NNE5-2001-00619, 2003.
23. Παπαϊωάννου Ι., , Ανάλυση Διαφόρων Οργανικών Κύκλων Rankine για Ανάκτηση Θερμότητας από Καυσαέρια Κινητήρα Ντίζελ, Ε.Μ.Π., 2011.
24. Verykios, "Process for the production of Hydrogen and electrical energy from reforming of bio-ethanol" US Patents No: US 6, 605, 376 B2, X. 2003.
25. Γεμπτός Θ., Δυναμικό βιομάζας και προοπτικές ενεργειακών καλλιεργειών στην Ελλάδα. Παρουσιάστηκε στη 2η Επιστημονική Ημερίδα: Ενέργεια από Βιομάζα - Πρώτες ύλες - Προοπτική - Τεχνολογικές εφαρμογές, Μ.Ε.Σ. Expo Center, Αττική, 2012.
26. Αγρανιώτης, Μ., Γραμμέλης Π., , Αξιοποίηση Βιομάζας στην Ελλάδα, Σεμινάριο, Οικονομοτεχνικά Σεμινάρια, Αθήνα 2013.
27. Ζερβός, Α., Σημειώσεις σε «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2011.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

28. Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση:  
[http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER\\_handbook\\_gr.pdf](http://www.ener-supply.eu/downloads/ENER_handbook_gr.pdf)
29. [http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS\\_TERESs.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_TERESs.pdf)
30. ΚΑΠΕ, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Οδηγός Τεχνολογιών Ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, 2001.
31. [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)
32. [www.biomassenergy.gr](http://www.biomassenergy.gr)
33. Γερασίμου, Α., «Η αγορά βιομάζας στην Ελλάδα και η συμβολή της ΕΛΑΒΙΟΜ», 2<sup>η</sup> Επιστημονική Ημερίδα ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ, ΜΕC EXPO CENTER, 2012.
34. Κατσιρή, Α., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Ε.Μ.Π. Αθήνα, 2011.
35. Τόπακας Ε., Παρουσίαση για το μάθημα Βιοτεχνολογία και Περιβάλλον: Βιοτεχνολογική Παραγωγή Βιοκαυσίμων – 3ης Γενιάς Βιοκαύσιμα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, 2010.
36. Li H., Cann A. F., Liao J. C., Biofuels: Biomolecular Engineering Fundamentals and Advances. Annual Review Chemical and Biomolecular Engineering of 2010, 1:19–36, 2009.
37. Shuler M. L., Fikret K., “Μηχανική Βιοδιεργασιών - Βασικές Έννοιες.” Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π, σελ. 295, Αθήνα 2005.
38. IEA, World Energy Outlook 2010, Paris., 2010, διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>
39. Κέκος Δ., 2012. Παρουσίαση: Βιαιθανόλη: Παρόν και μέλλον στην ΕΕ και Ελλάδα. 2η Επιστημονική Ημερίδα: Ενέργεια από Βιομάζα - Πρώτες ύλες - Προοπτική - Τεχνολογικές εφαρμογές, Μ.Ε.С. Expo Center, Αττική, 2012.
40. <http://users.ntua.gr/koronaki/RANKINE.pdf>
41. Μαθιουδάκης, Κ., “Λειτουργία Αεριοστροβίλων και Ατμοστροβίλων”, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π Αθήνα, 2007.
42. <http://users.ntua.gr/koronaki/RANKINEp23.pdf>
43. Δεδούσης, “Στοιχεία Τεχνικής Θερμοδυναμικής”, Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Συμβατικών Μορφών Ενέργειας, Πανεπιστήμιο Πειραιά 2004.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
<i>ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ</i>	

44. Schuster, A., Karellas, S., Kakaras, E. and Spliethoff, H., “Energetic and economic investigation of Organic Rankine Cycle”, Applied Thermal Engineering, 29, pp. 1809-1817, 2009.
45. Dresher U., Bruggemann D., “Fluid selection for the Organic Rankine Cycle (ORC) in biomass power and heat plants,” Applied Thermal Engineering, 2007.
46. Hettiarachchi Madhawa, H. D., Golubovic, M., Worek, W.M., Ikegami, Y., “Optimum design criteria for an Organic Rankine cycle using low - temperature geothermal heat sources,” Energy, vol. 32, Issue 9, pp. 1698 – 1706, 2007.
47. <http://www.turboden.eu>
48. <http://www.nphilippopoulos.gr/gr/>
49. Τσιλιγιάννης, Χ., Γεωργιοπούλου, Μ., Φωτεινοπούλου, Ε. και Τσεκούρα, Ζ., “Μελέτη για τη Δυνατότητα αξιοποίησης της βιομάζας που προκύπτει από το κλάδεμα των ελαιώνων,” ANION ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ Α.Ε, 2007.
50. Τσιλιγκιρίδης, Γ., “Το Δυναμικό των Εγχώριων Ενεργειακών Πόρων,” Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Αθήνα, 1996.
51. AGROENERGY διαθέσιμο στο δίκτυο στην διεύθυνση: <http://www.agroenergy.gr/>
52. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Image:Fuell\\_cell.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Image:Fuell_cell.jpg)
53. [www.fuelcells.org](http://www.fuelcells.org)
54. “Hydrogen fuel cells engines and related technologies”, Rev 0, December 2001, College of the Desert, California USA.
55. [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell)
56. <http://americanhistory.si.edu/fuelcells/basics.htm>
57. <http://ballard.com/>
58. [http://courseware.mech.ntua.gr/ml22058/pdfs/M15b-Biomass\\_Conversion\\_Technologies.pdf](http://courseware.mech.ntua.gr/ml22058/pdfs/M15b-Biomass_Conversion_Technologies.pdf)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

