

Α. Τ.Ε.Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
«ΑΠΟ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΣΤΗ
ΚΑΘΑΡΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΠΑΡΑΓΩΓΗ H_2 ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΒΑΚΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΠΑΡΙΣΗ ΛΕΥΚΟΘΕΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	5
1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	6
1.2 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	8
1.2.1 ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	8
1.2.2 ΤΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	9
1.2.3 ΤΟ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	9
1.2.4 ΤΟ ΟΖΟΝ	10
1.2.5 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	10
1.2.6 ΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	11
1.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	17
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	18
2.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	20
2.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	23
2.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	24
2.5 ΒΙΟΜΑΖΑ	25
2.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΚΕΑΝΩΝ	26
2.7 ΥΔΡΟΓΟΝΟ	26
2.7.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	30
3.1 ΓΕΝΙΚΑ	30
3.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	31
3.2.1 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	31
3.2.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	32
3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ	33
3.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	36
3.4.1 ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	36
3.4.2 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	39
3.4.3 ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ	54
4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	54
4.2 ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	55
4.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	58
4.4 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	63
4.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	63
4.4.2 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	64
4.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	64
4.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ Η₂	67
5.1 ΥΔΡΟΓΟΝΟ	67
5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	67
5.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	68
5.3.1 ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	68
5.3.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ	73
5.3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	74
5.3.3.1 ΜΕΓΕΘΟΣ	75
5.3.3.2 ΜΟΡΦΗ	76
5.3.3.3 ΔΟΜΗ	76
5.3.3.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	76
5.3.3.5 ΡΟΗ ΑΔΡΑΝΟΥΣ ΜΕΣΟΥ	76
5.3.3.6 ΡΥΘΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	77
5.3.3.7 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	77
5.3.3.8 ΣΤΑΧΤΗ	77
5.3.4 ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ	78
5.3.4.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	78
5.3.4.1.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΑΝΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ Ή ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΡΟΗΣ	78
5.3.4.1.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗΣ Ή ΟΜΑΛΗΣ ΡΟΗΣ	79
5.3.4.1.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ	79
5.3.4.1.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ	79
5.3.4.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ	80
5.3.4.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΣΥΜΠΑΡΑΣΥΡΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ	81
5.4 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ Η ₂ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ	82
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργειακή πολιτική και η επιλογή του τρόπου κάλυψης των ενεργειακών αναγκών βασίζεται σε πέντε κυρίως κριτήρια που είναι: Διαθεσιμότητα, κόστος, ασφάλεια, αξιοπιστία και περιβαλλοντικές επιπτώσεις των χρησιμοποιούμενων κάθε φορά ενεργειακών πόρων. Το υφιστάμενο ενεργειακό σύστημα φαίνεται ότι υστερεί σημαντικά σε αρκετά από τα παραπάνω κριτήρια, ιδιαίτερα λόγω της επιβάρυνσης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων. Για το λόγο αυτό τίθεται πλέον θέμα υποκατάστασης του υφιστάμενου ενεργειακού συστήματος από ένα βιωσιμότερο, το οποίο κατά το δυνατόν θα εκπληρώνει τα παραπάνω κριτήρια.

Η επιλογή του H_2 ως βασικού ενεργειακού φορέα και η υιοθέτηση της οικονομίας του υδρογόνου φαίνεται ότι υπόσχεται αρκετά. Η παραγωγή του υδρογόνου παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση όσον αφορά στις πηγές απ' τις οποίες παράγεται. Μία δυνατότητα είναι αυτή της παραγωγής του H_2 από αεριοποίηση βιομάζας. Η βιομάζα είναι στην ουσία μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, χαρακτηρίζεται δε τόσο από αρνητικά αλλά και από θετικά στοιχεία. Οι δυνατότητες αξιοποίησης της βιομάζας για την παραγωγή H_2 μέσω αεριοποίησης, με την χρήση και μη καταλυτικών διεργασιών, εξετάζονται στην παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Αναμφισβήτητα, οι συμβατικές πηγές ενέργειας στήριξαν την ανάπτυξη, την εξέλιξη και τη βιομηχανική πρόοδο. Η πρόοδος αυτή βελτίωσε την ποιότητα ζωής σε ορισμένες τουλάχιστον περιοχές του πλανήτη, αύξησε το μέσο όρο ζωής των ανθρώπων, βελτίωσε το επίπεδο υγείας, ανέπτυξε τις επικοινωνίες και τις μεταφορές, καθώς και το μορφωτικό και πολιτιστικό επίπεδο των ανθρώπων. Παράλληλα, η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας δημιούργησε μια σειρά από περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών αλλαγών και της εν γένει ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Το πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών συνδέεται, κατά κύριο λόγο, με την ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα επιμέρους περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση συμβατικών μορφών ενέργειας είναι πολυδιάστατα και εκτείνονται σε όλους τους χώρους και τομείς δραστηριότητας του ανθρώπου.

Πίνακας 1: Επιπτώσεις στο περιβάλλον της παραγωγής και χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας

Διαδικασία	Επιπτώσεις
Αντληση – εξαγωγή	Ηχορύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, δονήσεις- κραδασμοί.
Επεξεργασία - κατεργασία	Αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, ρύπανση εδάφους.
Μεταφορά καυσίμων – πρώτων υλών	Ηχορύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, ρύπανση εδάφους.
Μετατροπή	Θερμική ρύπανση, αέρια ρύπανση, ρύπανση υδάτων, προβλήματα ασφάλειας.
Μεταφορά ενέργειας – μετάδοση	Προβλήματα ασφάλειας, αισθητική υποβάθμιση, αποψίλωση δασών.
Χρήση	Αέρια ρύπανση, θερμική ρύπανση, προβλήματα ασφάλειας.

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή ρύπανσης του πλανήτη. Ένα πλήθος αερίων ρύπων προέρχονται, σε μεγάλο βαθμό ή αποκλειστικά, από τα διάφορα στάδια χρήσης της ενέργειας. Οι κύριοι ρύποι είναι: α) το διοξείδιο του άνθρακα, (CO₂), β) το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x) που ευθύνονται για τη δημιουργία της όξινης βροχής και γ) τα αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης, σημαντικά είναι τα προβλήματα από τα ραδιενεργά απόβλητα της πυρηνικής ενέργειας και τους τρόπους απόθεσής τους.

1.1 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Κάθε χρόνο, ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα κυρίως από την καύση ορυκτών καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. (Φαινόμενο θερμοκηπίου)

Το *φαινόμενο του θερμοκηπίου* οφείλεται κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο επιτρέπει στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία να φθάνει στην επιφάνεια της Γης, αλλά συγχρόνως απορροφά και ξαναστέλνει προς το έδαφος τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης προς το διάστημα. Έτσι, ένα μέρος των υπέρυθρων ακτίνων παγιδεύεται μέσα στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τη θέρμανση των αερίων μαζών που βρίσκονται κοντά στο έδαφος. Η συγκέντρωσή του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 36% σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή (γύρω στο 1750). Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην καύση των ορυκτών καυσίμων¹. Η σημαντικότερη συνέπεια του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Υπολογίζεται ότι στο διάστημα 1906 – 2005, η μέση θερμοκρασία έχει ανέλθει κατά $0,74 \pm 0,18$ °C και ιδιαίτερα στο διάστημα 1956 – 2005 κατά $0,65 \pm 0,15$ °C. Στο διάστημα 1995 – 2006 τα 11 από τα 12 χρόνια ήταν τα θερμότερα που έχουν καταγραφεί από το 1850 που άρχισαν οι μετρήσεις θερμοκρασίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα εξαρτάται από το

¹ U.S. Environmental Protection Agency. (2009). 'Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 – 2007'. Washington DC, U.S.A. (<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>)

μελλοντικό ρυθμό εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Διάφορα σενάρια έχουν αναπτυχθεί που υπολογίζουν διάφορους ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης και διάφορους βαθμούς εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Οι επικρατέστερες εκτιμήσεις για την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι το τέλος του αιώνα προβλέπουν μια αύξηση από 1,8 έως 4,0 °C, αν και υπάρχουν εκτιμήσεις για αύξηση μέχρι και 6,4° C.²

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης της γης δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλα τα μήκη και πλάτη. Οι σίγουρες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι:

- Η μείωση στα αποθέματα του νερού
- Οι υψηλές θερμοκρασίες στη θερινή περίοδο
- Η είσοδος των θαλάσσιων υδάτων στον παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα και η υποβάθμισή του
- Οι σημαντικές μετακινήσεις πληθυσμού και αγαθών
- Οι απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του πλανήτη
- Η δραματική μείωση του αριθμού των ειδών.

Η αλλαγή του κλίματος αμφισβητήθηκε στο παρελθόν και σε οποιαδήποτε προσπάθειες για την έγκαιρη αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού αντέδρασαν λόμπι ισχυρών συμφερόντων. Πλέον όμως αυτή η πραγματικότητα είναι αδιαμφισβήτητη και οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι ήδη πραγματικότητα. Την τελευταία δεκαετία, εκδηλώθηκαν περισσότερες φυσικές καταστροφές, στον κόσμο από ότι στα προηγούμενα χρόνια, ενώ αυξήθηκε κατακόρυφα και το κόστος των καταστροφών από παρόμοια φαινόμενα.

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με την καύση λιγνίτη, λιθάνθρακα, πετρελαίου και άλλων ορυκτών καυσίμων, ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος της περιβαλλοντικής κρίσης προκαλώντας αλόγιστη ρύπανση στον αέρα, το έδαφος, το υπέδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και την υγεία των πολιτών. Στην Ευρώπη οι πιο ρυπογόνοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν στην Ελλάδα, την Γερμανία, την Πολωνία και την Ισπανία.

Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά την ρύπανση της ατμόσφαιρας και τους κυριότερους ρυπαντές.

² Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007), 'Climate Change 2007: Synthesis Report'

1.2 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται κάθε αλλαγή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας πάνω στη γη, διακρίνεται σε *χημική ρύπανση* που προκαλείται από τοξικές χημικές ενώσεις, σε *θερμική ρύπανση* από την αύξηση της θερμοκρασίας, σε *ηχορύπανση* από αυξημένη στάθμη θορύβου, σε *ραδιενεργή ρύπανση* από ραδιενεργά υλικά.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση υποβαθμίζει την ποιότητα του περιβάλλοντος αφού επηρεάζει δυσμενώς την βλάστηση, την ποιότητα του νερού, τις κτιριακές υποδομές και την ανθρώπινη υγεία. Επίσης από την ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται μείωση της ορατότητας, κάτι που είναι εμφανές στις μεγαλουπόλεις λόγω του “νέφους”.

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που παράγουν αέριους ρύπους είναι οι μεταφορές (τα οχήματα), η βιομηχανία και η θέρμανση, μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Οι ρύποι που εκπέμπονται απευθείας από τις πηγές ρύπανσης ονομάζονται πρωτογενείς, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οξείδια του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα και του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες. Δευτερογενείς είναι οι ρύποι που παράγονται στην ατμόσφαιρα μετά από χημικές αντιδράσεις των πρωτογενών ρύπων, με την κατάλληλη επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας κ.λ.π., χαρακτηριστικά παραδείγματα δευτερογενών ρύπων είναι το διοξείδιο του αζώτου και το όζον. Τέλος, μόλις τα τελευταία χρόνια αναγνωρίστηκε ως ρύπος και το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο συμβάλει τα πλείστα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δημιουργείται λόγω της υψηλής συγκέντρωσης των ρύπων τοπικά, συνδυασμένο με τις επικρατούσες καιρικές και κλιματικές συνθήκες καθώς και την έντονη αστικοποίηση και βιομηχανοποίηση. Έτσι σχηματίζονται δύο τύποι νέφους, α) αυτό της αιθαλομίχλης (τύπου Λονδίνου), που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μεγάλων συγκεντρώσεων πρωτογενών ρύπων και αυτό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης (τύπου Λος Άντζελες), που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη δευτερογενών ρύπων και από έντονη ηλιοφάνεια.

1.2.1 ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO₂)

Είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, που παράγεται κυρίως από την καύση ορυκτού άνθρακα και πετρελαίου, λόγω της ύπαρξης θείου στο καύσιμο. Η βελτίωση

της ποιότητας των υγρών καυσίμων έχει επιφέρει σημαντική μείωση της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα. Στις αστικές περιοχές παρατηρείται μια εποχική διακύμανση των συγκεντρώσεων του SO₂ λόγω της λειτουργίας των κεντρικών θερμάνσεων τον χειμώνα, ενώ και στις βιομηχανικές περιοχές η εκπομπές μειώνονται με την χρήση μέτρων αποθείωσης των καυσαερίων ή με την υιοθέτηση υψηλών καμινάδων οι οποίες λύνουν το πρόβλημα τοπικά, αυξάνουν όμως τους μεταφορόμενους ρύπους σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Το κύριο πρόβλημα απ' την εκπομπή SO₂ είναι η συμβολή του στην δημιουργία της όξινης βροχής. Η όξινη βροχή ήταν η κύρια αιτία για τον “θάνατο” δασικών οικοσυστημάτων στην κεντρική Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική. Αυτή η καταστροφή προκύπτει είτε λόγω της άμεσης επίδρασης της όξινης βροχής, είτε και της έμμεσης μέσω της οξίνισης του νερού και του εδάφους.

1.2.2 ΤΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου που συναντώνται στην ατμόσφαιρα είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂ ή N₂O₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και το πεντοξείδιο του αζώτου (N₂O₅). Παράγονται από όλες τις διαδικασίες καύσης, λόγω της ύπαρξης υψηλών θερμοκρασιών κατά τις οποίες το αζώτο του αέρα ενώνεται με το οξυγόνο. Τη μεγαλύτερη περιβαλλοντολογική επιβάρυνση προκαλούν το NO και NO₂. Το μεν NO είναι άχρωμο και άοσμο, το δε NO₂ είναι καστανοκόκκινο και έντονης οσμής. Το NO αντιδρά με οξειδωτικές ουσίες και μετατρέπεται σε NO₂, το οποίο προκαλεί διπλό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Από τη μία συμμετέχει σε αντιδράσεις που δημιουργούν το φωτοχημικό νέφος και από την άλλη με το νερό της βροχής μετατρέπεται σε νιτρικό οξύ συμβάλλοντας μαζί με το θειικό οξύ στο φαινόμενο της όξινης βροχής. Η χρήση ειδικών καταλυτών στις καμινάδες των απαερίων έχει αμβλύνει κάπως το πρόβλημα της εκπομπής των οξειδίων του αζώτου, στην βιομηχανία. Επίσης, οι τριοδικοί καταλύτες, οι γνωστοί μας καταλύτες αυτοκινήτων βοηθούν στη σημαντική μείωση των NO_x και στις μεταφορές.

1.2.3 ΤΟ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

Είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο και εξαιρετικά δηλητηριώδες. Παράγεται κατά την ατελή καύση οποιασδήποτε οργανικής ύλης. Το CO που συμβάλει στη ρύπανση της ατμόσφαιρας των αστικών περιοχών προέρχεται κυρίως από την ατελή καύση στους βενζινοκινητήρες εσωτερικής καύσης. Πρόκειται για τοξικό αέριο αφού

ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος στις κυψελίδες του πνεύμονα, κατά αυτό τον τρόπο δεν δεσμεύεται το ζωτικό οξυγόνο, προκαλώντας στον οργανισμό έλλειμμα οξυγόνου. Λόγω της χρήσης καταλυτικών μετατροπών στα οχήματα, το CO μετατρέπεται σε CO₂, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των εκπομπών CO στην ατμόσφαιρα.

1.2.4 ΤΟ ΟΖΟΝ (O₃)

Το όζον είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα, με έντονη οσμή. Αν και το όζον είναι απαραίτητο για την ζωή στον πλανήτη γη, αφού «φιλτράρει» τις υπεριώδεις ακτίνες της ηλιακής ακτινοβολίας στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας, είναι ένας επικίνδυνος ρύπος όταν βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της γης, δηλαδή στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας. Δεν εκπέμπεται απευθείας από κάποια πηγή ρύπανσης αλλά πρόκειται για ένα δευτερογενή φωτοχημικό ρύπο. Παράγεται από μια σειρά φωτοχημικών αντιδράσεων στις οποίες συμμετέχουν πρωτογενείς ρύποι όπως υδρογονάνθρακες, οξειδία του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα, κάτω από την επίδραση ευνοϊκών συνθηκών ηλιοφάνειας, θερμοκρασίας και θερμοκρασιακής αναστροφής. Χαρακτηριστικό είναι ότι υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος παρουσιάζονται στα προάστια αφού οι φωτοχημικές αντιδράσεις διαρκούν ώρες, κατά τις οποίες τα αντιδρώντα και τα προϊόντα των αντιδράσεων μεταφέρονται από τις πηγές των πρωτογενών ρύπων, που είναι συνήθως το κέντρο της πόλης, στα προάστια.

1.2.5 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

Είναι οργανικοί ρύποι και ανήκουν στην κατηγορία των πτητικών οργανικών ενώσεων. Στην ατμόσφαιρα έχουν εντοπιστεί χιλιάδες ενώσεις υδρογονανθράκων. Συμμετέχουν μαζί με άλλους πρωτογενείς ρύπους στις αντιδράσεις παραγωγής του φωτοχημικού νέφους. Η χρήση καταλυτικών μετατροπών στα οχήματα είχε μεταξύ άλλων ως αποτέλεσμα, την μείωση των εκπομπών τους στην ατμόσφαιρα. Παρόλα αυτά για να διατηρηθεί η ποιότητα (η αντικροτική ιδιότητα) στα υγρά καύσιμα, αντί του μολύβδου που δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αφού δηλητηριάζει τους καταλύτες, χρησιμοποιήθηκαν αρωματικές οργανικές ενώσεις. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση εκπομπών των αρωματικών υδρογονανθράκων και κυρίως βενζόλιο-τολουόλιο-ξυλόλιο ΒΤΧ, καθώς επίσης και την αύξηση εκπομπών πολυαρωματικών υδρογονανθράκων οι οποίοι αυξάνονται με την αύξηση των αρωματικών

υδρογονανθράκων στα καύσιμα. Η διαχρονική τάση των δύο τελευταίων ρύπων είναι αυξητική.

Χαρακτηριστικό των πολυαρωματικών υδρογονανθράκων είναι ότι βρίσκονται έως και 90% προσροφημένοι στο εισπνεύσιμο κλάσμα των αιωρούμενων σωματιδίων, όπου επιπλέον μπορούν να αντιδράσουν με άλλους ρύπους και να δημιουργηθούν νέοι ρύποι πιο τοξικοί.

Πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες εκπέμπουν επίσης η βιομηχανίες και οι κεντρικές θερμάνσεις.

1.2.6 ΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια ανεξάρτητα του μεγέθους και στα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια, που λόγω του μικρού μεγέθους και της μικρής αδράνειας μάζας που έχουν, εισέρχονται με την αναπνοή στον ανθρώπινο οργανισμό. Εκπέμπονται κυρίως από τις βιομηχανίες, τις κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Εκτός του ότι τα σωματίδια αποτελούν από μόνα τους ρύπους, έχουν την ιδιότητα να προσροφούν άλλους ρύπους και εξαιτίας του φαινομένου της συνέργειας να εμφανίζουν πολλαπλάσια επικινδυνότητα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, μαζί με το SO₂, όταν εκπέμπονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις και με την ύπαρξη κατάλληλων μετεωρολογικών συνθηκών δημιουργούν την αιθαλομίχλη. Τα τελευταία χρόνια, κυρίως μέσω της βελτίωσης της ποιότητας των καυσίμων, έχει μειωθεί η εκπομπή των αιωρούμενων σωματιδίων, παρόλα αυτά απαιτείται η περαιτέρω μείωσή τους με άλλες ειδικές παρεμβάσεις αλλά και με την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων.

Έχοντας ολοκληρώσει μια σύντομη περιγραφή των ρύπων, χωρίς να ξεχνάμε το CO₂ και τη ζημιά που προκαλεί λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, μπορεί να γίνει άμεσα κατανοητό ότι η πλειονότητά τους σχετίζεται με τα καύσιμα. Στην ανάγκη περιορισμού των ρύπων πρέπει είτε να αναζητηθούν νέες τεχνολογίες για την καταστροφή τους είτε εναλλακτικά καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Ανάμεσα σε αυτά το Υδρογόνο είναι το μοναδικό που η καύση του δεν παράγει ρύπους αφού το μοναδικό προϊόν είναι το νερό, όπως φαίνεται από την αντίδραση καύσης του:



1.3 ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

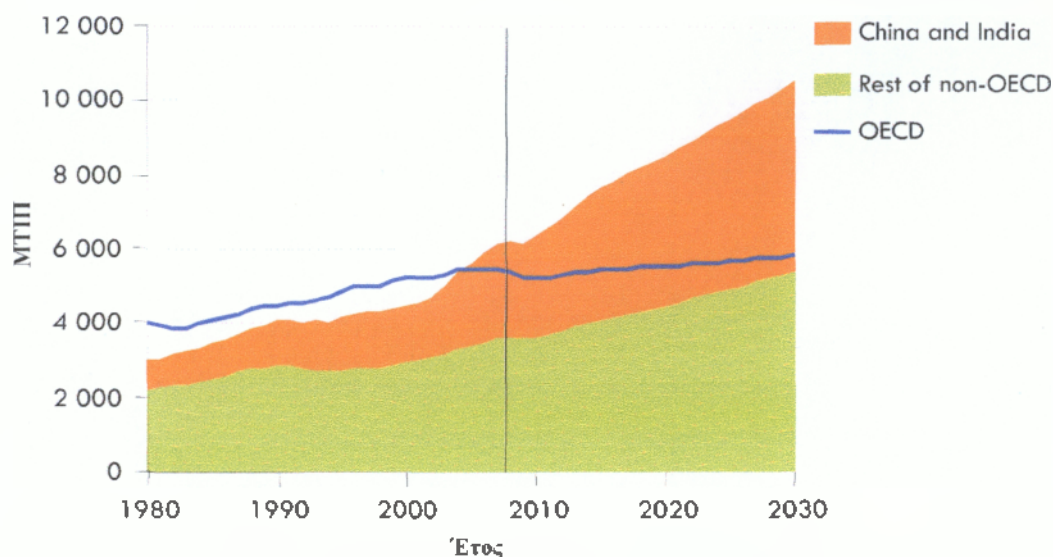
Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται εμφανής μια μείωση στους διαθέσιμους παραδοσιακούς ενεργειακούς πόρους. Αυτή η έλλειψη ενεργειακών πόρων (ανεξάρτητα αν είναι πραγματική ή πλασματική) προκαλεί αναστάτωση στην γενική λειτουργία του οικονομικού συστήματος. Από τη μια είναι συνεχής η ανάγκη για περισσότερα καταναλωτικά προϊόντα και άρα για μεγαλύτερη παραγωγή, ενώ από την άλλη αυξάνονται οι απαιτήσεις για καθαρότερο περιβάλλον και φθηνότερη ενέργεια. Όμως η ενεργούσα δομή παραγωγής, η αυξανόμενη κατανάλωση και ταυτόχρονα ανορθολογική χρήση της ενέργειας έχουν οδηγήσει σε μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων και άρα αύξηση του κόστους εξόρυξης και παραγωγής τους. Η στενότητα των φυσικών πόρων και η επίπτωση της στην οικονομική ανάπτυξη έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την οικονομική σκέψη.

Οι ενεργειακοί πόροι που κατέχουν σήμερα δεσπόζουσα θέση στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας είναι κυρίως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, ενώ ακολουθεί ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Το πετρέλαιο και τα λοιπά ορυκτά καύσιμα είναι εξαντλήσιμοι και σπάνιοι πόροι και επομένως υπό την πίεση της αυξανόμενης ζήτησης θα αυξάνονται ολοένα και οι τιμές τους.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών του αναγκών το καλύπτει σήμερα ο άνθρωπος, με την αξιοποίηση των ορυκτών καυσίμων, που αποτελούν έναν μη ανανεώσιμο φυσικό πόρο. Τα ορυκτά καύσιμα δημιουργήθηκαν πριν εκατομμύρια χρόνια, από φυτική οργανική ύλη, η οποία θάφτηκε σε μεγάλα βάθη για να μετατραπεί κάτω από συγκεκριμένες γεωλογικές συνθήκες σε ορυκτό άνθρακα, αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Επειδή δεν ανανεώνονται τουλάχιστον με ρυθμούς μετρήσιμους, είναι βέβαιο ότι τα ορυκτά καύσιμα κάποτε θα εξαντληθούν, με συνέπεια να τίθεται θέμα “χρόνου ζωής”, δηλαδή διάρκειας ζωής τους. Το ζήτημα αυτό είναι τόσο κρίσιμο, ώστε στην επιστημονική κοινότητα να συζητούνται τα “όρια της ανάπτυξης” του ανθρώπου πάνω σε ένα πεπερασμένο πλανήτη, με πεπερασμένους φυσικούς πόρους.

Τα ορυκτά καύσιμα παραμένουν ακόμη η κύρια πηγή ενέργειας και αναμένεται να καλύπτουν έως το 77% της ζήτησης ενέργειας έως το 2030 (IEA, 2009). Τα επόμενα 20 χρόνια αναμένεται να αυξηθεί η ζήτηση σε πετρέλαιο κατά 32% (Leder F. & Shapiro J., 2008). Βασισόμενη στο σενάριο αναφοράς της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενέργειας (IEA) η ζήτηση σε ενέργεια θα αυξάνεται επίσης, με τις αναπτυσσόμενες χώρες να ευθύνονται κατά πολύ για την αυξανόμενη ζήτηση. Σήμερα η αύξηση της κατανάλωσης σε ενέργεια κάθε έτος είναι 2%, ενώ αναμένεται να αυξάνεται με ένα ρυθμό 1,1% ανά έτος έως το

2030 (Shafiee S., Topal E., 2008). Συγκριτικά με το 2007 η ζήτηση σε ενέργεια αναμένεται να αυξηθεί κατά 40% το 2030. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η παγκόσμια ζήτηση ενέργειας .



