



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου Σχολή Οικονομίας, Διοίκησης και  
Πληροφορικής Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Π.Μ.Σ. στην  
Επιστήμη και Τεχνολογία Υπολογιστών

Μεταπτυχιακή Εργασία

# *Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος συγκομιδής ενέργειας.*

Σκριβάνος Αναστάσιος

AEM: 2022201502020

pcst15020@uop.gr

Επιβλέπων Καθηγητής  
Κωνσταντίνος Πέππας

Τρίπολη 23/02/2017

## Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	5
Λέξεις κλειδιά : .....	6
Εκτεταμένη Περίληψη .....	7
Extended abstract .....	7
Εισαγωγή .....	8
Στόχοι.....	9
1. Ελεύθεροι πόροι ενέργειας .....	9
1.1. Συστήματα συγκομιδής ενέργειας .....	12
1.1.1. Ηλιακά πάνελ .....	12
1.1.2. Συστήματα Αιολικής ενέργειας.....	13
1.1.3. Τεχνητό δέντρο που συλλέγει ενέργεια από το περιβάλλον .....	14
1.1.4. Νέα μέθοδος παραγωγής ενέργειας από δονήσεις .....	16
1.1.5. Μέθοδος άντλησης καυσίμου από νερό (HHO υδρογονοκίνηση ).....	17
1.1.6. Το τέλος των μπαταριών .....	19
1.2. Εφαρμογές .....	20
1.2.1. Εφαρμογές στην καθημερινή ζωή.....	20
1.2.2. Εφαρμογές σε δύσβατες περιοχές.....	20
1.2.3. Εφαρμογές στον τομέα των καυσίμων – μετακινήσεων .....	21
1.2.4. Εφαρμογές στον τομέα της υγείας .....	21
1.2.5. Εφαρμογές στον τομέα της βιομηχανίας.....	21
1.2.6. Εφαρμογές σε διαστημικούς σταθμούς.....	22
1.2.7. Εφαρμογές στις νέες τεχνολογίες.....	23
2. Εισαγωγή υδρογόνου .....	24
2.1. Τι είναι το υδρογόνο .....	25
2.1.1. Τι είναι καύση; .....	25
2.1.2. Ηλεκτρόλυση.....	27
2.1.3. Υδροξείδιο του καλίου .....	30
2.1.3.1. Ποσότητα ηλεκτρολύτη.....	31
2.1.3.2. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της ηλεκτρόλυσης. ....	31
2.1.3.3. Το πρόβλημα της θερμικής φυγής.....	32
2.1.4. Ανοξείδωτο ατσάλι.....	32

2.1.5.	PWM (Pulse Width Modulation) Διαμόρφωση εύρους παλμών .....	33
2.1.5.1.	Τα βασικά πλεονεκτήματα με την χρήση PWM .....	33
2.2.	Υδρογόνο - Γενικά και περί ασφάλειας.....	34
2.2.1.	Ιδιότητες του υδρογόνου .....	34
2.2.2.	Πιθανοί κίνδυνοι από διαρροή .....	34
2.2.2.1.	Πηγές ανάφλεξης.....	35
2.2.2.2.	Βίαιες αντιδράσεις και επικίνδυνα μίγματα: .....	36
2.2.3.	Οφέλη Από Τη Χρήση Υδρογόνου .....	36
3.	Χρήση υδρογόνου σε μηχανή εσωτερικής καύσης (MEK).....	38
3.1.	MEK.....	39
3.1.1.	Τροποποίηση MEK .....	40
4.	Υλικά που Χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή Υδρογονογεννήτριας.....	42
4.1.1.	Εργαλεία.....	42
4.1.2.	Υλικά.....	42
4.1.3.	Υλικά για την κατασκευή του συστήματος.....	43
4.2.	Μετρήσεις όγκων.....	44
4.2.1.	Χωρητικότητα συνολικών πλακών .....	44
4.2.2.	Χωρητικότητα βιδών, ροδελών, παξιμαδιών .....	45
4.2.2.1.	Βίδες .....	45
4.2.2.2.	Παξιμάδια .....	45
4.2.2.3.	Ροδέλες .....	45
4.2.3.	Ηλεκτρονικός Παλμικός Έλεγχος 30ah-12v Γεννήτριας Υδρογόνου .....	47
5.	Υλοποίηση .....	48
	Στάδιο κατασκευής πλακών.....	48
	Στάδιο κατασκευής σωλήνα PVC.....	52
	Καλώδια.....	55
6.	Υπολογισμοί .....	56
6.1.	Μετρήσεις από την γεννήτρια.....	57
6.2.	Τροφοδοσία και δείγματα .....	58
	Υδρογόνο-γεννήτρια Α.....	59
	Υδρογόνο-γεννήτρια Β .....	61
	Υδρογόνο-γεννήτρια Γ.....	63
6.3.	Συμπεράσματα – Μελλοντικές κατευθύνσεις.....	65

7. Βιβλιογραφία/References.....68

## Harvesting Energy

## Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Επιστήμης και Τεχνολογίας Υπολογιστών» του τμήματος Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής. Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι χρέος μου να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν να ολοκληρώσω την εργασία μου.

Ο πρώτος άνθρωπος που συνεργάστηκα μαζί του και χωρίς τις απαραίτητες σημαντικές συμβουλές του δεν θα έφτανα στην πραγματοποίηση της, πρώτο από όλους θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή Πέππα Κωνσταντίνο για την πολύτιμη καθοδήγηση του και την εμπιστοσύνη και εκτίμηση που μου έδειξε. Ο οποίος με τα πλούσια πνευματικά προσόντα και το ήθος του συνέβαλε ουσιαστικά στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Μου χάρισε ένα από τα πιο μεγάλα αγαθά στον κόσμο, ΤΗΝ ΓΝΩΣΗ .

Τις ευχαριστίες μου εκφράζω και στους καθηγητές **Γουάλλες Εμμανουήλ** και **Νασιόπουλος Δημήτριος** που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής αξιολόγησης της μεταπτυχιακής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να απευθύνω στον Ιωάννη Κουρέτα για την καθοριστική του βοήθεια, ο οποίος στάθηκε σημαντικός αρωγός στην προσπάθειά μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Γεώργιο και Αναστασία, καθώς και την Γυναίκα μου Κωνσταντίνα, που με υπομονή και κουράγιο πρόσφεραν την απαραίτητη ηθική αλλά και οικονομική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας αλλά και την περάτωση των σπουδών μου.

