

Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες

ΜΑΘΗΜΑ: Οικονομική των φυσικών πόρων και του
περιβάλλοντος

ΤΜΗΜΑ: Χημικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

ΟΝΟΜΑ: Φλώρου Καλλιόπη Α.Μ.2595



Βιοκαύσιμα

Βιοκαύσιμα ονομάζονται τα καύσιμα εκείνα στερεά, υγρά ή αέρια τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ιστορικά τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Έτσι το ξύλο, το λίπος, τα φυτικά λάδια αλλά και τα αποστάγματα όντας οργανικής προέλευσης εμπίπτουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Η μεγάλη ανάγκη σε φθηνά καύσιμα μεγάλου ενεργειακού περιεχομένου μετά την βιομηχανική επανάσταση, η οποία συνεχίζει αυξανόμενη έως σήμερα, ενίσχυσε σημαντικά τη χρήση ορυκτών καυσίμων, άνθρακα αρχικά και πετρελαϊκών παραγώγων αργότερα, σε βάρος των παραδοσιακών βιοκαυσίμων. Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη (βλ. φαινόμενο του θερμοκηπίου), τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) έχουν δημιουργήσει κατά τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς βιοκαύσιμα τα οποία καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα.

Ενεργειακές Καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα, ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς όπως η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρική ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.α. Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντίζελ).



Φυτά ενεργειακών καλλιεργειών

Αγροτικής Προέλευσης:



Πολυετείς:

Καλάμι (*Arundo donax*)

Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*)

Μίσχανθος (*Miscanthus sinensis* x *giganteus*)

Switchgrass (*Panicum virgatum*)

Ετήσιες:

Γλυκό και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor*)

Κενάφ (*Hibiscus cannabinus*)

Ελαιοκράμβη (*B. carinata*, *B. napus*)



Δασικής Προέλευσης:

Ευκάλυπτος (*Eucalyptus* spp.)

Ψευδακακία (*Robinia pseudacacia*)



Ποια είναι τελικά τα βιοκαύσιμα?

Βιοντίζελ. Παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη με τη μέθοδο της μετεστεροποίησης των τριγλυκεριδίων, που αποτελούν το κύριο συστατικό τους. Αποτελεί υποκατάστατο του συμβατικού ντίζελ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο ή σε μείγματα με αυτό στους ήδη υπάρχοντες πετρελαιοκινητήρες.

Βιοαιθανόλη. Το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης σε κινούμενα οχήματα είναι η βιοαιθανόλη. Η βιοαιθανόλη παράγεται κυρίως από την αλκοολική ζύμωση της ζάχαρης. Μπορεί επίσης να συντεθεί βιομηχανικά από τη χημική αντίδραση του αιθυλενίου με ατμό.

Βιομάζα. Ο αγροτικός πληθυσμός ορισμένων ευρωπαϊκών χωρών χρησιμοποιεί ξύλα, ροκανίδια, άχυρα, υπολείμματα της επεξεργασίας του ξύλου, καθώς και πυρήνες σπόρων, όπως το κουκούτσι της ελιάς, σε ολοένα μεγαλύτερες ποσότητες για ενεργειακούς σκοπούς.

Βιοαέριο. Καθώς τα φυτά και τα ζώα αποσυντίθενται παράγουν ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, το μεθάνιο. Το μεθάνιο είναι πλούσιο σε ενέργεια και αποτελεί το κύριο συστατικό του βιοαερίου. Το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης.



Πλεονεκτήματα Βιομάζας

1. Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου - επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

2. Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO_2) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

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

4. Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (διάφορα είδη ελαιοκράμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (ηλίανθος κ.ά.), και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στη κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στο βιομηχανικό χώρο.

5. Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας

Μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού με καύση βιομάζας



Μειονεκτήματα Βιομάζας

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

2. Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.

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

4. Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

5. Η αποψίλωση ολόκληρων δασών (Δάση Αμαζονίου) για την καλλιέργεια φυτών όπως η σόγια.