Σχήμα 1: Παγκόσμια ζήτηση ενέργειας σε ΜΤΙΠ * (Σενάριο αναφοράς ΙΕΑ) (ΙΕΑ, 2009)* ΜΤΙΠ: Μέγα τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου

Να προσθέσουμε εδώ ότι τα γνωστά αποθέματα των ορυκτών καυσίμων συνεχώς αλλάζουν, αφού με την αύξηση της τιμής των ορυκτών καυσίμων, αλλά και με την τεχνολογική πρόοδο, είναι αξιοποιήσιμα όλο και περισσότερα αποθέματα, που κατά το παρελθόν ήταν οικονομικά ασύμφορη η χρήση τους, βλέπουμε δηλαδή ότι καθοριστικός παράγοντας για την διαμόρφωση των γνωστών αποθεμάτων είναι η τρέχουσα κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων και η τιμή τους στα πλαίσια της προσφοράς και ζήτησης της αγοράς, αγνοώντας παντελώς ότι πρόκειται για πεπερασμένους φυσικούς πόρους (το υπάρχον οικονομικό μοντέλο θεωρεί δηλαδή, ότι πάντοτε θα υπάρχει προσφορά και ανάλογα με την ζήτηση θα διαμορφώνονται αντίστοιχα οι τιμές). Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι χρόνοι ζωής των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων.

Πίνακας 2: Διάρκεια ζωής των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων
(Shafiee S., Topal E., 2008)

	Πετρέλαιο	Άνθρακας	Φυσικό αέριο
Έτη	35	107	37

Πιστεύεται ότι τα αποθέματα πετρελαίου επαρκούν να καλύψουν την ζήτηση έως και το 2030. Πάντως, η τελική εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων θα συμβεί κάποια στιγμή, υιοθετώντας ακόμη και το βέλτιστο σενάριο όσον αφορά στο ρυθμό κατανάλωσή τους, το μόνο αμφισβητήσιμο είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία θα συμβεί. Αυτό δείχνει και τον φαύλο κύκλο στον οποίο μπορεί να εισέλθει η οικονομία, αφού όλο και πιο δύσκολα αξιοποιήσιμα αποθέματα που απαιτούν την δαπάνη υψηλότερης ποσότητας ενέργειας για την εξόρυξη ίδιας ποσότητας ορυκτών καυσίμων, χρησιμεύουν να καλύπτουν όλο και αυξανόμενες ανάγκες.

Κλείνοντας το κεφάλαιο, παρατηρούμε ότι πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με την χρήση των ορυκτών καυσίμων, έχουν αν όχι λυθεί τουλάχιστον αμβλυνθεί, αυτό ισχύει κυρίως για τις αναπτυγμένες χώρες. Έτσι αρχικά το κύριο πρόβλημα ήταν η ρύπανση της ατμόσφαιρας με διοξείδιο του θείου και αιθάλη, μέσω όμως της χρήσης καθαρότερων καυσίμων, την υιοθέτηση ψηλών καμινάδων και τεχνολογιών επεξεργασίας των καυσαερίων δόθηκε μια λύση στο πρόβλημα. Το ίδιο συνέβη στην περίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από κινητές πηγές, με την χρήση κατάλληλων καταλυτικών μετατροπέων βελτιώθηκε κατά πολύ το ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Παρατηρούμε δηλαδή ότι υπήρξε μεγάλη βελτίωση στην ανάπτυξη περιβαλλοντικά φιλικών καυσίμων και ταυτόχρονα στην ανάπτυξη τεχνολογιών χρήσης τους, καθώς και τεχνολογιών ελέγχου της ρύπανσης.

Επίσης παρατηρούμε ότι η γεωγραφική και η χρονική κλίμακα των περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλάζει. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα αποκτούν:

1^{ον} ένα παγκόσμιο χαρακτήρα με κυριότερο εκπρόσωπο το φαινόμενο του θερμοκηπίου, παλιότερα τα προβλήματα είχαν επίπτωση σε τοπικό επίπεδο και αργότερα σε περιφερειακό (π.χ με τους μεταφερόμενους ρύπους),

2^{ον} τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα χαρακτηρίζονται ως διαχρονικά, έχουν δε επίπτωση στον άνθρωπο σήμερα αλλά και στις επόμενες γενιές, μπορούν δε να αλλάξουν ριζικά και μη αναστρέψιμα την φύση και τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου μέσα σε αυτή.

Συμπερασματικά θα πρέπει να επισημάνουμε τα εξής:

Όποια τεχνολογία επεξεργασίας και καθαρισμού να χρησιμοποιήσουμε όσον αφορά στην χρήση των ορυκτών καυσίμων, το αποτέλεσμα θα είναι τελικά η εκπομπή πρόσθετου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, κάτι που εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αν και γίνεται σημαντική έρευνα πάνω σε τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης του CO₂, αυτές δεν είναι ακόμη τεχνολογικά ώριμες και θεωρούνται ακριβές λύσεις αν εφαρμοστούν στην πράξη.

Το θέμα της επάρκειας το ορυκτών καυσίμων είναι κρίσιμο, η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα συνδέεται άρρηκτα με την ενεργειακή ασφάλεια και την οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας. Τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν ένα πεπερασμένο φυσικό πόρο, επιπλέον εντοπίζονται μόνο σε συγκεκριμένες περιοχές του πλανήτη, έτσι η ανάπτυξη κάθε χώρας επηρεάζεται από τις γεωπολιτικές επιλογές άλλων χωρών, ενώ σε περίπτωση ανεπάρκειας των ορυκτών καυσίμων, δεν αποκλείονται περιόδοι αστάθειας και κρίσεων έως και πολεμικών συρράξεων, ώστε να μη διαταραχτεί η αδιάκοπη τροφοδοσία και πρόσβαση στους ενεργειακούς πόρους.

Συνεπώς η στροφή προς εναλλακτικές και κυρίως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας, θεωρούνται η λύση στο πρόβλημα. Να επισημάνουμε ότι η πυρηνική ενέργεια θεωρείται επίσης μια εναλλακτική πηγή, συνδέεται όμως με το πρόβλημα της διαχείρισης και της ασφαλούς διάθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων, κάτι στο οποίο δεν έχει βρεθεί ικανοποιητική λύση. Με τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας συνδέονται επιπλέον τα ανθρώπινα λάθη και αστοχίες, με συνέπεια να προκαλούνται πυρηνικά ατυχήματα και να υπάρχει διαρροή ραδιενεργούς ύλης στο περιβάλλον. Δεν πρέπει να παραβλέπουμε το γεγονός, ότι η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιεί ως καύσιμη ύλη το ουράνιο, το οποίο αποτελεί επίσης ένα πεπερασμένο ενεργειακό πόρο. Ακόμη εάν η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα, για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του ανθρώπου, τότε τα γνωστά και τα πιθανά αποθέματα ουρανίου θα επαρκούσαν για λίγο μόνο χρόνια, βλέπουμε δηλαδή ότι η πυρηνική ενέργεια σαφώς δεν είναι ένας ανεξάντλητος πόρος, αντίθετα από ότι αφήνεται να εννοηθεί πολλές φορές στη κοινή γνώμη.

Η μεταστροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα πρέπει κατά πολλούς ήδη να έχει ξεκινήσει δυναμικά, αφού υπάρχει συνεχώς η τάση στην αναζήτηση ανεκμετάλλευτων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων και εμμονή στις υπάρχουσες τεχνολογίες κάλυψης των ενεργειακών αναγκών μας, με συνέπεια η έρευνα τεχνολογιών αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας να μένει πίσω και να μην συμβαδίζει με την αναγκαιότητά τους, οι δε σημερινές ενεργειακές επιλογές αποτελούν καθοριστικό

παράγοντα διαμόρφωσης του ενεργειακού μοντέλου για τα επόμενα 20 χρόνια, ταυτόχρονα κεφάλαια απαραίτητα για τη μεταστροφή σε νέες βιώσιμες ενεργειακές επιλογές, χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση συμβατικών καυσίμων. Επιπλέον η μεταστροφή θα πρέπει να γίνει σύντομα, καθώς η μεταβολή των ενεργειακών πολιτικών και επιλογών κάθε κράτους συντελείται μακροπρόθεσμα και σε βάθος χρόνου, έτσι σε μια χρονική στιγμή μελλοντικά, που τα περιβαλλοντικά προβλήματα και το πρόβλημα της ενεργειακής επάρκειας θα πιέζουν, δύσκολα θα μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Ανανεώσιμη ενέργεια είναι η ενέργεια που αντλείται από πηγές, οι οποίες δεν εξαντλούνται ή αντικαθίστανται και ο όρος ΑΠΕ αναφέρεται κυρίως στις ακόλουθες:

- Την *Αιολική ενέργεια*, που αξιοποιείται μέσω Ανεμογεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.
- Την *Ηλιακή Ενέργεια*, αξιοποιείται είτε, συνηθέστερα μέσω των Φωτοβολταϊκών γεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν απ' ευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική είτε, σπανιότερα με την συγκέντρωση των ηλιακών ακτίνων μέσω ηλιακών συλλεκτών ώστε να επιτευχθούν υψηλές θερμοκρασίες και τελικά η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, εκτεταμένη χρήση της ηλιακής ενέργειας γίνεται για τη θέρμανση νερού ή χώρων.
- Τα *Μικρά Υδροηλεκτρικά* όπου γίνεται συνήθως εκμετάλλευση υδάτινων ρευμάτων για τα οποία δεν απαιτούνται μεγάλα έργα αποθηκείσεως (πχ φράγματα).
- Τις *Κυψελίδες καυσίμου*, οι οποίες μετατρέπουν απ' ευθείας τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, με τη χρήση κατάλληλων δεξαμενών και ηλεκτρολυτών.
- Την *ενέργεια των Θαλάσσιων κυμάτων*
- Την *Γεωθερμική ενέργεια*, είναι γενικά η θερμότητα εσωτερικών στρωμάτων της γης, η οποία γίνεται εκμεταλλεύσιμη όταν υπάρχουν κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες.
- Την *ενέργεια της Βιομάζας*, η οποία συνίσταται από τα πάσης φύσεως γεωργικά και δασικά υπολείμματα, από τα οποία με κατάλληλες θερμοχημικές επεξεργασίες μπορούν να ληφθούν καύσιμα (Παπαδόπουλος, 1997)

Οι ανανεώσιμες πηγές δεν εξαντλούνται πρακτικά ποτέ και δε ρυπαίνουν. Τα τελευταία χρόνια γίνεται ολοένα πιο επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης, σε συνδυασμό με τη μείωση των αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων και τις δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εκτεταμένη χρήση τους, το παγκόσμιο ενδιαφέρον στρέφεται στην ανάπτυξη τεχνολογιών των προς εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας. Το ενδιαφέρον αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις η τεχνολογία των Α.Π.Ε. όχι μόνο είναι οικονομικά εφικτή αλλά και αρκετά αποδοτική.

2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί διαφορές πίεσης και θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, προκαλώντας την κίνηση των αερίων μαζών, τους ανέμους. Από παλιά οι άνθρωποι έχουν εκμεταλλευτεί αυτή τη μορφή ενέργειας για να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις, αλλά και για το άλεσμα και την άντληση νερού. Στη σύγχρονη εποχή, τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν αποκλειστικά σε μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται αιολικές μηχανές ή ανεμογεννήτριες. Χώρες με ιδιαίτερη ανάπτυξη στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι η Γερμανία, η Ισπανία, οι Η.Π.Α., η Δανία κ.ά.



Εικόνα 2.1: Αιολικό πάρκο

Πηγή: <http://www.google.gr>

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, δηλαδή την τοπική και εποχιακή κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου. Η Ελλάδα διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει σημαντικό μοχλό για την ενεργειακή ανάπτυξή της. Περιοχές που προσφέρονται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι κορυφογραμμές, οι παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως τα νησιά του Αιγαίου, όπου συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι, έντασης 8 και 9 Μποφόρ. Κριτήριο για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι, η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (10 μέτρα από το έδαφος) να είναι τουλάχιστον 6 μέτρα ανά

δευτερόλεπτο. Σε περιοχές λοιπόν τις Ελλάδας όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι (π.χ. Εύβοια, Θράκη, Κρήτη) έχουν εγκατασταθεί αιολικά πάρκα.

Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες σε ένα ευρύτερο δίκτυο. Στην περίπτωση των αυτόνομων ανεμογεννητριών απαιτείται κάποιας μορφής αποθήκευση της ενέργειας, συνήθως σε μπαταρίες, για τις περιόδους που η ταχύτητα του ανέμου δεν επαρκεί. Είναι επίσης συνηθισμένο στην περίπτωση της αυτόνομης ανεμογεννήτριας, να λειτουργεί σε συνδυασμό με μια συμβατική ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου. Η αιολική ενέργεια, που είναι μια από τις πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών που θα μειώνουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη.

Γενικά κατασκευάζονται δύο τύποι ανεμογεννήτριας: α) οριζόντιου άξονα και β) κατακόρυφου άξονα, όμως η πλειοψηφία των μηχανών που εγκαθίστανται είναι οριζόντιου άξονα. Πολύ μικρές ανεμογεννήτριες (κάτω των 5kW) χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση για απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, σε ιστιοπλοϊκά σκάφη κ.ά.



Εικόνα 2.2 : Μικρή ανεμογεννήτρια (kW) οριζόντιου άξονα

Πηγή: <http://archiexpo.com>

Οι λόγοι της μεγάλης διάδοσης της αιολικής ενέργειας σήμερα είναι:

(α) η αποδοτικότητα στα μέρη όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική,
(β) το γεγονός ότι είναι μια καθαρή και ασφαλής ενεργειακή μορφή, χωρίς σημαντικές επιπτώσεις,

(γ) είναι μια τοπική μορφή ενέργειας, δίνει συνεπώς μια ενεργειακή αυτοδυναμία, χωρίς εξαρτήσεις από ξένους παράγοντες, διακυμάνσεις τιμής κ.λπ.,

(δ) μπορούν να εγκατασταθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα που φθάνει και τον ένα χρόνο,

(ε) η γη που καταλαμβάνεται από το αιολικό πάρκο μπορεί να έχει και άλλες χρήσεις (π.χ. βόσκηση, καλλιέργεια).

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση της αιολικής ενέργειας σε εθνική κλίμακα, περιλαμβάνουν την απουσία παραγωγής αέριων ρύπων και την καλή ενεργειακή απόδοση. Μειονεκτήματα σε τοπικό επίπεδο θεωρούνται οι αισθητικές επιπτώσεις στο τοπίο, η διάβρωση του εδάφους από τους δρόμους υποστήριξης, οι παρεμποδίσεις των μεταναστευτικών διαδρομών των πουλιών, οι παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες και η παραγωγή θορύβου. Εξαιτίας των δύο τελευταίων προβλημάτων υπάρχει πρόβλεψη, ώστε η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών να είναι μακριά από οικισμούς και τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς.

2.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο είναι πρακτικά ανεξάντλητη και αυτό είναι το βασικό προσόν της. Επιπλέον, επειδή υπάρχει σχετικά ομοιόμορφη κατανομή της στο χώρο, δεν απαιτείται πάντα η μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις, επομένως, με τη χρήση μικρών ηλιακών συστημάτων μπορεί να αξιοποιείται στον τόπο παραγωγής της.

Ταυτόχρονα, η παραγωγή και κατανάλωσή της δεν ρυτάνει και δεν απαιτεί δύσκολες και δαπανηρές εγκαταστάσεις για τη χρήση της, τουλάχιστον για τις απλές εφαρμογές. Το μειονέκτημα έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη κατά τη διάρκεια όλης της μέρας. Έτσι, θα πρέπει να συγκεντρώνεται για ορισμένο διάστημα με ειδικά συστήματα που απαιτούν μεγάλες επιφάνειες για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

Ο ήλιος αποτελεί ανεξάντλητη πηγή ενέργειας γι' αυτό και σήμερα υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα τα οποία επωφελούνται από αυτή την ενέργεια. Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες σε θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης, φως και ηλεκτρισμό, αποφεύγοντας τις αρνητικές επιπτώσεις των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τα συμβατικά καύσιμα. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά (ηλιοθερμικά) συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά

συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα βασίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Τα ηλιακά θερμικά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα, με κυριότερες τεχνολογίες τα:

(α) Παθητικά ηλιακά συστήματα, που χρησιμοποιούν κατάλληλα δομικά υλικά και στοιχεία οικοδόμησης (π.χ. παράθυρα προς το νότο, πέτρινοι τοίχοι, ηλιακοί χώροι) για τη συλλογή και αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.

(β). Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία αποτελούν μηχανολογικά συστήματα για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας καθώς επίσης για τη μετατροπή της σε θερμότητα, την αποθήκευση και μεταφορά της χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό, είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας.

(γ) Υβριδικά ηλιακά συστήματα, που είναι συνδυασμός ενεργητικών και παθητικών συστημάτων

Θέρμανση νερού με ηλιακή ενέργεια - ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Οι ηλιακοί **συλλέκτες** (ηλιακοί θερμοσίφωνες) είναι ίσως ο πιο γνωστός τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας. Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης και περιλαμβάνουν τον ηλιακό συλλέκτη και μια δεξαμενή που είναι γεμάτη με νερό. Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται χρησιμοποιείται για την θέρμανση του νερού, το ζεστό νερό αποθηκεύεται στην καλά μονωμένη δεξαμενή, η οποία που βρίσκεται συνήθως σε υψηλότερο σημείο από τον ηλιακό συλλέκτη. Το νερό στον ηλιακό συλλέκτη κυκλοφορεί μέσα σε σωλήνες, ζεσταίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και ανέρχεται μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Τη θέση του καταλαμβάνει κρύο νερό από το κάτω μέρος του δοχείου και η διαδικασία επαναλαμβάνεται όσο υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία και μέχρι να θερμανθεί το νερό της δεξαμενής. Όταν ανοίξει η βρύση του ζεστού νερού, αφαιρείται ζεστό νερό από το επάνω μέρος της δεξαμενής που αναπληρώνεται με κρύο νερό στο κάτω μέρος. Το σύστημα είναι εντελώς απλό και δεν χρειάζεται αντλία για την κυκλοφορία του νερού. Για τις περιόδους που δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια (ημέρες με συννεφιά, το βράδυ κ.λπ.) υπάρχει μέσα στη δεξαμενή μια ηλεκτρική αντίσταση που μπορεί να ζεστάνει νερό, αν χρειαστεί.

Πιο προηγμένα ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού απαιτούν μεγάλες επιφάνειες συλλεκτών και αντλίες, οι οποίες κυκλοφορούν το ζεστό νερό μέχρι τις

δεξαμενές στα υπόγεια των κτηρίων. Τέτοια συστήματα απαιτούν επίσης ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, ενώ συνήθως συνδυάζονται με συμβατικούς λέβητες πετρελαίου για την πλήρη κάλυψη των αναγκών.

Παραγωγή ηλεκτρισμού σε ηλιακό θερμικό σταθμό – ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Για την παραγωγή ηλεκτρισμού απαιτείται η δημιουργία ατμού. Αυτό επιτυγχάνεται με εστίαση κάτοπτρων σε έναν ηλιακό πύργο ή με συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεντρωτικούς ηλιακούς συλλέκτες. Έτσι, αναπτύσσεται ιδιαίτερα υψηλή θερμοκρασία (γύρω στους 1.000°C), με αποτέλεσμα την παραγωγή ατμού. Το μειονέκτημα με τους ηλιακούς σταθμούς είναι ότι λειτουργούν μόνο όταν υπάρχει ήλιος, συνεπώς τις ημέρες που έχει συννεφιά και κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία τους σταματά. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει συνήθως ένα συμβατικό σύστημα, π.χ. με φυσικό αέριο, που εξασφαλίζει την παραγωγή ηλεκτρισμού σε 24ωρη βάση.

Φωτοβολταϊκά κύτταρα - ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Η ανακάλυψή τους ανάγεται στο 1839, όταν ο Μπεκερέλ παρατήρησε ότι με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από ορισμένα υλικά υπήρχε εκτός από παραγωγή θερμότητας, και μικρή παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Τέτοια κύτταρα συναντάμε στα ρολόγια, σε κομπιουτεράκια τσέπης, σε σκάφη και αλλού. Είναι κατασκευασμένα από κρυστάλλους πυριτίου, που παράγεται από άμμο.

Η χρήση των φωτοβολταϊκών κυττάρων αποτελεί ένα σύγχρονο τρόπο για την παραγωγή ηλεκτρισμού από την ηλιακή ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή είναι ήδη ανταγωνιστική και δίνονται οικονομικά κίνητρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κυττάρων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Παθητικά ηλιακά συστήματα

Ένας απλός τρόπος χρήσης της ηλιακής ενέργειας είναι η άμεση θέρμανση και ο φωτισμός κτηρίων που έχουν σχεδιαστεί με τις βασικές αρχές της *βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής*. Στα παθητικά συστήματα δεν απαιτούνται τα μηχανικά μέσα (π.χ. αντλίες, σύρματα, διακόπτες, κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στα ενεργητικά συστήματα.

Υπάρχουν, κατά βάση, τέσσερα διαφορετικά σχέδια παθητικού σχεδιασμού κτηρίων: άμεσου κέρδους, θερμικής μάζας, θερμοκηπίου και ηλιακού φωτισμού.

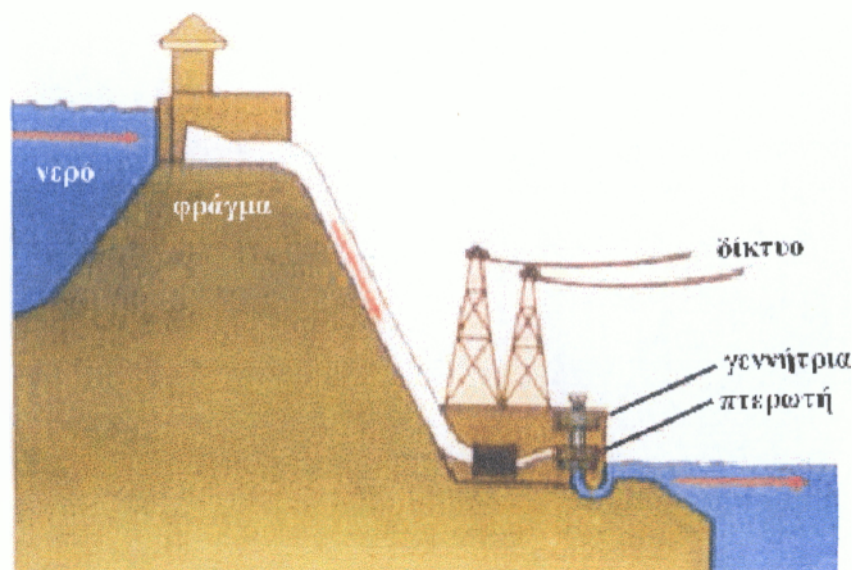
Οι βασικές αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στοχεύουν στο να επιτρέπεται στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στους χώρους κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν ο ήλιος βρίσκεται σχετικά χαμηλά στον ορίζοντα και να αποτρέπεται η είσοδος της κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν ο ήλιος είναι ψηλά.

2.3 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το νερό που τρέχει στα ποτάμια προς τη θάλασσα έχει κινητική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί έργο. Για χιλιάδες χρόνια το χρησιμοποιούσαν για να γυρίζουν νερόμυλους που άλεθαν σιτηρά, σήμερα το χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ηλεκτρισμό.

Για την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού, χτίζονται φράγματα που δημιουργούν τεχνητές λίμνες και στις οποίες το νερό ανέρχεται σε μεγάλο ύψος, αποκτώντας με τον τρόπο αυτό δυναμική ενέργεια. Στη συνέχεια, το νερό οδηγείται μέσα από αγωγούς και αφού αποκτήσει μεγάλη κινητική ενέργεια με την πτώση από το μεγάλο ύψος, προσπίπτει στα πτερύγια υδροστρόβιλων που αναγκάζονται να περιστραφούν.

Το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι η δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης κι η αλλαγή χρήσης αυτής, ενώ η λειτουργία των σταθμών απαιτεί μεγάλη προσοχή, ώστε να μη στερείται η περιοχή στα κατάντη του ποταμού του απαιτούμενου νερού για τη διατήρηση της πανίδας και της χλωρίδας. Επιπροσθέτως, συχνά η κατασκευή τεχνητών φραγμάτων δημιουργεί προβλήματα στη μετακίνηση των ειδών (π.χ. σολομοί, χέλια). Παράλληλα, η δημιουργία των τεχνητών λιμνών επιτρέπει την ανάπτυξη δραστηριοτήτων αναψυχής, ενώ οι λίμνες μπορούν να μετατραπούν σε υγροβιότοπους. Ως κύριο μειονέκτημα της υδροηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να θεωρηθεί η διακύμανση της παραγόμενης ισχύος, λόγω της εποχικής διακύμανσης της παροχής νερού (βλ. επίσης ενότητα «Φυσικά Οικοσυστήματα» - εσωτερικά ύδατα).



Εικόνα 2.3: Υδροηλεκτρικό φράγμα και εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
(Πηγή: <http://www.google.gr>)

Τέλος, άλλες Α.Π.Ε. που σχετίζονται με τους υδάτινους πόρους, είναι η ενέργεια που παράγεται από παλίρροιας, κύματα και ωκεανούς. Η εκμετάλλευσή τους, όμως, βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

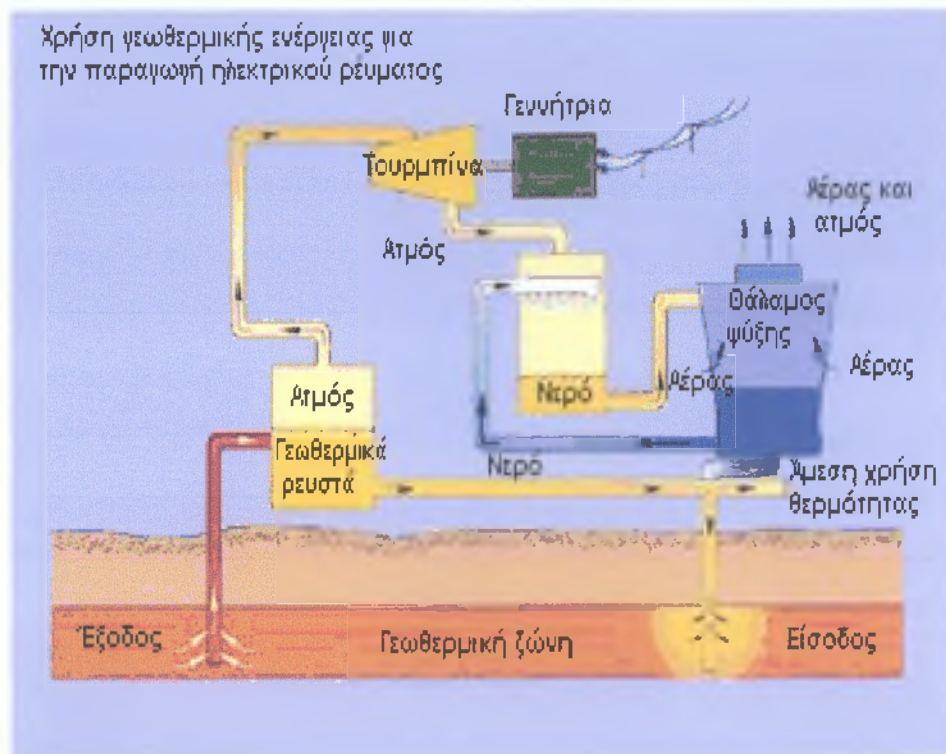
2.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια, είναι η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης, σχετίζεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ανάλογα με το βάθος από την επιφάνεια της Γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς ατμούς, σε επιφανειακά ή υπόγεια θερμά νερά και σε θερμά ξηρά πετρώματα. Η γεωθερμική ενέργεια μεταφέρεται από τις γεωθερμικές δεξαμενές με αγωγούς στην επιφάνεια του εδάφους.

