

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ 31

1^ο ΕΠΑΛ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ – 1^η ΕΠΑΣ ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΙΟΥ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ:

ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ



ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ V

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια του προγράμματος ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ V, το 1^ο ΤΕΕ-ΕΠΑΛ ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ και η 1^η ΕΠΑΣ ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΙΟΥ, συμμετέχουν ως ΟΜΑΔΑ 31, με έργο την κατασκευή και λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής βιοντίζελ, από ανακύκλωση χρησιμοποιημένων φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών.

Η εργασία που ακολουθεί παρουσιάζει αρχικά το βιοντίζελ ως καύσιμο, τις σύγχρονες ανάγκες και τάσεις στον χώρο της ενέργειας και των καυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελλάδα και κατόπιν μας οδηγεί στα βήματα της ομάδας 31, τους δέκα μήνες που πέρασαν, ώστε να καταφέρουν τα μέλη της να πραγματοποιήσουν την ιδέα τους.

Η ομάδα 31 θέλει να ευχαριστήσει όσους της έδωσαν την ευκαιρία να κάνει την ιδέα της πραγματικότητα. Και είναι πραγματικά πολλοί. Ελπίδα της ομάδας, το αποτέλεσμα της δουλειάς της να τους ικανοποίησε.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
EDITORIAL I	4
EDITORIAL II	5
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ;	6
ΠΩΣ ΟΜΩΣ ΘΑ ΦΤΙΑΞΟΥΜΕ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ;	15
ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ!	30
ΑΣΦΑΛΕΙΑ	38
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	43
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
ΠΗΓΕΣ	50

ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ V

EDITORIAL I

Κάθε φινάλε αφήνει πάντα πίσω του κι ένα ερώτημα. Μετά από την ολοκλήρωση της δεύτερης μου συμμετοχής στην «ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ», το ερώτημα παραμένει το ίδιο.

Τι είναι αυτό που κάνει κάποιον με οικογένεια, παιδιά, υποχρεώσεις και πολλά άλλα στην πλάτη, να αφιερώσει τον χρόνο του, την ενέργειά του, τα Σαββατοκύριακα και τις διακοπές του σε ένα πρόγραμμα όπως η «ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ»; Ποια είναι η πηγή ενέργειας που ωθεί κάποιον να πρέπει να κάνει πράγματα που βαριέται τελείως, όπως η απίστευτη γραφειοκρατία, τα οικονομικά. Να βρίσκεται εύκολα σε δύσκολη θέση απέναντι σε συναδέλφους, μαθητές, συνεργάτες. Να πρέπει να δικαιολογήσει στους μαθητές του, τα παράδοξα της ελληνικής πραγματικότητας. Κι άλλα πολλά..

Θα μπορούσε να είναι η αμοιβή, αλλά εγώ κι ο συνάδελφός μου είμαστε υπεράνω. Εξάλλου τα 2,35€ ανά ώρα εργασίας που διαθέσαμε είναι μάλλον αστείο ποσό –τόσο περίπου εκτιμήσαμε εφέτος. Θα μπορούσε να είναι η φήμη, η υστεροφημία, το καλό όνομα, η αναφορά στο βιογραφικό, αλλά δεν νομίζω να μ' ενδιαφέροναν ποτέ. Σέβομαι απλά το αυταπόδεικτο.

Και η απάντηση παραμένει για δεύτερη φορά η ίδια. Κι απλή.
Το χαμόγελο στα χείλη των παιδιών.

Άγγελος Μακρής

ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ V

EDITORIAL II

Σε μια χρονιά αλλάζουν πολλά, ειδικά όταν ξαφνικά από την καθημερινή ρουτίνα του σχολείου περνάς σε κάτι εντελώς νέο, εποικοδομητικό και πρωτόγνωρο.

Όλα άρχισαν μόλις δέχτηκα μια πρόταση να συμμετάσχω στην εργασία του προγράμματος «ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ» για την γνωριμία και την ενασχόληση των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τις νέες τεχνολογίες και τον τεχνολογικό πολιτισμό. Αρχικά η πρόταση μου φάνηκε ενδιαφέρουσα και στην πορεία η επιλογή μου να συμμετάσχω, δικαιώθηκε.

Στην διάρκεια αυτής της εργασίας υπήρχαν κάποιες εντάσεις όταν κάτι πήγαινε στραβά όπως και πολλές δυσκολίες προκειμένου να κατακτήσουμε τον στόχο μας, αλλά υπήρχαν και οι στιγμές ενότητας και συνεργασίας, ο καθένας μας λειτουργούσε με τον δικό του μοναδικό τρόπο και τις όποιες γνώσεις είχε.

Άλλο ένα στοιχείο που πολλοί ίσως να μην ξέρουν είναι ότι δεν υπήρχε κάποιο εμφανές κέρδος για εμάς στο να φτάσουμε στην ολοκλήρωση του έργου μας, αλλά ήταν κέρδος από την άποψη ότι μια ιδέα που σκεφτήκαμε και εργαστήκαμε γι' αυτήν, στο τέλος την υλοποιήσαμε, παρά τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν.

Επίσης, πιστεύω ότι οι ώρες εκτός σχολικού ωραρίου μπορεί να στέρησαν στον καθένα μας αρκετή από την προσωπική του ζωή, αλλά μας έφεραν πιο κοντά, είδαμε τους καθηγητές από την ανθρώπινη πλευρά τους και όχι έτσι όπως δείχνουν στο σχολείο, αλλά το σημαντικότερο είναι ότι είχαμε μια κοινή ευκαιρία να μοιραστούμε μια σημαντική εμπειρία.

Φτάνοντας στο τέλος, και καθώς όλη η εργασία έχει πάει πολύ καλά και έχω την άνεση να γράψω τις εντυπώσεις που μου έμειναν απ' αυτό το σπουδαίο σύνολο εμπειριών, θέλω να ευχαριστήσω τους καθηγητές Γιώργο Μαστροκώστα και Άγγελο Μακρή για την συνεργασία μας καθώς και όλα τα παιδιά που γνώρισα και συνεργάστηκα τους δέκα αυτούς μήνες.

Δημήτρης Χαμηλοθώρης

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

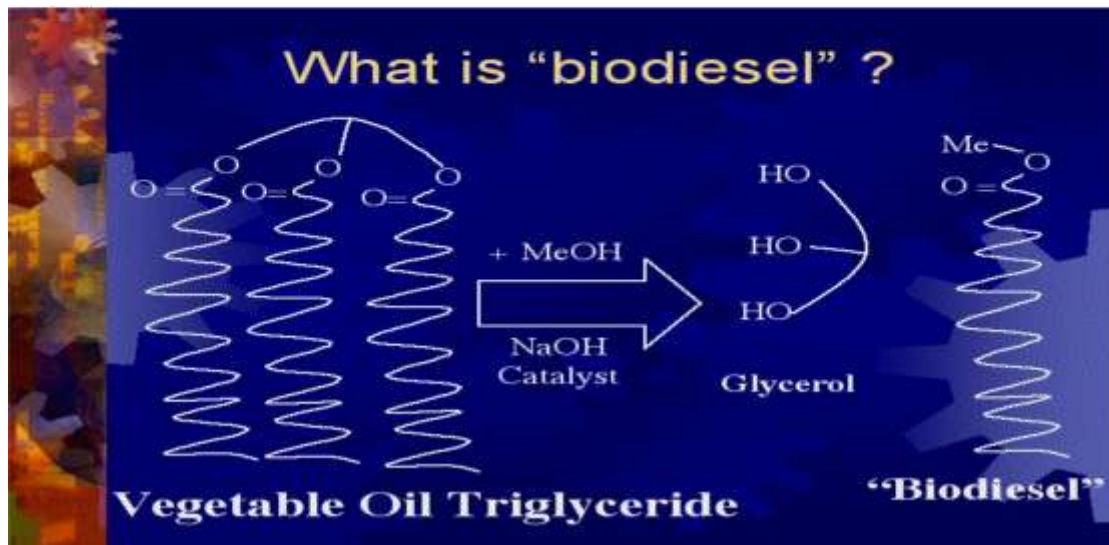
ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ;

Με τον όρο **βιοντίζελ** εννοούμε ένα καύσιμο ισοδύναμο του ντίζελ που παράγεται από πετρέλαιο, που προέρχεται όμως από βιολογικές πηγές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κινητήρες και καυστήρες ντίζελ, χωρίς αυτοί να υποστούν κάποια –ή έστω μηδαμινή– μετατροπή.

Το βιοντίζελ διακρίνεται από τα απλά φυτικά έλαια (straight vegetable oil, **SVG**) και τα κατάλοιπα φυτικά έλαια (waste vegetable oil, **WVO**) τα οποία χρησιμοποιούνται σε κινητήρες ή καυστήρες ντίζελ.