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Παρουσιάζω μερικά στατιστικά στοιχεία για την Ευρωπαϊκή παραγωγή βιοντίζελ τα προηγούμενα χρόνια. Μετά το 2005 εμφανίζεται και η Ελλάδα στις στατιστικές. Η δυναμικότητα είναι υπολογισμένη με βάση λειτουργία των εργοστασίων 330 ημέρες το χρόνο. Η χώρα μας αν και έχει μονάδες παραγωγής δεν τις αξιοποιεί καθώς τα εργοστάσια υπολειπούνται. Είναι προφανές ότι οι ποσοτώσεις του νόμου δεν λειτούργησαν παραγωγικά και δεν έδωσαν ώθηση στην βιομηχανία.

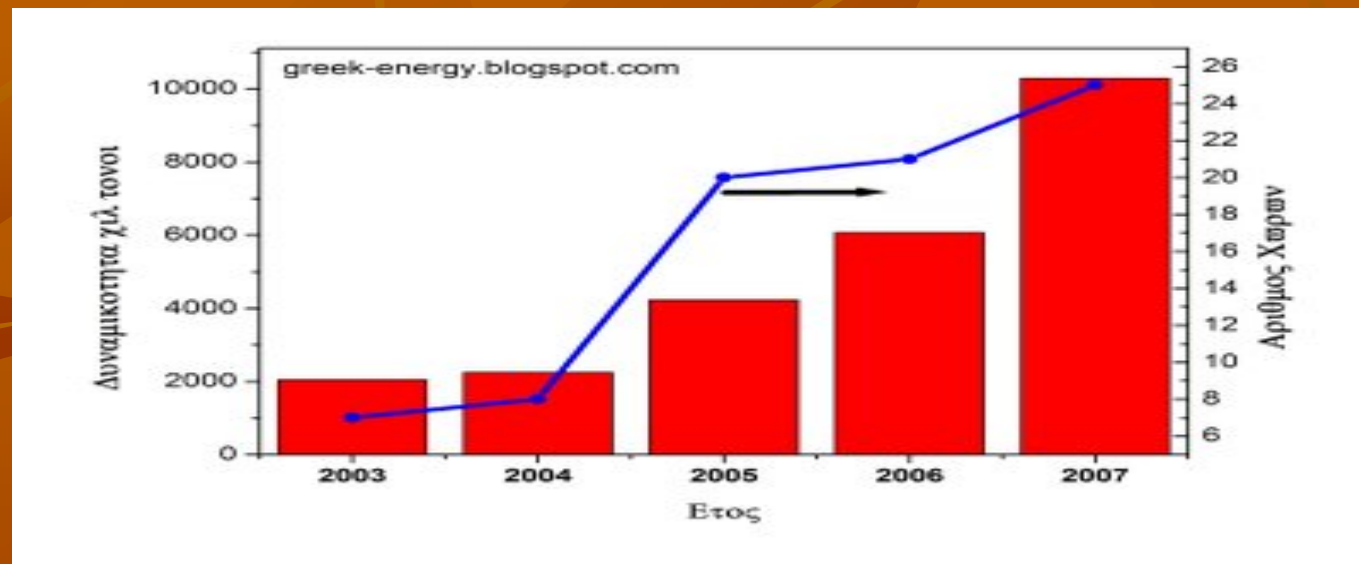
Δυναμικότητα των ευρωπαϊκών χωρών σε βιοντίζελ το 2007:

Χώρα	Χιλιάδες Τόνοι
Γερμανία	4361
Ιταλία	1366
Γαλλία	780
Αγγλία	657
Ισπανία	508
Ελλάδα	440
Βέλγιο	335
Αυστρία	326
Πολωνία	250
Πορτογαλία	246
Σουηδία	212
Τσεχία	203
Ολλανδία	115
Σλοβακία	99
Δανία	90