Η γεωθερμία, ως πηγή ενέργειας, θεωρείται ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή (αν και υπάρχει δυνητικά κίνδυνος εξάντλησης), η οποία, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

Η κυριότερη θερμική εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα, αλλά και παγκοσμίως, αφορά στη θέρμανση θερμοκηπίων. Στην Ελλάδα γεωθερμικά θερμοκήπια βρίσκονται στην περιοχή Σιδηροκάστρου Σερρών. Μια άλλη θερμική εφαρμογή της γεωθερμίας είναι η τηλεθέρμανση. Έτσι ονομάζεται η παροχή ζεστού νερού από έναν κεντρικό σταθμό παραγωγής της θερμότητας, με σκοπό τη θέρμανση διαφόρων χώρων σε έναν οικισμό. Το ζεστό νερό μεταφέρεται, μέσω δικτύου αγωγών,

από το σταθμό προς τα κτήρια / καταναλωτές. Μια άλλη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 2.4 : Σύστημα γεωθερμικής ενέργειας

Πηγή: <http://www.google.gr>

2.5 ΒΙΟΜΑΖΑ

Με τον όρο **βιομάζα** χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε προϊόν, υποπροϊόν ή κατάλοιπο προέρχεται από οργανική ύλη. Η πιο απλή χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας ήταν γνωστή από τα αρχαία χρόνια και είναι η καύση. Η καύση της βιομάζας, είτε απευθείας είτε μετά τη μετατροπή της βιομάζας σε κατάλληλο καύσιμο, αποδίδει θερμική ενέργεια, η οποία, στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών.

Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα περιλαμβάνει:

(α) Τις *φυτικές ύλες* που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις λεγόμενες ενεργειακές καλλιέργειες, δηλαδή φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό όχι την παραγωγή τροφίμων ή βιομηχανικών πρώτων υλών, αλλά την παραγωγή ενέργειας. Τέτοια φυτά είναι ο ευκάλυπτος, το καλάμι, κ.λπ.

(β) Τα προϊόντα, τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως τα άχυρα, τα κλαδιά δένδρων, τα φύκη, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, κ.ά.

(γ) Τα υποπροϊόντα, που προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία των παραπάνω προϊόντων, όπως το ελαιοπυρηνόξυλο, τα υπολείμματα εκκοκκισμού του βαμβακιού, το πριονίδι, κ.ά.

(δ) Τα αστικά λύματα και απορρίμματα, τα κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, καθώς και τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων.

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού, κ.λπ.) μετατρέπόμενη σε αέρια, υγρά ή / και στερεά καύσιμα, μέσω θερμοχημικών ή βιοχημικών εργασιών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, περισσότερο για παραδοσιακές χρήσεις (καυσόξυλα κ.ά.). Στην Ελλάδα, η βιομάζα χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση θερμοκηπίων κ.λπ. Με τη χρήση της βιομάζας δεν έχουμε επιβάρυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου, διότι με την καύση εκλύεται το διοξείδιο του άνθρακα που τα φυτά είχαν προηγουμένως αποθηκεύσει με τη φωτοσύνθεση.

2.6 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΩΚΕΑΝΩΝ

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

- α) από τα κύματα
- β) από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- γ) από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού.

2.7 ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Το υδρογόνο είναι το πιο απλό και το πιο κοινό στοιχείο στο Σύμπαν και στη Γη. Στην ελεύθερη μορφή του είναι διατομικό αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη τοξικό. Εξαιτίας της μικρής γραμμομοριακής του μάζας, έχει το μεγαλύτερο ενεργειακό

περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας από όλα τα καύσιμα (20,7 kJ/g)³. Επιπλέον, όπως έχουμε ήδη πει, είναι «καθαρό» καύσιμο αφού κατά την καύση του παράγει μόνο νερό⁴. Όμως, πολλοί θεωρούν το υδρογόνο επικίνδυνο επειδή είναι εύφλεκτο. Η αλήθεια είναι ότι είναι μεν εύφλεκτο αλλά για να γίνει ανάφλεξη πρέπει να προηγηθεί ανάμειξη σε ορισμένες αναλογίες με αέρα και να υπάρχει σπινθήρας, φλόγα ή καταλύτης. Το ίδιο όμως ισχύει και για το φυσικό αέριο, το οποίο χρησιμοποιούν εκατομμύρια άνθρωποι στις κουζίνες και στην κεντρική θέρμανση των σπιτιών τους⁵.

Το μειονέκτημα του υδρογόνου είναι ότι δεν συναντάται στην ελεύθερη μοριακή του μορφή. Επειδή είναι πολύ ελαφρό, διαφεύγει από την ατμόσφαιρα της Γης. Επιπλέον, το υδρογόνο είναι πολύ δραστικό στοιχείο κι έτσι βρίσκεται σε πλήθος ενώσεων δεσμευμένο με άλλα άτομα, όπως στο νερό, τους υδρογονάνθρακες και σε άλλες οργανικές ενώσεις⁶. Συνεπώς, για να χρησιμοποιηθεί ως καθαρό καύσιμο πρέπει να απομακρυνθεί από τις ενώσεις του, διαδικασία που απαιτεί ενέργεια, την οποία παίρνουμε πίσω με την καύση του. Γι' αυτό το λόγο το υδρογόνο δεν θεωρείται πηγή αλλά φορέας ενέργειας⁷. Εάν για την παραγωγή υδρογόνου χρησιμοποιηθούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να αποθηκεύσουμε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι οποίες από τη φύση τους έχουν παροδικό και διαλείποντα χαρακτήρα⁸.

³ Βασάλος Ι., Βερύκιος Ξ., Λάππας Α., Λεμονίδου Α. (2005). Καταλυτική Παραγωγή Καυσίμων Φίλικών προς το Περιβάλλον. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

⁴ Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον'. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53.

Βασάλος Ι., Βερύκιος Ξ., Λάππας Α., Λεμονίδου Α. (2005). Καταλυτική Παραγωγή Καυσίμων Φίλικών προς το Περιβάλλον. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

⁵ Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον'. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53.

⁶ Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον'. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53.

Βασάλος Ι., Βερύκιος Ξ., Λάππας Α., Λεμονίδου Α. (2005). Καταλυτική Παραγωγή Καυσίμων Φίλικών προς το Περιβάλλον. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

⁷ Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον'. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53

⁸ Zhu J., Zäch M. (2009). 'Nanostructured materials for photocatalytic hydrogen production'. Current Opinion in Colloid & Interface Science 14, pp. 260 – 269.

Navarro R.M., del Valle F., Villoria de la Mano J.A., Álvarez-Galván M.C., Fierro J.L.G. (2009). Photocatalytic Water Splitting Under Visible Light: Concept and Catalysts Development. Advances in Chemical Engineering 36, pp. 111 – 143

2.7.1 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Η αναγκαιότητα της χρήσης υδρογόνου ως εναλλακτικό καύσιμο οφείλεται στους δύο λόγους που αναλύθηκαν προηγουμένως:

- (α) στη μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και
- (β) στα αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα, κυρίως στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι ενεργειακές ανάγκες θα καλυφτούν από το υδρογόνο. Αρχικά θα παράγεται από ορυκτά καύσιμα (κυρίως φυσικό αέριο) και στη συνέχεια από ανανεώσιμες πηγές όπως η βιομάζα, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια⁹. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτός από τα μεγάλα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα που έχει, μειώνει επιπλέον την εξάρτηση της χώρας από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τα οποία εισάγονται από το εξωτερικό. Αναμένεται ότι η χρήση του υδρογόνου θα αρχίσει από τον τομέα των μεταφορών. Το υδρογόνο ήδη χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα διαστημόπλοια αλλά στο μέλλον θα χρησιμοποιείται σε αεροπλάνα, λεωφορεία, τρένα και κυρίως στα αυτοκίνητα¹⁰.

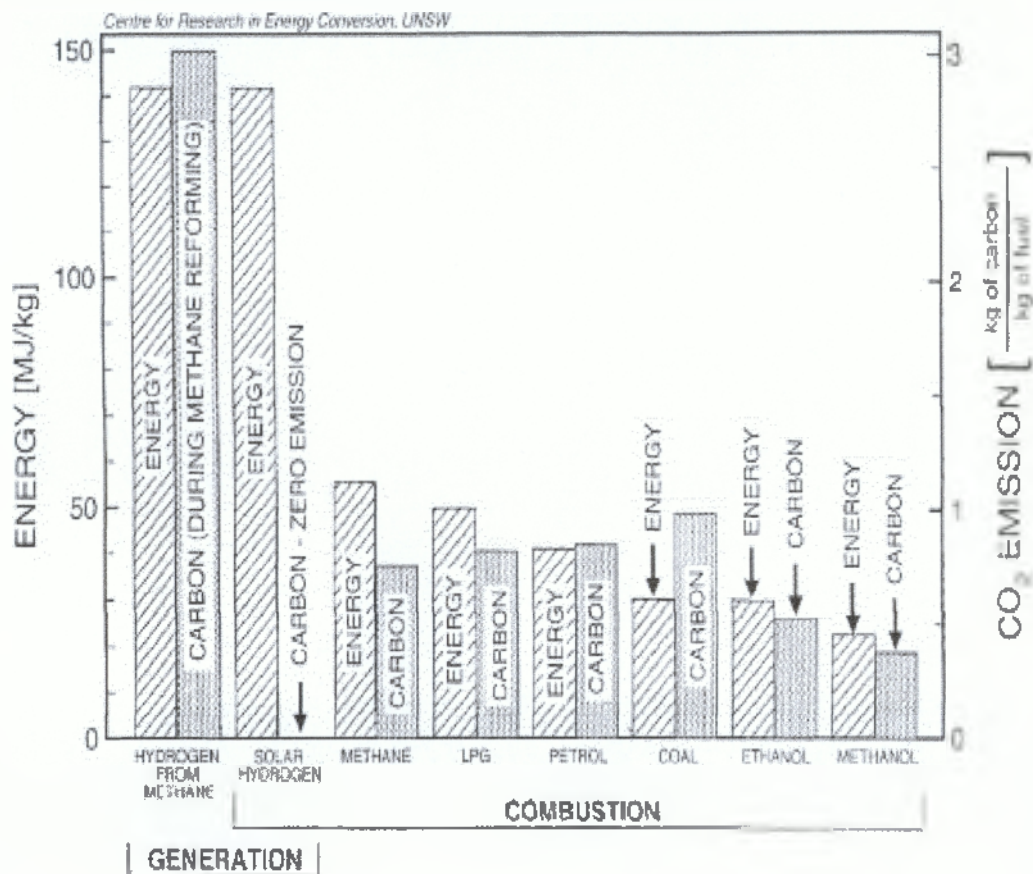
Η υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων από το υδρογόνο μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου μέσω της μείωσης του παραγόμενου CO₂. Επιπλέον η καύση του υδρογόνου δεν παράγει CO, όζον και οξείδια του θείου, τα οποία είναι υπεύθυνα για πλήθος άλλων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αν και κατά την καύση του υδρογόνου με αέρα παράγονται οξείδια του αζώτου, η ποσότητά τους είναι σημαντικά μικρότερη από αυτήν που παράγεται κατά την καύση της βενζίνης. Επιπλέον, η ποσότητά τους μπορεί να μειωθεί ακόμα περισσότερο αν το υδρογόνο δεν καεί αλλά χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε κυψελίδες καυσίμου¹¹. Εάν το υδρογόνο παράγεται από φυσικό αέριο, γαιάνθρακα ή πετρέλαιο τότε παράγεται ως παραπροϊόν CO₂. Εάν αυτό το CO₂ δεν χρησιμοποιηθεί ή δεν αποθηκευθεί με κάποιο τρόπο ώστε να μην διαφύγει στην ατμόσφαιρα, τότε τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση του υδρογόνου μειώνονται σημαντικά. Εάν για παράδειγμα το υδρογόνο παράγεται από την ηλεκτρόλυση του νερού, μια διεργασία η

⁹ Βασάλος Ι., Βερύκιος Ξ., Λάμπας Α., Λεμονίδου Α. (2005). Καταλυτική Παραγωγή Καυσίμων Φυλικών προς το Περιβάλλον. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

¹⁰ Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον'. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53

¹¹ Nowotny J., Sorrell C.C., Sheppard L.R., Bak T. (2005). 'Solar-hydrogen: Environmentally safe fuel for the future'. International Journal of Hydrogen Energy 30, pp. 521 – 544

οποία καταναλώνει ηλεκτρικό ρεύμα, τότε πρέπει να ληφθεί υπόψη η ποσότητα του CO₂ που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή του ηλεκτρισμού. Στο σχήμα 2 συγκρίνεται η ενέργεια που αποδίδει το υδρογόνο σε σχέση με άλλα καύσιμα¹².



Σχήμα 2: Η ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά την καύση διαφόρων καυσίμων και οι σχετικές εκπομπές CO₂. Δείχνονται επίσης οι εκπομπές CO₂ που παράγονται κατά την παραγωγή υδρογόνου από την αναμόρφωση του μεθανίου.

¹² JNowotny J., Sorrell C.C., Sheppard L.R., Bak T. (2005). 'Solar-hydrogen: Environmentally safe fuel for the future'. International Journal of Hydrogen Energy 30, pp. 521 – 544

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βιομηχανία τροφίμων παράγει ένα μεγάλο όγκο αποβλήτων και παραπροϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα. Αυτά τα απόβλητα παράγονται από 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 φρούτα και λαχανικά, τρόφιμα τα οποία κρίνονται ακατάλληλα για βρώση και δεν περνούν τους ποιοτικούς ελέγχους, ιζήματα από φίλτρα κλπ. Συνήθως καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και επιβαρύνουν τον προϋπολογισμό της ίδιας της βιομηχανίας τροφίμων.

Κατά την διάρκεια του πλυσίματος του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, της αποφλοιώσης των καρπών, την προπαρασκευή του μαγειρέματος του κρέατος, των ψαριών, καθώς και κατά την διάρκεια της οινοπαραγωγής παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Αυτά περιέχουν σάκχαρα, άμυλο και άλλη διαλυμένη και στερεά οργανική ύλη σε αρκετά αραιή μορφή. Για αυτά τα βιομηχανικά απόβλητα υπάρχει το δυναμικό να χωνευτούν αναερόβικα προς παραγωγή βιοαερίου.

Στη βιομηχανία τροφίμων καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα νερού καθώς χρησιμοποιείται ως συστατικό αλλά και ως μέσο αρχικής και ενδιάμεσης έκπλυσης πρώτων υλών, μεταφοράς προϊόντων καθαρισμού του εξοπλισμού και των χώρων της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα **απόβλητα** διακρίνονται γενικά σε *στερεά, υγρά και αέρια*.

Αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που προέρχονται κυρίως από χώρους υγιεινής, κουζίνες, πλυντήρια και γενικά από διαδικασίες καθαριότητας κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων κ.λ.π.

Υγρά βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα (οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991). Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή

βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα.

Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ονομάζεται κάθε τεχνική χειρισμού, που απομακρύνει ή τροποποιεί κατάλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους ώστε να εξαλείφονται ή ελαττώνονται οι δυσμενείς συνέπειες από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον. Η επεξεργασία των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων έχει σαν στόχο την προστασία όλων των φυσικών αποδεκτών από τη συνεχώς απειλούμενη ρύπανση. Η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας προϋποθέτει ειδικές γνώσεις αναφορικά με την προέλευση, την ποσότητα και το είδος των αποβλήτων, χαρακτηριστικά που αποτελούν τη βάση του σχεδιασμού μιας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων. Μετά την επεξεργασία τους τα απόβλητα καταλήγουν σε φυσικούς υποδοχείς, επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες, θάλασσα) ή υπόγεια νερά, έδαφος ή υπέδαφος. Οι υποδοχείς αυτοί ονομάζονται αποδέκτες υγρών αποβλήτων (Νταρακάς, 2006).

3.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

3.2.1 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, τα βιομηχανικά απόβλητα προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία (κατανάλωση νερού σε πολυάριθμες υγρές διεργασίες) όπως π.χ. από βιομηχανίες μετάλλου, χημικών προϊόντων, συνθετικών υλών, κονσερβοποιειών, βαφείων, γαλακτοβιομηχανιών κ.λ.π. τα οποία περιέχουν υπολείμματα υλών οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία ή παράγονται από τη βιοτεχνία ή τη βιομηχανία. Η ποσότητα των βιομηχανικών αποβλήτων είναι διαφορετική για κάθε βιομηχανία, ακόμα και ανάμεσα σε ομοειδείς βιομηχανίες. Αυτό είναι συνάρτηση της δυναμικότητας του εργοστασίου και οφείλεται στον τρόπο παραγωγικής διαδικασίας, στην ποιότητα της πρώτης ύλης και στο είδος του τελικού προϊόντος. Η παραγωγή των αποβλήτων μπορεί να είναι συνεχής ή διακεκομμένη κατά το χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου, επίσης μπορεί να περιορίζεται μόνο σε συγκεκριμένες εποχές του χρόνου (π.χ. κονσερβοποίηση φρούτων). Για τα βιομηχανικά απόβλητα δεν είναι δυνατόν να δοθούν συγκεκριμένες τιμές ποσότητας, σε αντίθεση με τα αστικά λύματα, όπου η διακύμανση είναι σχετικά

μικρή. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται ενδεικτικές τιμές με μεγάλες διακυμάνσεις (Νταρακάς, 2006).

3.2.2 ΣΥΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι ρυπαντικές ουσίες που υπάρχουν στα βιομηχανικά απόβλητα αλλοιώνουν τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού. Οι ουσίες αυτές ανάλογα με τις ιδιότητες, τη συμπεριφορά και την επίδρασή τους διακρίνονται σε *φυσικούς* και *χημικούς* ρυπαντές. Οι ουσιαστικές γνώσεις των ρυπαντικών ουσιών, φυσικών (αδιάλυτες, διαλυτές, κολλοειδείς), ή χημικών (ανόργανες, οργανικές, ραδιενεργά και τοξικά στοιχεία) είναι βασική προϋπόθεση για τον έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Ακόμα, ο σωστός εξοπλισμός και η καλή οργάνωση του εργαστηρίου καθώς επίσης και η τήρηση των γενικών κανόνων δειγματοληψίας και ανάλυσης αποτελούν βασική προϋπόθεση για τον έλεγχο της λειτουργίας μιας εγκατάστασης επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων (Νταρακάς, 2006).

Φυσικοί ρυπαντές βιομηχανικών αποβλήτων

Οι φυσικοί ρυπαντές προσδίδουν στα απόβλητα χρώμα, οσμή και θολότητα. Σ' αυτούς ανήκουν:

- αδιάλυτες ουσίες, (επιπλέουσες, αιωρούμενες, καθιζάνουσες)
- διαλυτές ουσίες (ζάχαρη, άλλες γλυκαντικές ύλες, αλάτι, διάφορα άλατα κ.λ.π.)
- κολλοειδείς ουσίες σε λεπτό καταμερισμό (ουσίες που κυρίως προσδίδουν θολότητα).

Χημικοί ρυπαντές βιομηχανικών αποβλήτων

Στους χημικούς ρυπαντές των αποβλήτων ανήκουν:

- ανόργανες ουσίες, (χλωριούχα ιόντα, φώσφορος, άζωτο, διάφορες τοξικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα κ.λ.π.).
- οργανικές ουσίες, (υδρογονάνθρακες, αλκοόλες, υδατάνθρακες, λίπη, έλαια, φαινόλες, πρωτεΐνες, παρασιτοκτόνα, εντομοκτόνα κ.λ.π.).
- ραδιενεργά στοιχεία και ενώσεις τους.

Η παρουσία των χημικών ρυπαντών στα απόβλητα επηρεάζει και αλλοιώνει τα βιολογικά και τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού (Νταρακάς, 2006).

3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται επιγραμματικά όλοι οι βιομηχανικοί κλάδοι οι οποίοι «παράγουν» απόβλητα (αέρια, υγρά και στερεά). Στα απόβλητα αυτά πρέπει να εφαρμοστούν διάφορες τεχνικές επεξεργασίας με στόχο την εξάλειψη της ρύπανσης και την προστασία του περιβάλλοντος.

1. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μεταποίησης γάλακτος με προϊόντα:

- γάλα,
- τυρί,
- γιαούρτι,
- παγωτά,
- διάφορα άλλα γαλακτομικά προϊόντα

2. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας - μεταποίησης για την παραγωγή προϊόντων διατροφής από ζωικές πρώτες ύλες, δηλαδή εγκαταστάσεις:

- εντατικής εκτροφής βοοειδών, αιγοπροβάτων, χοιρινών
- εντατικής εκτροφής πουλερικών (αυγοπαραγωγές ή κρεατοπαραγωγές)
- επεξεργασίας - μεταποίησης κρεάτων (σφαγεία - αλλαντοποιία)
- εξάλειψης ή αξιοποίησης υποπροϊόντων σφαγείων
- επεξεργασίας - μεταποίησης ιχθυρών

3. Εγκαταστάσεις επεξεργασίας - μεταποίησης για την παραγωγή προϊόντων διατροφής από φυτικές πρώτες ύλες, δηλαδή εγκαταστάσεις:

- επεξεργασίας - μεταποίησης φρούτων και λαχανικών (κονσερβοποιεία)
- επεξεργασίας - μεταποίησης ελαίων (εξευγενισμένων ή μη) και σπορέλαιων
- επεξεργασίας - μεταποίησης αλεύρων, αμύλου και προϊόντων του, αρτοποιίας, κρουασάν
- επεξεργασίας - παραγωγής ζυμαρικών
- επεξεργασίας - παραγωγής καφέ
- επεξεργασίας - παραγωγής ζάχαρης

- επεξεργασίας - παραγωγής αλκοολούχων ποτών, οινοπνευματοποιίας, οινοποιίας, ζυθοποιίας και αναψυκτικών

4. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις φινιριστηρίων – βαφείων

- προεπεξεργασίας
- πλύσης,
- λεύκανσης,
- μερσερισμού,
- βαφής ινών & υφασμάτων

5. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις δέψης δερμάτων (βυρσοδεψεία)

6. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις χαρτοποιίας

- παραγωγής χαρτοπολλτού (χαρτομάζας) από ξύλο ή άλλα ινώδη υλικά
- παραγωγής χαρτιού και χαρτονιού

7. Βιομηχανικές εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταποίησης μετάλλων

- Εγκαταστάσεις φρύξης ή επίτηξης μεταλλεύματος συμπεριλαμβανομένου του θειούχου μεταλλεύματος
- Εγκαταστάσεις παραγωγής χυτοσιδήρου ή χάλυβα (πρωτογενούς ή δευτερογενούς)
- συμπεριλαμβανομένων των χυτηρίων συνεχούς χύτευσης
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας σιδηρούχων μετάλλων
 - ✓ με έλαση εν θερμώ
 - ✓ με σφυρηλάτηση με σφύρες κρουστικής ενέργειας
 - ✓ με επίθεση προστατευτικού στρώματος τηγμένου μετάλλου
- Χυτήρια σιδηρούχων
- Εγκαταστάσεις παραγωγής ακατέργαστων μη σιδηρούχων μετάλλων από μεταλλεύματα, συμπυκνώματα ή δευτερογενείς πρώτες ύλες με μεταλλουργικές, χημικές ή ηλεκτρολυτικές διεργασίες
- Εγκαταστάσεις τήξης μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων ανάκτησης (εξευγενισμός, χύτευση)
- Εγκαταστάσεις επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων και πλαστικών υλικών με ηλεκτρολυτικές ή χημικές διεργασίες

8. Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής φωσφορούχων, αζωτούχων ή καλιούχων λιπασμάτων (απλών ή σύνθετων)
9. Χημικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν χημική ή βιολογική διεργασία για την παρασκευή βασικών φαρμακευτικών προϊόντων
10. Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής βασικών φυτοϋγειονομικών προϊόντων και βιοκτόνων
11. Χημικές εγκαταστάσεις παραγωγής εκρηκτικών υλών
12. Εγκαταστάσεις παραγωγής βασικών οργανικών χημικών προϊόντων όπως:
- Απλών υδρογονανθράκων, (γραμμικών ή κυκλικών, κορεσμένων ή ακόρεστων, αλειφατικών ή αρωματικών)
 - Οξυγονούχων οργανικών ενώσεων, ιδίως αλκοολών, αλδευδών, κετονών, καρβοξυλικών οξέων, εστέρων, οξικών ενώσεων, αιθέρων, υπεροξειδίων, εποξικών ρητινών
 - Θειούχων υδρογονανθράκων
 - Αζωτούχων οργανικών ενώσεων, ιδίως αμινών, αμιδίων, νιτρωδών ή νιτρικών ενώσεων, νιτριλίων, κυανικών και ισοκυανικών ενώσεων
 - Φωσφορούχων οργανικών ενώσεων
 - Αλογονούχων οργανικών ενώσεων
 - Βασικών πλαστικών υλών, (πολυμερών συνθετικών ινών και ινών με βάση την κυτταρίνη)
 - Συνθετικού καουτσούκ
 - Χρωμάτων και χρωστικών υλικών
 - Απορρυπαντικών και τασιενεργών ουσιών
13. Εγκαταστάσεις παραγωγής βασικών ανόργανων χημικών προϊόντων όπως:
- Αερίων (αμμωνίας, χλωρίου ή υδροχλωρίου, φθορίου ή υδροφθορίου, οξειδίων του άνθρακα, θειικών ενώσεων, οξειδίων του αζώτου, υδρογόνου, διοξειδίου του θείου)
 - Οξέων, όπως χρωμικού, υδροφθορικού, φωσφορικού, νιτρικού, υδροχλωρικού, θειικού, ατμίζοντος θειικού και άλλων θειούχων οξέων

- Βάσεων (υδροξειδίου του αμμωνίου, υδροξειδίου του καλίου, υδροξειδίου του νατρίου)
- Αλάτων, όπως χλωριούχου αμμωνίου, χλωρικού καλίου, ανθρακικού καλίου, ανθρακικού νατρίου, υπερβορικών αλάτων, νιτρικού αργύρου, κ.λ.π.
- Αμέταλλων, μεταλλοξειδίων ή άλλων ανόργανων ενώσεων, όπως ανθρακασβεστίου, πυριτίου, ανθρακοπυριτίου, κ.ά.