## Λέξεις κλειδιά :

HHO, hydrogen, υδρογόνο, οξυγόνο, παραγωγή, καινοτομία, harvesting, συγκομιδή, ενέργεια, άντληση, δημιουργία, κατασκευή, μηχανή εσωτερικής καύσης, ποτάσα, καυστική, ηλεκτρόλυση, συσσωρευτές, πάνελ, καλώδια, Υδροξείδιο του καλίου, stainless steel, ανοξείδωτο ατσάλι, WSN, WBSN, PWM, power, modulator, Ηλεκτρόλυση, καύση, pulse, κάλιο, αμπέρ, βολτ, γεννήτρια, harvesting, μηχανική ενέργεια, Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, γεωθερμία, Χημική ενέργεια, Ηλεκτρική ενέργεια, Μηχανική ενέργεια, Θερμική ενέργεια, Πυρηνική ενέργεια, Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, PVC,

## Εκτεταμένη Περίληψη

Οι πηγές συγκομιδής ενέργειας (energy harvesting) χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, της υγείας, σε τεχνολογίες αιχμής (wsn), στην καθημερινή ζωή, στον τομέα των καυσίμων – μετακινήσεων κλπ. λόγω της ικανότητας τους να συλλέγουν την ενέργεια που είναι διαθέσιμη στο περιβάλλον τους (πχ. ηλιακή, θερμική κλπ.). Η ανάγκη για λιγότερο κόστος παροχής ενέργειας στην καθημερινή ζωή είναι μεγάλη έτσι γίνεται μία προσπάθεια για εναλλακτική ενέργεια. Η άντληση υδρογόνου από νερό και η κατασκευή μίας “υδρογόνο – γεννήτριας” είναι μία τέτοια πηγή ενέργειας, η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε καύσιμο (θερμική, μηχανική, ενέργεια κλπ). Σε αυτή τη διπλωματική εργασία κατασκευάστηκε και πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός συστήματος παραγωγής υδρογόνου για την τροφοδοσία μηχανών εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ). Το σύστημα που υλοποιήθηκε αποτελείται από πλάκες ανοξείδωτου χάλυβα, ηλεκτρολύτη, υλικά κατασκευής, και άφθονο νερό. Τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την επιτυχή λειτουργία του συστήματος που αναπτύχθηκε.

## Extended abstract

The energy harvesting sources used at applications, in health, in new technologies (wsn), in everyday life, in the fuel sector - movements etc. Due to their ability to collect the energy available in the environment (eg . solar, thermal, etc.). The need for less power costs in everyday life is great so an attempt is made alternative energy. The hydrogen extraction from water and the construction of a “hydrogen – generator” is one such source of energy, which converts electrical energy in fuel (thermal, mechanical, energy, etc.). In this thesis constructed and conducted the development of a hydrogen production system to power for internal combustion engines. The system was implemented consisting of stainless steel plates, electrolyte, materials, and water. The experimental results confirm the successful operation of the system developed.

## Εισαγωγή

**Ε**να από τα σημαντικότερα ζητήματα του 21 ου αιώνα είναι η παραγωγή, διανομή και αποθήκευση της ενέργειας. Ιδιαίτερα στην ηλεκτρική ενέργεια το ζήτημα αυτό εκτείνεται σε όλα τα επίπεδα από αυτό της μικρότερης, ελάχιστης παραγωγής έως και αυτό της μεγάλης, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια στις εφαρμογές ηλεκτρονικών έχει προστεθεί ο όρος "Energy Harvesting" ("Συγκομιδή Ενέργειας") που αφορά την τροφοδότηση αισθητηρίων ή μικρών συσκευών από ενέργεια που υπάρχει γύρω μας λόγω φυσικών ή τεχνολογικών διεργασιών. Η συγκομιδή ισχύος απευθύνεται στην μικρή παραγωγή ενέργειας η οποία είναι (συνήθως) της τάξεως των αρκετών δεκάδων nW έως και αρκετών εκατοντάδων KW. Οι φυσικές πηγές δίνουν θερμική, αιολική, μηχανική και ηλιακή ενέργεια ενώ οι τεχνολογικές εφαρμογές παρέχουν επιπλέον αρκετή ηλεκτρομαγνητική ενέργεια όπως βέβαια και ενέργεια από τεχνητό φως. Κύριες πηγές ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για Συγκομιδή Ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

- Φως από τον ήλιο ή από λάμπες
- Θερμική ενέργεια από τον ήλιο, τη γη, θερμάστρες, κλιβάνους ή πηγές μηχανικής τριβής, ανθρώπινο σώμα
- Μηχανική ενέργεια από κίνηση, περιστροφή, δόνηση, πίεση, τράβηγμα, ροή νερών, αέρας, θαλάσσια ρεύματα, περπάτημα
- Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από εκπομπές ραδιοσυχνότητας, χρήση εναλλασσομένου ρεύματος σε πηνία και μετασχηματιστές
- Χημική ή βιολογική ενέργεια όχι απαραίτητα από μπαταρίες

Η Συγκομιδή ενέργειας (energy harvesting) ορίζουμε τη διαδικασία κατά την οποία συλλέγεται ενέργεια από το περιβάλλον διαμέσου ενός συστήματος και μετατρέπεται σε αξιοποιήσιμη ενέργεια. Η ενέργεια από το περιβάλλον – φύση μπορεί να έχει πολλές μορφές και να παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά ως προς το χρόνο ανάλογα με το περιβάλλον λειτουργίας του εξεταζόμενου συστήματος. Αυτή η ιδιαιτερότητα περιπλέκει το πρόβλημα της επιλογής της κατάλληλης πηγής για κάθε εφαρμογή αλλά επιτρέπει ταυτόχρονα και τη χρήση πολλαπλών πηγών ενέργειας με



αποτέλεσμα την αύξηση της διαθέσιμης ισχύος προς συγκομιδή. Τέλος, πρέπει να γνωρίζουμε ότι το 85% της παγκόσμιας ενέργειας προέρχεται από ορυκτά καύσιμα (40% πετρέλαιο, 22% άνθρακας, 23% φυσικό αέριο).