Στις 13 Αυγούστου 1937, ο G. Ghavanne, καθηγητής του πανεπιστημίου των Βρυξελλών κατοχύρωσε την πατέντα: «Διαδικασία μετατροπής των φυτικών ελαίων για τη χρήση τους σαν καύσιμα», Belgian Patent 422877. Η πατέντα περιγράφει την αλκοόλυση (γνωστή και σαν εστεροποίηση) των φυτικών ελαίων χρησιμοποιώντας αιθανόλη (και μέρη μεθανόλης) με στόχο τον διαχωρισμό των λιπαρών οξέων από τη γλυκερόλη, αντικαθιστώντας την με μικρές γραμμικές αλκοόλες. Αυτή φαίνεται να είναι η πρώτη διαδικασία παραγωγής του καυσίμου γνωστού σήμερα σαν βιοντίζελ.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Το βιοντίζελ είναι μη τοξικό & βιοδιασπώμενο, ενώ παράγει περίπου 60% λιγότερο CO₂ από το ντίζελ του πετρελαίου μια και το ίδιο δημιουργείται από το CO₂ της ατμόσφαιρας μέσω της φωτοσύνθεσης στα φυτά. Στο βιοντίζελ η περιεκτικότητα σε θείο είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδενική. Επίσης, το βιοντίζελ περιέχει αρκετό οξυγόνο (περίπου 10% κ.β.) που καθιστά την καύση λιγότερο ατελή, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO), σε άκαυστους υδρογονάνθρακες (H/C) και σε αιθάλη να είναι πολύ μικρότερη απ' ό τι στο συμβατικό ντίζελ.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Καθαρό βιοντίζελ είναι πλέον διαθέσιμο σε πολλά πρατήρια καυσίμων της Γερμανίας, της Ολλανδίας και του Βελγίου. Η Γαλλία, μια χώρα με ιστορία στα Βιοκαύσιμα από το 1936, έχει καταφέρει να εξασφαλίσει την απαραίτητη γεωργική παραγωγή για τη λειτουργία

13 εργοστασίων

τεσσάρων

Βιοντίζελ. Οι

μεταφορές σε

χρησιμοποιούν

που είναι

Βιοντίζελ με

Στην Αυστρία



Βιοϊθανόλης και

εργοστασίων

δημόσιες

30 πόλεις

το καύσιμο Dieter

ανάμειξη 30%

κανονικό ντίζελ.

υπάρχει 100%

φορολογική απαλλαγή και οι δημόσιες συγκοινωνίες στην πόλη Gartz λειτουργούν με βάση το Βιοντίζελ που κατασκευάζεται από τα χρησιμοποιημένα λάδια των εστιατορίων της πόλης. Στη Σουηδία προσφέρουν δωρεάν στάθμευση και μειωμένη άδεια κυκλοφορίας ενώ οι προσφορές του Δήμου της Στοκχόλμης απαιτούν χρήση οχημάτων που λειτουργούν με Βιοκαύσιμα. Ταυτόχρονα σε ολόκληρη τη Σουηδία κυκλοφορούν 8000 οχήματα που βασίζονται στα Βιοκαύσιμα.

Πολλοί κατασκευαστές οχημάτων είναι θετικοί στη χρήση του βιοντίζελ, βλέποντας την χαμηλότερη φθορά του κινητήρα σαν ένα από τα πλεονεκτήματα του καυσίμου. Παρόλα αυτά, επειδή το βιοντίζελ είναι καλύτερος διαλύτης από το ντίζελ του πετρελαίου, «καθαρίζει» τον κινητήρα ή τον καυστήρα κεντρικής θέρμανσης, απομακρύνοντας επικαθίσεις που τυχόν υπάρχουν στη διαδρομή του καυσίμου. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απόφραξη των μπεκ του καυσίμου. Για το λόγο αυτά οι κατασκευαστές των οχημάτων συνιστούν την αλλαγή του φίλτρου καυσίμου μερικούς

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

μήνες μετά την υιοθέτηση του βιοντίζελ σαν καύσιμο. Πολλοί κατασκευαστές έχουν εκδώσει καταλόγους με τα αυτοκίνητα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν 100% βιοντίζελ.

Κάποιοι άλλοι κατασκευαστές παραμένουν σκεπτικοί στη χρήση του βιοντίζελ. Για παράδειγμα στο Ηνωμένο Βασίλειο πολλοί κατασκευαστές διατηρούν την εγγύηση του κινητήρα μόνο όταν αυτός χρησιμοποιεί μείγμα βιοντίζελ – πετρελαίου το πολύ 5% σε βιοντίζελ, παρόλο που η θέση αυτή θεωρείται γενικά υπερβολική. Εξαιρέση αποτελούν η SCANIA και η VW οι οποίες επιτρέπουν σχεδόν το σύνολο των κινητήρων ντίζελ να λειτουργούν με καθαρό βιοντίζελ. Επίσης η Peugeot και η Citroen ανακοίνωσαν πρόσφατα ότι ο κινητήρας ντίζελ HDI μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μίγμα πετρελαίου που να περιέχει 30% σε βιοντίζελ.

Το βιοντίζελ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε καυστήρες θέρμανσης. Καυστήρες που λειτουργούν με καύση ελαίων ίσως χρειαστούν κάποια μετατροπή για να λειτουργήσουν με βιοντίζελ, πιστεύεται όμως ότι αυτή θα είναι σχετικά απλή.

Το βιοντίζελ μπορεί άνετα να διανεμηθεί από την υπάρχουσα υποδομή, ενώ η παραγωγή και η χρήση του αυξάνονται με γοργούς ρυθμούς. Τα πρατήρια καυσίμων ξεκινούν να διαθέτουν το βιοντίζελ στους καταναλωτές και ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός επαγγελματικών οχημάτων το χρησιμοποιούν σαν πρόσθετο στα καύσιμα τους.

Το βιοντίζελ είναι γενικά ακριβότερο στην αγορά από το ντίζελ πετρελαίου, όμως αυτή διαφορά μάλλον θα εξαφανισθεί λόγω της οικονομίας κλίμακας, της αύξησης της τιμής του πετρελαίου και της μείωσης της φορολογίας στο βιοντίζελ. Στη Γερμανία το βιοντίζελ – λόγω φόρων και επιδοτήσεων- είναι φθηνότερο σε γενικές γραμμές

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

από το συνηθισμένο ντίζελ και τα πρατήρια καυσίμων διαθέτουν και τα δύο καύσιμα. Με την μέθοδο που χρησιμοποιούμε και θα παρουσιάσουμε παρακάτω, το κόστος παραγωγής είναι κάτω από 0,45€ ανά λίτρο...

Τι λέει η Ευρωπαϊκή Ένωση;

Πρώθηση των βιοκαυσίμων για τις μεταφορές (Directive 2003/30/ EC). Οι χώρες μέλη της ΕΕ είναι υποχρεωμένες να προωθήσουν τα βιοκαύσιμα (υγρά ή αέρια καύσιμα για χρήση στις μεταφορές τα οποία παράγονται από βιομάζα ή ανακύκλωση) με έναν ενδεικτικό στόχο στο 5,75% του συνόλου των καυσίμων, έως το 2010.

Στην Ευρώπη έχει δρομολογηθεί η υποχρεωτική χρήση βιοκαυσίμων στα καύσιμα κίνησης σε ποσοστό τουλάχιστον 2% από 1/1/2006, με στόχο την αύξησή τους σε ποσοστό 5,75% μέχρι 31/12/2010, με βάση την οδηγία 2003/30/EC της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η οποία προτείνει συμμετοχή των βιοκαυσίμων στην αγορά καυσίμων σε ποσοστό 20% έως το 2012. Στα ποσοστά αυτά το βιοντίζελ θα υποκαταστήσει το συμβατικό ντίζελ, ενώ η βιοιθανόλη τη βενζίνη.

Η Κοινοτική Οδηγία στοχεύει στην ικανοποίηση των δεσμεύσεων του Πρωτοκόλλου του Κιότο σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, στην ασφάλεια του εφοδιασμού κατά τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον και στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις μεταφορές. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (E.C.), οι μεταφορές στην Ευρωπαϊκή Ένωση (E.E.) ευθύνονται για το 21% των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

πλανήτη μας (φαινόμενο του θερμοκηπίου) και το ποσοστό αυτό μεγαλώνει. Την ίδια στιγμή, η Ε.Ε. αποτελεί τον μεγαλύτερο εισαγωγέα ενέργειας στον κόσμο, χρησιμοποιώντας περίπου το 17% της παγκόσμιας ενέργειας. Παράλληλα, η παραγωγή βιοκαυσίμων στην Ε.Ε. το 2004 είχε ανέλθει σε 2.400.000 tn, από τους οποίους 500.000 tn ήταν βιοαιθανόλη και 1.900.000 tn βιοντίζελ. Οι ποσότητες αυτές ισοδυναμούν μόνο με το 0,8% περίπου της κατανάλωσης πετρελαίου και βενζίνης στην Ε.Ε. Έτσι, επιβάλλεται η αύξηση της χρήσης των βιοκαυσίμων, η οποία θα συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης των κρατών μελών της Ε.Ε. από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, στη μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ρυπαντών και αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα θα δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες για τους αγρότες και οικονομικές ευκαιρίες για τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η στρατηγική της Ε.Ε. που υιοθετήθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 για τα βιοκαύσιμα βασίζεται στο σχέδιο για εκμετάλλευση της βιομάζας, το οποίο υιοθετήθηκε το Δεκέμβριο του 2005 και έχει αναπτυχθεί σε επτά άξονες πολιτικής: α) υποκίνηση της ζήτησης βιοκαυσίμων, β) κατάκτηση περιβαλλοντικών οφελών, γ) ανάπτυξη της παραγωγής και διανομής βιοκαυσίμων, δ) επέκταση των προμηθειών πρώτων υλών, ε) ενίσχυση των εμπορικών ευκαιριών, στ) υποστήριξη των αναπτυσσόμενων χωρών και ζ) υποστήριξη προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης.