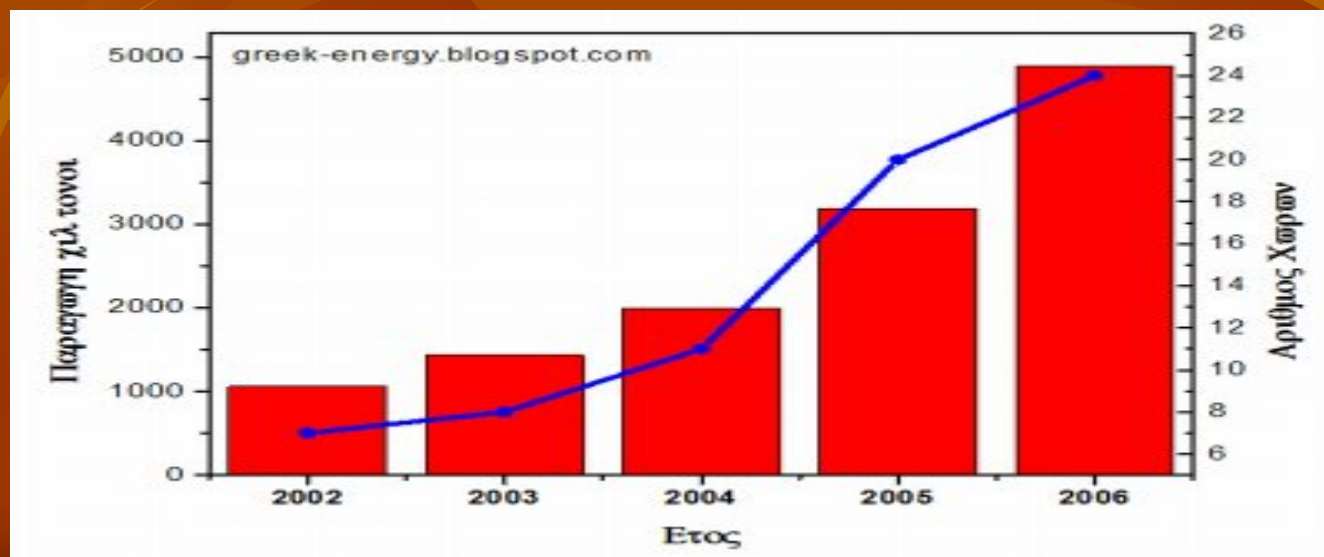
Δυναμικότητα των ευρωπαϊκών χωρών σε βιοντίζελ το 2006:

Χώρα	Χιλιάδες Τόνοι
Γερμανία	2662
Γαλλία	743
Ιταλία	447
Αγγλία	192
Αυστρία	123
Πολωνία	116
Τσεχία	107
Ισπανία	99
Πορτογαλία	91
Σλοβακία	82
Δανία	80
Ελλάδα	42
Βέλγιο	25
Ολλανδία	18
Σουηδία	13