Το αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι, για κάθε νέο βαρέλι συμβατικού αργού πετρελαίου καταναλώνονται περίπου δύο. Η Μόλυνση του περιβάλλοντος καθώς και η δραματική αύξηση παγκόσμιου πληθυσμού συνεπάγονται την εξάντληση ορυκτών καυσίμων μίπως η παραγωγή υδρογόνου είναι ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗ:

## Στόχοι

Βασικός στόχος του Energy Harvesting είναι η επίτευξη της ενεργειακής αυτονομίας των συστημάτων που κανονικά θα χρησιμοποιούσαν μπαταρίες, ή καύσιμα ή ηλεκτρική ενέργεια όπου το κόστος είναι πάρα πολύ μεγάλο για την τροφοδότησή τους. Επίσης στα πλαίσια της Διπλωματικής μου εργασίας θα γίνει πλήρης αναφορά στην παραγωγή υδρογόνου ως καύσιμο το οποίο παράγεται από την ηλεκτρόλυση του νερού. Θα γίνει μία προσπάθεια για άντληση καυσίμου αντάξιο με την ποιότητα της βενζίνης, έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος του καυσίμου ανά χρήση σε μηχανές ΜΕΚ. Τέλος, θα κατασκευαστούν γεννήτριες υδρογόνου οι οποίες θα είναι έτοιμες προς δοκιμή.

## 1. Ελεύθεροι πόροι ενέργειας

**Τ**ο περιβάλλον μας αντάμειψε με πολλούς διάφορους πόρους παροχής ενέργειας. Οι πόροι που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε από το περιβάλλον είναι πολλοί και διάφοροι. Υπάρχουν πολλοί εσωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους βασικούς πόρους άντλησης ενέργειας όπως είναι η γεωθερμία, ή τα μετεωρολογικά φαινόμενα κλπ. Επίσης ένας εξωγήινος παράγοντας που επηρεάζει την Γή, είναι ότι η τοποθεσία της Γης βρίσκεται σε κατάλληλο σημείο στο ηλιακό σύστημα, όπου βοήθησε την ζωή να ανεπτύχθη, δηλαδή η θερμοκρασία της Γής δεν μεταβάλλονται απότομα και δεν έχει μεγάλες αποκλίσεις κατά περιοχές. Επίσης δεν

διαθέτει Ακραίες θερμοκρασίες όπως άλλοι πλανήτες όπως ο Ποσειδώνας που είναι ο μακρινότερος πλανήτης του ηλιακού συστήματος, και η μέση θερμοκρασία του είναι  $- 220^{\circ}\text{C}$ , ενώ η Μέση θερμοκρασία της Γής είναι  $15^{\circ}\text{C}$ . Ωστόσο υπάρχουν πολλοί εσωτερικοί πόροι για άντληση ενέργειας.

Ο όρος ενέργεια χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ποσότητα του «έργου» που επιτελείται. Με άλλα λόγια μπορεί να λεχθεί ότι ενέργεια είναι η ιδιότητα της ύλης που μπορεί να μετατραπεί σε έργο, θερμότητα ή ακτινοβολία. Μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχουν δύο βασικά είδη ενέργειας, η κινητική ενέργεια (το έργο που επιτελείται από την κίνηση της ύλης) και η δυναμική ενέργεια (το έργο που βρίσκεται αποθηκευμένο ή σε ηρεμία σε μία ύλη). Είτε ως κινητική ή ως δυναμική ενέργεια, η ενέργεια εμφανίζεται με μία από τις παρακάτω μορφές:

(1) **Χημική ενέργεια** (chemical energy). Προέρχεται από την αλλαγή της χημικής δομής των ουσιών, όπως συμβαίνει κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Άλλες μορφές χημικής ενέργειας είναι το υδρογόνο, ή τροφή στο στομάχι μας και οι μπαταρίες.

(2) **Ηλεκτρική ενέργεια** (electrical energy). Σχετίζεται με τη θέση ενός ηλεκτρικού φορτίου σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Επίσης μπορεί να βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα συσσωρευτή ή σε μία κυψελίδα καυσίμων.

(3) **Μηχανική ενέργεια** (mechanical energy). Προέρχεται από δύναμη που εφαρμόζεται ή πρόκειται να εφαρμοστεί σε κάποιο υλικό μέσο (στερεό, υγρό ή αέριο).

(4) **Θερμική ενέργεια** (thermal energy). Απορρέει από τη θερμότητα που δίνεται ή λαμβάνεται από ένα υλικό. Συνδέεται με τις τυχαίες μοριακές κινήσεις μέσα σε ένα μέσο.

(5) **Ηλεκτρομαγνητική ενέργεια** (electromagnetic energy). Η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως είναι η ηλιακή ενέργεια.

(6) **Πυρηνική ενέργεια** (nuclear energy). Βασικά αφορά την πυρηνική σχάση (nuclear fission), η οποία προέρχεται από τη σχάση του πυρήνα ενός ατόμου σε δύο ή περισσότερα σωματίδια από την πρόσκρουση με νετρόνια, Πυρηνική ενέργεια

παράγεται και από πυρηνική σύντηξη (nuclear fusion), κατά την οποία δύο ίδια ή διαφορετικά άτομα συνενώνονται μεταξύ τους, όπως συμβαίνει στον ήλιο.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι ποιο διαδεδομένοι βασικοί τύποι Συγκομιδής ενέργειας, για παράδειγμα:

Φυσικοί πόροι	Μορφή ενέργειας	Είδος ενέργειας	Εκμετάλλευση
Αέρας (αιολική)	Δυναμική	Μηχανική	Εκμετάλλευση αέρηδων
Θάλασσα – Ποτάμι (ορμή)	Δυναμική	Μηχανική	Εκμετάλλευση των δυναμικών ρευμάτων
Γεωθερμία	θερμότητα	Θερμική - Μηχανική	Με την χρήση της γεωθερμίας εκμεταλλευόμαστε την θερμοκρασία του εσωτερικού του εδάφους
	Βαρυτική	Δονήσεων - Μηχανική	Με την χρήση παλινδρομικών κινήσεων παράγεται τάση στα άκρα της συσκευής συγκομιδής .
Ήλιος	Ακτινοβολία	Ηλιακή ενέργεια – Θερμότητα	Με την χρήση της ηλιακής ενέργειας, εκμεταλλευόμαστε την ηλιακή ενέργεια διαμέσου ηλιακών πλακών όπου μετατρέπεται σε ενέργεια αποθηκευμένη σε συσσωρευτές.
Χημική	Δυναμική	Θερμότητα Μηχανική	Με την χρήση της Χημικής ενέργειας, εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια που απελευθερώνεται μετά από μίξη δύο η περισσότερων ουσιών.
Πυρηνική	Δυναμική	Θερμότητα	Με την χρήση της Πυρηνική ενέργειας,