Στην Ελλάδα, με νόμο που ψηφίστηκε το Νοέμβριο του 2005 (ν.3423/2005) εναρμονίζεται η Εθνική Νομοθεσία προς την Κοινοτική Οδηγία. Τα βασικότερα σημεία του νόμου είναι:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Ο καθορισμός της συμμετοχής των βιοκαυσίμων και των άλλων ανανεώσιμων καυσίμων στην ελληνική αγορά σε ποσοστό 5,75% του συνόλου της βενζίνης και του πετρελαίου που καταναλώνονται στον τομέα μεταφορών έως την 31η Δεκεμβρίου του 2010.

- Η θέσπιση της Αδείας Διάθεσης Βιοκαυσίμων για τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην παραγωγή και την εμπορία βιοκαυσίμων στη χώρα μας. Ο κάτοχος της σχετικής άδειας θα έχει το δικαίωμα παραγωγής ή εισαγωγής αυτούσιων βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων και της διάθεσής τους εντός της ελληνικής επικράτειας.
- Η πρόβλεψη για την κατάρτιση του «Προγράμματος Κατανομής Ποσοτήτων Βιοκαυσίμων» που απαλλάσσονται από τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης Καυσίμων (ΕΦΚΚ). Σε κάθε συμμετέχοντα στο Πρόγραμμα παρέχεται η δυνατότητα και παράλληλα επιβάλλεται η υποχρέωση διάθεσης στην ελληνική αγορά συγκεκριμένης ποσότητας βιοκαυσίμων, απαλλαγμένη από τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης για την περίοδο μέχρι και το τέλος του 2010.
- Έχει ήδη ψηφιστεί και αποτελεί νόμο (ν.3340/2005) η απαλλαγή ποσοτήτων αυτούσιου βιοντίζελ από τον ΕΦΚΚ μέχρι το 2007. Συγκεκριμένα, οι αποφορολογημένες ποσότητες βιοντίζελ για το 2005 ανέρχονται σε 51.000 tn, ενώ για τα έτη 2006 και 2007 έχουν οριστεί στους 91.000 και 114.000 tn αντίστοιχα.
- Η ρύθμιση θεμάτων σχετικά με την ανάμειξη των βιοκαυσίμων με τα αντίστοιχα συμβατά προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου, την εξασφάλιση της διάθεσης των βιοκαυσίμων

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

στην ελληνική αγορά, καθώς και θεμάτων που άπτονται της ποιότητας και της διακίνησης των βιοκαυσίμων στη χώρα μας.

Τα επενδυτικά σχέδια ίδρυσης εργοστασίων παραγωγής βιοκαυσίμων ενισχύονται μέσα από τον αναπτυξιακό νόμο, ο οποίος προβλέπει ελάχιστη επιδότηση 30%, η οποία υπό προϋποθέσεις μπορεί να φθάσει στο 55% της συνολικής επένδυσης. Το ελάχιστο ποσοστό της ίδιας συμμετοχής ανέρχεται στο 25% της επένδυσης. Ο αναπτυξιακός νόμος είναι σε συνεχή ισχύ και αιτήσεις κατατίθενται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

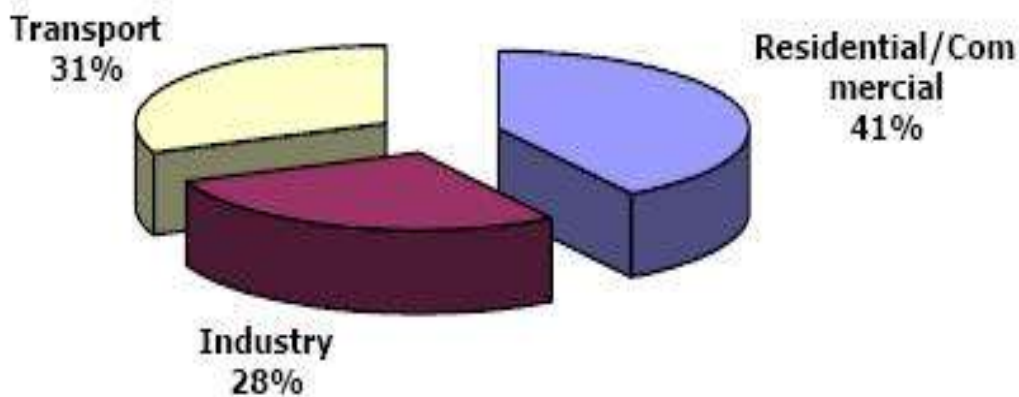
Αυτή τη στιγμή, στην Ελλάδα υπάρχουν δύο εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, τα οποία ήδη παραδίδουν ποσότητες βιοντίζελ, κυρίως στα διυλιστήρια (ΕΛΠΕ και ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ) για ανάμειξη με το συμβατικό ντίζελ και διάθεση του μείγματος στην ελληνική αγορά. Το πρώτο είναι η ΕΛΒΙ στο Κιλκίς, δυναμικότητας 40.000 tn βιοντίζελ το χρόνο, που τέθηκε σε λειτουργία το φθινόπωρο του 2005. Το 74% του παραγόμενου βιοντίζελ η εταιρεία το διαθέτει στα ΕΛΠΕ, το 24% στη ΜΟΤΟΡ ΟΪΛ και ένα 2% θα απορροφήσει η Shell. Το δεύτερο είναι η Παύλος Ν. Πέττας ΑΒΕΕ-Ελαιουργία στη βιομηχανική περιοχή της Πάτρας, δυναμικότητας 65.000 tn βιοντίζελ το χρόνο, που ξεκίνησε την παραγωγή του τον Αύγουστο του 2006.

Γιατί βιοντίζελ;

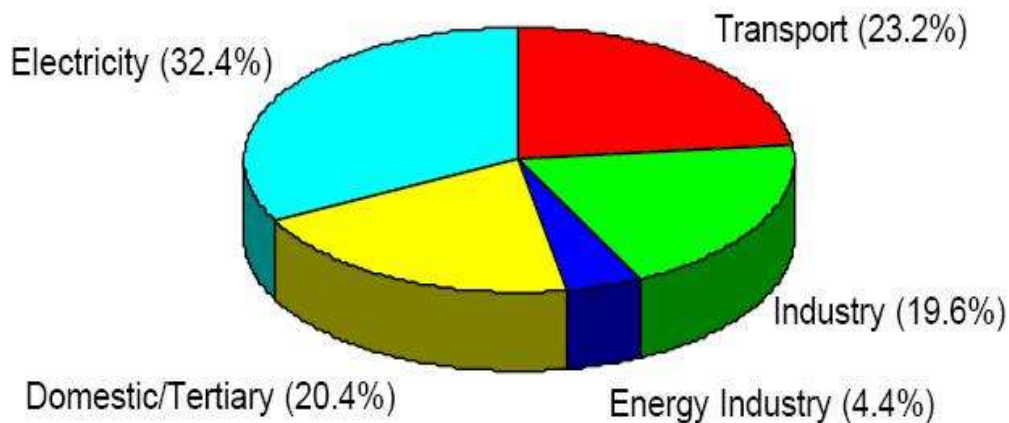
Αν αναλογισθούμε ότι η κατανομή της ενέργειας στην ΕΕ είναι στο 31% για τις μεταφορές (βάση το πετρέλαιο) και στο 41% για τα κτήρια με το βασικό τους ποσοστό να καταναλώνεται στην θέρμανση –και πάλι βάση το πετρέλαιο, τότε είναι προφανές ότι το βιοντίζελ είναι μια προκλητική λύση στο πρόβλημα της ενέργειας, αλλά και της

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

οικονομίας της ΕΕ -και του πλανήτη αντίστοιχα. Το υπόλοιπο ποσοστό αναφέρεται σε βιομηχανικές καταναλώσεις, όπου το πετρέλαιο έχει κι εκεί τον ρόλο του -σαφώς όμως μικρότερο.



Ενεργειακή κατανάλωση στην Ε.Ε. (2004)



Εκπομπές CO₂ στην Ε.Ε. (2006)

Είναι λοιπόν προφανές ότι ένα υποκατάστατο που θα εκπέμπει σχεδόν μηδενικό ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα, καθώς το έχουν δεσμεύσει τα φυτά από όπου προέρχονται οι πρώτες του ύλες, αλλά και θείου το οποίο υπάρχει στο σύνηθες ντίζελ σε ποσοστό τουλάχιστον 2% -και είναι υπεύθυνο για φαινόμενα όπως η όξινη

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

βροχή, είναι η λύση. Και μάλιστα ανακυκλώνοντας ουσίες που συνήθως καταλήγουν στην θάλασσα ή στο χώμα...