Εξέλιξη της δυναμικότητας

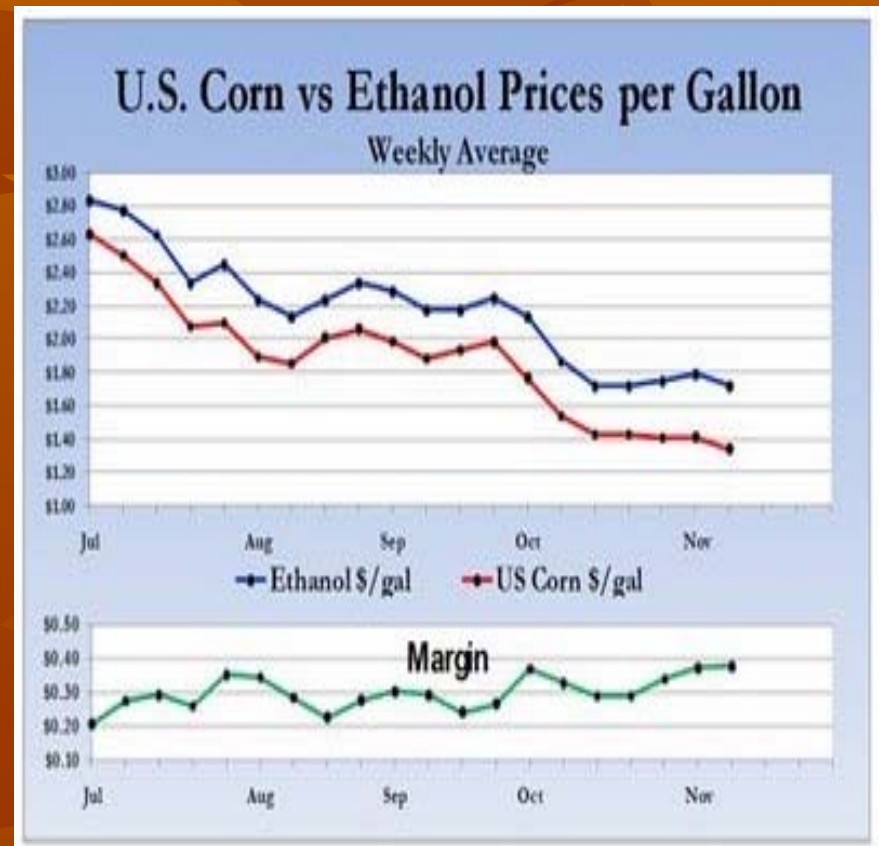
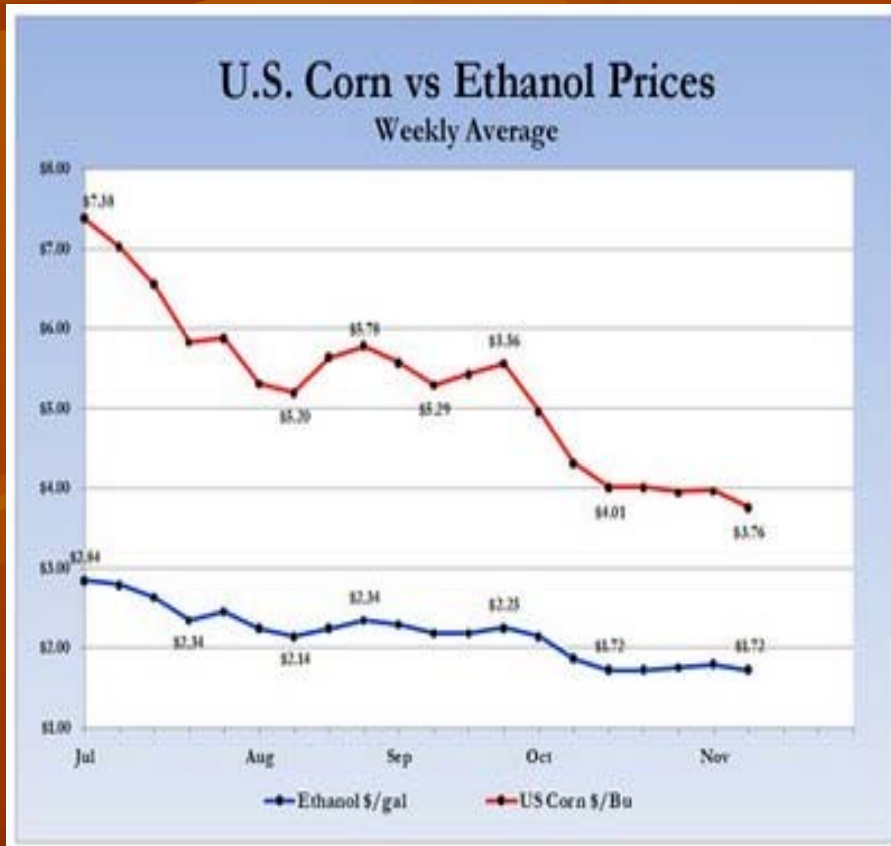


Εξέλιξη της παραγωγής



Βιοαιθανόλη –Περιθώρια Κέρδους

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζω τις τιμές της αιθανόλης (\$ ανά γαλλόνι) και του καλαμποκιού (\$ ανά bushel) στην αμερική τους τελευταίους μήνες. (Σημείωση : 1 γαλλόνι = 3.78541178 λίτρα, 1 bushel καλαμπόκι = 25.40117272 kg)



Η τιμή της αιθανόλης παρακολουθεί την τιμή του καλαμποκιού και εξαρτάται από αυτή. Αυτό φαίνεται και από τα περιθώρια κέρδους που φαίνονται στο δεύτερο διάγραμμα που είναι περίπου σταθερά σε όλο αυτό το διάστημα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές εταιρείες που παράγουν βιοαιθανόλη πιέστηκαν το τελευταίο διάστημα καθώς είχαν κλείσει προμήθεια καλαμποκιού σε υψηλές τιμές το προηγούμενο διάστημα. Τώρα που έπεσαν οι τιμές, η αγορά ομαλοποιήθηκε.

Τα στοιχεία αυτά δείχνουν κατά τη γνώμη μου πως δεν είναι τα βιοκαύσιμα αυτά που ανεβάζουν τις τιμές (παρά τα αντίθετα δημοσιεύματα) των τροφίμων. Τα βιοκαύσιμα συνεχίζουν να παράγονται και τώρα και αυξάνονται μάλιστα. Η κερδοσκοπία και οι αυξημένες τιμές του πετρελαίου είχαν οδηγήσει στις τεράστιες αυξήσεις στις τιμές τα 2 προηγούμενα χρόνια.