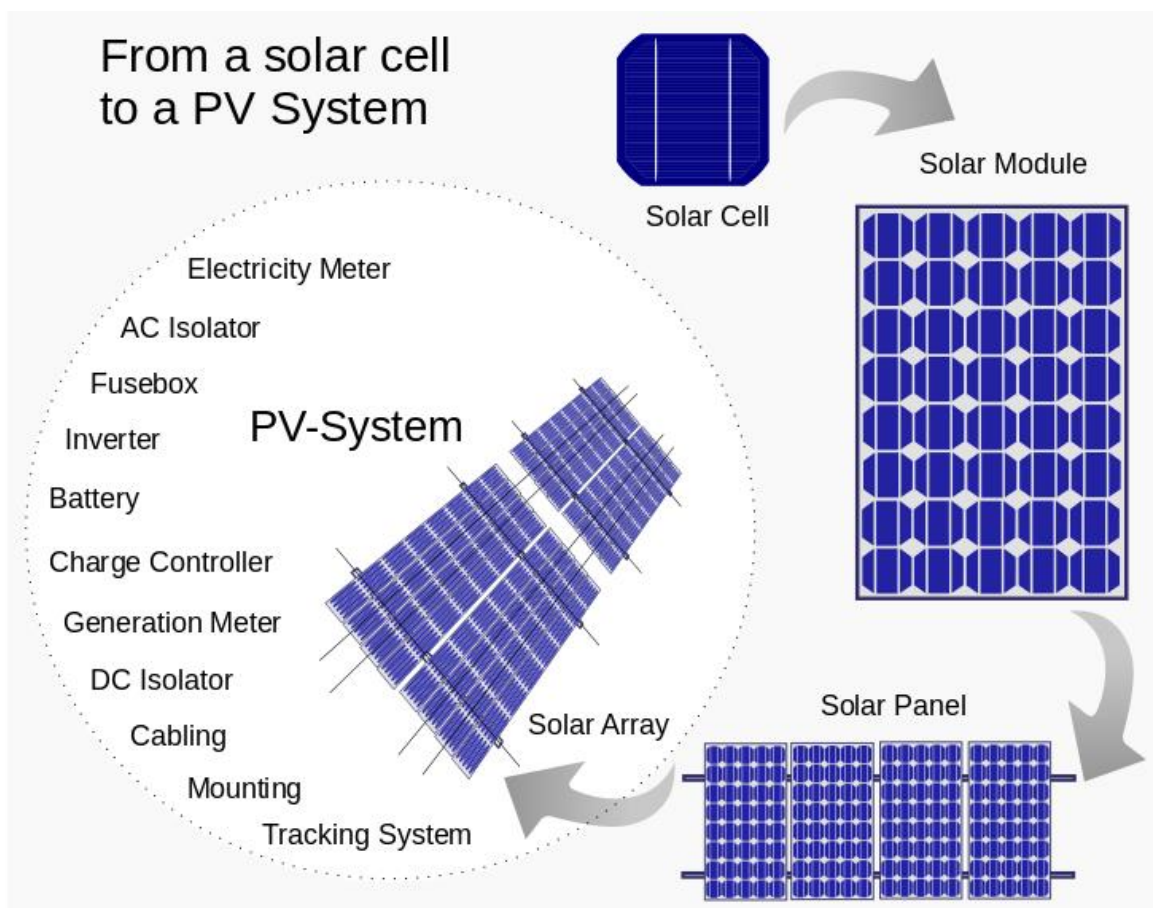
		Μηχανική	εκμεταλλευόμαστε την διάσπαση του πυρήνα του ατόμου
--	--	----------	---

Πίνακας 1.

## 1.1. Συστήματα συγκομιδής ενέργειας

Υπάρχουν πολλές διάφορες συσκευές συγκομιδής ενέργειας στο εμπόριο. Κάποιες από αυτές αναφέρονται πιο κάτω:

### 1.1.1. Ηλιακά πάνελ



Εικόνα 1.

**Το Ηλιακό πάνελ** αναφέρεται ως ένας πίνακας σχεδιασμένος να απορροφά τις ακτίνες του ήλιου ως πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θέρμανσης.

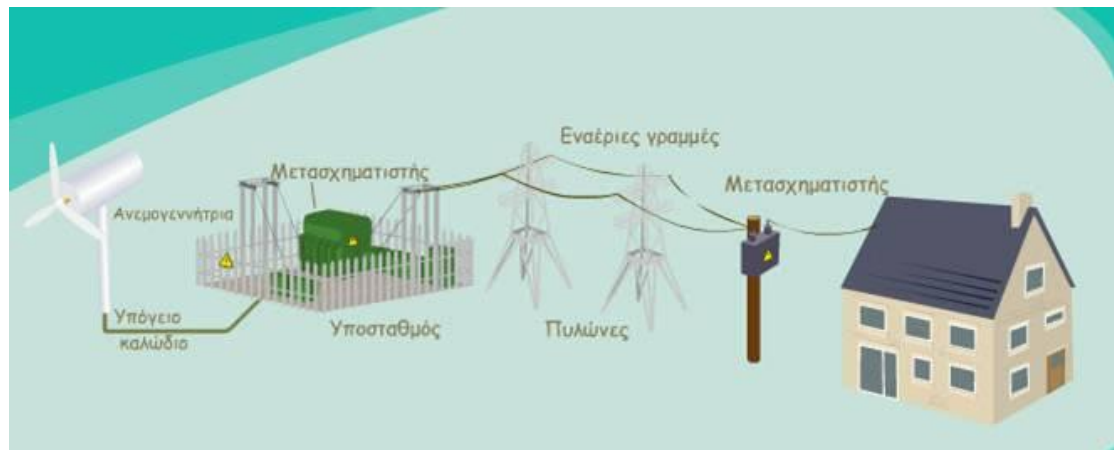
Ένα φωτοβολταϊκό (PV) είναι κατασκευασμένο, με κυψελοειδούς κρυστάλλους συνήθως  $6 \times 10$  cm.

Μία ομάδα από Φωτοβολταϊκές μονάδες αποτελούν τη φωτοβολταϊκή συστοιχία από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που παράγει και προμηθεύει ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια σε εμπορικές και οικιακές εφαρμογές.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα τυπικά περιλαμβάνει μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων, ένα μετατροπέα, μια μπαταρία για την αποθήκευση, καλωδίωση διασύνδεσης, και προαιρετικά ένα ηλιακό σύστημα παρακολούθησης. Τέλος, η πιο κοινή εφαρμογή των ηλιακών συλλεκτών είναι η ηλιακή θέρμανση συστημάτων νερού.

### **1.1.2. Συστήματα Αιολικής ενέργειας**

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου.