Οι θεμελιώδεις τεχνικές, καθώς επίσης και κάποιες παραλλαγές τους, οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων όλων των παραπάνω κλάδων είναι οι εξής:

1. Η χρησιμοποίηση τεχνικών που παράγουν λίγα απόβλητα.
2. Η χρησιμοποίηση λιγότερο επικίνδυνων ουσιών.
3. Η εξέλιξη των τεχνικών ανάκτησης και ανακύκλωσης των ουσιών που εκπέμπονται και χρησιμοποιούνται κατά τη διεργασία παραγωγής και, ενδεχομένως, των αποβλήτων.
4. Οι συγκρίσιμες διεργασίες, εξοπλισμοί ή τρόποι λειτουργίας που έχουν δοκιμαστεί επιτυχώς σε βιομηχανική κλίμακα.
5. Η τεχνική πρόοδος και η εξέλιξη των επιστημονικών γνώσεων.
6. Η φύση, οι επιπτώσεις και ο όγκος των συγκεκριμένων εκπομπών.
7. Η κατανάλωση και η φύση των πρώτων υλών (συμπεριλαμβανομένου του νερού) και η αποτελεσματική χρήση της ενέργειας.
8. Η ανάγκη πρόληψης ή μείωσης στο ελάχιστο δυνατό των γενικών επιπτώσεων των εκπομπών και των κινδύνων για το περιβάλλον.
9. Η ανάγκη πρόληψης των ατυχημάτων και μείωσης των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον (Νταρακάς, 2006).

3.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

3.4.1 ΑΕΡΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Για τα αέρια απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων εφαρμόζονται διάφορες τεχνολογίες με διαφορετική δυνατότητα ανάκτησης των απομακρυσμένων ρύπων. Οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες αντιρρύπανσης ξηρής συλλογής για τα αιωρούμενα

σωματίδια επιτρέπουν την ανάκτηση του «απομακρυνόμενου ρύπου». Σε ότι αφορά τις αέριες εκπομπές, οργανικές ή ανόργανες, η συνήθης πρακτική είναι η εφαρμογή μέτρων για τη μείωση των εκπομπών στην πηγή με κατάλληλες βελτιστοποιήσεις στην παραγωγική διαδικασία, καθώς η ανάκτηση ουσιών μετά την εφαρμογή αντιρρυπαντικής τεχνολογίας είναι είτε δύσκολη είτε αδύνατη, καθώς ο ρύπος μπορεί να έχει υποστεί διάσπαση ή χημική μετατροπή σε άλλα, λιγότερο βλαβερά για το περιβάλλον, συστατικά. Η εφαρμογή τεχνολογιών χωρίς ανάκτηση ρύπων μεταφέρει ρύπανση από την αέρια φάση είτε στη υγρή είτε στην στερεά.

Καύση

Η μέθοδος είναι αποτελεσματική για μεγάλο εύρος αέριων ρύπων όπως πτητικές οργανικές ενώσεις, εκπομπές διαλυτών, ή ακόμα και οργανικά σωματίδια. Απαιτείται θερμοκρασία $T > 700 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$ με χρόνο παραμονής $t > 0,5 \text{ sec}$ για να επιτευχθεί η πλήρης οξείδωση των οργανικών. Μειονέκτημα της καύσης είναι η υψηλή απαίτηση ενέργειας για τη διατήρηση συνεχώς της υψηλής θερμοκρασίας. Ο συνδυασμός των διατάξεων καύσης με διατάξεις ανάκτησης και αξιοποίησης της θερμότητας μειώνει το κόστος λειτουργίας, αυξάνει όμως σημαντικά το κόστος των εγκαταστάσεων και των δαπανών για τη συντήρησή τους.

Συστήματα απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων

Ξηρή συλλογή αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια συλλέγονται σε στερεά μορφή προκειμένου είτε να ανακυκλωθούν ή να διατεθούν κατάλληλα. Οι διατάξεις, οι οποίες συνήθως χρησιμοποιούνται είναι οι κυκλώνες, τα σακκόφιλτρα, οι απονεφοποιητές, και τα ηλεκτροστατικά φίλτρα.

Υγρή συλλογή αιωρούμενων σωματιδίων

Οι διατάξεις υγρού καθαρισμού είναι πλυντρίδες οι οποίες βασίζονται στη διέλευση των εκπεμπόμενων σωματιδίων και άλλων αερίων ρύπων σε αντirroή με υδατικά διαλύματα χημικών ουσιών. Η αντίδραση του διαλύματος με τους αέριους ρύπους και η παράσυρση των σωματιδίων από το υγρό εξασφαλίζει την εξουδετέρωση και την απομάκρυνση ορισμένων σωματιδίων και αερίων ρύπων. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τελικά οι ρύποι μεταφέρονται στο υδατικό διάλυμα οπότε δημιουργείται η ανάγκη επεξεργασίας των υγρών που δημιουργούνται. Γενικά οι υγροί καθαριστές είναι αποτελεσματικοί για τη μείωση οργανικών πτητικών, σταγονιδίων ελαιωδών ουσιών

καθώς και όξινων αέριων εκπομπών (π.χ θειούχα, υδρόθειο). Υπάρχουν διάφοροι τύποι υγρών καθαριστών υψηλής ή χαμηλής ενέργειας ανάλογα με την πτώση πίεσης μεταξύ εισόδου - εξόδου στο διερχόμενο ρεύμα καυσαερίων, κατακόρυφοι ή οριζόντιοι, καθώς και ενός ή δύο σταδίων όταν χρησιμοποιούν ένα ή δύο τύπους χημικών. Συνήθη χημικά που χρησιμοποιούνται είναι καυστική σόδα για την εξουδετέρωση των όξινων αερίων όπως H_2S ή SO_2 καθώς και απορρυπαντικά για τη συγκράτηση ελαιωδών ή οργανικών πτητικών ουσιών.

Συστήματα απομάκρυνσης αερίων ρύπων

Προσρόφηση

Πρόκειται για διατάξεις επιλεκτικής προσρόφησης των ατμοσφαιρικών ρύπων όπως οργανικών διαλυτών (Volatile Organic Compounds VOCs) σε στερεά (π.χ. σε ενεργό άνθρακα). Οι διατάξεις αυτές μπορούν να εξασφαλίσουν συγκεντρώσεις VOCs < 1 ppm.

Πλυντρίδες

Οι διατάξεις υγρού καθαρισμού με πλυντρίδες βασίζονται στη διέλευση των εκπομπών σωματιδίων και άλλων αερίων ρύπων σε αντιρροή με υδατικά διαλύματα χημικών ουσιών (όπως και για τα αιωρούμενα σωματίδια).

Συμπυκνωτήρες

Είναι διάταξη μείωσης του όγκου των απαερίων με υγροποίηση και μερική ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση μη ιδιαίτερα πτητικών υλικών που εμπεριέχονται στα απαέρια.

Εκπλυση απαερίων σε τούνελ διαβροχής

Είναι μια διάταξη καθαρισμού απαερίων και απόσμησης κυρίως απαερίων πυρηνελαιουργείων που βασίζεται στην έκπλυση και στη συνέχεια κατακρήμνιση των λιπαρών και συμπυκνώσιμων πτητικών ουσιών.

Βιόφιλτρα

Είναι διάταξη καθαρισμού απαερίων που βασίζεται στη διέλευση των εκπομπών αερίων ρύπων σε φίλτρο από βιολογικά ενεργό υλικό. Το υλικό αυτό λόγω των σύνθετων βιοχημικών αντιδράσεων των μικροοργανισμών που εμπεριέχει, διασπά τους αέριους ρύπους (υδρογονάνθρακες) σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Έγχυση αντιοσμητικών ουσιών

Είναι διάταξη απόσμησης αλλά και καθαρισμού απαερίων. Βασίζεται στη έγχυση αντιοσμητικών ουσιών (φυτικής προέλευσης) στα υπό απόσμηση (και καθαρισμό) απαέρια.

Συστήματα καταλυτικής φωτοοξείδωσης

Είναι συστήματα με ειδικούς λαμπτήρες UV που διασπών τις πτητικές οργανικές ενώσεις. Σε δεύτερο στάδιο, παρουσία καταλυτών, επιταχύνονται αντιδράσεις φωτοοξείδωσης οι οποίες μεγιστοποιούν την μείωση των ρυπογόνων αερίων ουσιών (Νταρακάς, 2006).

3.4.2 ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων φέρουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μεταξύ των διαφορετικών κλάδων της βιομηχανίας τροφίμων ή ακόμη και μεταξύ μονάδων του ίδιου κλάδου. Διαφοροποιήσεις στην παραγωγική διαδικασία αλλά και ο βαθμός στον οποίο μια μονάδα έχει προχωρήσει στην εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών επιδρά στον όγκο και στην ποιότητα των αποβλήτων. Έτσι για παράδειγμα, σε ορισμένες περιπτώσεις ρεύματα διαφορετικών πηγών, και επομένως ειδών και φορτίων ρύπων, διαχωρίζονται και κάποια από αυτά ανακτώνται ή ανακυκλώνονται εντός της μονάδας, ενώ τα υπόλοιπα επεξεργάζονται μαζί ή ξεχωριστά.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η επεξεργασιμότητα των αποβλήτων και να προσδιορισθεί το βέλτιστο δυνατό σύστημα επεξεργασίας είναι απαραίτητο να διερευνηθεί η ποιότητα και η μορφή των ρύπων και οι απαιτήσεις διάθεσης ανάλογα με τα θεσπισμένα όρια για τον αποδέκτη. Επίσης θα πρέπει οπωσδήποτε να μελετηθεί το σύστημα σε πειραματική μονάδα (pilot plant) και να διεξαχθούν εργαστηριακές δοκιμές (π.χ. jar tests) για τον προσδιορισμό των ειδικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων.

Ο τελικός βαθμός καθαρισμού / επεξεργασίας στον οποίο θα προχωρήσει μια συγκεκριμένη εγκατάσταση εξαρτάται από τον καθορισμό της χρήσης του αποδέκτη και τις (νομικές) απαιτήσεις που ισχύουν για την απόρριψη σε αυτόν (όρια εκπομπής ανά παράμετρο). Έτσι για παράδειγμα διαφορετική είναι η απαιτούμενη επεξεργασία όταν ο αποδέκτης είναι η εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων ή όταν αυτός είναι ένας φυσικός αποδέκτης όπως η θάλασσα ή ένα ποτάμι ή μια λίμνη.

Συστήματα προεπεξεργασίας και πρωτογενούς επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Εξισορρόπηση

Η εξισορρόπηση της ροής και η ομογενοποίηση των υγρών αποβλήτων των βιομηχανιών τροφίμων είναι αναγκαία προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας. Η εξισορρόπηση ροής μπορεί να αφορά στο σύνολο των παροχών από τις παραγωγικές διαδικασίες ή σε επιλεγμένες ροές που προέρχονται από ορισμένα στάδιά τους. Εξασφαλίζεται συνήθως σε δεξαμενές οι οποίες εξασφαλίζουν τον κατά μονάδα απαραίτητο υδραυλικό χρόνο παραμονής (3 – 10 ώρες).

Εσχάρωση

Οι αποδόσεις των διατάξεων αυτών εξαρτώνται από το άνοιγμα των σχαρών και την κατά μέγεθος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων των αποβλήτων. Οι διατάξεις που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες με ικανότητα κατακράτησης σωματίων διαμέτρου από 0,2 ως 25 mm. Η απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών (SS) είναι της τάξης 5 – 20 % και η απομάκρυνση οργανικού φορτίου ως BOD5 της τάξης 0 ως 10 %. Μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται με πιο λεπτές σχάρες.

Εξάμμωση

Στοχεύει στον διαχωρισμό των κόκκων άμμου, των σωματιδίων αργίλου ή των άλλων αδρανών υψηλής πυκνότητας, με διάμετρο μεγαλύτερη από 200 μm που δεν είναι οργανικά και έχουν ταχύτητες καθίζησης σημαντικά μεγαλύτερες από εκείνες των οργανικών στερεών.

Ρύθμιση του pH

Τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις του pH (3.5 - 12) λόγω των διαφόρων ενδιάμεσων ουσιών που ενδεχομένως χρησιμοποιούνται, καθώς και των παραγόντων έκπλυσης που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες.

Τα όξινα απόβλητα εξουδετερώνονται συνήθως με την προσθήκη υδρασβέστου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ή NaOH . Η χρήση της υδρασβέστου παρουσιάζει οικονομικά πλεονεκτήματα, μειονεκτεί όμως λόγω της μεγάλης παραγωγής ιζημάτων.

Τα αλκαλικά απόβλητα εξουδετερώνονται συνήθως με προσθήκη CO_2 , H_2SO_4 ή ακόμα με τη διοχέτευση απαερίων από τους ατμολέβητες που περιέχουν CO_2 και SO_2 . Η εξουδετέρωση γίνεται στη δεξαμενή ομογενοποίησης ή σε χωριστή μικρότερη δεξαμενή μετά την ομογενοποίηση και υπό συνθήκες πλήρους ανάδευσης και συνεχούς ελέγχου του pH. Η εξουδετέρωση της αλκαλικότητας με CO_2 πλεονεκτεί σε σχέση με αυτή με H_2SO_4 λόγω των μειωμένων συγκεντρώσεων θεικών στα απόβλητα, καλύτερων συνθηκών υγιεινής - ασφάλειας εργασίας, καλύτερου ελέγχου του pH και μικρότερου λειτουργικού κόστους. Η προσθήκη του CO_2 σε αέρια μορφή μπορεί να γίνει με εμφύσηση στον αγωγό μεταφοράς των αποβλήτων προς την δεξαμενή συγκέντρωσης ή στη δεξαμενή συγκέντρωσης. Αναφέρεται ακόμη η πρόσδοση CO_2 σε υγρή μορφή μέσω των διατάξεων αερισμού (jet aeration).

Λιποσυλλογή

Στοχεύει στην απομάκρυνση των ελαίων και λιπών για την αποφυγή προβλημάτων στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της επίπλευσης, όπου τα λίπη ξεχωρίζουν σαν στερεά με την ικανότητά τους να επιπλέουν στην επιφάνεια των υγρών αποβλήτων που συνήθως απομακρύνονται με αναρρόφηση σε ποσότητα 0,2 - 10 lt ανά 100 m³ αποβλήτων (φυσική επίπλευση).

Η λιποσυλλογή με επίπλευση εκμεταλλεύεται το φαινόμενο μείωσης της φαινόμενης πυκνότητας των συσσωματωμάτων που δημιουργούν τα αιωρούμενα σε υγρή μορφή λίπη με εμφύσηση στην υγρή μάζα λεπτών φυσαλίδων αέρα. Τα συσσωματώματα ακολουθούν ανοδική πορεία και ανέρχονται στην επιφάνεια του διαυγαστήρα δημιουργώντας επίπαγο, ο οποίος απομακρύνεται με τη ροή ή με μηχανικές διατάξεις σάρωσης. Η απαιτούμενη παροχή αέρα συνήθως εξασφαλίζεται με εκτόνωση υπέρκορου σε αέρα νερού (Dissolved Air Flotation, DAF) που παράγεται συμπιέζοντας σε πιεστικό θάλαμο νερό ή απόβλητα και ατμοσφαιρικό αέρα σε πίεση 4 - 5 atm. Στη συνέχεια το υπέρκορο σε αέρα νερό ή απόβλητο διοχετεύεται, μέσω βαλβίδας εκτόνωσης, σε διαχυτήρες, τοποθετημένους στον πυθμένα της δεξαμενής επίπλευσης πλησίον της εισόδου των υγρών, απελευθερώνοντας πολύ λεπτές φυσαλίδες αέρα που ανέρχονται προς την επιφάνεια του διαυγαστήρα. Η επίπλευση εφαρμόζεται στα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων ως έχουν ή σε συνδυασμό με διατάξεις κροκιδώσης - συσσωμάτωσης, οπότε αυξάνεται η αποδοτικότητά της. Στην περίπτωση αυτή αυξάνει και ο όγκος των ιζημάτων που απομακρύνονται καθώς και το κόστος επεξεργασίας. Η κυριότερη εφαρμογή της επίπλευσης γίνεται στα απόβλητα σφαγείων, λόγω της μεγάλης τους περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες.

Πρωτοβάθμια καθίζηση

Η πρωτοβάθμια καθίζηση γίνεται σε δεξαμενές όπου τα στερεά καθιζάνουν σε συνθήκες ηρεμίας κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Σε αρκετές εγκαταστάσεις η πρωτοβάθμια επεξεργασία είναι το μοναδικό είδος επεξεργασίας που γίνεται, ενώ σε άλλες εγκαταστάσεις, ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας που ακολουθεί, μπορεί να παραληφθεί. Στις βιομηχανίες τροφίμων λόγω της κατανομής του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων (αιωρούμενα σωματίδια, οργανικό φορτίο) η απόδοση στην μείωση του BOD και SS είναι σημαντική (40 %, 60 % αντίστοιχα σε μονάδες επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών).

Συστήματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Η δευτεροβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των βιομηχανιών τροφίμων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στη περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου και των αιωρούμενων στερεών, ενώ ακόμα μπορεί να στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων, που μπορεί να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα. Βασίζεται κυρίως στη μετατροπή των διαλυμένων ενώσεων και των αιωρούμενων σωματιδίων σε μικροβιακή βιομάζα και στη συνέχεια στην απομάκρυνση της βιομάζας με καθίζηση. Σημειώνεται ότι η δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης και η ορθή της λειτουργία παίζει ιδιαίτερο ρόλο στη βιολογική επεξεργασία. Αφενός απομακρύνει την βιομάζα και αφετέρου με ανακύκλωσή της στον βιοαντιδραστήρα κρατάει την συγκέντρωση της βιομάζας μέσα στον αντιδραστήρα σε αναγκαίο επίπεδο ανάλογα με την μέθοδο.

Οι διατάξεις, οι οποίες εξασφαλίζουν το βιολογικό καθαρισμό είναι συνδυασμός βιολογικού αντιδραστήρα και δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης. Οι βιολογικοί αντιδραστήρες χαρακτηρίζονται και διαστασιολογούνται από την ένταση και το είδος των διεργασιών (αερόβιοι, αναερόβιοι) ενώ οι διαυγαστήρες είναι κοινοί σε όλες τις περιπτώσεις.

Συστήματα βιολογικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Οι βιολογικές διεργασίες επεξεργασίας συνδέονται με την βιολογική και βιοχημική δράση. Συνιστούν την κεντρική διεργασία μιας εγκατάστασης καθαρισμού υγρών αποβλήτων, δεδομένου ότι η ρύπανση στα απόβλητα είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος (~ 70 %) οργανικής σύνθεσης.

Από χημική άποψη οι βιολογικές διεργασίες κατατάσσονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

- Αερόβιες (οξειδωση, υγρή καύση, αερόβια χώνευση).
- Αναερόβιες (αναγωγή, αναερόβια χώνευση).

Αντίστοιχα δημιουργούνται οι αερόβιοι ή αναερόβιοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι χρησιμοποιούν την οργανική ρύπανση ως τροφή ανάπτυξης. Με την βιολογική τους δράση διατηρούν και τη δύναμη της κατανάλωσης των ρυπαντικών ουσιών. Οι μικροοργανισμοί που αποτελούνται από βακτήρια, πρωτόζωα κ.α. αποικοδομούν τους ρυπαντές παρουσία ή απουσία οξυγόνου για να παράγουν νέους μικροοργανισμούς και τελικά προϊόντα οξειδωσης ή αναγωγής. Για τον λόγο αυτό οι τεχνολογίες βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων κατατάσσονται στις εφαρμογές της βιοτεχνολογίας.

Στα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας, οι ρύποι αποικοδομούνται με τη βοήθεια μικροοργανισμών, υπό κατάλληλες συνθήκες. Τα συστήματα αυτά διακρίνονται σε αερόβια και αναερόβια, ανάλογα με το αν η αποικοδόμηση γίνεται παρουσία ή απουσία οξυγόνου, αντίστοιχα. Μετά την απαιτούμενη καλλιέργεια μικροοργανισμών και βιομάζας (ύλος), γίνεται η απομάκρυνση αυτών από τα απόβλητα με καθίζηση.

Ανάλογα με την τεχνολογία που εφαρμόζεται, η ποιότητα και η ποσότητα της παραγόμενης ύλος είναι διαφορετική. Η τεχνολογία παρατεταμένου αερισμού έχει τον χαμηλότερο συντελεστή παραγωγής ύλος από τις αερόβιες επεξεργασίες, ενώ ο χαμηλότερος συντελεστής παραγωγής ύλος από όλες τις βιολογικές επεξεργασίες απαντάται στην αναερόβια επεξεργασία.

Αερόβια συστήματα

Η εφαρμογή των συστημάτων ενεργού ύλος στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων πιθανόν να απαιτεί τροποποιήσεις ορισμένων παραμέτρων σχεδιασμού, κατά τη φάση του σχεδιασμού του συστήματος, αλλά και ειδικούς χειρισμούς κατά τη φάση της λειτουργίας για την αποφυγή λειτουργικών ανωμαλιών, όπως ανερχόμενης ύλος, συσσωμάτωσης ύλος ή αφρισμού. Οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα πολλών συστημάτων αερόβιας επεξεργασίας.

Αναερόβια συστήματα

Η βιολογική αποικοδόμηση του φορτίου πραγματοποιείται απουσία οξυγόνου.

Δεξαμενές (λίμνες) σταθεροποίησης

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης είναι σχετικά μικρού βάθους λεκάνες με επίπεδο πυθμένα και κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα σε μορφή συνήθως ορθογωνική.

Λειτουργούν υπό συνθήκες φυσικού ή τεχνητού αερισμού ή και αναερόβια. Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται στη διάλυση και διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στην ανεπτυγμένη επιφάνεια και στη διαδικασία της παραγωγής οξυγόνου με φωτοσύνθεση από τα φύκη. Ο τεχνητός αερισμός γίνεται συνήθως με επιπλέοντες αναμικτήρες.

Οι δεξαμενές μεγάλου βάθους χωρίς μηχανικό αερισμό παρουσιάζουν είτε μικτή βιολογική δράση (αερόβια κοντά στην επιφάνεια, αναερόβια στον πυθμένα και επαμφοτερίζουσα στη μέση) είτε λειτουργούν πρακτικά ως αναερόβια, λόγω του υψηλού φορτίου και της φύσης των αποβλήτων.

Διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, με υποδιαίρεσεις:

- Δεξαμενές σταθεροποίησης ή οξειδωσης (αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες και αναερόβιες. Υπάρχουν επίσης και οι δεξαμενές ωρίμανσης).
- Αεριζόμενες δεξαμενές (αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες και τύπου παρατεταμένου αερισμού).

Γενικά οι δεξαμενές σταθεροποίησης είναι κατάλληλες για μικρές εγκαταστάσεις, εφόσον υπάρχει αρκετή εδαφική έκταση με πρόσφορη τοπογραφική διαμόρφωση και κατάλληλη φύση του εδάφους για την αποφυγή ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Συστήματα χημικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Η χημική οξείδωση (και δευτερευόντως αναγωγή) εφαρμόζεται κυρίως για την επεξεργασία μη βιοδιασπώμενων αποβλήτων και στοχεύει στη μετατροπή συγκεκριμένων ρύπων, μετά από χρήση του κατάλληλου χημικού μέσου, σε ουσία λιγότερο επικίνδυνη ή καλύτερα βιοεπεξεργάσιμη για το περιβάλλον.

Η χημική κατακρήμνιση εφαρμόζεται για την απομάκρυνση των αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών που δεν απομακρύνονται με απλή καθίζηση. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι οι αυξημένες ποσότητες της ύλης που προκύπτουν και που οφείλονται τόσο στην προσθήκη χημικών και στα σχηματιζόμενα ιζήματα, όσο και στην αυξημένη απομάκρυνση στερεών. Οι ποσότητες ύλης από χημική επεξεργασία εξαρτώνται από το χρησιμοποιούμενο χημικό και τη δόση του, τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων και την απόδοση των διαδικασιών επεξεργασίας.

Ανάλογα με το είδος των αποβλήτων, η εφαρμογή αυτού του τύπου των διεργασιών μπορεί να είναι σε αρχικό ή σε τελικό στάδιο ενός συστήματος επεξεργασίας ή ακόμη να είναι το κύριο στάδιο επεξεργασίας. Κατά την εφαρμογή σε αρχικό στάδιο, μπορεί να επιδιώκεται η μείωση του λόγου COD/ BOD (και επομένως η αύξηση της βιοαποικοδομησιμότητας των αποβλήτων), σε επίπεδα τέτοια ώστε να αποδίδει ικανοποιητικά η βιολογική επεξεργασία. Συχνά όμως, το είδος ρύπανσης ορισμένων αποβλήτων επιβάλλει την επεξεργασία τους με χημική μέθοδο καθώς η επεξεργασία τους με βιολογική μέθοδο είναι είτε οικονομικά ασύμφορη είτε αδύνατη. Οι συχνότερα εφαρμοζόμενες μέθοδοι αφορούν οξείδωση ή αναγωγή των ρύπων και χημική κατακρήμνιση - κροκίδωση. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την καταβύθιση σωματιδίων ή κολλοειδών και επομένως την αφαίρεσή τους από την υδατική φάση. Συνήθως η μονάδα κροκίδωσης συνοδεύεται από χωριστή μονάδα καθίζησης για την καταβύθιση των σχηματιζόμενων κροκίδων. Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για την (αυξημένη) ποσότητα παραγόμενης ιλύος.