- 59.** Βερούκιος Ξ.Ε., Κονταρίδης Δ.Ι. και Λυγούρας Δ.Κ., 2ο Συνέδριο « Η εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», Αθήνα, Πρακτικά συνεδρίου σελ. 403-408 2001.
- 60.** Λυγούρας Δ.Κ. και Βερούκιος Ξ.Ε., Renewable Energy Sources for Islands, Tourism and Desalination, 26-28 May, proceedings pp. 431-438, Crete, 2003.
- 61.** Semelsberger T., Borup P., Greene H., J. Power Sources, 156, 497, 2006.
- 62.** Παντελάκη Χ.-Δ., "Μοντελοποίηση και δυναμική ανάλυση συστήματος καταμεμημένης παραγωγής με μικροστρόβιλο και ανεμογεννήτρια", Τμήματος ΗΜΤΥ της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.
- 63.** Tonkoski, R., Lopes, L., and El-Fouly, T., "Coordinated active power curtailment of grid connected PV inverters for overvoltage prevention," IEEE Trans. Sustain. Energy, Vol. 2, No. 2, pp. 139–147, 2011.
- 64.** International Energy Agency (IEA), "World energy outlook 2007," Report No. 612007011P1, 2007.
- 65.** Καρυστιάνος Μ. και Σακελλαρίδης Ν., «Ανάπτυξη Μοντέλου για την Προσομοίωση της Ροής Ισχύος στο Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας», Αθήνα ,2007.
- 66.** Zhou, Q., and Bialek, J., "Generation curtailment to manage voltage constraints in distribution networks," IET Generat. Transm. Distrib., Vol. 1, No. 3, pp. 492–498, 2007.
- 67.** ΚΙΟΣΚΕΡΙΔΗΣ Ι., ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ. ΑΘΗΝΑ : ΤΖΙΟΛΑ, 2009.
- 68.** Καζάκος Δ., "Επίδραση από την αναδιοάρθρωση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας στον έλεγχο και στην λειτουργία τους", Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα ΗΜΤΥ, 2011.
- 69.** Σαφάκας Α., "Σημερινή Τεχνολογική Κατάσταση των Ηλεκτρονικών Ισχύος" . Αθήνα, 2006.
- 70.** Mohan, Undeland, Robbins. "Εισαγωγή στα Ηλεκτρονικά Ισχύος". ΤΖΙΟΛΑ, 2010.
- 71.** Blaabjerg F., Chen Z., Teodorescu R., Lov F.. "Power Electronics in Wind Power Systems". Aalborg University, Institute of Energy Technology, Denmark.
- 72.** Μπράτισης Μ.Π., Τσιμπλοστεφανάκης Ε., "Ανεμογεννήτριες και Ηλεκτρονικά Ισχύος". Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα ΗΜΤΥ.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	
Νικόλαος Μήτσος Α.Μ 6238	
Μάριος Γιαννισόπουλος Α.Μ 6026	
ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ	

73. Λαδακάκος Π.Δ., Ιωαννίδου Μ.Γ., "Χρήση των Ηλεκτρονικών Ισχύος σε Συστήματα Αιολικής Ενέργειας". ΕΜΠ, Τμήμα ΗΜΜΥ.
74. Hansen L.H., Helle L., Blaabjerg F., Ritchie E., "Conceptual Survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines". Denmark, December 2001.
75. Management for Distribution Networks: Current Status and Future Development Trends, Electric Power Components and Systems
76. IEC, "IEC smart grid standardization roadmap edition 1.0," available at: <http://www.iec.ch/smartgrid/downloads/sg3roadmap.pdf>
77. Anonymous, EPRI Smart Grid Resource Center, June 2012, available at: <http://smartgrid.epri.com/>
78. Wakefield, M. P., "Smart distribution system research in EPRI's smart grid demonstration initiative," IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1–4, 2011.
79. IEC, "IEC smart grid standardization roadmap edition 1.0," available at: <http://www.iec.ch/smartgrid/downloads/sg3> roadmap.pdf
80. Anonymous, EPRI Smart Grid Resource Center, June 2012, available at: <http://smartgrid.epri.com/>
81. David E.,. Sustainable energy: choices, problems and opportunities. The Royal Society of Chemistry 19: 19-47, 2003.
82. Management for Distribution Networks: Current Status and Future Development Trends, Electric Power Components and Systems.
83. Devdas V.,. Planning for rural energy system: part II. Renewable Sustainable Energy Review 5: 227-270, 2001.
84. Wakefield, M. P., "Smart distribution system research in EPRI's smart grid demonstration initiative," *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, pp. 1–4, 2011.