ΠΩΣ ΟΜΩΣ ΘΑ ΦΤΙΑΞΟΥΜΕ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ;

ΒΗΜΑ 1.º: ΕΡΕΥΝΑ

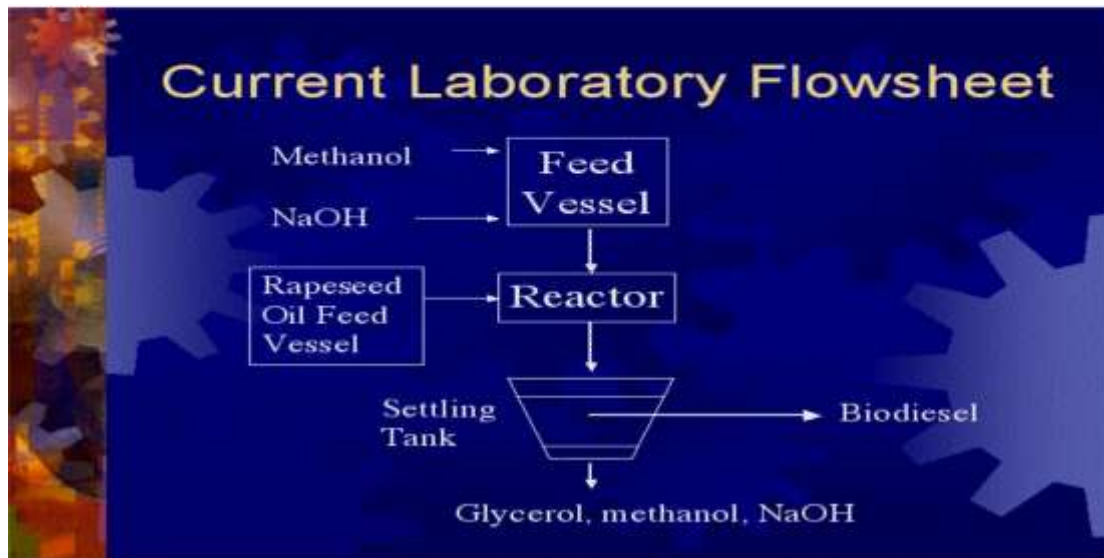
Ψάχνοντας στο απέραντο και βαθύ κόσμο του Διαδικτύου, βρήκαμε μεγάλη ποσότητα πληροφορίας, η οποία στην αρχή μας τρόμαξε. Πολλή μετάφραση, πολύ διάβασμα και πολλές εκδοχές που μας μπέρδευαν. Τελικά -και μετά την καλή τύχη μας να γνωριστούμε στην έκθεση Climatherm με έναν Έλληνα κατασκευαστή μονάδων παραγωγής βιοντίζελ που μας έδωσε σημαντικές πληροφορίες- αποφασίσαμε να ακολουθήσουμε την συνδυαστική λύση.

Ο εξοπλισμός μας ήταν σε πρώτο πλάνο:

- ✚ Δύο (2) δεξαμενές 1000 και 500λίτρα Ένας (1)
- ✚ θερμοσίφωνας διπλής ενέργειας 120λίτρων
- ✚ Μία μεταλλική (1) δεξαμενή – φίλτρο
- ✚ 300λίτρων Ένα (1) ανοξειδωτο δοχείο 75λίτρων
- ✚ Ένα (1) ανοξειδωτο δοχείο 25λίτρων
- ✚ Τρεις (3) αντλίες – δύο φυγοκεντρικές, μία κενού Διάφορα δοχεία μεταφοράς υγρών
- ✚ Σωληνώσεις κι εξαρτήματα Χημικά
- ✚ αντιδραστήρια κι όργανα Αυτοματισμοί και
- ✚ καλωδιώσεις

Σχηματικά το σύστημα θα είναι κάπως έτσι:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Κι αρχίσαμε την έρευνα αγοράς...

ΒΗΜΑ 2^ο: ΧΩΡΟΣ

Για την κατασκευή αλλά και την λειτουργία της μονάδας απαιτείται ένας αρκετά μεγάλος χώρος, καλά αεριζόμενος και φυσικά ασφαλής. Βρήκαμε ένα τμήμα του υπογείου γκαράζ του σχολείου –περίπου 40τ.μ- που ήταν μια αποθήκη για σπασμένα καρεκλοθρανία και αρχίσαμε σταδιακά την διαμόρφωσή της. Ένα μεταλλικό πλαίσιο που κατασκευάσαμε έπειτα από μια μικρή μελέτη, μια παλιά σιδερένια πόρτα με γρίλιες, που βρήκαμε εγκαταλειμμένη και μερικές γυψοσανίδες που «ξέχασε» ένα συνεργείο στο σχολείο μας, ήταν τα υλικά μας. Αρκετοί μαθητές βοήθησαν και καταφέραμε σχετικά γρήγορα, εύκολα κι οικονομικά να διαμορφώσουμε κατάλληλα τον χώρο των εργασιών μας.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Για να γίνουν όλα αυτά είχαμε την άνεση από την Διεύθυνση του σχολείου αλλά και από το Σ.Ε.Κ, να χρησιμοποιούμε τα εργαστήρια

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

του σχολείου μας – κύρια το Μηχανουργείο και το εργαστήριο των Θερμοϋδραυλικών.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Παράλληλα δουλεύαμε και στο θεωρητικό κομμάτι της εργασίας μας, συλλέγοντας πληροφορίες και κάνοντας σχέδια.



Και η κατασκευή άρχισε να παίρνει σιγά-σιγά σάρκα κι οστά.

ΣΤΑΔΙΟ 3^ο: ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Καθώς τα μέρη της μονάδας έπαιρναν την θέση τους, ξεκινήσαμε την συλλογή των χρησιμοποιημένων ελαίων και λιπών, προσεγγίζοντας ταβέρνες και σουβλατζίδικα της περιοχής μας. Με μεγάλη μας έκπληξη διαπιστώσαμε ότι μπορεί κανείς να συλλέξει σημαντικές ποσότητες χωρίς ιδιαίτερα μεγάλο κόπο. Ένα σουβλατζίδικο της γειτονιάς είχε την δυνατότητα να μας παρέχει 15-20λίτρα την ημέρα!

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Το λάδι μας αρχικά συλλέγεται σε μια δεξαμενή 1000λίτρων από ΡΕ, θερμαίνεται από μια αντίσταση για να μην πήζει και οδηγείται σε επεξεργασία από μια αντλία κι ένα δίκτυο σωλήνων ΡΡ.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Και προχωρούμε ολοένα και πιο βαθιά.

Το πιο σημαντικό σημείο πριν μπούμε στην φάση της χημικής αντίδρασης, είναι το όσο το δυνατό καλύτερο φιλτράρισμα της πρώτης ύλης. Και δώσαμε εκεί τον καλύτερο μας εαυτό.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Αφού έχουμε ολοκληρώσει το φιλτράρισμα στο πρώτο στάδιο, περνάμε στην δεξαμενή αφύγρανσης. Μια αντίσταση 4Kw δίνει την θερμότητα που απαιτείται για να φύγει ένα μεγάλο τμήμα του νερού που περιέχει η πρώτη μας ύλη. Δεν ξεχνάμε ποτέ ότι τα έλαια είναι υγροσκοπικά.



Μετά χρειαστήκαμε άλλο ένα στάδιο φιλτραρίσματος, με φίλτρα από κινητήρες τύπου ντίζελ. Ένα δίδυμο φίλτρων της MAN μας προετοίμασε το λάδι για την εισαγωγή του στον κυρίως αντιδραστήρα.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Κι από αυτό το σημείο ανηφορίζουμε με την βοήθεια μιας φυγοκεντρικής ελαιολίπαντης αντλίας και μέσω δικτύου σωληνώσεων στο κυρίως αντιδραστήρα, δηλαδή τον θερμοσίφωνα μας.



Και φτάσαμε στα δύσκολα. Μέχρι στιγμής είχαμε να διαχειριστούμε έλαια, τα οποία απλά τα φιλτράραμε. Τώρα μπαίνουμε στην φάση όπου τα χημικά έρχονται στο προσκήνιο, για να αναμιχθούν με τα έλαια και να γίνει η εστεροποίησή τους. Και το δύσκολο στην όλη

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

διαδικασία είναι ότι το μίγμα μεθανόλης-NaOH (μεθοξειδίο) είναι από την φύση του, εκρηκτικό, δηλητηριώδες κλπ. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή μεθοξειδίου θα γίνει σε ένα ανοξειδωτο δοχείο, ερμητικά κλειστό και η ανάμιξη του θα γίνει με ένα μηχανισμό που θα είναι υψηλής ασφαλείας. Κι έτσι κι έγινε.



Για να έχουμε μέγιστη ασφάλεια χρησιμοποιήσαμε έναν επαγωγικό κινητήρα στον οποίο κατασκευάσαμε μια βάση από ορείχαλκο, μια άτρακτο από ανοξειδωτο χάλυβα -την οποία διαβαθμίσαμε στον τόρνο ενός φίλου- και μια έδραση με δύο ρουλεμάν και στεγανωτική

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

τσιμούχα. Τέλος κατασκευάσαμε έναν αναδευτήρα έξι (6) πτερυγίων από χαλκοσωλήνα.












Και τον δοκιμάσαμε και δούλεψε!



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Το μίγμα εισάγεται ανά συστατικό του χειροκίνητα, αναδεύεται και μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, όταν η θερμοκρασία του ελαίου είναι σταθερή στους 55°C ανοίγει και με την βοήθεια της υποπίεσης που υπάρχει στο αντιδραστήρα από μια αντλία κενού που θα δούμε παρακάτω, οδηγείται εντός του.

Επόμενο μας βήμα η ανάκτηση της μεθανόλης που θα προέκυπτε από την περίσσεια του μεθοξειδίου, το οποίο θα προσθέσουμε για να γίνει η χημική αντίδραση. Στην έρευνα μας στο διαδίκτυο είχαμε επισημάνει μια ενδιαφέρουσα λύση, η οποία περιλάμβανε:

-  Έναν (1) συμπυκνωτή ομοαξονικό, τύπου αντιρροής
-  Έναν (1) εναλλάκτη νερού – αέρα Έναν (1)
-  ανεμιστήρα Μία (1) αντλία νερού Μία (1) αντλία
-  κενού
- 
-  Ένα (1) μανόμετρο με ενδείξεις υποπίεσης
-  Μία (1) ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα Ένα
-  (1) δοχείο ανάκτησης Σωληνώσεις
- 

Το τέχνασμα κάνει το εξής απλό. Η μεθανόλη όταν τελειώσει η χημική αντίδραση και ενώ η θερμοκρασία παραμένει σταθερή στους 65°C , είναι η περίσσεια που θέλουμε να συλλέξουμε και βρίσκεται σε αέρια φάση.