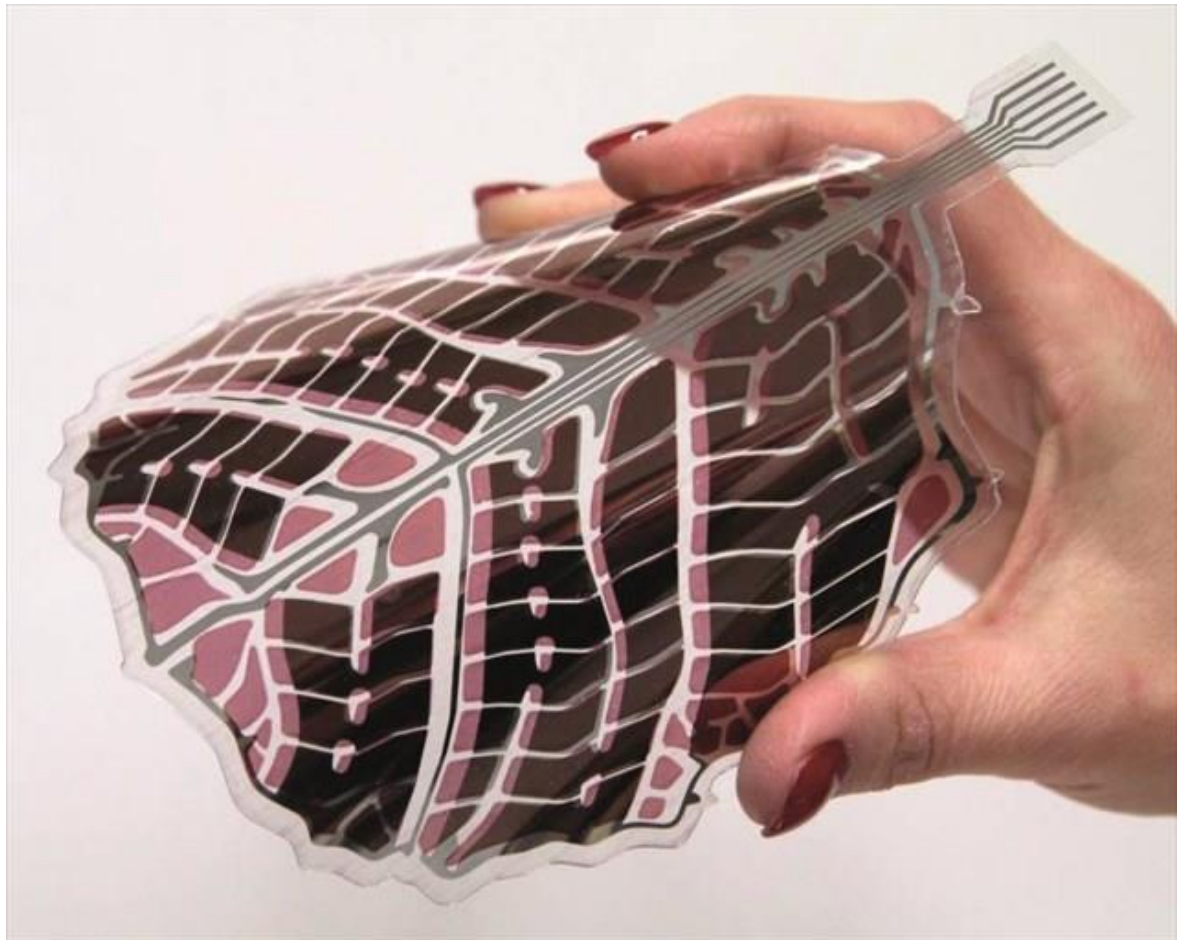
Εικόνα 2.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

### 1.1.3. Τεχνητό δέντρο που συλλέγει ενέργεια από το περιβάλλον

Ένα τεχνητό δέντρο με τη δυνατότητα συγκομιδής ενέργειας από το περιβάλλον του αναπτύχθηκε από Φινλανδούς ερευνητές.

Το πρωτότυπο δέντρο διαθέτει μικροσκοπικά οργανικά φωτοβολταϊκά κύτταρα ως φύλλα και παράγει αρκετή ενέργεια για τη φόρτιση μικρών ηλεκτρονικών συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, θερμομόμετρα, μικρές οικιακές συσκευές ή λαμπτήρες LED. Η συσκευή είναι επίσης εξοπλισμένη με μικρούς μετατροπείς αιολικής και θερμικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκομιδή κινητικής ενέργειας από το περιβάλλον.



Εικόνα 3.

Τα «δέντρα» μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς χώρους, ανοίγοντας ενδεχομένως νέους δρόμους για την παραγωγή ενέργειας, εφόσον παραχθούν μαζικά πιο εξελιγμένα μοντέλα συλλογής ενέργειας.

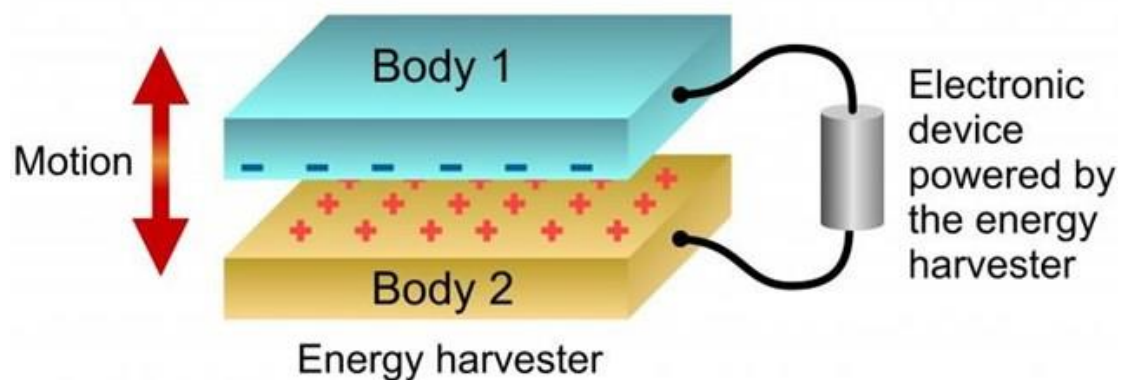
Τα «φύλλα» του δέντρου είναι ευλύγιστοι ηλιακοί συλλέκτες πάχους δύο χιλιοστών που κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας μια νέα τεχνική που αναπτύχθηκε από το VTT. Τα φύλλα περιλαμβάνουν τα ηλεκτρόδια και τα στρώματα πολυμερούς όπου συλλέγεται το φως. Μαζί σχηματίζουν ένα ηλεκτρονικό σύστημα με καλωδίωση το οποίο άγει την ενέργεια σε ένα μετατροπέα που στη συνέχεια παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα ή αισθητήρες για την ανάλυση του περιβάλλοντος.