Βιο –Βενζίνη από βιομάζα

Η εταιρεία Shell και η Virent Energy Systems ανακοίνωσαν πως ξεκινούν κοινή ερευνητική και αναπτυξιακή προσπάθεια για την παραγωγή βενζίνης απευθείας από βιομάζα χωρίς την μεσολάβηση σταδίου παραγωγής αιθανόλης. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι η BioForming™ process, της Virent η οποία λειτουργεί σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις και κατά τη λειτουργία της δεν απαιτεί επιπλέον ενέργεια. Η βενζίνη που παράγεται έχει την ίδια δομή με την πετρελαϊκή και έτσι δεν απαιτείται μετατροπή κινητήρων και εγκαταστάσεις ανάμιξης όπως στην περίπτωση της αιθανόλης.

Η μέθοδος βασίζεται στην καταλυτική χημική (και όχι ενζυμική) μετατροπή της βιομάζας σε έναν μόνο σχετικά απλό αντιδραστήρα. Η εταιρεία Virent έχει προσελκύσει αρκετά κρατικά και ιδιωτικά κεφάλαια (11 και 21 εκατομμύρια δολάρια, αντίστοιχα) και εδώ και ένα χρόνο συνεργάζεται στενά με τη Shell. Η μέθοδος είναι 20-30 % πιο αποδοτική από την παραγωγή βιοαιθανόλης σε ενεργειακή απόδοση. Η πρώτη ύλη μπορεί να είναι βιομάζα (καλλιέργειες ή υπολείμματα αυτών). Το καλό με τη μέθοδο είναι ότι επειδή η βενζίνη δεν αναμειγνύεται με το νερό δεν απαιτείται απόσταξη των προϊόντων όπως στην περίπτωση της αιθανόλης.

Βιοαέριο και χρήσεις του

Το 2005, το ευρωπαϊκό βιοαέριο προερχόταν: 1) Κατά 64 % από οικιακά απόβλητα 2) 19 % από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα 3) 17 % από άλλες πηγές: απόβλητα εκτροφής. Η ευρωπαϊκή παραγωγή βιοαερίου ανήλθε σε 5 εκατ. τόνων ισοδύναμου πετρελαίου (1, 8 στο Ηνωμένο – Βασίλειο, ουσιαστικά με προέλευση από τις χωματερές, 1,6 στη Γερμανία, 0,2 στη Γαλλία)

Η παραγωγή θερμότητας αποτελεί αναμφισβήτητα την πιο απλή και πιο συχνή χρήση και, προς το παρόν, τη λιγότερο επιβαρυντική του βιοαερίου διότι δεν απαιτεί ούτε αναγκαστικό καθαρισμό ούτε μεγάλη συμπίεση του βιοαερίου. Το θερμαντικό δυναμικό του βιοαερίου εξαρτάται ασφαλώς από την περιεκτικότητα του σε μεθάνιο. Με το 70% μεθάνιο, το βιοαέριο έχει θερμαντικό δυναμικό 24 Mj /m³, λιγότερο από εκείνο του φυσικού αερίου (34 Mj/m³) και πολύ κατώτερο από αυτό του προπανίου (85 Mj/m³) ή του βουτανίου (110 Mj/m³). Το 2005 στη Γαλλία, η θερμική αξιοποίηση του βιοαερίου είχε παράγει 640 GWh, δηλαδή 55000 τον. ισοδύναμου πετρελαίου.

Όλοι οι συνηθισμένοι κινητήρες με βενζίνη ή ντίζελ μπορούν να μετατραπούν και να λειτουργήσουν πολύ εύκολα με GNV ή βιοαέριο. Μειωμένη αυτονομία αλλά ελάχιστη ρύπανση του αέρα και ελάχιστος θόρυβος κάνουν το βιοαέριο ένα ιδανικό καύσιμο για τις αστικές συγκοινωνίες. Το βιοαέριο χρησιμοποιήθηκε το 2005, στη Γαλλία σε 1600 λεωφορεία και 300 απορριματοφόρα.

Η Νέα Ζηλανδία, η Ελβετία υπήρξαν από τις πιο δυναμικές χώρες στη χρησιμοποίηση του βιοαερίου ως καυσίμου.