Η αντλία κενού την αναρροφά και η μεθανόλη περνά μέσα από τον κάθετα τοποθετημένο εναλλάκτη, όπου το νερό που κινείται εξωτερικά την ψύχει και την συμπυκνώνει. Λόγω της βαρύτητας η

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

μεθανόλη οδεύει στο δοχείο, όπου και συλλέγεται για να επαναχρησιμοποιηθεί.

Το νερό κινείται σε κλειστό κύκλωμα και ο ευμεγέθης εναλλάκτης με τον ανεμιστήρα φροντίζουν να διατηρούν την θερμοκρασία του όσο το δυνατόν πιο χαμηλά.

Και ιδού το κατασκεύασμα!



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Μας έχει απομείνει το κομμάτι της παραλαβής της γλυκερίνης και του βιοντίζελ ακάθαρτου, όσον αφορά την αλισίβα -NaOH- και τις υπάρχουσες παραφίνες κι υγρασία. Αυτό το μέρος είναι απλό σχετικά και περιλαμβάνει ένα δικτύωμα από χαλυβωσώληνα όπου πρώτα έρχεται η γλυκερίνη –λόγω της υψηλής ταχύτητας καθίζησης και μεγάλου μοριακού βάρους και ακολουθεί το βιοντίζελ. Ο διαχωρισμός γίνεται οπτικά αντιληπτός και πραγματοποιείται μέσω χειροκίνητων βανών.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ V

Το βιοντίζελ οδηγείται σε μια ακόμη σειρά φίλτρων. Αρχικά ένα φίλτρο με μπίλιες σιλικόνης, κατασκευασμένο από σωλήνες PVC και τέλος ένα φίλτρο που ανακαλύψαμε στην αγορά, ειδικό για τελική φίλτρανση βιοντίζελ.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Και φτάσαμε ένα βήμα πριν από το φινάλε των κατασκευών, όπου πρέπει να συνδεσμολογούμε όλα τα παραπάνω, ώστε με την βοήθεια του ηλεκτρισμού να αρχίσουν να εργάζονται για τον σκοπό μας. Δύο πίνακες, πλήθος διακοπών, ασφαλειών και ενδεικτικών λυχνιών και πολλά μέτρα καλωδίων μας έφτασαν μια στιγμή πριν την εκκίνηση.



Και να μην ξεχνάμε και την αισθητική μας παρέμβαση. Ένας μαθητής μας, ένας graffiti artist, κόσμησε την άχαρη γυψοσανίδα που ορίζει τον χώρο εργασίας μας, με πολύ μεράκι. Τον ευχαριστούμε!










Και η συνταγή;

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΦΤΙΑΧΝΟΥΜΕ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ!

Για την συνταγή που θα ακολουθήσουμε για την παραγωγή βιοντίζελ στην μονάδα μας, χρειαζόμαστε τα παρακάτω:

Συστατικά:

-  Υπολλείματα χρησιμοποιημένων τηγανέλαιων και ζωικών λιπών (Waste Vegetable Oil, συντομ. WVO)
-  Μεθανόλη
-  Καυστικό Νάτριο
-  Ισοπροπυλική αλκοόλη
-  Απεσταγμένο νερό
-  Φαινοφθαλίνη Νερό
- 

Μα μονάδα παραγωγής την οποία έχουμε ήδη κατασκευάσει και παρουσιάσει παραπάνω, συν ένα micro-εργαστήριο χημείας.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Για να γίνει το WVO βιοντίζελ, απαιτείται χρόνος κι ένα πλήθος διαδικασιών. Τα στάδια που θα ακολουθήσουμε είναι τα εξής:

- I. Φιλτράρισμα πρώτης ύλης από ξένα σώματα, στερεά σωματίδια
- II. Αφύγρανση με βρασμό
- III. Ορισμός Ογκομετρικής αναλογίας αντιδραστηρίων
- IV. Προετοιμασία διαλύματος μεθοξειδίου (μεθανόλη + NaOH)
- V. Θέρμανση, μίξη και αντίδραση




ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

- VI. Καθίζηση συστατικών, διαχωρισμός και παραλαβή γλυκερίνης
- VII. Ανάκτηση της περίσσειας της μεθανόλης
- VIII. Τελικό φιλτράρισμα και Πλύση -εφόσον παραστεί ανάγκη
- IX. Έλεγχος ποιότητας

ΣΤΑΔΙΟ I

ΠΡΟΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ

Για το φιλτράρισμα του WVO χρησιμοποιούμε αρχικά πλαστικές σίτες και πολυουρεθάνη κατά την είσοδο του βιοντίζελ στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης και κινούμαστε με την βοήθεια μιας φυγοκεντρικής αντλίας σε ένα πολυφίλτρο επιπέδων. Τα επίπεδα χωρίζονται με σίτα μεταλλική και το κάθε επίπεδο έχει φίλτρο που στηρίζεται σε βότσαλα ευμεγέθη, τα οποία δεν αντιδρούν χημικά με το WVO και τα επίπεδα αποτελούνται από:

-  Πολυουρεθάνη σε μορφή σπόγγου.
-  Χαρτί διήθησης.
-  Ύφασμα τύπου denim.

ΣΤΑΔΙΟ II

ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ

Το WVO οδηγείται μέσω αντλίας στην δεξαμενή αφύγρανσης, όπου μια ηλεκτρική αντίσταση του ανεβάζει αρχικά την θερμοκρασία στους 100°C , ώστε να αρχίσει η εξάτμιση του περιεχόμενου νερού. Το WVO παράλληλα αναδεύεται ώστε να μην παρασύρεται λάδι με το νερό που εξατμίζεται και μετά θερμαίνεται έως τους 130°C για περίπου 10 λεπτά. Ακολουθούν μετά από τον βρασμό του νερού, φίλτρα πετρελαίου MEK βιομηχανικού τύπου, που καλύπτουν ακόμη και μεγέθη σχεδόν αόρατων γρεζιών.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΣΤΑΔΙΟ ΙΙΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τον καθορισμό του μίγματος που θα προσθέσουμε θα ακολουθήσουμε την παρακάτω διαδικασία:

Φτιάχνουμε αναδεύοντας ένα μίγμα από ένα γραμμάριο μεθοξειδίου και ενός λίτρου απεσταγμένου νερού, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε ως αναφορά των αναλογιών που θα χρησιμοποιήσουμε για την κύρια αντίδραση. Αναμιγνύουμε 10ml ισοπροπυλικής αλκοόλης με 1ml WVO, από το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για την τελική παραγωγή.

Προσθέτουμε 2 σταγόνες φαινοφθαλίνης, η οποία είναι αδιαφανής όταν το μίγμα είναι όξινο και κόκκινη όταν είναι βασικό. Σταδιακά προσθέτουμε σταγόνες του μίγματος αναφοράς – μεθοξείδιο / απεσταγμένο νερό- και αναδεύουμε συνεχώς. Σε κανονικές συνθήκες το διάλυμα θα γίνει ροζ και θα διατηρηθεί για περίπου 10δευτ. Αυτό υποδεικνύει ότι το pH είναι ανάμεσα σε 8-9. Η διαδικασία θα επαναληφθεί μερικές φορές, ώστε να είμαστε και στατιστικά σίγουροι για τις αναλογίες.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Για τον υπολογισμό των αναλογιών ελαίου-μεθοξειδίου γνωρίζουμε από την χημεία ότι ένα λίτρο καθαρού ελαίου απαιτεί 3,5 γραμμάρια

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

μίγματος μεθοξειδίου, για αυτό τον λόγο σε κάθε λίτρο WVO θα προσθέσουμε ακόμη 3,5 γραμμάρια, από όσο βρούμε.

Παράδειγμα:

Η ανάλυση μας έδωσε ότι απαιτούνται 2,4ml ώστε το ρη να πάρει τιμή ανάμεσα σε 8 και 9.

Για 100lt WVO με 2,4ml χρειαζόμαστε 240ml.

Συν 3,5γραμμάρια επί 100lt, θέλουμε άλλα 350ml.

Συνολικά απαιτούνται: $240 + 350 = 590\text{ml}$.

Στατιστικά έχει παρατηρηθεί ότι μια αναλογία 6-7:1 είναι σωστή με την μέση τιμή να κυμαίνεται στο 6,25:1, ποσότητα όμως που πάντα εξαρτάται από την ποιότητα της πρώτης ύλης. Και από ότι έχει να μας πει η εμπειρία μας, η πρώτη ύλη μπορεί εύκολα να ποικίλει.