Συστήματα τριτοβάθμιας επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Η τριτοβάθμια επεξεργασία έπεται της δευτεροβάθμιας και αποσκοπεί στην περαιτέρω αφαίρεση στερεών, οργανικού φορτίου αλλά και χρώματος. Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι η διήθηση σε πολλαπλή κλίνη, η προσρόφηση ρύπων από ενεργό άνθρακα, η κατακρήμνιση ρύπων (χημική επεξεργασία) και η αντίστροφη όσμωση. Στην τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνεται και η απολύμανση των επεξεργασμένων αποβλήτων με χρήση ισχυρών οξειδωτικών παραγόντων ή με υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Διήθηση σε πολλαπλή κλίνη

Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη διάταξη προχωρημένης επεξεργασίας των υγρών απόβλητων και αποσκοπεί κυρίως στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, τα οποία διαφεύγουν από τους διαυγαστήρες. Οι συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη διήθηση των επεξεργασμένων αποβλήτων, με βαρύτητα ή υπό πίεση, σε κλίνες αποτελούμενες από αλληπάλληλα στρώματα άμμου και ανθρακίτη.

Προσρόφηση ρύπων από ενεργό άνθρακα

Η προσρόφηση των ρύπων που περιέχουν τα επεξεργασμένα απόβλητα από ενεργό άνθρακα εξασφαλίζει την αφαίρεση διαλυτών οργανικών και ανόργανων ενώσεων καθώς και τον αποχρωματισμό τους. Η προσρόφηση των ρύπων

εξασφαλίζεται σε κλίνες, οι οποίες περιέχουν ενεργό άνθρακα σε κοκκώδη μορφή. Οι κλίνες που περιέχουν σκόνη ενεργού άνθρακα παρουσιάζουν προβλήματα απόφραξης των πόρων τους από τα σωματίδια που ενδέχεται να περιέχουν τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων.

Η υδραυλική παροχή των επεξεργασμένων αποβλήτων διοχετεύεται σε παράλληλες ή διαδοχικές διατάξεις διήθησης, οι οποίες περιέχουν ενεργό άνθρακα. Ο ενεργός άνθρακας πρέπει να ανανεώνεται περιοδικά, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα γιατί στη χώρα μας δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις για την αναγέννησή του.

Αντίστροφη ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση επιτυγχάνει την απομάκρυνση των διαλυτών οργανικών και ανόργανων ρύπων, κατά την διαβίβαση των αποβλήτων από ημιπερατή μεμβράνη, σε συνθήκες υπερπίεσης, οπότε τα μόρια του νερού και μικρό μέρος των διαλυτών ενώσεων διέρχονται από την μεμβράνη ενώ το μεγαλύτερο μέρος των διαλυτών ενώσεων δεν διέρχεται και συμπυκνώνεται. Η καλή λειτουργία των διατάξεων αντίστροφης ώσμωσης επηρεάζεται από την ύπαρξη κolloειδών και αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία φράζουν τους πόρους της μεμβράνης. Η απαίτηση απομάκρυνσης των σωματιδίων και των κolloειδών επιβάλλει οι διατάξεις αντίστροφης ώσμωσης να ακολουθούν τις διατάξεις διαύγασης (μετά από τις διεργασίες θρόμβωσης, αμμοδιύλισης, προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα).

Οι μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης κατασκευάζονται συνήθως από οξική κυτταρίνη (rayon) ή από ιδιοσκευάσματα πολυμερών όπως τα πολυαμίδια. Κάθε μεμβράνη παρουσιάζει βέλτιστες τιμές απόδοσης σε ορισμένο εύρος θερμοκρασίας, pH και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός υγρού, γεγονός που απαιτεί πειραματικά στοιχεία για την επιλογή της.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της αντίστροφης ώσμωσης ως τριτογενούς επεξεργασίας υγρών\ αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων είναι ο μεγάλος βαθμός απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και διαλυτών αλάτων που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων για δευτερεύουσες χρήσεις στην παραγωγική διαδικασία.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της αντίστροφης ώσμωσης, τα οποία περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή της, είναι

- Το υψηλό κόστος των διατάξεων.

- Το υψηλό κόστος λειτουργίας που οφείλεται κυρίως στις μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας για την επίτευξη της απαιτούμενης υπερπίεσης και στις απαιτήσεις για τακτικές αντικαταστάσεις ή καθαρισμό των μεμβρανών.
- Η δυσκολία και το υψηλό κόστος στην επεξεργασία και διάθεση του παραγόμενου πυκνού διαλύματος. Το διάλυμα αυτό αντιπροσωπεύει σε όγκο το 20 – 25 % του αρχικά διηθούμενου υγρού, ενώ η περιεκτικότητά του σε διαλυτά άλατα είναι περίπου τετραπλάσια της αρχικής, γεγονός που καθιστά δυσχερή την τελική του διάθεση.

Ιοντοανταλλαγή

Είναι μια διαδικασία κατά την οποία ιόντα συγκεκριμένου τύπου από ένα αδιάλυτο υλικό (ρητίνες) αντικαθίστανται με άλλα ιόντα που βρίσκονται εντός του διαλύματος. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σπάνια σε απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων.

Επίδραση οξειδωτικών παραγόντων

Το όζον μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται για την απολύμανση του πόσιμου νερού. Όμως η υψηλή οξειδωτική του ικανότητα το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικό για την αποικοδόμηση σύνθετων οργανικών ουσιών που παραμένουν στα υγρά απόβλητα μετά το στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Η αποτελεσματικότητα του όζοντος στη διάσπαση των υπολειμματικών οργανικών ουσιών εξαρτάται από τη δόση, το pH των αποβλήτων και την συγκέντρωση του οργανικού φορτίου. Το βασικό μειονέκτημα της χρήσης όζοντος είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων παραγωγής του και το υψηλό κόστος λειτουργίας τους. Άλλος οξειδωτικός παράγοντας που χρησιμοποιείται ευρέως για απολύμανση είναι το χλώριο, γίνονται όμως προσπάθειες αντικατάστασής του με άλλα υλικά απολύμανσης, λόγω των οργανοχλωριωμένων ενώσεων που παράγονται κατά την χλωρίωση. Σημειώνεται ότι όταν τα απόβλητα δεν έχουν επεξεργαστεί βιολογικά, κατά την απολύμανση δημιουργούνται και μικρές (αμελητέες) ποσότητες ιλύος.

Συστήματα διάθεσης υγρών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Επιφανειακή απορροή

Εφαρμόζεται σε μη υδροπερατά και κεκλιμένα εδάφη, με τη χρήση φυτών με αντοχή στην υγρασία (π.χ. καλάμια).

Μέθοδος διήθησης

Εφαρμόζεται σε υδροπερατά εδάφη και η μείωση του οργανικού φορτίου επιτυγχάνεται με φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές δράσεις μέσα στο έδαφος.

Άρδευση με ψεκασμό

Η χρήση επεξεργασμένων (ή ημιεπεξεργασμένων) υγρών βιομηχανικών αποβλήτων από βιομηχανίες τροφίμων στη γεωργία, με ψεκασμό, είναι η πλέον συνηθισμένη πρακτική σε πολλές χώρες της Ευρώπης και στις ΗΠΑ.

Διάθεση σε σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων

Η διοχέτευση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων (ενδεχομένως μετά από μερική προεπεξεργασία, σύμφωνα με θεσπισμένα όρια) σε δίκτυα των τοπικών επιχειρήσεων αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) ή δίκτυα αποχέτευσης Βιομηχανικών Περιοχών (ΒΙΠΕ) είναι μια δόκιμη μέθοδος ενδιάμεσης διάθεσης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το κόστος του τελικού καθαρισμού των αποβλήτων πριν την διάθεση τους στον τελικό αποδέκτη, το οποίο επιβαρύνεται η βιομηχανία ως ανταποδοτικό τέλος (Νταρακάς, 2006).

3.4.3 ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τα στερεά απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων περιλαμβάνουν και άχρηστα υλικά, παρόμοιας σύστασης με τα αστικά απορρίμματα, καθώς και στερεά ή ημίρρευστα απόβλητα (υλίες, υπολείμματα επεξεργασίας αερίων αποβλήτων, κ.ά.), τα οποία χαρακτηρίζονται ως βιομηχανικά στερεά απόβλητα. Τα άχρηστα υλικά παρόμοιας σύστασης με τα αστικά απορρίμματα, όπως τα υπολείμματα από την καθαριότητα των χώρων, τα υλικά συσκευασίας από χαρτί και πλαστικό και τα υπολείμματα των υφασμάτων, δεν απαιτούν ιδιαίτερη επεξεργασία και μπορούν να διατεθούν σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που λειτουργούν με νόμιμη άδεια.

Τα στερεά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων περιλαμβάνουν και μη άχρηστα υλικά, συνήθως εξαντλημένα αγροτικά προϊόντα ή υπολείμματα αγροτικών προϊόντων (φλοιοί, πυρήνες κ.λ.π.). Τα απόβλητα αυτά είναι αξιοποιήσιμα (ενδεχομένως με μικρή προεπεξεργασία) και διατίθενται συνήθως προς παραγωγή ζωοτροφών ή αξιοποίηση από άλλες βιομηχανίες (π.χ. οι πυρήνες βερίκοκου στη φαρμακοβιομηχανία).

Τεχνολογίες αντιμετώπισης της ρύπανσης από ιλύες βιομηχανιών τροφίμων

Η ιλύς, όπως αποβάλλεται από τα διάφορα στάδια έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό και παθογόνους μικροοργανισμούς. Υποβάλλεται σε ιδιαίτερες επεξεργασίες, έτσι ώστε να αποκτήσει την κατάλληλη ποιότητα για τελική διάθεση, χωρίς να προκαλεί περαιτέρω προβλήματα ρύπανσης.

Τα στάδια που ακολουθούνται για την επεξεργασία της ιλύος είναι:

- Η πάχυνση (συμπύκνωση),
- Η βιολογική χώνευση (αερόβια, αναερόβια),
- Η βελτίωση,
 - χημική βελτίωση,
 - θερμική επεξεργασία (αποστείρωση),
- Η αφυδάτωση,
- Η καύση.

Γενικός στόχος είναι η μείωση του όγκου, η σταθεροποίηση της ιλύος και μετατροπή της σε αδρανή (βιολογικά σταθερή) μάζα. Είναι δυνατόν να μην ακολουθούνται όλα τα παραπάνω στάδια. Ορισμένα από αυτά παραλείπονται, ιδίως σε μικρές μονάδες, όπου λόγω των μεγάλων ηλικιών της ενεργού ιλύος, η παραγόμενη βιολογική μάζα είναι επαρκώς σταθεροποιημένη και ο χειρισμός της απαιτεί μόνο διεργασίες που αποσκοπούν στην μείωση του όγκου της (πάχυνση, αφυδάτωση). Τα διάφορα στάδια επεξεργασίας ιλύος περιγράφονται παρακάτω.

Προεπεξεργασία

Περιλαμβάνει μίξη διαφόρων ειδών ιλύος και προσωρινή αποθήκευση. Θεωρείται προαιρετική, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης και την ποσότητα της παραγόμενης ιλύος. Συνήθως υποκαθίσταται από την πάχυνση.

Πάχυνση

Με την πάχυνση επιτυγχάνεται μείωση του όγκου, με ταυτόχρονη απομάκρυνση των περιεχομένων υγρών και βελτίωση των χαρακτηριστικών της ιλύος, ώστε να είναι πιο αποτελεσματικές οι μετέπειτα διεργασίες. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με:

- παχυντές βαρύτητας,
- μηχανικούς παχυντές ή
- παχυντές με επίπλευση.

Οι παχυντές βαρύτητας είναι κυκλικές ή ορθογωνικές δεξαμενές, με μεγάλες κλίσεις πυθμένα, ώστε να διευκολύνεται η συσσώρευση και συμπύκνωση των στερεών στη χοάνη συλλογής απ' όπου και απομακρύνονται. Οι παχυντές αυτοί έχουν την μεγαλύτερη εφαρμογή μέχρι σήμερα, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τύπους. Επιτυγχάνεται συμπύκνωση σε περιεκτικότητα στερεών 2,5 - 5 % (συνήθως 2 - 3 %).

Οι μηχανικοί παχυντές προσομοιάζουν με τις δεξαμενές καθίζησης, είναι όμως μικρότερης διαμέτρου και μεγαλύτερου βάθους. Ο μηχανισμός λειτουργίας τους είναι ίδιος με τον παχυντή βαρύτητας με τη διαφορά ότι η διαδικασία διευκολύνεται με μηχανικό ξέστρο και αναδευτήρα. Επιτυγχάνεται συμπύκνωση σε περιεκτικότητα στερεών ως και 5 - 8 %. Οι παχυντές με επίπλευση είναι σκεπασμένες δεξαμενές, όπου η εισερχόμενη ιλύς παρασύρεται στην επιφάνεια από τις φυσαλίδες πεπιεσμένου αέρα που εισάγεται από τον πυθμένα. Στην επιφάνεια η ιλύς συμπυκνώνεται και απομακρύνεται με κατάλληλη διάταξη. Επιτυγχάνεται συμπύκνωση 3 - 5 %.

Χώνευση ιλύος (σταθεροποίηση) (Αερόβια - Αναερόβια)

Κατά την αερόβια χώνευση πραγματοποιείται ανάδευση και αερισμός της ιλύος για 10 περίπου ημέρες οπότε αποικοδομείται το 40 - 60 % των πτητικών στερεών και παράγεται σχετικά σταθεροποιημένη ιλύς.

Η αναερόβια χώνευση πραγματοποιείται σε κλειστές δεξαμενές με πλήρη έλλειψη οξυγόνου, με συνεχή ανάμιξη που πραγματοποιείται με ανακυκλοφορία - εμφύσηση βιοαερίου ή μηχανική ανάμιξη και με συνεχή έλεγχο της θερμοκρασίας, του pH, και των αιωρούμενων στερεών. Οι δεξαμενές είναι κυκλικές με σιλό συλλογής της ιλύος στον πυθμένα. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, η στάθμη της ιλύος στον χωνευτή ρυθμίζεται αυτόματα. Η ιλύς ανακυκλοφορεί και θερμαίνεται με εναλλάκτες, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε 35 - 37 °C. Ο χρόνος παραμονής για τα στερεά κυμαίνεται από 10 έως 30 ημέρες με μέση τιμή τις 20 ημέρες. Παράγεται μίγμα αερίων (βιοαέριο) με χημική σύσταση περίπου 65 % μεθάνιο (CH₄), 35 % διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρόθειο (H₂S) κ.λ.π. Το βιοαέριο αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκιο και συνήθως χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χωνευτών ενώ η περίσσεια του οδηγείται προς καύση (σε πυρσό) ή ενεργειακή αξιοποίηση.

Αφυδάτωση ιλύος

Η αφυδάτωση επιτυγχάνει επιπλέον αφαίρεση υγρού, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η μεταφορά και η τελική διάθεση της σταθεροποιημένης ιλύος. Συνήθως γίνεται με ταινιοφιλτρόπρεσες ή σε κλίνες ξήρανσης, προκειμένου για μικρές μονάδες.

Συχνά παρατηρείται η ταυτόχρονη ύπαρξη και των δύο δυνατοτήτων, οπότε οι κλίνες χρησιμοποιούνται εφεδρικά, κυρίως για την αφυδάτωση της ενεργού, μη σταθεροποιημένης ιλύος.

Κλίνες ξήρανσης

Οι κλίνες ξήρανσης έχουν γενικά μικρό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, η απόδοσή τους όμως εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, ενώ απαιτούν μεγάλη έκταση. Η χωνεμένη ιλύς απλώνεται σε υγρή μορφή σε επιφάνεια άμμου, όπου και πραγματοποιείται η αφυδάτωση. Τα στραγγίσματα επιστρέφουν για κατεργασία μαζί με τα υγρά απόβλητα.

Ταινιοφιλτρόπρεςες

Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις βιομηχανίες τροφίμων. Πρόκειται για μηχανισμούς, με αυτοματοποιημένη λειτουργία, οι οποίοι εξασφαλίζουν τη σταδιακή συμπίεση των ένυδρων ιζημάτων μεταξύ δύο ατέρμωνων ταινιών διήθησης που συμπιέζονται από κυλίνδρους. Οι ταινιοφιλτρόπρεςες απαιτούν μεγάλο κόστος εγκατάστασης και μεγάλες ποσότητες νερού, έχουν όμως μικρό κόστος λειτουργίας και μικρή έκταση. Αποτελούνται κυρίως από ατέρμονες ταινίες - ιμάντες, ανάμεσα στις οποίες συμπιέζεται η ιλύς. Τα διαχωριζόμενα νερά επιστρέφουν στην γραμμή επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της εγκατάστασης. Απαιτούν επίσης προσθήκη πολυηλεκτρολυτών και η συμπόκνωση που εξασφαλίζουν είναι της τάξης των 180 - 250 kg SS / m³.

Φιλτρόπρεςες

Πρόκειται για μηχανισμούς συμπίεσης των ιζημάτων σε διηθητικές επιφάνειες. Εξασφαλίζουν, με προσθήκη πολυηλεκτρολύτη, συγκέντρωση στερεών (SS) της τάξης των 250 - 350 kg SS / m³ σε ιζήματα που προέρχονται από διατάξεις χημικής θρόμβωσης ή από πλεονάσματα βιομάζας. Οι φιλτρόπρεςες αποτελούνται από σειρά παράλληλων πλακών με εσωτερικά πανιά διήθησης, οι οποίες συμπιέζονται με υδραυλικό σύστημα σε 8 - 12 atm. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Φυγοκεντρικές διατάξεις αφυδάτωσης

Πρόκειται για μηχανισμούς, οι οποίοι εξασφαλίζουν την περιστροφή των ένυδρων ιζημάτων και τον κλασματικό διαχωρισμό των στερεών και του νερού. Χρησιμοποιούνται συχνά λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους τους και της απλότητας

στη λειτουργία τους. Η απόδοση αφυδάτωσης εξαρτάται από το είδος των ένυδρων ιζημάτων. Με προσθήκη πολυηλεκτρολύτη εξασφαλίζουν συγκέντρωση στερεών της τάξης των 150 - 250 kg SS / m³.

Θερμική επεξεργασία ιλύος

Πρόκειται για αποτεφρωτικούς κλιβάνους, στους οποίους η θερμοκρασία των ένυδρων ιζημάτων συνήθως υπερβαίνει τους 850 °C (στην περίπτωση που περιέχουν οργανοχλωριωμένες ενώσεις υπερβαίνει τους 1200 °C), για χρόνο $t > 2$ sec. Η αποτέφρωση γίνεται συνήθως σε δύο στάδια, το πρώτο εξασφαλίζει, απουσία αέρα, την αύξηση της θερμοκρασίας των ιζημάτων. Τα παραγόμενα πτητικά και αναγωγικά αέρια εισέρχονται στο δεύτερο στάδιο όπου καίγονται σε υψηλή θερμοκρασία παρουσία αέρα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η μειωμένη κατανάλωση ενέργειας για την καύση και οι μειωμένες εκπομπές σωματιδίων. Σε κάθε περίπτωση οι αέριες εκπομπές από μονάδες καύσης πρέπει να διασφαλίζουν τα όρια εκπομπών που προβλέπονται από τη σχετική νομοθεσία.

Διαχείριση και διάθεση της ιλύος από βιομηχανίες τροφίμων

Λόγω της σύνθεσής της και ιδίως λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς της σε οργανικό άνθρακα (C), άζωτο (N), και φώσφορο (P), η ιλύς μπορεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, να υποκαταστήσει σε μεγάλο ποσοστό τη χρήση λιπασμάτων, ενώ παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό και άλλων ιδιοτήτων των εδαφών (δομή, ικανότητα συγκράτησης υγρασίας κ.λ.π.), που παίζουν εξίσου σοβαρό ρόλο στην παραγωγικότητα τους. Σε περιπτώσεις που η δυνατότητα αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί (έλλειψη κατάλληλων εδαφών, υψηλές συγκεντρώσεις επικινδύνων συστατικών στην ιλύ, γεγονός σπάνιο στις ιλύες της βιομηχανίας τροφίμων, π.χ. βαρέα μέταλλα που την καθιστούν ακατάλληλη) εφαρμόζονται εναλλακτικές περαιτέρω επεξεργασίες, που διακρίνονται σε δύο ευρείες κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν επεξεργασίες, που στοχεύουν κυρίως στη μείωση του όγκου της ιλύος προς τελική διάθεση και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι:

- Η αποτέφρωση ή η συν-αποτέφρωση μαζί με αστικά απορρίμματα (δεν συνιστάται, ούτε είναι εφικτή σε κάποιες βιομηχανίες τροφίμων).
- Η υγρή οξείδωση (δεν συνιστάται, ούτε είναι εφικτή σε κάποιες βιομηχανίες τροφίμων).

- Η πυρόλυση (δεν συνιστάται, ούτε είναι εφικτή σε κάποιες βιομηχανίες τροφίμων).
 - Η λιπασματοποίηση, αυτοτελώς ή μαζί με αστικά απορρίμματα ή άλλα στερεά απόβλητα
- στην ανάκτηση και βελτίωση εδαφών ή καμένων δασών.
- σαν υλικό επικάλυψης χώρων υγειονομικής ταφής κ.α.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν εναλλακτικές τεχνικές όπως:

- Η διάθεση της ιλύος στη θάλασσα (σε μεγάλα βάθη).
- Η διάθεση της ιλύος σε χώρους υγειονομικής ταφής με ή χωρίς άλλα στερεά απόβλητα.

Διαχείριση - διάθεση συμβατικών στερεών αποβλήτων βιομηχανιών τροφίμων

Τα άχρηστα υλικά των βιομηχανιών τροφίμων παρόμοιας σύστασης με τα αστικά απορρίμματα, όπως τα υπολείμματα από την καθαριότητα των χώρων, τα υλικά συσκευασίας από χαρτί και πλαστικό και τα υπολείμματα των υφασμάτων, δεν απαιτούν ιδιαίτερη επεξεργασία και μπορούν να διατεθούν σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων που λειτουργούν με νόμιμη άδεια (Νταρακάς, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΙΟΜΑΖΑ

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Με τον όρο βιομάζα εννοείται κάθε πρόσφατη οργανική ύλη η οποία έχει προέλθει από φυτά ως αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής διεργασίας. Η ενέργεια της βιομάζας προέρχεται από φυτικό ή ζωικό υλικό, όπως π.χ. ξύλα από δάση, υπολείμματα από αγροτικές και δασικές καλλιέργειες, καθώς και βιομηχανικά, αστικά και ζωικά απόβλητα.

Η ενεργειακή αξία της βιομάζας από φυτική ύλη προέρχεται αρχικά από την ηλιακή ενέργεια η οποία δεσμεύεται μέσω της φωτοσύνθεσης.

Η χημική ενέργεια που έχει αποθηκευτεί σε φυτά και ζώα (που τρέφονται με φυτά ή άλλα ζώα), ή στα απόβλητα που παράγουν, ονομάζεται βιοενέργεια. Κατά την διάρκεια ενεργειακών μετατροπών όπως η καύση, η βιομάζα απελευθερώνει την ενέργεια της, συχνά με την μορφή της θερμότητας, και ο άνθρακας οξειδώνεται προς διοξείδιο του άνθρακα αντικαθιστώντας ουσιαστικά εκείνον που είχε απορροφηθεί κατά την ανάπτυξη του φυτού. Στην πραγματικότητα η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι η αντίστροφη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Στην φύση η βιομάζα αποσυντίθεται τελικά στα στοιχειώδη μόρια της με την απελευθέρωση θερμότητας. Συνεπώς η έκλυση ενέργειας από την μετατροπή της βιομάζας σε χρήσιμη ενέργεια προσομοιώνει τις φυσικές διεργασίες σε έναν ταχύτερο ρυθμό. Με την χρήση αυτής της ενέργειας ανακυκλώνεται ο άνθρακας και δεν έχουμε προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει με τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Από όλες τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η βιομάζα είναι η μοναδική που ουσιαστικά αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια. Επιπροσθέτως είναι η μόνη που συγκροτείται από άνθρακα, και είναι σε θέση να παράγει, μετά από επεξεργασία, στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα με καύση ξύλων για θέρμανση και μαγείρεμα, είτε έμμεσα με μετατροπή σε κάποιο άλλο υγρό ή αέριο καύσιμο, όπως π.χ. αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο ή βιοαέριο από ζωικά απόβλητα. Το καθαρό ενεργειακό προϊόν που είναι διαθέσιμο στην βιομάζα όταν καίγεται ποικίλλει από περίπου 8 MJ/kg για ξύλο, μέχρι 20 MJ/kg για ξηρή φυτική ύλη, μέχρι 55 MJ/kg για το

μεθάνιο (το κάρβουνο ποικίλλει 23-30MJ/kg). Ο συντελεστής απόδοσης της ενεργειακής διεργασίας καθορίζει πόση ενέργεια θα είναι πρακτικά διαθέσιμη.

4.2 ΠΗΓΕΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι πιθανές πηγές βιομάζας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενεργειακή μετατροπή καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα υλικών. Η χρήση της βιομάζας μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κατηγορίες:

- σύγχρονη βιομάζα,
- παραδοσιακή βιομάζα.

Η σύγχρονη βιομάζα αναφέρεται σε μεγάλης κλίμακας χρήση και στόχο έχει να υποκαταστήσει τα παραδοσιακά καύσιμα. Περιλαμβάνει δασική ξυλεία και αγροτικά υπολείμματα, αστικά απόβλητα, και ενεργειακές φυτείες.

Η παραδοσιακή βιομάζα περιορίζεται σε μικρής κλίμακας χρήσεις και σε αναπτυσσόμενες περιοχές και κράτη. Περιλαμβάνει ξυλεία και ξυλοκάρβουνα για οικιακή χρήση, υπολείμματα κλαδεμάτων, καθώς και απόβλητα ζώων.