Σε παγκόσμια κλίμακα περισσότερα από 4 εκατομμύρια αυτοκίνητα κινούνταν το 2005, με συμπιεσμένο μεθάνιο, το οποίο ονομάζεται επίσης φυσικό αέριο για οχήματα (GNV), κυρίως στη Νότιο Αμερική.



Εφαρμογή στην Ελλάδα:

Υπάρχει στην Ελλάδα Γερμανικό σχέδιο για την δημιουργία 10 μονάδων Βιοαερίου, οι οποίες θα εγκατασταθούν σε 10 νομούς της Ελλάδας που έχουν επιλεγεί, με ελάχιστη ισχύ τα 20 MWe. Το κάθε πάρκο, σε πλήρη λειτουργία, χρειάζεται ετησίως 60.000 υγρά κτηνοτροφικά υπολείμματα, και από ενεργειακές καλλιέργειες 350 τόνους Αραβόσιτο και 20.000 τόνους σιτηρά.



Η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται ανά έτος ανέρχεται σε 175.200.000 KWh, το παραγόμενο λίπασμα σε 23.000 τον.

Η βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου από την γερμανική εταιρεία, βασίζεται σε παραδοσιακές καλλιέργειες όπως ο ενεργειακός αραβόσιτος και τα σιτηρά. Ο αραβόσιτος και τα σιτηρά με ενσίρωση (Silage) σε αναλογία 65% και 5% μετατρέπονται σε βιομάζα. Έπειτα με προσθήκη κτηνοτροφικών υγρών λυμάτων και νερού σε αναλογίες 10% και 20%, ξεκινάει η αναερόβια ζύμωση για την παραγωγή του βιοαερίου. Η επένδυση αναμένεται να φτάσει το 1 δις. ευρώ, ενώ άμεσα μπορούν να κατασκευαστούν οι πέντε από τις δέκα μονάδες.

Επομένως συμφέρει η χρήση των βιοκαυσίμων?



Μοναδική απάντηση στο ανωτέρω ερώτημα δεν φαίνεται να υπάρχει.

Η σύγκριση μεταξύ καυσίμων πρέπει να γίνεται όχι μόνον ως προς τους ρύπους που εκπέμπουν κατά τη χημική διεργασία της καύσης αλλά συνολικά ως προς το κόστος παραγωγής και χρήσης τους, περιλαμβανομένης και της τελικής απόθεσης στο περιβάλλον, ιδιαίτερα στην περίπτωση των στερεών καυσίμων.

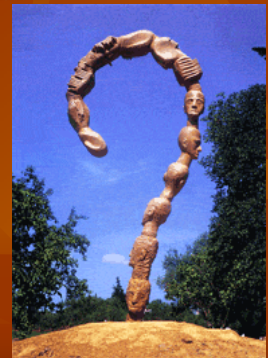
Με αυτήν την έννοια, τα βιοκαύσιμα ρυπαίνουν πολύ λιγότερο την ατμόσφαιρα σε σύγκριση με τα καύσιμα που προέρχονται από ορυκτές πρώτες ύλες.



Όμως, η αυξημένη ζήτηση για αγροτικά προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή εναλλακτικού καυσίμου δημιουργεί ανυπολόγιστες συνέπειες στην παγκόσμια διατροφική αλυσίδα.

Οι τιμές καλαμποκιού -που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης στις ΗΠΑ, αυξήθηκαν κατά 78% τον τελευταίο χρόνο χτυπώντας το υψηλότερο επίπεδο των τελευταίων 10 ετών.

Αρκετοί αγρότες στις ΗΠΑ αφήνουν άλλες καλλιέργειες και στρέφονται στο καλαμπόκι, με αποτέλεσμα και οι τιμές και άλλων προϊόντων όπως της σόγιας να εκτοξεύονται στα ύψη.



Την ίδια στιγμή οι κτηνοτρόφοι βλέπουν από την πλευρά τους το κόστος των ζωοτροφών (60% του συνολικού τους κόστους) να αυξάνεται, κάτι που θα οδηγήσει σε υψηλότερες τιμές κρέατος.