ΣΤΑΔΙΟ IV

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ – ΚΑΥΣΤΙΚΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ

Η μεθανόλη είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη όπως και το μίγμα της με καυστικό νάτριο. Άοσμο, τοξικό και δηλητηριώδες. Φυσικά και εύφλεκτο. Είναι διαλυτικό στα χρώματα, αντιδρά με αλουμίνιο και ψευδάργυρο. Για την ασφάλεια θα μιλήσουμε παρακάτω αναλυτικά. Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι το καλύτερο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Σε ένα ανοξειδωτο δοχείο 25lt θα προσθέσουμε μεθανόλη σε υγρή μορφή και κρυσταλλικό καυστικό νάτριο τα οποία θα ανακατεύονται συνεχώς μέσω αναδευτήρα που κινεί ένας επαγωγικός Η/Κ, ώστε το μίγμα να είναι όσο το δυνατόν ομοιογενές. Η αντίδραση τους είναι εξώθερμη -παράγεται θερμότητα- και οι ατμοί τους είναι άκρως δηλητηριώδεις.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Σε μια γενική εκτίμηση και για περίπου 90-100lt πρώτης ύλης, το 20% δηλαδή 17-20lt μίγματος είναι κοντά στο τέλειο, δίνοντας πάντα όμως μια ποσότητα σε περίσσεια, την οποία και θα πρέπει στο τέλος της αντίδρασης να ανακτήσουμε με κάθε τρόπο. Πρώτιστα για λόγους ασφαλείας και κατόπιν για λόγους οικονομικούς. Για κάθε λίτρο μεθανόλης απαιτούνται 8 γραμμάρια καυστικού νατρίου.



ΣΤΑΔΙΟ V

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΙ ΑΝΑΜΙΞΗ

Και φτάνουμε στον κυρίως αντιδραστήρα –ένα ανοξειδωτο boiler διπλής ενεργείας, τύπου tank in tank. Το φιλτραρισμένο WVO εισέρχεται και θερμαίνεται στους 65°C , ενώ μέσω μιας δευτέρης φυγοκεντρικής αντλίας ανακινείται μέσω ενός by-pass στον αντιδραστήρα για την καλύτερη δυνατή ανάμιξη. Όσο ανακατεύεται, προσθέτουμε το μίγμα μεθοξειδίου και η διαδικασία χρειάζεται 50-60min τουλάχιστον. Γενικά όσο περισσότερο διαρκέσει η ανάμιξη, τόσο καλύτερα αποτελέσματα περιμένουμε. Οι πληροφοριοδότες μας έδωσαν ιδανικό χρόνο ανάμιξης 3-4 ώρες, το οποίο και επιβεβαιώσαμε πειραματικά.

ΣΤΑΔΙΟ VI

ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΓΛΥΚΕΡΙΝΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Το τελικό μας μίγμα θα κατακαθίσει για περίπου οκτώ ώρες και άνω. Και σε αυτή την φάση ο χρόνος όσο μεγαλύτερος είναι τόσο καλύτερα αποτελέσματα περιμένουμε. Σε αυτήν το σημείο έχουμε καθίζηση της γλυκερίνης στο κάτω μέρος και επίπλευση του βιοντίζελ στο πάνω μέρος του αντιδραστήρα. Σε αυτήν την φάση το μίγμα διατηρείται πάνω από τους 38°C , ώστε να αποφύγουμε την στερεοποίηση της γλυκερίνης. Στο πάνω μέρος παραλαμβάνουμε το βιοντίζελ –που έχει το ανοικτό χρώμα του μελιού- και κάτω αποστραγγίζουμε την γλυκερίνη –χρώμα σκούρο καφέ, με την οποία αφού θα την αφήσουμε να εκτονώσει την ελάχιστη ποσότητα μεθανόλης που έχει συγκρατήσει, θα παράγουμε ειδικό σαπούνι μηχανουργείου –degreaser. Αλλά και για αυτό θα μιλήσουμε αργότερα.

ΣΤΑΔΙΟ VII

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ

Για την ανάκτηση της μεθανόλης θα ακολουθήσουμε την μέθοδο του κενού. Παράλληλα στον αντιδραστήρα, έχουμε δημιουργήσει μέσω σωλήνων χαλκού έναν ομοαξονικό εναλλάκτη, όπου στο εσωτερικό του αναρροφάται σε αέρια μορφή η μεθανόλη από το πάνω μέρος του αντιδραστήρα και στο εξωτερικό του νερό ψύχει τους ατμούς της μεθανόλης για να συμπυκνωθούν. Μια αντλία κενού δημιουργεί συνθήκες υποπίεσης στο ανώτατο τμήμα του αντιδραστήρα και η πολύ πτητική μεθανόλη που βρίσκεται σε θερμοκρασία 65°C , αναρροφάται. Ο εναλλάκτης την συμπυκνώνει με την βοήθεια ενός κλειστού κυκλώματος ψύξης μέσω νερού κι αποθηκεύεται σε ένα ειδικό δοχείο –χρησιμοποιούμε έναν διαχωριστή ελαίου από ψυκτική μηχανή- για να χρησιμοποιηθεί ξανά.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΣΤΑΔΙΟ VIII

ΠΛΥΣΗ

Για αυτό το στάδιο διαβάσαμε πολλά και διάφορα. Πιθανά και να μην είναι καν απαραίτητο –αν το WVO είναι πολύ καλής ποιότητας, αν το φιλτράρισμα πέτυχε σε υψηλό ποσοστό, αν οι αναλογίες που δοκιμάσαμε πλησιάζουν το ιδανικό- και οι μέθοδοι αν χρειαστεί τελικά πολλές. Να, τι θα κάνουμε εμείς.

Πριν την πλύση με νερό, θα φιλτράρουμε αρχικά το προϊόν μας με σιλικόνη σε μορφή κόκκων –grains- από μια ιδιοκατασκευη-φίλτρο με σωλήνες PVC. Στο τέλος της διαδρομής χρησιμοποιούμε ένα ειδικό φίλτρο για βιοντίζελ που βρήκαμε στην ελληνική αγορά! Αν το αποτέλεσμα δεν είναι το αναμενόμενο θα προχωρήσουμε σε πλύση.

Εμείς θα δοκιμάσουμε εφόσον απαιτηθεί την Idaho bubble washing technique. Δηλαδή την μέθοδο της φυσαλίδας. Μια συσκευή παραγωγής φυσαλίδων που χρησιμοποιούν στα ενυδρεία θα μπει μέσα σε μια δεξαμενή 500lt από PE και θα παράγει φυσαλίδες στον πάτο της. Θα χρειαστούμε μόλις 30ml ξυδιού και 50% της ποσότητας του βιοντίζελ που θα παράξουμε σε νερό. Και από πάνω θα ρίξουμε το βιοντίζελ. Μόλις οι φυσαλίδες αρχίσουν να ανεβαίνουν θα συμπαρασύρουν ποσότητα νερού η οποία θα ανεβαίνει στην επιφάνεια και θα επιστρέφει κάτω, συμπαρασύροντας τις παραφίνες –δηλαδή το κερί. Η διαδικασία κρατά πάνω από 12 ώρες και επαναλαμβάνεται 2-3 φορές. Αν το μίγμα είναι ακόμη θολό –η θολότητα είναι κριτήριο ποιότητας- προστίθεται κι άλλο ξύδι.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΣΤΑΔΙΟ ΙΧ

ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο έλεγχος θα γίνει με διάφορους τρόπους. Αρχικά οπτικός, που θα απαιτήσει την μέγιστη καθαρότητα, διαύγεια του βιοντίζελ. Όσο πιο θολό, τόσο περισσότερη ποσότητα σαπουνιού έχει παραμείνει.

Κατόπιν μετράμε το pH το οποίο όπως αναφέραμε μπορεί να διορθωθεί με λίγο ξύδι και τελικά, αφού τα παραπάνω είναι πια στα επιθυμητά επίπεδα, γίνεται έλεγχος της ποιότητας καύσης του παραγόμενου βιοντίζελ, απλά στην ατμόσφαιρα, όπου εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς ότι έχει να κάνει με καύσιμο. Και φυσικά ακολουθεί δοκιμή σε λέβητες του εργαστηρίου Θερμοϋδραυλικών του σχολείου μας, με μετρήσεις του βαθμού απόδοσης, των καυσαερίων και των παραγόμενων ρύπων –διοξειδίου του άνθρακα -CO₂, μονοξειδίου του άνθρακα -CO & αιθάλης -carbon black.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Έχοντας να κάνουμε με χημεία και καύσιμα, ο πρώτος στόχος είναι η ασφάλεια που θα παρέχει η κατασκευή τόσο στην φάση της υλοποίησης αλλά και στην φάση της λειτουργίας της. Για το γενικό καλό ντύσαμε τον χώρο θα μας φιλοξενήσει για τις κατασκευές αλλά και θα γίνει το σπίτι της μονάδας, με πλήθος πυροσβεστήρων. Φορητοί (4) τέσσερεις σε προσβάσιμα σημεία του χώρου και οροφής (3) τρεις πάνω από τα πιο επικίνδυνα σημεία –Δοχεία μεθανόλης, αντιδραστήρας, αναμίκτης μεθανόλης-NaOH.

Παράλληλα εφοδιαστήκαμε με τα απαραίτητα ατομικά μέσα προστασίας. Γυαλιά, μάσκες και γάντια που να προστατεύουν από τα χημικά που θα χρησιμοποιήσουμε, αγοράστηκαν για όλους. Τα υπόλοιπα απαιτούμενα ατομικά μέσα προστασίας, για τις γενικές

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

εργασίες (συγκολλήσεις, κοπές, τρυπήματα, διαμορφώσεις κλπ), υπήρχαν στα εργαστήρια του σχολείου. Οι φωτογραφίες μιλούν από μόνες τους και περιγράφουν την σοβαρότητα των μαθητών μας.