Μία ομάδα διακοσίων φύλλων μπορεί να παράγει ρεύμα **3,2 Amper** και ισχύ **10,4 Watt** σε τοποθεσίες με μεσογειακό κλίμα. Ο κορμός και τα κλαδιά του δέντρου, τα οποία εκτυπώνονται από τρισδιάστατο εκτυπωτή, αποτελούνται από βιοϋλικά με βάση το ξύλο.

### 1.1.4. Νέα μέθοδος παραγωγής ενέργειας από δονήσεις

Μία νέα τεχνική παραγωγής ενέργειας από δονήσεις παρουσίασαν ερευνητές του VTT Technical Research Centre of Finland.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη «συλλογή» ενέργειας από μηχανικές δονήσεις στο περιβάλλον και τη μετατροπή της σε ηλεκτρισμό. Τέτοιου είδους τεχνολογία θα φαινόταν ιδιαίτερα χρήσιμη σε ασύρματους, αυτοτροφοδοτούμενους αισθητήρες και ιατρικά εμφυτεύματα, όπου θα μπορούσαν κάποια στιγμή να αντικαταστήσουν τις μπαταρίες. Στο μέλλον, τέτοιοι «συλλέκτες ενέργειας» θα μπορούσαν να ανοίξουν νέες ευκαιρίες σε πολλούς τομείς, όπως οι wearable ηλεκτρονικές συσκευές.



Εικόνα 4.

Οι ερευνητές του VTT πέτυχαν την παραγωγή ενέργειας αξιοποιώντας το φαινόμενο φόρτισης που παρατηρείται φυσικά μεταξύ δύο σωμάτων με διαφορετικές «work functions» (έργο εξόδου - πρόκειται για την ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ένα στέρεο, και καθορίζει, για παράδειγμα, το γνωστό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο).

Όταν δύο σώματα με διαφορετικά έργα εξόδου συνδέονται το ένα με το άλλο ηλεκτρικά, συγκεντρώνουν αντίθετες φορτίσεις. Η κίνηση του κάθε σώματος σε σχέση με το άλλο παράγει ενέργεια εξαιτίας της ηλεκτροστατικής δύναμης έλξης μεταξύ των αντίθετων φορτίων. Στο πείραμα του VTT, η ενέργεια που παράχθηκε με



αυτόν τον τρόπο μετατράπηκε σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της σύνδεσης των σωμάτων σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη τεχνική λειτουργεί επίσης με ημιαγωγούς.

Σε πολλές περιπτώσεις αισθητήρων και ιατρικών εμφυτευμάτων όπως οι βηματοδότες, η ενέργεια παρέχεται από μπαταρίες. Η έρευνα πάνω σε μικρούς συλλέκτες που μετατρέπουν τις δονήσεις σε ηλεκτρισμό έχει επικεντρωθεί πάνω σε πιεζοηλεκτρικές και ηλεκτροστατικές συσκευές. Αντίθετα με αυτές τις συσκευές ωστόσο, η τεχνική του VTT δεν απαιτεί ενσωματωμένη μπαταρία, ηλεκτρίτες ή πιεζοηλεκτρικά υλικά.

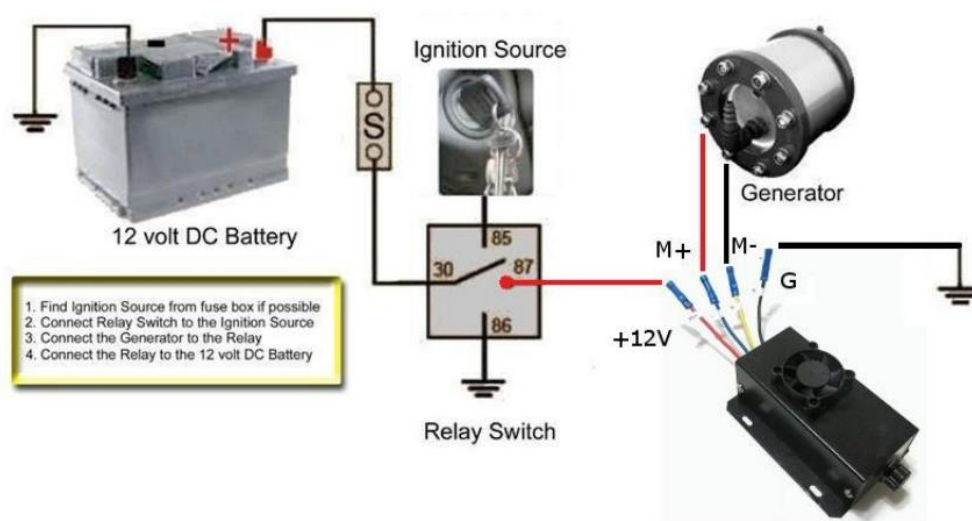
Το VTT εκτιμά ότι η νέα αυτή τεχνολογία θα μπορούσε να αρχίσει να χρησιμοποιείται σε βιομηχανική κλίμακα μέσα σε τρία με έξι χρόνια. Οι συλλέκτες ενέργειας αναμένεται να αποτελέσουν μία από τις μεγάλες τάσεις του κοντινού μέλλοντος, πιθανώς αντικαθιστώντας τις μπαταρίες και άλλες πηγές ενέργειας σε περιπτώσεις όπου η συντήρηση είναι δύσκολη έως αδύνατη.

### **1.1.5. Μέθοδος άντλησης καυσίμου από νερό (ΗΗΟ υδρογονοκίνηση )**

Τώρα που η κρίση έχει κάνει αισθητή την παρουσία της στις καθημερινές μας υποχρεώσεις και η τιμή των καυσίμων ολοένα και ανεβαίνει, ήρθε η ώρα της μετατροπής των οχημάτων σε υβριδικά οικολογικά αυτοκίνητά. Αυτό είναι πλέον εφικτό με την τεχνολογία της ηλεκτρόλυσης. Τα συστήματα παραγωγής υδρογόνου χρησιμοποιούνται σε οποιοδήποτε τύπου κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η εφαρμογή της τεχνολογίας δεν υπόκειται στους περιορισμούς του τύπου καυσίμου αφού μπορεί να τοποθετηθεί σε όλους τους κινητήρες είτε πρόκειται για βενζίνη, diesel ή υγραέριο (LPG). Είναι ωφέλιμο για την τσέπη σας αλλά και για τον πλανήτη μας.