Αγροτικές φυτείες

Υπάρχουν πολλά αγροτικές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενεργειακοί πόροι, όπως το ζαχαροκάλαμο, το καλαμπόκι, ο ηλιάνθος, η σόγια κλπ. Η πλειονότητα αυτών καλλιεργούνται ως υγρά καύσιμα, δηλαδή παράγουν τελικά αιθανόλη ή βιοπετρέλαιο. Το πλέον γνωστό είναι το ζαχαροκάλαμο και το καλαμπόκι.

Υπάρχουν επίσης καρποί (σπόροι, κουκούτσια κλπ.), που περιέχουν ένα μεγάλο ποσοστό ελαίου και με την σύνθλιψη μπορεί αυτό να εξαχθεί άμεσα και να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο ή ως θερμαντικό καύσιμο. Τέτοιοι καρποί είναι ο ελαιόκαρπος, ο ηλιόσπορος, κλπ.

Η χρήση του βιοκαυσίμου έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως η μείωση των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου (περίπου 3.2 kg ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλό βιοκαυσίμου), η κατά 99 % μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου, η κατά 39% μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων, η υψηλή τους βιοαποδομησιμότητα, και η ασφάλεια της ενεργειακής προσφοράς, καθώς υπάρχει τοπική παραγωγή.

Αγροτικά Υπολείμματα

Ετησίως παράγονται μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων από σπαρτά και καλλιέργειες οι οποίες γίνονται αντικείμενο πολύ μικρής εκμετάλλευσης. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι ο φλοιός από το ρύζι, το οποίο αποτελείται από το 25 % του ρυζιού κατά μάζα. Άλλα υπολείμματα είναι τα ζαχαροκάλαμα, φλοιοί καρύδων, ξηρών καρπών, και δημητριακών. Στην Ελλάδα τέτοιο υπόλειμμα είναι το πυρηνόξυλο το οποίο παράγεται στις μεγάλες ελαιοπαραγωγούς περιοχές (Λέσβος, Πελοπόννησος, κλπ.

Ζωικά Απόβλητα

Υπάρχει μια ευρεία γκάμα ζωικών αποβλήτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές βιομάζας. Οι πλέον συνήθεις είναι κοπριά από γουρούνια, κοτόπουλα και βοοειδή, καθώς αυτά τα ζώα μεγαλώνουν σε περιορισμένους χώρους και παράγουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων μέσα σε μικρή επιφάνεια. Στο παρελθόν γινόταν ανάκτηση αυτών των αποβλήτων και επωλούντο ως λιπάσματα, ή απλώς απλώνονταν σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Η εισαγωγή όμως αυστηρότερων περιβαλλοντικών ελέγχων, όσον αφορά τις οσμές και την ρύπανση των νερών, σημαίνει ότι θα πρέπει πλέον να γίνεται κάποιας μορφής διαχείριση αυτών των αποβλήτων, το οποίο ανοίγει τον δρόμο για πιθανή εκμετάλλευση της παραγωγής ενέργειας από απόβλητα.

Η συνηθισμένη διαδικασία μετατροπής αυτών των αποβλήτων είναι μέσω της αναεροβικής χώνευσης. Το προϊόν από την αναεροβική χώνευση είναι ένα «βιοαέριο» που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης και παραγωγή ηλεκτρισμού, ή για άμεση καύση για μαγείρεμα και θέρμανση νερού και χώρων. Απόβλητα από την βιομηχανία τροφίμων και από βιολογικούς καθαρισμούς είναι επίσης μια πιθανή πρώτη ύλη για αναερόβια χώνευση.

Μαύρο ρευστό (black liquor)

Το μαύρο ρευστό είναι ένα προϊόν αποβλήτων που παράγεται από την βιομηχανία χαρτιού. Το ρευστό αυτό μπορεί να πυρολυθεί ή αεριοποιηθεί και χρησιμοποιηθεί ως βιομάζα. Ερευνητικές προσπάθειες έχουν αναπτύξει μια διεργασία ρευστοποιημένης κλίσης με ταχεία πυρόλυση που μπορεί να μετατρέψει το μαύρο υγρό σε βιοκαύσιμο. Στην συνέχεια μπορεί να μετατραπεί σε καύσιμο κατάλληλο για τις μηχανές των αυτοκινήτων.

Απόβλητα της βιομηχανίας ζαχάρως

Η βιομηχανία ζαχάρως από ζαχαροκάλαμο παράγει μεγάλους όγκους μπαγκάσσας (bagasse: το υπόλειμμα του ζαχαροκάλαμου) που είναι εν δυνάμει μια μεγάλη ενεργειακή πηγή βιομάζας καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού.

Δασικές Φυτείες

Το ξύλο είναι μια σημαντική ενεργειακή πηγή σε πολλές χώρες του κόσμου. Τα πλέον κατάλληλα δένδρα για αυτές τις δασικές φυτείες είναι εκείνα που αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς και που μετά την κοπή ξαναμεγαλώνουν με εκβλαστήματα από την ρίζα. Το ξύλο μπορεί να καεί για παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού, για θέρμανση στο μαγείρεμα, για θέρμανση νερού και χώρων ή να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ξυλοκάρβουνο.

Δασικά Υπολείμματα

Τα δασικά υπολείμματα παράγονται από εργασίες όπως αραίωμα των δένδρων, ξεχέρσωση για διάνοιξη δρόμων, απογύμνωση κορμών, καθώς και φυσική φθορά. Η επεξεργασία του ξύλου επίσης παράγει σημαντικές ποσότητες υπολειμμάτων συνήθως με την μορφή απορριμμάτων, φλοιούς και απορρίμματα. Αυτά τα απόβλητα τις περισσότερες φορές δεν χρησιμοποιούνται, όμως είναι δυνατόν να συλλέγουν και χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη.

Βιομηχανικά Απόβλητα

Η βιομηχανία τροφίμων παράγει ένα μεγάλο όγκο αποβλήτων και παραπροϊόντων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα. Αυτά τα απόβλητα παράγονται από 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 φρούτα και λαχανικά, τρόφιμα τα οποία κρίνονται ακατάλληλα για βρώση και δεν περνούν τους ποιοτικούς ελέγχους, ιζήματα από φίλτρα κλπ. Συνήθως καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και επιβαρύνουν τον προϋπολογισμό της ίδιας της βιομηχανίας τροφίμων.

Κατά την διάρκεια του πλυσίματος του κρέατος, των φρούτων και των λαχανικών, της αποφλοιώσης των καρπών, την προπαρασκευή του μαγειρέματος του

κρέατος, των ψαριών, καθώς και κατά την διάρκεια της οινοπαραγωγής παράγονται μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων. Αυτά περιέχουν σάκχαρες, άμυλο και άλλη διαλυμένη και στερεά οργανική ύλη σε αρκετά αραιή μορφή. Για αυτά τα βιομηχανικά απόβλητα υπάρχει το δυναμικό να χωνευτούν αναεροβικά προς παραγωγή βιοαερίου ή να ζυμωθούν για παραγωγή αιθανόλης, και υπάρχουν αρκετά αντίστοιχα παραδείγματα.

Αστικά Στερεά Απόβλητα

Κάθε χρόνο συλλέγονται και οδηγούνται στους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) εκατομμύρια τόννων αστικών αποβλήτων. Η σύσταση τους ποικίλλει ανάλογα με τον τόπο, την εποχή καθώς και με τον τρόπο και επιλογή της συλλογής των. Τα αστικά απόβλητα μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια με καύση ή με φυσική αναεροβική χώνευση στις ΧΥΤΑ. Στις βιομηχανικές χώρες υπάρχουν επίσης αρκετοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση του βιοαερίου (μεθάνιο κυρίως) που εκλύεται ως αποτέλεσμα της φυσικής αποσύνθεσης. Αυτό πριν οδηγηθεί προς καύση στις μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεριοστρόβιλους για παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρισμού καθαρίζεται και απομακρύνεται το διοξείδιο του θείου που πιθανώς να περιέχει.

Υγρά Απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα είναι μια πηγή βιομάζας παρόμοια με αυτή που προέρχεται από τα ζωικά απόβλητα και έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές χώρες. Συνήθως εξάγεται από τα απόβλητα με αναεροβική χώνευση προς παραγωγή βιοαερίου.

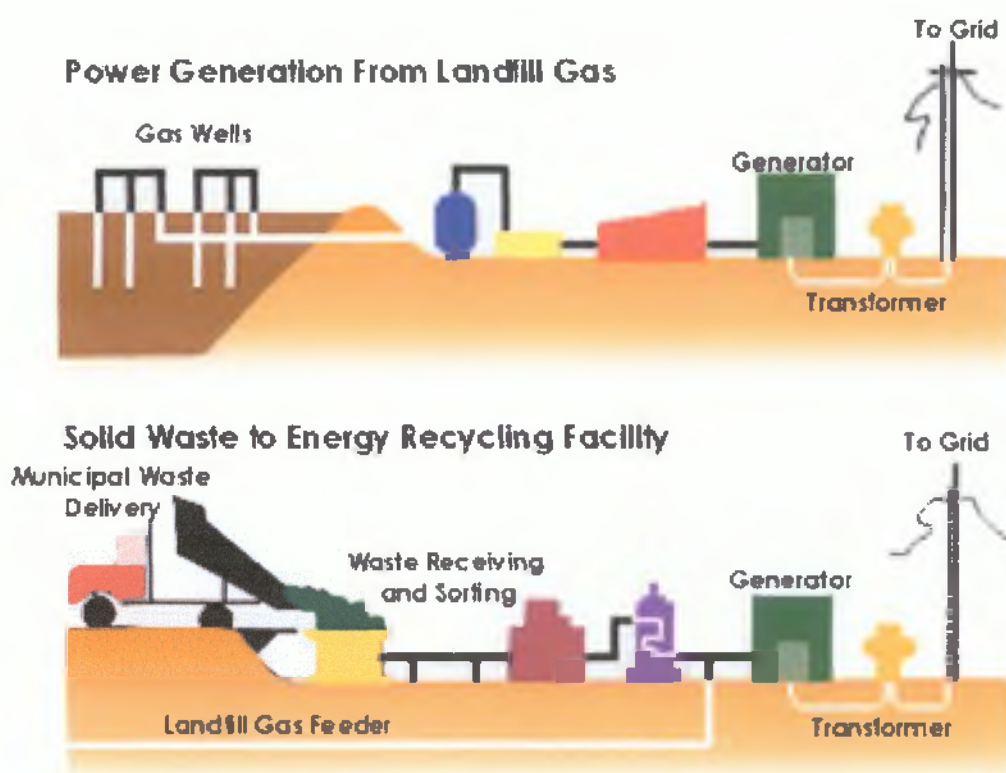
4.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

ΑΝΑΕΡΟΒΙΚΗ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η αναεροβική χώνευση είναι η αποσύνθεση της υγρής και πράσινης βιομάζας με την 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 στις ΧΥΤΑ παράγει 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. Αυτό το μεθάνιο εκλύεται στην ατμόσφαιρα και συνεισφέρει τελικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Είναι δυνατόν όμως να συλλέγει

με την χρησιμοποίηση διάτρητων σωλήνων που έχουν εισαχθεί μέσα στον όγκο των αποβλήτων και με αυτό τον τρόπο να οδηγηθεί, μέσω της φυσικής διαφοράς πίεσης, για ενεργειακή εκμετάλλευση.

Το βιοαέριο παράγεται συνήθως από τα ζωικά απόβλητα, με ανάμιξη νερού, που θερμαίνονται και αναμιγνύονται μέσα σε αεροστεγείς αντιδραστήρες. Αυτοί μπορεί να έχουν διάφορα μεγέθη, από 1 m³ για μικρές οικιακές μονάδες μέχρι μονάδες μέχρι 2000 m³ για μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το βιοαέριο μπορεί στην συνέχεια να καεί για μαγείρεμα ή θέρμανση χώρων, ή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης για παραγωγή ηλεκτρισμού.



Εικόνα 4.1: Παραγωγή ηλεκτρισμού με βιοαέριο από ΧΥΤΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΠΡΙΚΕΤΤΩΝ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΙΔΙΩΝ

Οι μπρικέττες και τα σφαιρίδια (Briquetts and pellets) παράγονται από την συμπίεση βιομάζας σε πολύ μεγάλες πιέσεις. Αυτή η συμπίεση γίνεται σε ειδικά καλούπια, τα προϊόντα έχουν πολύ μικρότερο όγκο από τον αρχικό και συνεπώς μεγαλύτερη σχέση ενεργειακού περιεχομένου προς όγκο. Είναι συνεπώς ευκολότερα στην αποθήκευση, στην μεταφορά και στην οδήγηση προς την καύση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως καύσιμη ύλη ή σε μικρή κλίμακα για την τροφοδοσία

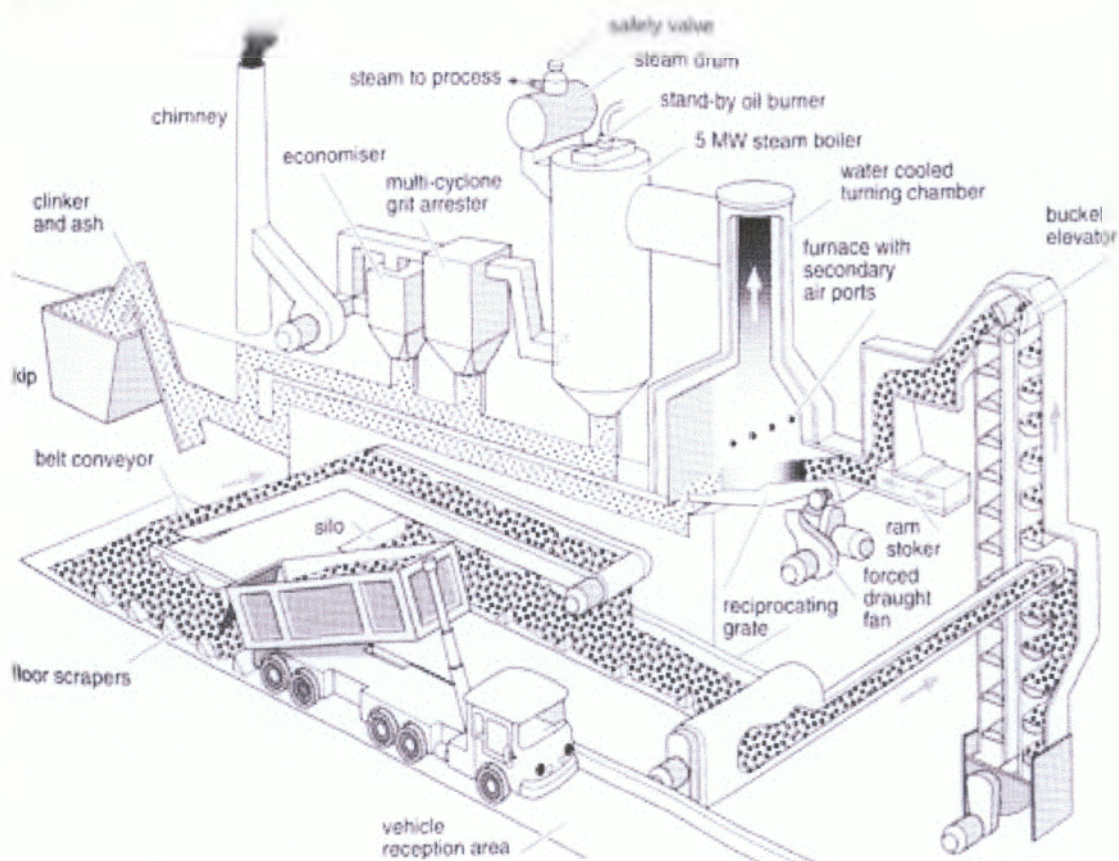
λεβήτων και σομπών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ξυλανθράκων.

ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ

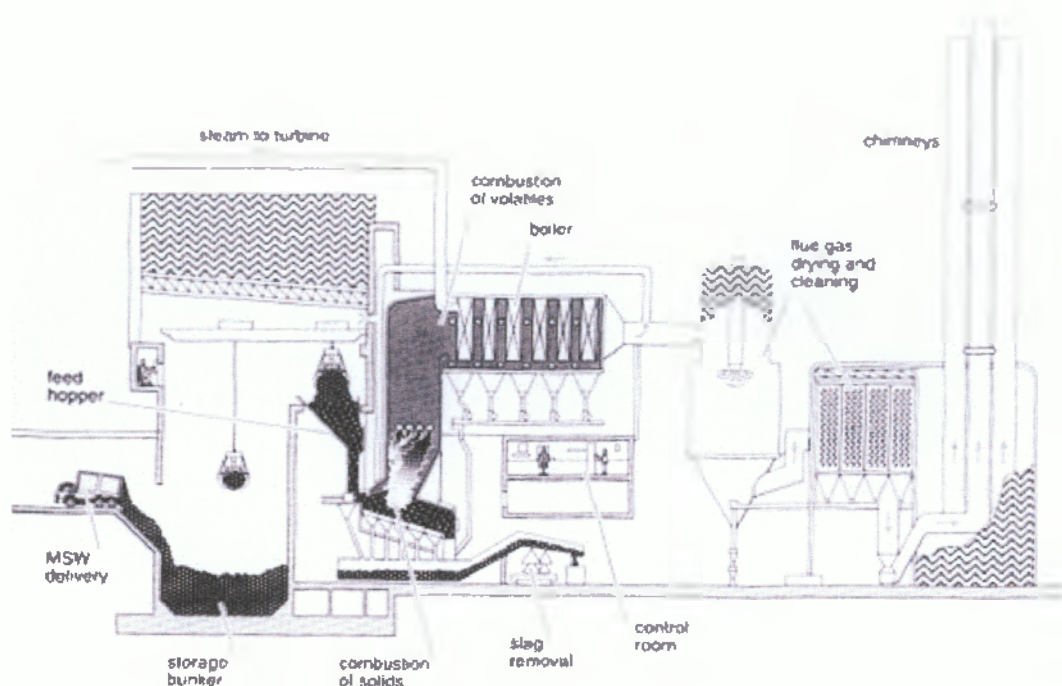
Η άμεση καύση είναι η κύρια διεργασία για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Η ενέργεια που απελευθερώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση ή ηλεκτρισμό, για μαγείρεμα, για θέρμανση χώρων και στην βιομηχανία.

Εφαρμογές μικρής κλίμακας, όπως μαγείρεμα και θέρμανση χώρων, είναι συνήθως μικρής απόδοσης με απώλειες στην μεταφορά θερμότητας της τάξης του 30-90% από την αρχική ενέργεια. Μικρές βελτιώσεις μπορεί να έχουμε με την χρήση αποδοτικών συσκευών, καλά μονωμένων.

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 αμοστροβίλους-γεννήτριες.



Εικόνα 4.2: Σταθμός μεγάλης κλίμακας για παραγωγή θερμότητας από υπολείμματα ξύλου



Εικόνα 4.3: Εγκατάσταση καύσης αστικών απορριμμάτων

Οι μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού με βιομάζα έχουν παραπλήσιο βαθμό απόδοσης με εκείνον των συμβατικών σταθμών με υδρογονάνθρακες, όμως το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλότερο διότι θα πρέπει ο καυστήρας να σχεδιάζεται για το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας της βιομάζας. Η οικονομικότητα του συστήματος όμως βελτιώνεται στην περίπτωση συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

ΠΥΡΟΛΥΣΗ

Η πυρόλυση είναι μια βασική θερμοχημική διεργασία για την μετατροπή στερεάς βιομάζας σε ένα πιο χρήσιμο υγρό καύσιμο. Η βιομάζα θερμαίνεται σε απουσία οξυγόνου, ή καίγεται μερικώς με περιορισμένη παροχή οξυγόνου. Παράγεται τότε ένα αέριο μείγμα πλούσιο σε υδρογονάνθρακες, ένα υγρό παρόμοιο με πετρέλαιο και ένα στερεό υπόλειμμα πλούσιο σε άνθρακα, το ξυλοκάρβουνο. Παραδοσιακά η παραγωγή του ξυλοκάρβουνου γίνεται σε σωρούς στην ύπαιθρο καλυμμένους με χώμα. Η διεργασία είναι πολύ αργή και με μικρό βαθμό απόδοσης. Νέες τεχνικές, βιομηχανικής κλίμακας επιτρέπουν στην αύξηση της παραγωγής και την εκμετάλλευση και του υγρού προϊόντος.

ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση είναι μια μορφή πυρόλυσης, απαιτεί μεγαλύτερη παροχή αέρα και υψηλότερες θερμοκρασίες για την βελτίωση της παραγωγής του βιοαερίου. Αυτό αποτελείται από μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο, μαζί με άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο είναι πιο ελκυστικό από την αρχική στερεά βιομάζα (συνήθως ξύλο ή ξυλοκάρβουνο) γιατί μπορεί να καεί για παραγωγή θερμότητας και ατμού ή να τροφοδοτήσει αεριοστρόβιλους για παραγωγή ηλεκτρισμού. Η αεριοποίηση της βιομάζας είναι η πλέον σύγχρονη μέθοδος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα και έχουν σχεδιαστεί σταθμοί ισχύος μέχρι 50 MWe. Οι σταθμοί αυτοί έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης, μέχρι 50%, καθώς χρησιμοποιούν τον συνδυασμένο κύκλο των αεριοστροβίλων. Πρόβλημα εξακολουθεί να αποτελεί ο καθαρισμός του αερίου ώστε να μην υπάρχει περιβαλλοντικό πρόβλημα.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΟΚΑΡΒΟΥΝΟΥ

Η παραγωγή ξυλοκάρβουνο είναι μια μορφή πυρόλυσης με πολύ μειωμένη παροχή οξυγόνου, όπου απομακρύνονται τα αέρια και οι υδρατμοί. Οι σύγχρονοι κλίβανοι ξυλοκάρβουνο λειτουργούν σε θερμοκρασίες 600°C και παράγουν ξυλοκάρβουνο με βαθμό απόδοσης 25-35% της αρχικής ποσότητας βιομάζας, ενώ τα θερμά αέρια χρησιμοποιούνται για την ξήρανση της πρώτης ύλης. Το παραγόμενο ξυλοκάρβουνο έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα της τάξεως του 75-85% και είναι χρήσιμο για θέρμανση, b-b-q, κλπ.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΚΑΥΣΗ

Πολλές φορές η βιομάζα χρησιμοποιείται σε κάποιο ποσοστό ως τροφοδοτικό καύσιμο μαζί με το κάρβουνο μέσα στον κλίβανο. Η όλη διεργασία είναι αντικείμενο γενικότερης ερευνητικής προσπάθειας, οικονομικής, τεχνολογικής και περιβαλλοντικής, καθώς υπάρχει ελπίδα να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον η βιομάζα για μερική τροφοδοσία συμβατικών σταθμών κάρβουνο (λιγνίτη, ανθρακίτη, κλπ.)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

Η αιθανόλη παράγεται από ορισμένου τύπου βιομάζα που περιέχει σάκχαρες, άμυλο ή κυτταρίνη. Το πλέον γνωστό υλικό για την παραγωγή αιθανόλης είναι τα σακχαροκάλαμα, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν το άμυλο και άλλα δημητριακά, καθώς και το ξύλο. Η επιλογή της βιομάζας είναι κρίσιμο στοιχείο διότι ένα από αυτήν προέρχεται ένα 55-80% του κόστους της αιθανόλης.

Η αιθανόλη παράγεται από μια διεργασία που είναι γνωστή ως ζύμωση. Το σάκχαρο εξάγεται από την βιομάζα με σύνθλιψη, ανάμιξη με νερό και μαγιά, και παραμονή σε μεγάλους, θερμαινόμενους αντιδραστήρες. Η μαγιά διασπά το σάκχαρο και το μετατρέπει σε αιθανόλη. Στην συνέχεια απαιτείται απόσταξη για την απομάκρυνση του νερού και άλλων ακαθαρσιών από το αραιωμένο αλκοολούχο προϊόν (10-15% αιθανόλη). Η συμπυκνωμένη αιθανόλη (95% Κ.) αφαιρείται και υγροποιείται για χρήση σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Το υπόλοιπο του φυτού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως εξωτερική θερμότητα για την όλη διεργασία. Το στάδιο της απόσταξης διακρίνεται από μεγάλη ενεργειακή απώλεια, ιδιαίτερα το σύνθετο δευτερογενές στάδιο της απόσταξης που απαιτείται για την επίτευξη αιθανόλης με συμπύκνωση 99% ή μεγαλύτερη. Αυτό όμως αντισταθμίζεται με το γεγονός ότι το υγρό καύσιμο είναι εύκολο στην χρήση και η απαιτούμενη τεχνολογία σχετικά φθηνή και ώριμη.

4.4 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

4.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Οι ερευνητές χαρακτηρίζουν τους διάφορους τύπους βιομάζας με διαφορετικούς τρόπους, αλλά μια απλή μέθοδος είναι η κατάταξή τους στις παρακάτω τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- ξυλώδη φυτά,
- ποώδη / αγρωστώδη φυτά,
- υδρόβια φυτά,
- απόβλητα (κτηνοτροφικά – π.χ. κοπριά –, αστικά κ.λπ.).

4.4.2 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Τα συστατικά από τα οποία αποτελείται η βιομάζα είναι τα εξής:¹³

Κύρια συστατικά:

Κυτταρίνη/Αμυλο $[C_6(H_2O)_5]_n$

Ημικυτταρίνη $[C_5(H_2O)_4]_n$

Λιγνίνη $[C_{10}H_{12}O_3]_n$

Άλλα συστατικά:

Τερπένια (terpenes) $C_{10}H_{16}$

Τριγλυκερίδια $C_xH_yO_6$, $x \sim 50-60$

Άλλες οργανικές ουσίες: Πρωτεΐνες [C,O,N,S], Νουκλεοτίδια, Φωσφολιπίδια
[C,O,P] κ.λπ.

Ανόργανα συστατικά: K, Na, Se, Si, Mg, Ca, Fe κ.λπ.

4.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Μερικά σημεία στα οποία η βιομάζα φαίνεται να υπερτερεί έναντι των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συνοψίζονται στις παρακάτω γραμμές:

- Ως πηγή ενέργειας είναι ευρέως προσιτή και με καλή διαχειριστική πρακτική μπορεί να παράγεται ανανεώσιμα.
- Η χρήση της δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Μετατρέπεται με υπάρχουσα τεχνολογία σε αέριους, υγρούς και στερεούς φορείς ενέργειας και υποκαθιστά σε πολλές περιπτώσεις τα ορυκτά καύσιμα.
- Έχει συνήθως χαμηλά ποσοστά στάχτης και ιχνοστοιχείων.
- Η παραγωγή βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες κοινές καλλιέργειες αγροσυστημάτων, γίνεται σε αντίξοες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες, με λιγότερες εισροές ενέργειας.
- Η καλλιέργεια της βιομάζας βελτιώνει τις μικροκλιματικές συνθήκες.
- Είναι φτωχή σε S οπότε μειώνονται οι εκπομπές σε SO_2 .