Συχνές ερωτήσεις για τον ασφαλή χειρισμό & τη χρήση της μεθανόλης

- Τι είναι μεθανόλη;

Η μεθανόλη, επίσης γνωστή ως μεθυλικό οινόπνευμα, γίνεται πρώτιστα από φυσικό αέριο ή τον άνθρακα, και μπορεί επίσης να παραχθεί από ανακυκλώσιμους πόρους, όπως τα υλικά οδοποιίας. Η μεθανόλη είναι πραγματικά παρούσα μέσα στο ανθρώπινο σώμα σε μικρές ποσότητες από την κατανάλωση των φρούτων και των λαχανικών, και τη σόδα διατροφής κατανάλωσης που περιέχει τις τεχνητές γλυκαντικές ουσίες. Σύμφωνα με ιατρικές πηγές

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

τουλάχιστον 500 χιλιοστόγραμμα μεθανόλης ανά ημέρα είναι ασφαλή στη διατροφή ενός ενηλικού. Στο σώμα, η μεθανόλη μεταβολίζεται στο συκώτι, που μετατρέπεται πρώτα στη φορμαλδεΰδη, και έπειτα στο μυρμηκικό άλας. Σαν δομική μονάδα για πολλά βιολογικά μόρια, το μυρμηκικό άλας είναι ουσιαστικό για την επιβίωση. Επιπλέον, η μεθανόλη είναι μια ουσιαστική χημική δομική μονάδα που χρησιμοποιείται για να κάνει τις εκατοντάδες των προϊόντων που αγγίζουν τις καθημερινές ζωές μας, από τα πλαστικά και τα χρώματα, στα δομικά υλικά και τον ιματισμό.

- Είναι η μεθανόλη επικίνδυνη;

Ναι, η μεθανόλη είναι μια επικίνδυνη χημική ουσία που είναι ιδιαίτερα εύφλεκτη και τοξική. Η μεθανόλη πρέπει να αποθηκευτεί κατάλληλα, να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί από τους ανθρώπους που έχουν εκπαιδευθεί κατάλληλα στο χειρισμό του. Η μεθανόλη είναι εξαιρετικά τοξική στους ανθρώπους εάν λαμβάνεται ή εάν οι ατμοί εισπνέονται. Κατάποση λίγων γραμμαρίων μπορούν να προκαλέσουν τον αμετάκλητο τραυματισμό στο νευρικό σύστημα, την τύφλωση ή ακόμα και το θάνατο. Η μεθανόλη μπορεί να προκαλέσει τη δηλητηρίαση, την οπτική ζημία νεύρων και τα αποτελέσματα κεντρικών νευρικών συστημάτων (CNS). Η μεθανόλη μπορεί επίσης να αφαιρέσει το λίπος απ' το δέρμα, το οποίο μπορεί να προκαλέσει τη δερματίτιδα. Τα συμπτώματα της οξείας έκθεσης μεθανόλης μπορούν να περιλάβουν τον πονοκέφαλο, την αδυναμία, την υπνηλία, τη ναυτία, τη δύσκολη αναπνοή, τη μέθη, την ενόχληση ματιών, τη θολωμένη όραση, την απώλεια συνείδησης, και ενδεχομένως το θάνατο. Οι ασθενείς μπορούν να βελτιωθούν και να χειροτερεύσουν πάλι μέχρι 30 ώρες αργότερα.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

- Τι μπορώ να κάνω για να μειώσω την έκθεσή μου στη μεθανόλη;

Κατ' αρχάς, σιγουρευτείτε ότι λαμβάνετε την κατάλληλη κατάρτιση και την καθοδήγηση σχετικά με τον χειρισμό της μεθανόλης. Αποφύγετε την παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη αναπνοή των ατμών μεθανόλης. Ο κατάλληλος αερισμός απαιτείται για να εξασφαλίσει ασφαλείς συνθήκες εργασίας. Ατομικά μέσα προστασίας απαιτούνται όπως μάσκες με χημικό φίλτρο (ενεργούς άνθρακα), ειδικά γάντια, γυαλιά προστασίας για χημικά.

- Τι κάνω εάν αναπνέω μεθανόλη ή χυθεί πάνω μου;

Σε περίπτωση επαφής μεθανόλης με το δέρμα, αφαιρέστε το μολυσμένο ρούχο, πλύνετε με σαπούνι και νερό για 15 λεπτά, και επιδιώξτε την ιατρική παρακολούθηση εάν η ενόχληση επανεμφανίζεται. Εάν η μεθανόλη έρθει σε άμεση επαφή με τα μάτια, ξεπλύνετε αμέσως τα μάτια με άφθονα ποσά νερού για τουλάχιστον 15 λεπτά. Ο ασθενής πρέπει να υποβληθεί σε μια υγειονομική περίθαλψη, και παραπομπή σε έναν οφθαλμίατρο. Σε περίπτωση εισπνοής των ατμών μεθανόλης, απομακρύνετε το άτομο από τον χώρο και το μεταφέρετε στο φρέσκο αέρα. Η ασφυξία από τους ατμούς μπορεί να απαιτήσει τεχνητή αναπνοή. Η κατάποση της μεθανόλης είναι απειλή ζωής. Η αρχή των συμπτωμάτων μπορεί να καθυστερήσει για 18 έως 24 ώρες μετά από την κατάποση. Λόγω κινδύνου στους πνεύμονες, μην προκαλέστε τον εμετό. Η απόφαση να προκληθεί ο εμετός πρέπει να αφεθεί σε έναν ιατρικό επαγγελματία που παρευρίσκεται στο θύμα. Μεταφορά αμέσως σε μια υγειονομική περίθαλψη όπου η τυποποιημένη επεξεργασία κατάποσης μεθανόλης μπορεί να αντιμετωπιστεί. Η άμεση ιατρική προσοχή είναι κρίσιμη!

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

- Τι κάνω εάν χυθεί μεθανόλη κάπου;

Εάν χυθεί μεθανόλη, σταματήστε ή μειώστε την ροή της, εάν αυτό μπορεί να γίνει χωρίς κίνδυνο. Καλέστε την πυροσβεστική υπηρεσία για άμεση βοήθεια. Απομονώστε την περιοχή διαρροών αμέσως σε όλες τις κατευθύνσεις. Αποβάλετε όλες τις πηγές ανάφλεξης από τον χώρο, και την παραμονή ατόμων σε αυτόν. Μην αγγίξετε ή μην περπατήστε πάνω στο υλικό. Αποτρέψτε τη μεθανόλη από την είσοδο της στις υδάτινες οδούς, τους υπονόμους, τα υπόγεια ή τις περιορισμένες περιοχές. Για μικρές ποσότητες διαρροών (μέχρι 200λίτρα) απορροφήστε με χώμα, άμμο ή άλλες άφλεκτες ουσίες.

- Τι κάνω εάν μια πυρκαγιά αρχίζει γύρω από τη μεθανόλη;

Οι συσσωρεύσεις των ατμών μεθανόλης στα περιορισμένα διαστήματα μπορούν να εκραγούν εάν αναφλέγεται, και τα βαρέλια γεμισμένα με τη μεθανόλη μπορούν να εκραγούν βίαια εάν εκτίθενται στην πυρκαγιά ή την υπερβολική θερμότητα, κατά μια παρατεταμένη διάρκεια. Οι φλόγες μεθανόλης είναι σχεδόν αόρατες στους φωτεινούς όρους φωτός του ήλιου, αλλά μπορούν να ανιχνευθούν με τη θερμότητα που παράγεται ή το κάψιμο άλλων υλικών. Μεγάλα ποσά ύδατος θα αφαιρέσουν τη θερμότητα και μπορούν να είναι αποτελεσματικά στην αραίωση της μεθανόλης στο σημείο συγκέντρωσης της –ποτέ όμως με πίεση. Για να αποτρέψετε τις πυρκαγιές κρατήστε τις ανοικτές φλόγες, τους σπινθήρες και τα οξειδωτικά μακριά από τη μεθανόλη. Η ξηρά χημική σκόνη, το διοξείδιο του άνθρακα και ειδικός αφρός εξαφανίζουν τις πυρκαγιές μεθανόλης, με τη στέρση του οξυγόνου.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ

Με την παραγωγή βιοντίζελ έχουμε και το υπόλειμα της γλυκερίνης. Η ποσότητα της είναι σημαντική αλλά η ικανότητά της να μπορεί γίνει σαπούνι και μάλιστα καλής ποιότητας degreaser, ακόμη πιο σημαντική. Μετά την παραγωγή πετρελαίου θα γίνουμε και σαπυνοπαραγωγοί! Η γλυκερίνη εξέρχεται από το κάτω επίπεδο του αντιδραστήρα σε θερμοκρασία 65°C και είναι αρκετά ρευστή. Θα την τοποθετήσουμε σε δοχεία πλαστικά ή μεταλλικά και θα την αναδεύσουμε χειροκίνητα ώστε να φύγει οποιαδήποτε μικρή ποσότητα μεθανόλης έχει διαφύγει από την ανάκτηση –**στάδιο VII**. Κατόπιν προστίθεται 50% νερό, αναδεύεται και η ποσότητα που προορίζονται για κοινά σαπούνια, δέχεται μίξη αρωματικών ελαίων και ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για την παραγωγή degreaser υψηλής ποιότητας για μηχανικούς, δεν προστίθεται νερό αλλά απαιτείται μίξη της γλυκερίνης με πολύ λεπτή άμμο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά από πολύ κόπο έχουμε στα χέρια μας το πρώτο μας βιοντίζελ! Αρχικά ένα μικρό κομμάτι στουπί κι ένας αναπτήρας είναι αρκετά για να μας πείσουν ότι αυτό το χρυσαφί υγρό με την υψηλή διαύγεια είναι καύσιμο. Το στουπί καίγεται αργά από μια γλυκιά φλόγα που διατηρείται για ώρα. Δεν έχει οσμές και δεν αφήνει κατάλοιπα. Όμως θα τα καταφέρει να λειτουργήσει σε μια διάταξη καυστήρα διασκορπισμού diesel?