Έξω από τις ΗΠΑ η ραγδαία αυξανόμενη ζήτηση για αιθανόλη θα μπορούσε να επιδεινώσει την πείνα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η χρησιμοποίηση περισσότερων καλλιεργειών για παραγωγή καυσίμων δημιουργεί μεγαλύτερες πιέσεις στην προσφορά και τη ζήτηση αυξάνοντας το κόστος των τροφίμων. Τρανό παράδειγμα το Μεξικό, όπου η τιμή των tortillas -που φτιάχνονται από καλαμπόκι- αυξήθηκε περισσότερο από 60% μέσα σε ένα χρόνο. Η κυβέρνηση προσπάθησε να καταπραΰνει τους καταναλωτές με έλεγχο των τιμών

Οι περιβαλλοντολόγοι έχουν, από την πλευρά τους, ενστάσεις για το αν η προώθηση των βιοκαυσίμων βοηθά το περιβάλλον. Επισημαίνουν ότι οι καλλιέργειες για παραγωγή βιοκαυσίμου χρειάζεται να αρδευτούν και να οργωθούν με τρακτέρ, να λιπανθούν με αζωτούχα λιπάσματα και να μεταφερθούν στα διυλιστήρια αιθανόλης, τα οποία δουλεύουν με φυσικό αέριο ή άνθρακα.

Από την πλευρά τους αξιωματούχοι του ΟΗΕ προειδοποιούν ότι η αυξανόμενη ζήτηση για αιθανόλη και βιοκαύσιμα ενδεχομένως να απειλήσει με εκχερσώσεις τον Αμαζόνιο. Σε όλα αυτά πρέπει να προστεθεί και η εκτίμηση αρκετών ειδικών για την οικονομική αναποτελεσματικότητα κάποιων βιοκαυσίμων.



Ενώ η βραζιλιάνικη αιθανόλη αποδίδει 8πλάσια ενέργεια από αυτήν που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της, η αμερικανική αποδίδει μόλις 1,1-1,7 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτήν που δαπανάται για την παραγωγή της.

Μελέτη αμερικανών πανεπιστημιακών διαπίστωσε ότι απαιτείται 29% περισσότερη ενέργεια για να παραχθεί αιθανόλη από το καλαμπόκι σε σχέση με την ενέργεια που αποδίδει η ίδια η αιθανόλη. Η παραγωγή αιθανόλης στις ΗΠΑ είναι σήμερα κερδοφόρα λόγω των κρατικών επιδοτήσεων, των δασμών στις εισαγωγές της και των υψηλών τιμών πετρελαίου.

Επομένως παρατηρούμε πως ούτε και τα βιοκαύσιμα είναι η καλύτερη λύση για την αντικατάσταση των παραγώγων του πετρελαίου.

Τότε?



Βιοκαύσιμα από γενετικά τροποποιημένα βακτήρια

Ερευνητές του πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας (UCLA) δημιούργησαν γενετικά τροποποιημένη έκδοση του βακτηριδίου E.coli (ένα από τα πιο μελετημένα βακτήρια) που μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγή καλύτερων βιοκαυσίμων.

Οι επιστήμονες μπόρεσαν μεταβάλλοντας τη βασική γενετική δομή του βακτηρίου να το καθοδηγήσουν, ώστε να παράγει διακλαδισμένες αλκοόλες (isobutanol, 1-butanol, 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol and 2-phenylethanol) . Αυτό έγινε εφικτό με την εισαγωγή ειδικών χρωμοσωμάτων στο DNA του κολοβακτηριδίου και την υπέρ-δραστηριοποίηση ορισμένων ενζύμων του, αλλάζοντας έτσι το μεταβολισμό του και αναγκάζοντάς το να μετατρέπει πλέον γλυκόζη σε αλκοόλη με περισσότερα άτομα άνθρακα στο μόριό της. Οι αλκοόλες με περισσότερα άτομα άνθρακα στη μοριακή τους αλυσίδα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα. Αποθηκεύουν περισσότερη ενέργεια ανά λίτρο καυσίμου, δεν διαβρώνουν τον κινητήρα και είναι πιο συμβατές με τα αεροπορικά καύσιμα ή το ντίζελ.

Η γενετική τροποποίηση μικροοργανισμών είναι μια από τις πολλά υποσχόμενες βιοτεχνολογικές οδούς για την παραγωγή περισσότερων και πιο αποδοτικών βιοκαυσίμων. Όμως, οι μέχρι τώρα αποδόσεις είναι μικρές και δεν είναι εύκολη η παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων.