¹³ Petrus, L.; Noordermeer, M.A. Biomass to biofuels, a chemical perspective. Green Chemistry 2006, 8, 861-867.

- Προσφέρει νέες διεξόδους στην γεωργία, δημιουργώντας διακλαδικές συνδέσεις μεταξύ του τομέα της γεωργίας, της βιομηχανίας και της ενέργειας, συνεισφέροντας στην αγροτική ανάπτυξη και στην δημιουργία νέων εισοδημάτων.
- Με την ποικιλία στην αγροτική παραγωγή λύνει το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων και των επιδοτήσεων.
- Με την αποκεντρωτική αξιοποίηση της βιομάζας αυξάνεται η ενεργειακή επάρκεια σε τοπικό επίπεδο, ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνεται η ενδογενής ανάπτυξη των μη ευνοημένων περιφερειών.
- Η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας σε εθνικό επίπεδο, μειώνει την οικονομική και πολιτική εξάρτηση της χώρας από άλλες χώρες και παράλληλα μειώνει τις διαρροές συναλλάγματος.

4.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Παρόλα τα προηγούμενα, πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα της βιομάζας, δεν παύουν να υπάρχουν περιορισμοί στην χρήση της ως φυσικό ενεργειακό πόρο. Τέτοιοι περιορισμοί αφορούν κατ' αρχήν στην ίδια μικρή παραγωγικότητα της βιομάζας και περαιτέρω στην ποσότητα που μπορεί να αφαιρεθεί από ένα οικοσύστημα χωρίς να το υποβαθμίσει. Άλλοι περιορισμοί αφορούν τα κόστη συλλογής και μεταφοράς, καθώς η βιομάζα παρουσιάζει μεγάλη διασπορά.

Ένα ακόμη ζήτημα αποτελεί το ίδιο το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας, που αναμένεται να φτάσει σε επίπεδο ανταγωνιστικό, απ' την στιγμή που στην χρήση των ορυκτών καυσίμων συνυπολογιστεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος. Οι επιχορηγήσεις των συστημάτων εκμετάλλευσης ορυκτών καυσίμων συνιστούν επίσης ένα εμπόδιο στην εκμετάλλευση της βιομάζας. Για τον λόγο αυτό η βιομάζα θα πρέπει να αποκτήσει αξιοπιστία στην παραγωγή ενεργειακών φορέων και αγαθών σε σταθερή βάση.

Τα κύρια μειονεκτήματα της βιομάζας συνοψίζονται στα εξής:

- Αποτελεί μικρής απόδοσης μετατροπέα ηλιακής ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε, στην πράξη λίγες φορές ξεπερνά το 1% σε απόδοση.
- Η βιομάζα είναι διασκορπισμένη σε μεγάλη έκταση, καθιστώντας τη συλλογή και την επεξεργασία της ακριβές διαδικασίες, επιπλέον η παραγωγή της παρουσιάζει εποχιακές μεταβολές.
- Υπάρχουν προβλήματα μεταφοράς και αποθήκευσης καθώς η πρώτη ύλη είναι

αλλοιώσιμη και έχει μεγάλο όγκο.

- Το ενεργειακό περιεχόμενο της βιομάζας είναι μικρό συγκριτικά με αυτό των ορυκτών καυσίμων.
- Πιθανότητα ανταγωνισμού με τον τομέα των τροφίμων, αφού δεσμεύονται εδάφη για καλλιέργειες με αποτέλεσμα να μειώνονται τα διαθέσιμα εδάφη για καλλιέργεια αγροτικών προϊόντων, αυξάνοντας τη τιμή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ H₂ ΜΕ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.1 ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Το υδρογόνο είναι το πιο απλό διατομικό χημικό στοιχείο και αποτελείται στην ατομική του μορφή από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο, είναι δε το πιο διαδεδομένο χημικό στοιχείο στο σύμπαν. Στην ελεύθερή του μορφή, το υδρογόνο συναντάται μόνο σε ίχνη στο περιβάλλον. Βρίσκεται όμως σε πλήθος ενώσεων σχηματίζοντας νερό, υδρογονάνθρακες και πολλές άλλες οργανικές ενώσεις όπως σάκχαρα, πρωτεΐνες κ.α..

Το υδρογόνο αντιμετωπίζεται περισσότερο ως ενεργειακός φορέας, όπως για παράδειγμα η ηλεκτρική ενέργεια, παρά ως ενεργειακή πηγή. Έτσι δεν υπάρχει ελεύθερο στη φύση όπως τα ορυκτά καύσιμα (κατ' αντιστοιχία με τον ηλεκτρισμό), αλλά μπορεί να παραχθεί από διάφορες ενεργειακές πηγές (ορυκτά καύσιμα, βιομάζα, Α.Π.Ε., ηλεκτρισμό).

5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

Σήμερα το υδρογόνο παράγεται κυρίως μέσω των μεθόδων της αναμόρφωσης με ατμό, της μερικής οξειδωσης και της αυτόθερμης αναμόρφωσης υδρογονανθράκων. Με την αναμόρφωση με ατμό οι υδρογονάνθρακες διασπώνται με την παρουσία ατμού και θερμότητας. Καίτοι πρόκειται για μια διεργασία υψηλής απόδοσης είναι μια ενδόθερμη αντίδραση. Κατά την διεργασία της μερικής οξειδωσης πραγματοποιείται ουσιαστικά ατελής καύση των υδρογονανθράκων, έχει το πλεονέκτημα ότι πρόκειται για μία εξώθερμη αντίδραση, παράγει όμως μικρές ποσότητες υδρογόνου. Η αυτόθερμη αναμόρφωση είναι ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω διεργασιών.

Η παραπάνω διεργασίες έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα ώστε να χρησιμοποιούνται στα πλαίσια μιας βιώσιμης λύσης, εξαρτώνται από την χρήση ορυκτών καυσίμων και εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον, εκτός αν μελλοντικά χρησιμοποιηθούν τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης του CO₂ (CCS – Carbon Capture and Storage). Οι τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης του CO₂

αναμένεται να είναι οικονομικά βιώσιμες μόνο σε μεγάλες κεντρικές μονάδες, όπου ταυτόχρονα θα επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας.

5.3 ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Με τον όρο αεριοποίηση εννοούμε τη θερμοχημική διεργασία κατά την οποία έχουμε παραγωγή αέριου καυσίμου από στερεό καύσιμο. Η παραγωγή αέριου καυσίμου από βιομάζα έχει πολλά πλεονεκτήματα. Το αέριο καύσιμο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης και αεριοστροβίλους. Μεταφέρεται ευκολότερα και δίνεται η δυνατότητα να απομακρυνθούν συστατικά που περιέχονται στο αρχικό καύσιμο και είναι ρύποι, για την παραγωγή ενός καθαρότερου καυσίμου. Η αεριοποίηση πριν την καύση της βιομάζας θα κάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πιο αποδοτική σε σχέση με την απευθείας καύση της βιομάζας.

Η αεριοποίηση είναι ήδη μια παλιά διεργασία παραγωγής αερίων καυσίμων από στερεά καύσιμα. Αναφέρεται η χρήση της ήδη από τις αρχές του 18^{ου} αιώνα και εντείνεται σε πλήθος εφαρμογών έως τη δεκαετία του 1920, οπότε και αντικαθίσταται από την χρήση των υγρών ορυκτών καυσίμων. Στα χρόνια του μεσοπολέμου και ειδικά κατά τη διάρκεια του 2^{ου} παγκοσμίου πολέμου, η αεριοποίηση χρησιμοποιείται κατά κόρον στην αυτοκίνηση, όπου το συνθετικό αέριο αντικαθιστά τη βενζίνη, μετέπειτα αντικαθίσταται πάλι από την χρήση των υγρών ορυκτών καυσίμων.

Από εκείνη την εποχή, το ενδιαφέρον για την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας ή και του ορυκτού άνθρακα μέσω της αεριοποίησης, ανανεώνεται συνεχώς, λόγω των ενεργειακών κρίσεων. Σήμερα λόγω της ανεπάρκειας των ορυκτών καυσίμων, αλλά και των συνακόλουθων περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνδέονται με τη χρήση τους, η χρήση της διεργασίας με πρώτη ύλη τη βιομάζα αποκτά πάλι ενδιαφέρον.

5.3.1 ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αεριοποίηση είναι μια θερμοχημική διεργασία κατά την οποία ανθρακούχα πρώτη ύλη όπως βιομάζα ή ορυκτός άνθρακας, μετατρέπεται σε αέριο καύσιμο (κυρίως H_2 , CO , CO_2 , και CH_4) μέσω μερικής οξειδωσης της πρώτης ύλης, δηλαδή με την παροχή λιγότερης ποσότητας οξυγόνου απ' ό,τι απαιτεί η στοιχειομετρία της αντίδρασης της τέλει καύσης (τυπικά 35% της ποσότητας του O_2 που απαιτεί η τέλεια καύση), συνήθως εφαρμόζονται θερμοκρασίες από 800°C έως 900°C. Χρησιμοποιούνται επίσης

κατάλληλοι οξειδωτικοί παράγοντες (ή μέσα αεριοποίησης), δηλ. αέρας, οξυγόνο, ατμός ή CO₂. Θεωρητικά είναι δυνατή η αεριοποίηση βιομάζας απουσίας οξυγόνου (αυτό-αεριοποίηση), αφού η βιομάζα περιέχει ήδη οξυγόνο ή βιο-οξυγόνο, σε αυτή τη περίπτωση ο άνθρακας μετατρέπεται σε CO, σε μεθάνιο και σε υδρογονάνθρακες, ο άνθρακας επίσης καταναλώνεται σε αντιδράσεις με το νερό (Kirubakaran et al., 2009). Όταν για την αεριοποίηση χρησιμοποιείται αέρας ή οξυγόνο τότε η διεργασία μπορεί να χαρακτηριστεί ως ατελής καύση, κατά την οποία τα προϊόντα της αντίδρασης οξείδωσης ανάγονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3) συγκρίνονται οι δύο διεργασίες της αεριοποίησης και της καύσης.

Η βασική διαδικασία που ακολουθείται κατά την αεριοποίηση είναι η τοποθέτηση του στερεού καυσίμου σε υψηλή θερμοκρασία της τάξης των 1000 °C παρουσία οξυγόνου και ατμού. Η πίεση μπορεί να κυμαίνεται από τιμές λίγο μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική πίεση μέχρι τριάντα φορές πάνω από την ατμοσφαιρική. Αρχικά απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά. Η αλληλεπίδραση του καυσίμου με το οξυγόνο και τον ατμό έχει σαν συνέπεια την παραγωγή ενός μείγματος αερίου αποτελούμενου κατά κύριο λόγο από μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, κάποια ποσότητα μεθανίου, άλλων υδρογονανθράκων αλλά και πίσσας. Παράλληλα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Περεταίρω συνέχιση της διαδικασίας θα έχει σαν συνέπεια την παραγωγή καθαρότερου αερίου προϊόντος. Αν αντί για οξυγόνο χρησιμοποιηθεί αέρας, θα υπάρχει επίσης άζωτο στο παραγόμενο αέριο με αποτέλεσμα το αέριο καύσιμο που θα παραχθεί να έχει ενεργειακό περιεχόμενο της τάξης του 3-5 MJ/m³. Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή καλύτερου καυσίμου, έχει όμως αυξημένο κόστος, επομένως συμφέρει να χρησιμοποιηθεί μόνο αν γίνεται παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα.

Πιο αναλυτικά, κατά την αεριοποίηση λαμβάνουν χώρα διαδοχικές χημικές διεργασίες. Αρχικά, καθώς ζεσταίνεται το στερεό καύσιμο απελευθερώνονται τα πτητικά υλικά και στη συνέχεια πυρόλυση και το καύσιμο χάνει το 70% του βάρους του. Στη συνέχεια πραγματοποιείται καύση με λ μικρότερο από το στοιχειομετρικό. Τα πτητικά προϊόντα και μέρος του στερεού καυσίμου αντιδρούν με το οξυγόνο παράγοντας διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα παρέχοντας την απαραίτητη θερμότητα για τη συνέχιση των αντιδράσεων της αεριοποίησης.

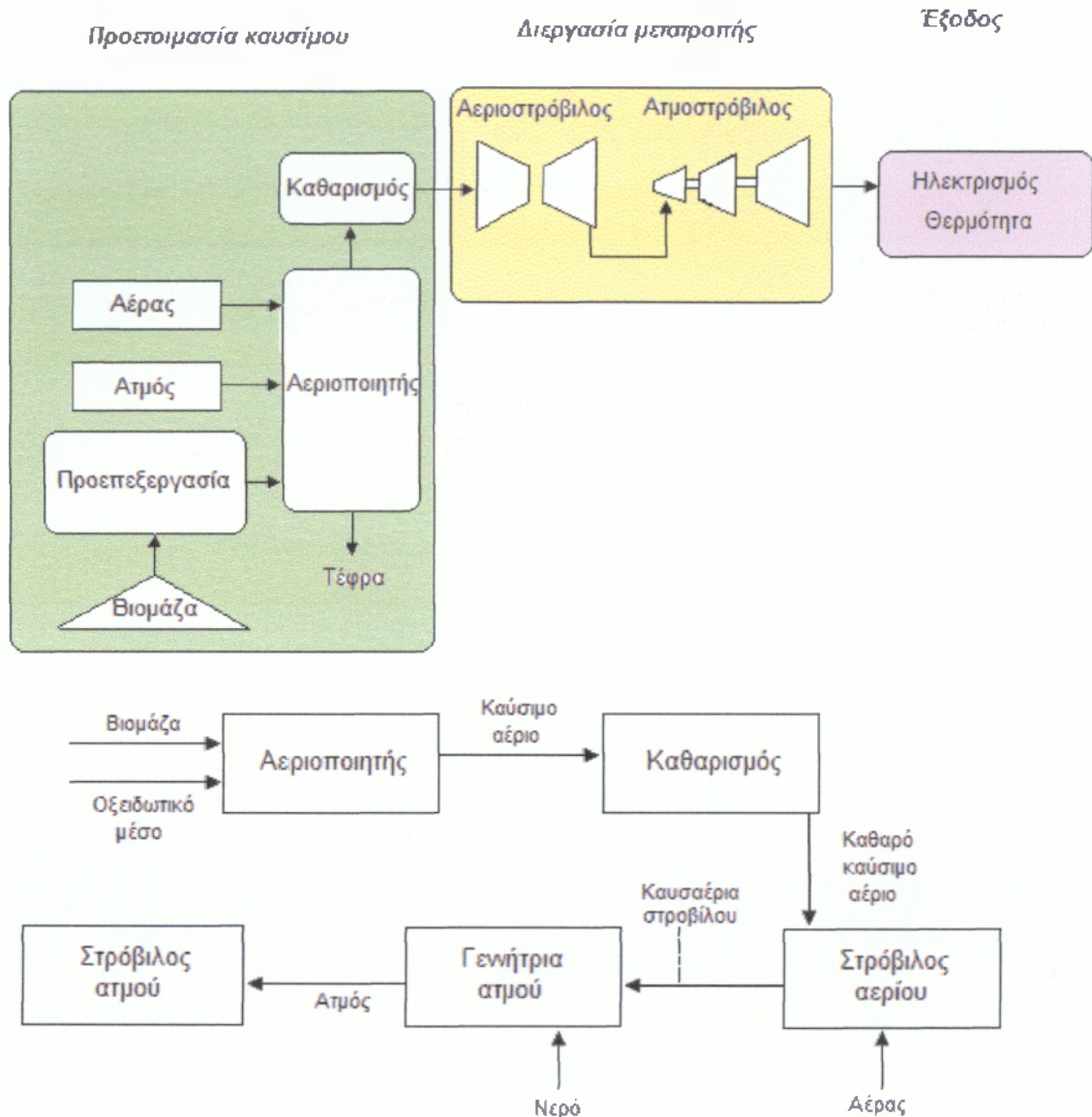
Πίνακας 3: Σύγκριση αεριοποίησης και καύσης
(Zhang Linghong et al., 2010))

Χαρακτηριστικά	Αεριοποίηση	Καύση
Σκοπός	Παραγωγή αξιοποιήσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων από βιομάζα (απόβλητα, υπολείμματα κ.α.)	Παραγωγή θερμότητας ή καταστροφή αποβλήτων.
Διεργασία	Θερμοχημική μετατροπή παρουσία ή όχι O ₂ .	Τέλεια καύση με περίσσεια οξυγόνου.
Παραγόμενο αέριο (πριν τον καθαρισμό)	H ₂ , CO, H ₂ S, NH ₃ και σωματίδια.	CO ₂ , H ₂ O, SO ₂ , NO _x , σωματίδια.
Καθαρισμός αερίου	Καθαρισμός συνθετικού αερίου σε ατμοσφαιρική ή μη πίεση αναλόγως του τύπου του αεριοποιητή. Χρήση του αερίου για παραγωγή χημικών, καυσίμων ή ενέργειας. Ανάκτηση θείου.	Καθαρισμός καυσαερίων σε ατμοσφαιρική πίεση. Διάθεση των καυσαερίων στην ατμόσφαιρα. Επεξεργασία για την απομάκρυνση του SO ₂ .
Στερεά προϊόντα/παραπροϊόντα	Κάρβουνο, σκουριά.	Τέφρα (υπτάμενη ή όχι)
Χειρισμός κάρβουνου, τέφρας, σκουριάς	Σε χαμηλές θερμοκρασίες το παραγόμενο κάρβουνο χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Σε υψηλές θερμοκρασίες η παραγόμενη σκουριά είναι ένα αδρανές, μη τοξικό προϊόν κατάλληλο για οικοδομικές δραστηριότητες. Τα σωματίδια ανακυκλώνονται στον αεριοποιητή. Συχνά χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση μετάλλων.	Η τέφρα συλλέγεται, επεξεργάζεται και διατίθεται ως ένα τοξικό προϊόν. Μερικές φορές χρησιμοποιείται για την παραγωγή τσιμέντου.
Πίεση	Ατμοσφαιρική ή αρκετά μεγαλύτερη.	Ατμοσφαιρική.

Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο στάδιο αυτό, αν αναπαράστησουμε το καύσιμο με έναν άνθρακα είναι η ακόλουθη:



Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αεριοποίηση του στερεού καυσίμου όπου έχουμε τις παρακάτω αντιδράσεις:



Εικόνα 5.1 : Διαδικασία αεριοποίησης

Αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας στη ουσία είναι ότι επιτρέπουμε σε μικρή ποσότητα οξυγόνου να αντιδράσει με το καύσιμο πραγματοποιώντας ατελή καύση, με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και ενέργειας που έχει σαν συνέπεια την πρόκληση περαιτέρω αντιδράσεων που καταλήγουν στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου. Στο τέλος της διαδικασίας το αέριο που παράγεται έχει βρεθεί σε μια ισορροπία με συγκεκριμένες συγκεντρώσεις από όλα τα παραπάνω συστατικά.

Τα συστήματα αεριοποίησης διακρίνονται σε δύο βασικούς τύπους. Σε αυτά που έχουν διάταξη σταθερής κλίνης και στα διάταξης ρευστοποιημένης κλίνης. Στην

πρώτη κατηγορία η λειτουργική θερμοκρασία κυμαίνεται γύρω των 1000°C. Με βάση την κατεύθυνση της ροής του αερίου διακρίνονται οι αεριοποιητές της κατηγορίας αυτής σε δύο βασικούς τύπους. Στον πρώτο τύπο (Downdraft) η ροή του αερίου είναι από πάνω προς τα κάτω, ενώ στον δεύτερο (Updraft) ακριβώς αντίθετη. Στη δεύτερη κατηγορία αεριοποιητών διακρίνεται η Κοχλάζουσα κλίνη η Κυκλοφορούσα κλίνη.

Η αεριοποίηση αποτελεί μια μορφή πυρόλυσης, με τη διαφορά ότι πραγματοποιείται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, επιπλέον η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε αδρανές περιβάλλον και επικρατούν διεργασίες θερμικής λύσης της βιομάζας, αντίθετα η αεριοποίηση λαμβάνει χώρα σε δραστικό περιβάλλον και σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Το παραγόμενο αέριο διατηρεί αρκετή ενέργεια της πρώτης ύλης. Στην ιδανική περίπτωση η σύσταση του αερίου αυτού αποτελείται κυρίως από CO και H₂, παράγονται όμως επίσης CO₂, CH₄ και άλλοι υδρογονάνθρακες. Περιέχονται επίσης νερό και άζωτο (αν σαν μέσο οξείδωσης χρησιμοποιείται αέρας). Η αναλογία των παραπάνω συστατικών διαφέρει αναλόγως των συνθηκών της αεριοποίησης, της σύστασης της βιομάζας και άλλων παραγόντων.

Στο παραγόμενο αέριο περιέχονται επίσης μερικά ανεπιθύμητα συστατικά. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται σωματίδια κάρβουνου, στάχτη, πίσσα και άλλα βιοέλαια. Όταν για την μερική οξείδωση χρησιμοποιείται αέρας, τότε το άζωτο, αν και αδρανές, δίνει σε μικρό ποσοστό, οξείδια του αζώτου.

Αναλόγως του οξειδωτικού παράγοντα αεριοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και των λειτουργικών συνθηκών της διεργασίας, παράγεται αντίστοιχα μίγμα αερίων με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- Αεριοποίηση με οξυγόνο: Παράγεται αέριο μίγμα καλής ποιότητας με θερμογόνο δύναμη 10–15 MJ/Nm³. Η θερμοκρασία λειτουργίας κυμαίνεται από 1000 έως 1400°C. Απαιτείται όμως η παροχή O₂, κάτι που επιβαρύνει τα λειτουργικά κόστη. Επίσης η λειτουργία του αντιδραστήρα αεριοποίησης σε υψηλές θερμοκρασίες απαιτεί την κατασκευή του με ανθεκτικότερα και ως εκ τούτου ακριβότερα υλικά.
- Αεριοποίηση με αέρα: Πρόκειται για πιο απλή διεργασία και τη συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη, καθώς δεν απαιτείται η χρήση O₂. Παράγεται μίγμα αερίων θερμογόνου δύναμης 4–6 MJ/Nm³, λόγω της αραιώσης που υφίσταται το αέριο από το άζωτο του αέρα. Επιτυγχάνονται θερμοκρασίες λειτουργίας από 900 έως 1000°C.
- Αεριοποίηση με ατμό: Η αεριοποίηση με ατμό μετατρέπει τη βιομάζα επίσης σε H₂, CO, CO₂, CH₄ και κατώτερους υδρογονάνθρακες, το παραγόμενο αέριο είναι

πλούσιο σε H₂ και CO. Εγείρονται όμως ζητήματα διάβρωση των χρησιμοποιούμενων υλικών, δηλητηρίασης των χρησιμοποιούμενων καταλυτών και αυξημένης παραγωγής πισσών

5.3.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Η αεριοποίηση συντελείται στα εξής στάδια (Berna, 1998) & (Saxena et al., 2008)

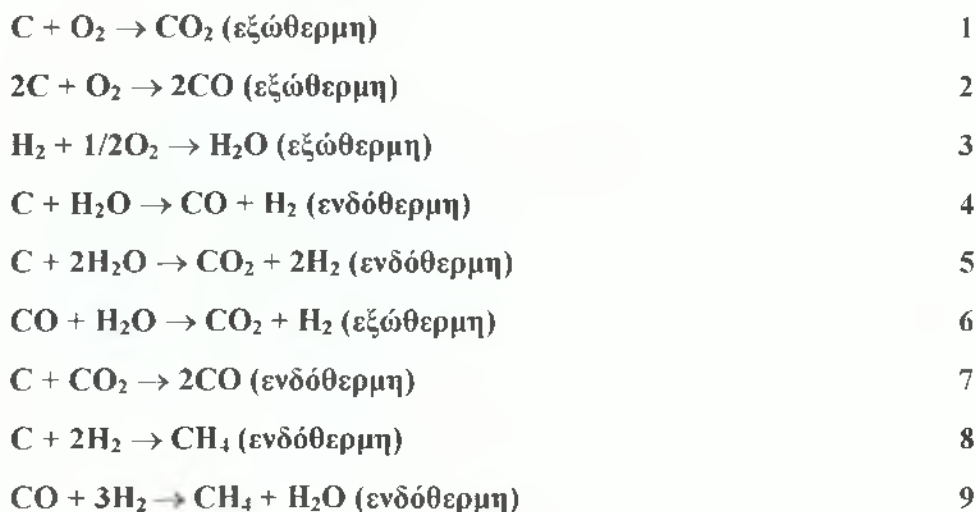
- Εξάτμιση της υγρασίας και ξήρανση της βιομάζας.
- Πυρόλυση της βιομάζας και μετατροπή της σε αέριο, κάρβουνο και πρωτογενείς πίσσες.
- Διάσπαση των πρωτογενών πισσών σε αέριο, δευτερογενείς και τριτογενείς πίσσες.
- Διάσπαση των δευτερογενών και τριτογενών πισσών
- Αεριοποίηση ή και μερική οξείδωση του κάρβουνου, των πισσών και των αερίων.

Τα παραπάνω στάδια θα μπορούσαν να συμπυκνωθούν σε τρία βήματα δηλ. ξήρανση, εξάτμιση πτητικών – πυρόλυση, αεριοποίηση (Kirubakaran et al., 2009).

Η όλη διαδικασία της αεριοποίησης είναι μια πολύπλοκη διεργασία, κατά την οποία συμμετέχουν πολλές αντιδράσεις διάσπασης και μεταλλαγής των προϊόντων της πυρόλυσης, υπάρχουν όμως μερικές βασικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα και μας δίνουν ένα απλό μοντέλο της διαδικασίας. Η πυρόλυση που λαμβάνει χώρα μετά την ξήρανση, αποδίδεται από την ακόλουθη μη ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση.



Περαιτέρω λαμβάνουν χώρα οι επόμενες αντιδράσεις.