Κάθε ερώτημα έχει και την απάντησή του. Το βιοντίζελ μας παίρνει θέση στην δεξαμενή καυσίμου δοκιμών που διαθέτουμε στο εργαστήριο Θερμοϋδραυλικών ένας μαντεμένος λέβητας της Oscar κι ένας καυστήρας Riello με τα όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, CO₂ κι αιθάλης είναι σε αναμονή, για να μας απαντήσουν.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

Αρχικά μετρήσαμε την απόδοση του λέβητα και τα προϊόντα του με πετρέλαιο κίνησης –θεωρητικά αριθμός κετανίων 55, με περιεκτικότητα σε θείο (S) κάτω του 2%. Κάναμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις και πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

Diesel κίνησης:

Θερμοκρασία καυσαερίων: 170⁰C

Ποσοστό CO₂: 11,5%

Αιθάλη: 1 (Επιτρεπτή τιμή επιτεύχθηκε μετά από ρυθμίσεις του καυστήρα)

Βαθμός απόδοσης: 91%

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 28⁰C

Κατόπιν αποσυνδέσαμε την δεξαμενή του πετρελαίου κίνησης και χωρίς την χρήση φίλτρου –το παρακάμψαμε- δώσαμε παροχή βιοντίζελ στον καυστήρα μας. Οι πρώτες προσπάθειες μας για έναυση της καύσης ήταν αποτυχημένες και απαιτήθηκε να μειώσουμε αρκετά τον αέρα τροφοδοσίας και...

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



..το καύσιμο μας τελικά ανεφλέγη. Μια γλυκιά φλόγα γέμισε τον θάλαμο καύσης του χυτοσιδηρού λέβητα και σε μικρό χρονικό διάστημα η θερμοκρασία του νερού άρχισε να ανεβαίνει ταχύτατα. Έπειτα από ένα πλήθος ρυθμίσεων που δοκιμάσαμε κι ένα ακόμη πλήθος μετρήσεων, πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Βιοντίζελ:

Θερμοκρασία καυσαερίων: 130°C

Ποσοστό CO_2 : 13,0%

Αιθάλη: 1 (Επιτρεπτή τιμή επιτεύχθηκε μετά από ρυθμίσεις του καυστήρα)

Βαθμός απόδοσης: 94,5%

Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 28°C

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V



Παράλληλα, την γλυκερίνη που πήραμε σαν υπόλειμμα από την αντίδραση την αναμίξαμε με 20% πόσιμο νερό, την αφήσαμε να κρυώσει και να εξατμίσει ότι πιθανές ποσότητες μεθανόλης είχαν απομείνει και έχουμε πια ένα πολύ καλής ποιότητας υγρό σαπούνι για όλες τις χρήσεις!

Επόμενη μας κίνηση η ανάμιξη της επόμενης γλυκερίνης που θα παραλάβουμε με λεπτόκοκκη άμμο, χωρίς την προσθήκη νερού, για την παραγωγή degreaser ποιότητας, για τους μηχανικούς αυτοκινήτων!

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Αν αναλογιστούμε ότι παντού διαβάσαμε για έναν αριθμό κετανίων που κυμαίνεται έως και **68CN** για το βιοντίζελ, τότε η σαφώς **καλύτερη απόδοση** (3,5%) του λέβητα είναι δικαιολογημένη και η πολύ **χαμηλότερη θερμοκρασία καυσαερίων** μας το επιβεβαιώνει.
- Με χαμηλή θερμοκρασία καυσαερίων η **εκπεμπόμενη θερμότητα στο περιβάλλον** είναι σαφώς **μικρότερη**.
- Το **ισοζύγιο CO₂** είναι **μηδενικό**, καθώς η πρώτη μας ύλη σαν φυτικό στοιχείο έχει δεσμεύσει το διοξείδιο του άνθρακα που παράγει όταν καίγεται.
- Δεν παραβλέπουμε ότι στο βιοντίζελ **δεν υπάρχει θείο**.
- Ούτε ότι το **κόστος** της **παραγωγής** του βιοντίζελ στην ταπεινή μονάδα μας είναι **0,415€/λίτρο**, χωρίς να υπολογίζουμε το κέρδος από το **σαπούνι** που παράγεται από την γλυκερίνη. 25λίτρα (20 γλυκερίνη και 5 νερό) υγρό σαπούνι το οποίο καθαρίζει απίστευτα!
- Έχουμε παράξει στο πρώτο κιόλας ολοκληρωμένο μας πείραμα 65 λίτρα καθαρό βιοντίζελ, από τα 85λίτρα WVO και μεθοξειδίου που αναμίξαμε στον αντιδραστήρα –δηλαδή **απόδοση 76,5%** και η γλυκερίνη-σαπούνι..

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

- Αν θεωρήσουμε ότι το ντίζελ θα διατηρήσει την τιμή του σταθερή και το ίδιο θα κάνει το κόστος παραγωγής μας, τότε με ικανότητα 100λίτρα την ημέρα, μια μονάδα σαν την δική μας θα κάνει **απόσβεση σε 110,54 ημέρες**. Λιγότερο από τέσσερις μήνες..
- Ας μην ξεχάσουμε ότι πολλά από τα έλαια που χρησιμοποιήσαμε μπορεί να κατέληγαν στον υπόνομο, στην θάλασσα, ή και στα στομάχια μας, σαν αποτέλεσμα «ραφινάρισματος».
- Τελευταία παρατήρηση. Ο καπνός στην καμινάδα μας είναι πιο λευκός αρκετά από τον συνήθη καπνό που παράγει αντίστοιχα το ντίζελ και έχει μια οσμή που ανοίγει την όρεξη...

Υπάρχει σε όλη την διαδικασία και τους δέκα μήνες ενασχόλησης μας με το έργο κι άλλη μια διάσταση, πιο σημαντική από το ευτυχές φινάλε του πειράματος. Οι μαθητές. Όσοι είχαν την τύχη και την άνεση να συμμετάσχουν απέκτησαν πέρα από την γνώση του αντικειμένου και μια σειρά από δεξιότητες, την ικανότητα της συνεργατικότητας, της ομαδικότητας, του αλληλοσεβασμού. Σαν εκπαιδευτικοί παρατηρούμε -για δεύτερη φορά- ότι ο τρόπος που πρέπει να παρέχεται η γνώση απαιτεί πρωτοτυπία, συλλογική δουλειά και καθορισμένο σκοπό και αυτό μας δίνει την δυνατότητα να παρατηρήσουμε παράλληλα μια θετική αλλαγή συμπεριφοράς στα παιδιά, που είναι και το ζητούμενο της εκπαίδευσης.

Η «άλλη» πλευρά γέμισε με το χαμόγελό της το έργο κι έδωσε το αδιάφορο και συχνά σκληρό κι επικριτικό της προσωπίο. Κι έτειναν κι αυτοί τα χέρια τους ευτυχώς, γιατί χωρίς αυτούς δεν γίνεται

ΤΕΧΝΟΛΟΓΕΙΑ V

τίποτα. Όλοι μαζί συνειδητοποιήσαμε ότι η ομαδικότητα και η συνεργατικότητα είναι μονόδρομος για την επιτυχία και είναι επιτυχία από μόνες τους.

Το τελικό συμπέρασμα δικό σας.

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ 31

ΤΕΧΝΟΜΑΘΕΙΑ V

ΠΗΓΕΣ

1. http://journeytoforever.org/biodiesel_mike.html
2. http://journeytoforever.org/biodiesel_aleksnew.html
3. http://journeytoforever.org/biodiesel_processor4.html
4. http://journeytoforever.org/biofuel_supply.html#tech
5. http://journeytoforever.org/biodiesel_make.html#bidnew
6. Pelly "Model A" processor - Journey to Forever
7. Biodiesel recipe from Mike Pelly: Journey to Forever
8. Biodiesel Processor Olympia Green Fuels/Biodiesel Biofuel cooperative
9. Biodiesel.org - Fuel Fact Sheets
10. Ian's vacuum biodiesel processor: Journey to Forever
11. Foolproof biodiesel process: Journey to Forever
12. Vegetable oil yields, characteristics 2: Journey to Forever
13. The B100-WH Biodiesel Reactor (((BIODIESEL))) HOW TO MAKE BIOFUEL | BioKing is a manufacturer van biodiesel equipment > biologic fuel, plants, glycerin purify systems, methanol recovery systems, reactors and vessel for biodiesel | biofuel | bio diesel | biologic fuel | biologic diesel
14. Making Glycerin Soap from Biodiesel By-Products | Permaculture & Alcohol Can Be A Gas
15. Vegetable oil yields, characteristics 2: Journey to Forever
16. <http://green.theopemptou.com/Biofuels/biodiesel1.htm>
17. <http://www.biofuels.gr/biodiesel.html>
18. <http://www.physics4u.gr/energy/biodiesel.html>
19. http://www.el.teithe.gr/timeliness/env_view.asp?id=1209