Τα οφέλη που μπορεί να επιτύχει είναι καθαρότερη καύση και επομένως μείωση της κατανάλωσης, καθώς όλα τα παραπάνω δεδομένα καταγράφονται από τους αισθητήρες του αυτοκινήτου, τα οποία μέσω της κεντρικής μονάδας ελέγχου του αυτοκινήτου (ECU), παραμετροποιούν ανάλογα τις εντολές, ώστε να μπορεί ο κινητήρας να λειτουργεί πιο ξεκούραστα και πιο αποδοτικά μεγαλύτερη ιπποδύναμη και καλύτερη ανάφλεξη του βασικού καυσίμου μέσω της

μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου και αύξησης του επιπέδου των οκτανίων το αυτοκίνητο, έτσι, διανύει περισσότερα χιλιόμετρα ανά λίτρο, μειώνοντας παράλληλα την ποσότητα των ρύπων που απελευθερώνονται στην εξάτμιση βοηθά στην απομάκρυνση των υπολειμμάτων του άνθρακα από το εσωτερικό της μηχανής και την αποτροπή της δημιουργίας νέων. Εξίσου σημαντικό είναι πως τα υπολείμματα της καύσης του Υδρογόνου είναι καθαρό νερό υπάρχει δυνατότητα χρήσης του Υδρογόνου σε κινητήρες βενζίνης, πετρελαίου, ακόμα και υγραερίου, χωρίς καμία απολύτως παρενέργεια για την αξιοπιστία του κινητήρα.



Εικόνα 5.

Η οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου φτάνει σε πολύ υψηλά επίπεδα, καθώς κυμαίνεται από 25-40%. Είναι 100% αξιόπιστο και ασφαλές για το αυτοκίνητο – μοτοσυκλέτα- σύστημα καλοριφέρ σπιτιού, δεν είναι ευάλωτο στην οξείδωση καθώς το βασικό καύσιμο παράγει τόση ενέργεια κατά την καύση του με αποτέλεσμα το HHO να εξατμίζεται κατά την μετατροπή του σε νερό και να αποβάλλεται από την εξάτμιση. Η μηχανή εσωτερικής καύσης λειτουργεί πολύ πιο αποδοτικά και πιο οικολογικά καθώς αυξάνει την ροπή και την (ιπποδύναμη σε οχήματα ) και μειώνει τους βλαβερούς υδρογονάνθρακες που απελευθερώνονται μέσω της εξάτμισης. Είναι μια απλή τεχνολογία, της οποίας η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε κάθε μηχανή εσωτερικής καύσης ενώ δεν απαιτεί εκτεταμένες μετατροπές όπως τα περισσότερα συστήματα εναλλακτικού καυσίμου

### 1.1.6. Το τέλος των μπαταριών

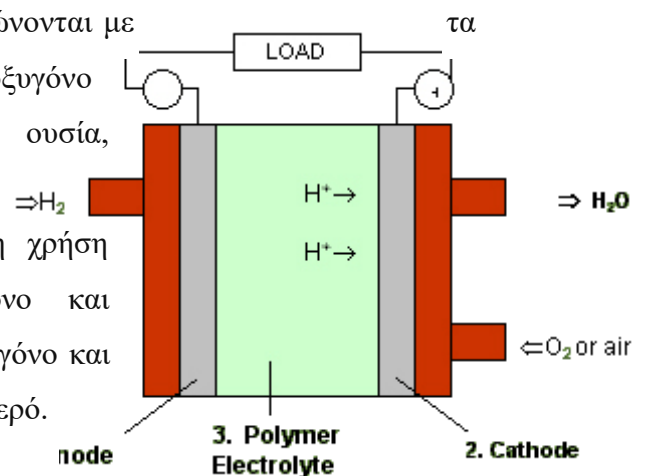
Δεν απέχουμε πολύ από το τέλος των μπαταριών, τουλάχιστον για μία σειρά συσκευές, όπως λάπτοπ υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, ακόμα και θερμαινόμενες φόρμες. Τα στοιχεία καυσίμου είναι πιο αξιόπιστα και μπορούν να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια. Ο αμερικανικός στρατός και ειδικά οι δυνάμεις καταδρομών, είναι αυτοί που πιέζουν την επιστημονική κοινότητα για ακόμα μεγαλύτερη δυνατότητα ενεργειακής αυτονομίας, κάτι που δεν μπορούν να εξασφαλίσουν οι μπαταρίες.

Τα στοιχεία καυσίμου, σύμφωνα με τους ερευνητές, έχουν πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες. Ενώ μία μπαταρία λιθίου -βάρους ενός κιλού- παρέχει 175 - 300 κιλοβατώρες ενέργειας, ένα ισόβαρο στοιχείο υδρογόνου υπολογίζεται ότι μπορεί να απελευθερώσει από 1.000 έως 23.000 κιλοβατώρες.

Πρόκειται για μία πολύεπίπεδη γεννήτρια (σάντουιτς) που αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια το ένα είναι άνοδος (+) και το άλλο κάθοδος (-) έχοντας στη μέση (για γέμιση) μια πολυμερή μεμβράνη. Η μεμβράνη λειτουργεί ως ηλεκτρολυτικό εμπόδιο.

Στην άνοδο, το υδρογόνο δίνει τα ηλεκτρόνια του με την ενθάρρυνση και ενός πλατινένου καταλύτη. Καθώς τα ιόντα (πρωτόνια) του υδρογόνου γλιστρούν διαμέσου της μεμβράνης αυτής, τα ηλεκτρόνια υποχρεώνονται να κινούνται σε μια εξωτερική τροχιά, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.

Όταν τα πρωτόνια φθάνουν στην κάθοδο, ενώνονται με ηλεκτρόνια και σε συνδυασμό με το οξυγόνο δημιουργούν νερό και θερμότητα. Στην ουσία, πρόκειται για μια αντίστροφη ηλεκτρόλυση. Ενώ στην ηλεκτρόλυση του νερού, με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος παίρνουμε υδρογόνο και οξυγόνο, ως στοιχείο καυσίμου δίνουμε υδρογόνο και οξυγόνο και παίρνουμε ηλεκτρικό ρεύμα και νερό.



Εικόνα 6.

Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται είναι ικανό για μια σειρά από λειτουργίες, όπως να δώσει ρεύμα σε κατοικίες, ενώ μπορεί να κινήσει και αυτοκίνητο. Για να μιλήσουμε με δαρβινικούς όρους, τα στοιχεία καυσίμου είναι η φυσική εξέλιξη του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, όπου το χημικό (σάντουιτς) αντικαθιστά τη βαριά μπαταρία. Ταυτόχρονα, το αυτοκίνητο υδρογόνου διαθέτει πολύ μεγαλύτερη αυτονομία από εκείνο που στηρίζεται σε μπαταρίες.