Οι τρεις πρώτες αντιδράσεις είναι εξώθερμες και παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια για να προχωρήσει η πυρόλυση, να διασπαστούν δηλαδή οι χημικοί δεσμοί της βιομάζας και να διατηρείται η θερμοκρασία ώστε να συντηρείται η όλη διεργασία της αεριοποίησης. Η πρώτη αντίδραση παράγει το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας. Οι αντιδράσεις 4 και 5 αποτελούν τις κύριες αντιδράσεις αεριοποίησης (αντιδράσεις αναμόρφωσης) και ονομάζονται αντιδράσεις νερού – αερίου (water-gas). Επιπλέον η αντίδραση 6 έχει επίσης ουσιώδες ρόλο στην παραγωγή υδρογόνου. Η αντίδραση 9 είναι αντίδραση παραγωγής μεθανίου, πρόκειται για βραδεία αντίδραση που πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι αντιδράσεις 6 και 9 είναι αμφίδρομες αντιδράσεις και η κατεύθυνσή τους εξαρτάται από την θερμοκρασία, την πίεση και τη συγκέντρωση των αντιδρώντων στο μίγμα. Αυτό που επιδιώκεται κυρίως μέσω της αεριοποίησης είναι η κατά το δυνατόν μετατροπή (αναγωγή) του H_2O και του CO_2 σε H_2 , CO και CH_4 , τα οποία είναι κύρια καύσιμα συστατικά του παραγόμενου αερίου.

Όπως γνωρίζουμε η βιομάζα αποτελείται κυρίως από ημικυταρρίνη, κυταρρίνη και λιγνίνη. Κατά την πυρόλυση των τριών αυτών ουσιών, διαπιστώθηκε ότι:

- η ημικυταρρίνη αποδομείται θερμικά μεταξύ 220 και 320°C και συνεχής θέρμανση έως τους 720°C, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 20% κατά βάρος κάρβουνου συγκριτικά με την αρχική ποσότητα ημικυταρρίνης.
- η κυταρρίνη αποδομείται θερμικά μεταξύ 250 και 360°C και συνεχής θέρμανση έως τους 720°C, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 8% κατά βάρος κάρβουνου συγκριτικά με την αρχική ποσότητα κυταρρίνης.
- η λιγνίνη αποδομείται θερμικά μεταξύ 80 και 500°C και συνεχής θέρμανση έως τους 720°C, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 55% κατά βάρος κάρβουνου συγκριτικά με την αρχική ποσότητα λιγνίνης.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις έχουν να κάνουν με τη χημική δομή κάθε συστατικού και την περιεκτικότητά του σε άνθρακα.

5.3.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η αεριοποίηση επηρεάζεται από παραμέτρους, που έχουν να κάνουν με την επιλογή της πρώτης ύλης και τα χαρακτηριστικά της, την επιλογή του αντιδραστήρα αεριοποίησης και τις λειτουργικές συνθήκες. Στον επόμενο πίνακα απαριθμούνται οι

βασικές παράμετροι με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά κάθε παραμέτρου.

Πίνακας 4: Παράμετροι αεριοποίησης

(Kiriubakaran et al., 2009)

Παράμετρος	Χαρακτηριστικά	
Μέγεθος	Μικρό	Μεγάλο
Μορφή	Κονιορτοποιημένη-Σωματιδιακή	Μεγαλύτερα κομμάτια
Δομή	Πορώδης	Μη-πορώδης
Περιβάλλον	Αδρανές	Δραστικό
Ροή αδρανούς μέσου	Στατικό	Συνεχές
Ρυθμός θέρμανσης	Χαμηλός	Υψηλός
Θερμοκρασία	<500°C	>500°C
Στάχτη	Καταλυτική	Μη καταλυτική

5.3.3.1 ΜΕΓΕΘΟΣ

Το μέγεθος της βιομάζας επηρεάζει τη μεταφορά θερμότητας. Όσο μικρότερο το μέγεθος τόσο βέλτιστη είναι η μεταφορά θερμότητας, με αποτέλεσμα οι αντιδράσεις να λαμβάνουν χώρα σε όλη τη μάζα του σωματιδίου. Έτσι η διαδικασία αεριοποίησης ελέγχεται από τις αντιδράσεις και ο ρυθμός τους θα είναι μέγιστος. Βέβαια υπάρχουν κάποια όρια πέρα από τα οποία η μεταφορά θερμότητας θα ελέγχει την όλη διεργασία. Έχει φανεί ότι η πυρόλυση βρίσκεται κάτω από κινητικό έλεγχο όταν τα τεμαχίδια της βιομάζας είναι μικρότερα των 0,2cm, ενώ για τεμαχίδια πάνω από 6cm η μεταφορά θερμότητας ελέγχει την όλη διεργασία της πυρόλυσης. Στα ενδιάμεσα τεμαχίδια (από 0,2 έως 6cm) η μεταφορά θερμότητας και ο κινητικός έλεγχος συναγωνίζονται.

5.3.3.2 ΜΟΡΦΗ

Η μορφή στην οποία βρίσκεται η βιομάζα καθορίζει την ανάγκη επεξεργασίας της πριν την αεριοποίηση. Η αναγκαία επεξεργασία πρέπει να ανταποκρίνεται στην επιλογή του αντιδραστήρα αεριοποίησης και στις λειτουργικές συνθήκες. Επιδιώκεται το ομοιόμορφο μέγεθος βιομάζας, ώστε η αεριοποίηση να συντελείται επίσης με ομοιόμορφο ρυθμό και συνακόλουθα να παράγεται σταθερή ποιότητα αερίου. Να επισημανθεί ότι η προεπεξεργασία της βιομάζας αποτελεί ένα επιπρόσθετο κόστος για την όλη διεργασία.

5.3.3.3 ΔΟΜΗ

Σε πορώδη βιομάζα η κατανομή της θερμοκρασίας είναι πιο ομαλή, επίσης ομαλή είναι και η διάχυση των αντιδρώντων σε όλη τη βιομάζα, αυτό οδηγεί σε σταθερής σύνθεσης παραγόμενο αέριο. Σε λιγότερο πορώδη βιομάζα η θερμοκρασία είναι υψηλή στην επιφάνεια και μειώνεται όσο προχωρούμε στο κέντρο της βιομάζας, οδηγώντας στην παραγωγή αερίου μη ομοιόμορφης σύνθεσης.

5.3.3.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Δραστικό περιβάλλον (αέρας/οξυγόνο), οδηγεί σε πλήρη αεριοποίηση, ενώ αδρανές περιβάλλον (άζωτο, αργό) οδηγεί σε πυρόλυση της βιομάζας παράγοντας αέρια, υγρά και στερεά καύσιμα δηλ. κάρβουνο.

5.3.3.5 ΡΟΗ ΑΔΡΑΝΟΥΣ ΜΕΣΟΥ

Η αεριοποίηση του άνθρακα που περιέχεται στη βιομάζα, παρεμποδίζεται, αν οι παραγόμενες πτητικές ενώσεις απομακρυνθούν μέσω ενός αδρανούς αερίου, όπως άζωτο, τότε παράγεται κάρβουνο ίσης ποσότητας με τον δεσμευμένο άνθρακα στη βιομάζα. Αν δεν εφαρμόζεται ροή κάποιου αδρανούς μέσου, αλλά αυτό είναι στατικό τότε υπάρχει η πιθανότητα να συμβεί αεριοποίηση του άνθρακα, οδηγώντας έτσι σε πλήρη αεριοποίηση. Η επίδραση ενός στατικού αδρανούς ή δραστικού αερίου μέσου στην διεργασία της αεριοποίησης δεν έχει ερευνηθεί ακόμη. Όπως αναφέρθηκε όμως παραπάνω, η βιομάζα θεωρητικά αεριοποιείται με το οξυγόνο που ήδη περιέχει.

5.3.3.6 ΡΥΘΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Ο ρυθμός θέρμανσης της βιομάζας επιδρά ουσιαστικά στην αεριοποίηση. Η απόδοση σε CO, CO₂, H₂, CH₄ και C₂H₄ αυξάνεται με την αύξηση του ρυθμού θέρμανσης. Όταν πρόκειται για πυρόλυση βιομάζας, αυξημένος ρυθμός θέρμανσης μέσω της διεργασίας της ταχείας πυρόλυσης, μειώνει την παραγωγή κάρβουνου και αναλόγως των συνθηκών παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες αερίων και υγρών καυσίμων. Αντίθετα στην διεργασία της βραδείας πυρόλυσης εφαρμόζονται χαμηλοί ρυθμοί θέρμανσης και χαμηλότερη τελική θερμοκρασία, με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή κάρβουνου.

Χαρακτηριστικά έχει παρατηρηθεί η απαίτηση για υψηλότερες τελικές θερμοκρασίες στην διεργασία της αεριοποίησης, ώστε να έχουμε μέγιστη αποσύνθεση βιομάζας σε ρυθμούς θέρμανσης από 5 έως 10K/λεπτό. Αντίστοιχα σε ρυθμούς θέρμανσης από 15 έως 30K/λεπτό, μέγιστη ρυθμοί αποσύνθεση της βιομάζας επιτυγχάνονται και σε χαμηλότερες τελικές θερμοκρασίες.

5.3.3.7 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η πλήρης αεριοποίηση επιτυγχάνεται γενικά σε θερμοκρασίας μεγαλύτερες των 500°C, ενώ σε θερμοκρασίες κάτω των 500°C ευνοείται η πυρόλυση.

5.3.3.8 ΣΤΑΧΤΗ

Η στάχτη περιέχει ανόργανες ουσίες. Η παρουσία έστω και μικρών ποσοτήτων ανόργανων ουσιών, δρα καταλυτικά, αλλά και παρεμποδιστικά στην θερμοχημική αποδόμηση της βιομάζας. Επιπλέον, παρουσία ιχνοστοιχείων, απαιτούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες για την θερμική αποδόμηση της βιομάζας. Για παράδειγμα έχει αποδειχθεί ότι τα οξείδια του χαλκού, ψευδαργύρου και αργιλίου καταλύουν της αντιδράσεις νερού–αερίου σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (200–300°C).

Σε πειράματα πυρόλυσης βιομάζας, της οποίας έχουν αφαιρεθεί οι περιεχόμενες ανόργανες ουσίες, διαπιστώθηκε ότι κατά την πυρόλυση αυξάνεται η παραγωγή κάρβουνου και υγρών καυσίμων. Απ' την άλλη, κατά τον εμποτισμό της βιομάζας με άλατα όπως χλωριούχο ψευδάργυρο παρατηρείται μείωση της παραγωγής κάρβουνου

και υγρών καυσίμων και αύξηση της παραγωγής αερίων καυσίμων (Kirubakaran et al., 2009). Η στάχτη περιέχει κυρίως οξείδια ανόργανων μετάλλων, τα οποία είναι ικανά να δράσουν καταλυτικά.

5.3.4 ΤΥΠΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΩΝ

Αεριοποιητές (gasifiers) είναι οι αντιδραστήρες στους οποίους συντελείται η διεργασία της αεριοποίησης. Μια ποικιλία αντιδραστήρων έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται, ποικιλία που έχει να κάνει με την λειτουργία και την κατασκευή τους, την δυνατότητά τους στο να δεχτούν κάποιο είδος βιομάζας κ.ο.κ.. Στις περισσότερες των περιπτώσεων οι αντιδραστήρες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ως εξής, αντιδραστήρες σταθερής κλίνης, αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης και αντιδραστήρες συμπαρασυρόμενης ροής. Αρκετοί αντιδραστήρες είναι γνωστοί από την αεριοποίηση ορυκτού άνθρακα.

5.3.4.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Χαρακτηρίζονται από έναν αντιδραστήρα, στον οποίο η βιομάζα εισάγεται συνήθως στη κορυφή του αντιδραστήρα και κατέρχεται, λόγω βαρύτητας, καθώς προχωρά η διεργασία της αεριοποίησης. Παράγεται αέριο χαμηλής θερμογόνου δύναμης. Η βιομάζα που εισάγεται πρέπει να είναι σε μορφή κομματιών και να έχει μεγάλη φαινομενική πυκνότητα, ώστε να διασφαλίζεται σταθερή παραγωγή αερίου σύνθεσης, επιπλέον η εισαγωγή σωματιδιακής βιομάζας μπορεί να προκαλέσει απόφραξη του αντιδραστήρα.

5.3.4.1.1 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΑΝΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ Η ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΡΟΗΣ

Πρόκειται για παλιά τεχνολογία και αρκετά απλή στην λειτουργία της. Έχουν καλή απόδοση αφού το αέριο εξέρχεται απ' τον αντιδραστήρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (λόγω της ψύξης μειώνεται ο όγκος και αυξάνεται και η ενεργειακή του πυκνότητα). Ο αέρας ή ο ατμός τροφοδοτείται στον πυθμένα του αντιδραστήρα, ενώ η βιομάζα στην κορυφή του. Η βιομάζα και ο αέρας κινούνται έτσι σε αντίθετη κατεύθυνση. Η βιομάζα κατερχόμενη περνά από την ζώνη ξήρανσης, ακολούθως από τη ζώνη πυρόλυσης όπου μετατρέπεται σε πτητικά και κάρβουνο. Τα αέρια μετά περνούν από την ζώνη αναγωγής

όπου ανάγονται σε CO και H₂.

5.3.4.1.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ Η ΟΜΟΙΑΣ ΡΟΗΣ

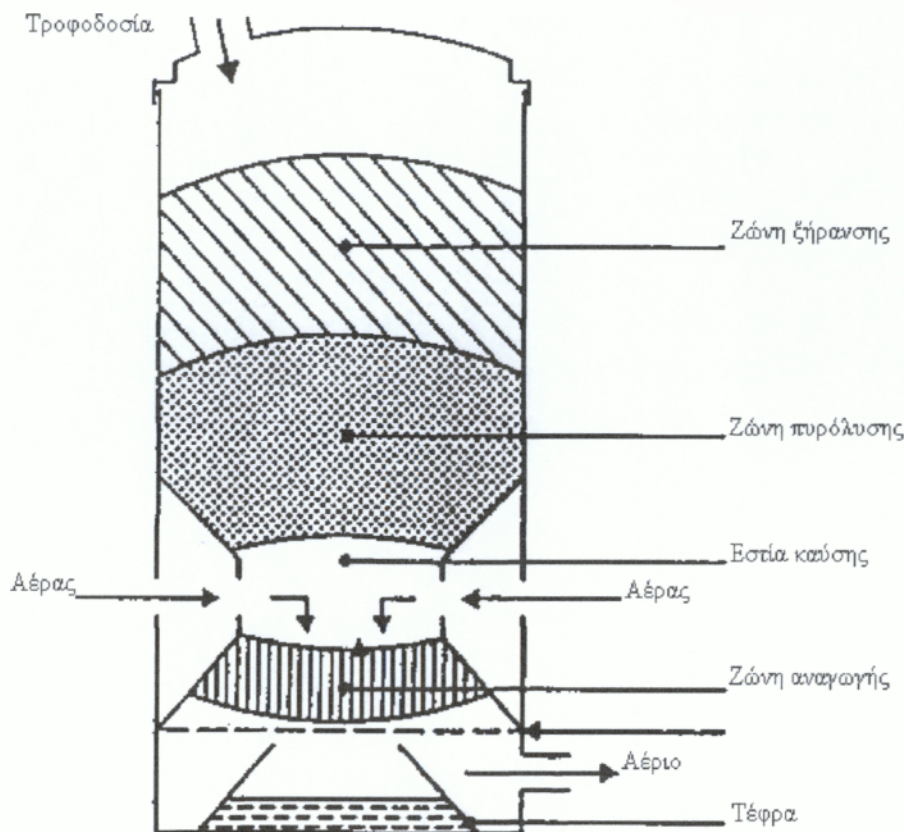
Ο αντιδραστήρας κατερχόμενης ροής είναι ο πιο ευρέα χρησιμοποιούμενος σήμερα. Ο αέρας ή ο ατμός εισάγεται στο μέσο του αντιδραστήρα, έτσι η ζώνη αναγωγής είναι κάτω από την ζώνη οξειδωσης. Σε αυτό τον αντιδραστήρα η βιομάζα εισάγεται στη κορυφή του αντιδραστήρα, η βιομάζα και ο αέρας κινούνται παράλληλα. Η βιομάζα πρώτα ξηραίνεται και πυρολύεται από την θερμότητα που παράγεται στη ζώνη οξειδωσης, περισσότερο λόγω μέσω θέρμανσης από ακτινοβολία παρά λόγω αγωγής, ακολούθως αέρια και βιομάζα περνούν μέσα από την ζώνη αναγωγής για την παραγωγή CO και H₂. Οι παραγόμενες από την πυρόλυση πίσσες, λόγω της διέλευσής τους μέσα από την ζώνη οξειδωσης διασπώνται στο μεγαλύτερο τους ποσοστό.

5.3.4.1.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ

Η βιομάζα εισάγεται στη κορυφή του αντιδραστήρα. Αέρας εισάγεται στη μία πλευρά του αντιδραστήρα και το παραγόμενο καύσιμο αέριο βγαίνει από την άλλη πλευρά στο ίδιο επίπεδο. Πρόκειται για αντιδραστήρα κατάλληλο για χρήση σε μικρή κλίμακα. Σε αυτόν τον αντιδραστήρα επίσης υφίσταται πρόβλημα με τις παραγόμενες πίσσες.

5.3.4.1.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ

Ο αντιδραστήρας ανοιχτού πυρήνα είναι κατάλληλος για βιομάζας με χαμηλή φαινομενική πυκνότητα και υψηλή συγκέντρωση ανόργανων συστατικών (π.χ. φλοιοί ρυζιού).



Αντιδραστήρας κατερχόμενης ροής
(FAO, 1986)

5.3.4.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Στις κλίνες ρευστοποίησης, ο αέρας και η βιομάζα αντιδρούν σε μια ρευστομένη κλίνη η οποία περιέχει κάποιο αδρανές υλικό, συνήθως άμμο, το οποίο ερχόμενο σε επαφή με τη βιομάζα τη πυρολύει. Η θερμοκρασία ελέγχεται αφού μπορούμε να ρυθμίζουμε την ποσότητα του αδρανούς υλικού που ρευστοποιείται. Η διεργασίες της ξήρανσης, πυρόλυσης, οξειδωσης και αναγωγής δεν διαχωρίζονται. Η βιομάζα τροφοδοτείται από την κορυφή του αντιδραστήρα. Η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι 700–900°C και περιορίζεται από την θερμοκρασία τήξης του αδρανούς υλικού, αλλά και από την θερμοκρασία τήξης της στάχτης η οποία μετά την τήξη της συσσωματώνεται και δημιουργεί προβλήματα στη λειτουργία του αντιδραστήρα.

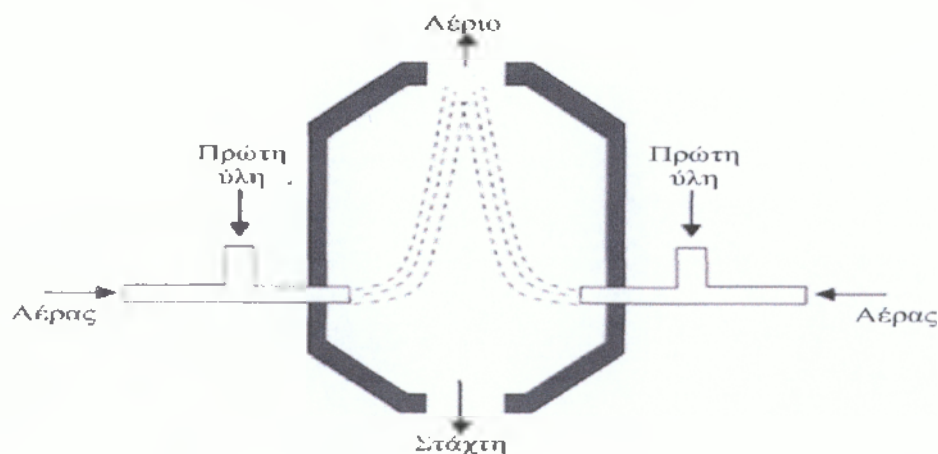


Αντιδραστήρας ρευστοποίησης εμφύσησης και επανακυκλοφορίας

(Obernberger & Thek, 2008)

5.3.4.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΑΡΑΣΥΡΟΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ

Σε ένα αντιδραστήρα συμπαρασυρόμενης ροής η τροφοδοσία βιομάζας και ο αέρας κινούνται παράλληλα, οι αντιδράσεις συντελούνται σε ένα σύννεφο φιλής σκόνης και υψηλών πιέσεων 19,7 έως 69,1 atm, σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (έως 1000°C). Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων το παραγόμενο αέριο πριν τη χρήση του θα πρέπει να ψυχθεί. Η θερμότητα που λαμβάνεται από την ψύξη του αερίου καλό θα είναι να επαναχρησιμοποιηθεί ώστε η απόδοση του συστήματος να είναι ικανοποιητική.



Αντιδραστήρας συμπαρασυρόμενης ροής

(Zhang et al., 2010)

5.4 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ H₂ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Η βασική ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι αν με τις παρούσες συνθήκες η χρήση της βιομάζας μπορεί να είναι ανταγωνιστική του φυσικού αερίου για την παραγωγή H₂.

Στο πίνακα παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής H₂ από μια βιομηχανική μονάδα αναμόρφωσης μεθανίου με ατμό.

Η μονάδα παράγει 234.000 kg H₂ ανά μέρα. Το κόστος του είναι \$1,25/kg.

Πίνακας 5: Κόστος παραγωγής H₂ με αναμόρφωση μεθανίου (Kirubakaran et al., 2009)

Παράμετρος	Χαρακτηριστικά
Φυσικό αέριο	\$0,89
Καταλύτης	\$0,01
Net utilities	\$0,06
Εργασία	\$0,08
Άλλα κόστη	\$0,33
Καθαρό Κόστος	\$1,25

Το κόστος κεφαλαίου για μια μονάδα SMR ανέρχεται σε περίπου \$168 million. Όμως για μια μονάδα βιομάζας είναι σημαντικά υψηλότερο. Συγκεκριμένα: Η προεργασία της βιομάζας αντιστοιχεί σε is \$50–\$70 million. Το κόστος λειτουργίας θα είναι επίσης υψηλό λόγω της κατεργασίας των υλικών. Σύμφωνα με το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ ο στόχος για το 2017 είναι να στοιχίζει η βιομάζα περίπου \$0,15/kg hydrogen. Με απόδοση 80 kg/dt biomass, η τιμή του παραγόμενου H₂ θα αντιστοιχεί σε \$12/dt. Δυστυχώς όμως δεν προβλέπεται να μειωθεί η τιμή της βιομάζας αλλά μάλλον να αυξηθεί. Το 2009 η τιμή της βιομάζας στην Αμερική ήταν \$60–\$70/dt που αντιστοιχεί σε \$0,75/kg H_{2a} και περίπου \$100/dt στην Ευρώπη

Ανακεφαλαιώνοντας όλα τα κόστη είναι μεγαλύτερα ή έστω ίσα με αυτά για τη παραγωγή από αναμόρφωση μεθανίου. Μόνο αν μειωθεί σημαντικά η τιμή της βιομάζας θα είναι ανταγωνιστική η παραγωγή H₂ από βιομάζα

Περισσότερες λεπτομέρειες μπορεί να βρει ο αναγνώστης στον σύνδεσμο <http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/51726.pdf>

Hydrogen Production Cost Estimate Using Biomass Gasification Independent Review

Published for the U.S. Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard • Golden, Colorado 80401-3393 303-275-3000 • www.nrel.gov
NREL is a national laboratory of the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC. Contract No. DE-AC36-08GO28308

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Βασάλος Ι., Βερύκιος Ξ., Λάππας Α., Λεμονίδου Α. (2005). Καταλυτική Παραγωγή Καυσίμων Φιλικών προς το Περιβάλλον. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
2. Κατάκης Δ. (2001). 'Υδρογόνο: Καύσιμο για το άμεσο μέλλον. Χημικά Χρονικά 63 (2), pp. 51 – 53.
3. Νταρακάς Ε. (2006). Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβαλλοντικής
http://users.auth.gr/darakas/Industrial_Wastewater_Treatment_2006.pdf
4. Παπαδόπουλος Μ. Π. , Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1997, 1-2, 2-6

ΞΕΝΗ

1. Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007), 'Climate Change 2007: Synthesis Report
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm
2. Berna, G., 1998. Integrated biomass system, Luxembourg, Office for official publication of the E.C..
3. FAO, 1986. Wood gas as engine fuel,
4. Kirubakaran, V. et al., 2009. A review on gasification of biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(1), 179–186. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032107001141>
5. Navarro R.M., del Valle F., Villoria de la Mano J.A., Álvarez-Galván M.C., Fierro J.L.G. (2009). Photocatalytic Water Splitting Under Visible Light: Concept and Catalysts Development. Advances in Chemical Engineering 36, pp. 111 – 143.
6. Nowotny J., Sorrell C.C., Sheppard L.R., Bak T. (2005). 'Solar-hydrogen: Environmentally safe fuel for the future'. International Journal of Hydrogen Energy 30, pp. 521 – 544.

7. Obernberger, I. & Thek, G., 2008. Combustion and gasification of solid biomass for heat and power production in Europe – State-of-the-art and relevant future developments. *Cycle*, (April), 1–24.
8. Saxena, R. et al., 2008. Thermo-chemical routes for hydrogen rich gas from biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(7), 1909–1927. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032107000482>.
9. SHAFIEE, S. & TOPAL, E., 2009. When will fossil fuel reserves be diminished? *Energy Policy*, 37(1), 181–189. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508004126>
10. Zhang, L., Xu, C.C. & Champagne, P., 2010. Overview of recent advances in thermo-chemical conversion of biomass. *Energy Conversion and Management*, 51(5), 969–982. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890409004889>.
11. Zhang, R., 2004. Catalytic destruction of tar in biomass derived producer gas. *Energy Conversion and Management*, 45(7–8), 995–1014. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196890403002358>
12. Zhu J., Zäch M. (2009). ‘Nanostructured materials for photocatalytic hydrogenproduction’. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 14, pp. 260 – 269.
13. U.S. Environmental Protection Agency. (2009). ‘Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 – 2007’. Washington DC, U.S.A.
<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- http://www.zookomos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=111:-a-&catid=51:2011-10-20-15-30-12&Itemid=58
- http://www.sevstegi.org.gr/sites/default/files/PERIVALLO_WEB_06112012.pdf
- <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#main3>
- <http://bisyplan.bioenarea.eu/html-files-gr/02-02.html>
- <http://www.biomassenergy.gr/articles/articles/technology/biomass/16-biomass-resources>