## **1.2. Εφαρμογές**

### **1.2.1. Εφαρμογές στην καθημερινή ζωή**

Οι ανάγκες της καθημερινής ζωής του ανθρώπου περιορίζονται από μέρα σε μέρα λόγω οικονομικών δυσχερειών. Γι αυτό με την χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας η μεταφορά, η θέρμανση, θα έκαναν τον κόσμο πολύ πιο οικονομικά ανεξάρτητο. Μιας και ο ορυκτός πλούτος μειώνεται από στιγμή σε στιγμή, ο άνθρωπος πρέπει να βρει γρήγορα μια λύση.

### **1.2.2. Εφαρμογές σε δύσβατες περιοχές**

Με την χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, οι δύσβατες περιοχές θα μπορούν να αντλούν ενέργεια από το περιβάλλον. Για παράδειγμα η χρήση φωτοβολταϊκών ή ακόμα και η χρήση της υδρόλυσης. Το νερό και ο ήλιος βρίσκονται ανεξέλεγκτα στο 80% του περιβάλλον της Γης. Με την μέθοδο της υδρόλυσης και της συγκομιδής ενέργειας από τον ήλιο το ποσοστό αυτό θα εξυπηρετεί άφοβα το μεγαλύτερο ποσοστό των ημερήσιων αναγκών του.

### **1.2.3.Εφαρμογές στον τομέα των καυσίμων – μετακινήσεων**

Η Υδρογονοκίνηση είναι μια σχετικά πρόσφατη τεχνολογία υβριδικής κίνησης, η οποία συντελεί στην μείωση κατανάλωσης καυσίμου, με καθαρότερα παράγωγα για το περιβάλλον. Λειτουργεί μέσω ενός σχετικά απλού στη λειτουργία συστήματος, το οποίο τροφοδοτείται με απλό αποσταγμένο νερό, επιτυγχάνεται η παραγωγή καθαρού υδρογόνου. Το νερό διασπάται στα αέρια συστατικά μέρη του, το υδρογόνο (H<sub>2</sub>) και οξυγόνο (O). Το παραγόμενο Υδρογόνο κατευθύνεται προς το θάλαμο καύσης, όπου αναμιγνύεται με το καύσιμο του αυτοκινήτου. Καθώς το Υδρογόνο έχει μεγάλη θερμική αξία, αναμιγνυόμενο με το καύσιμο του κινητήρα επιτρέπει την ευκολότερη και γρηγορότερη ανάφλεξη του μίγματος.

### **1.2.4.Εφαρμογές στον τομέα της υγείας**

Η αξιοποίηση του energy harvesting στον τομέα της υγείας μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη. Η Δυνατότητα παροχής Οξυγόνου σε μεγάλες ποσότητες σε νοσοκομεία και σε απομακρυσμένες δύσβατες περιοχές, επίσης η δυνατότητα κατασκευής ενεργειακά αυτόνομων εμφυτευμάτων όπως τεχνητά όργανα αλλά και αισθητήρων με δυνατότητες καταγραφής και μετάδοσης δεδομένων σχετικών με τη μετεγχειρητική κατάσταση ενός ασθενούς (καθιστώντας ακόμα και την εξ αποστάσεως παρακολούθηση του δυνατή). Χωρίς το ENERGY HARVESTING τέτοια συστήματα θα ήταν αδύνατον να κατασκευαστούν και να λειτουργούν με τρόπο που να μην είναι περιοριστικός και άβολος για τον ασθενή

### **1.2.5.Εφαρμογές στον τομέα της βιομηχανίας**

Ο τομέας της βιομηχανίας είναι ένας τομέας όπου χρειάζεται μεγάλη κάλυψη από ενέργεια. Η κατανάλωση ενέργειας είναι πολύ δαπανηρό κόστος. Με την χρήση διαφόρων συστημάτων συγκομιδής ενέργειας το κέρδος και τα θετικά οφέλη που θα εξοικονομηθούν βοηθούν την βιομηχανική παραγωγή στην μείωση των τιμών ανά προϊόν. Επίσης, η δυνατότητα συγκομιδής ενέργειας με χρήση εκμετάλλευσης των αποβλήτων, το κέρδος θα ήταν μέγιστο.

### 1.2.6. Εφαρμογές σε διαστημικούς σταθμούς

Η τεχνολογία καλπάζει, η δυνατότητα ταξιδιών εκτός του πλανήτη μας, έχει αναπτύξει τους διαστημικούς σταθμούς όλο και περισσότερο. Οι ανάγκες των αστροναυτών σε οξυγόνο και νερό είναι μεγάλες καθώς επίσης και οι ανάγκες για αυτοματισμούς προκειμένου να αποφεύγονται κίνδυνοι στις αποστολές. Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας είναι τα καύσιμα για τις ανάγκες του έργου τους. Οι ανάγκες αυτές θα μπορούν να καλυφθούν από διάφορα συστήματα συγκομιδής ενέργειας όπως για παράδειγμα η συγκομιδή ηλιακών ακτινών και αποθήκευση σε μεγάλους συσσωρευτές. Επίσης οι αυτοματισμοί και τα ρομποτικά μηχανήματα τα οποία τοποθετούνται στις επιφάνειες διάφορων πλανητών για να κινηθούν χρειάζονται καύσιμα. Με την χρήση μίας μηχανής εσωτερικής καύσεως με καύσιμο μόνο την βενζίνη, δεν θα ήταν αρκετό διότι λείπει το οξυγόνο για να γίνει η σκάση. Αλλά με την μέθοδο της υδρόλυσης η οποία αποδίδει επαρκεί ποσότητα καυσίμου αλλά και οξυγόνου ίσως τα προβλήματα αυτά να μειωθούν. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι οι πύραυλοι χρησιμοποιούν υδρογόνο κατά την εκτόξευση τους από την Γή.



Εικόνα 7.

Το υδρογόνο θεωρείται από πολλούς επιστήμονες η καλύτερη μέθοδος αποθήκευσης ενέργειας. Έτσι εξηγείται και η χρησιμοποίησή του στην αεροδιαστημική, ήδη από τη δεκαετία του '60. Το ότι σήμερα, η κυβέρνηση των ΗΠΑ με τους οργανικούς δεσμούς με τους «πετρελαιάδες» και την αυτοκινητοβιομηχανία-προχωρεί στην ενθάρρυνση των προγραμμάτων ανάπτυξης της τεχνολογίας υδρογόνου, δεν μπορεί να ερμηνευθεί απλώς ως μία τρίμπλα για να αποφύγει την πίεση για άμεσα μέτρα για την ανάπτυξη οικολογικότερων κινητήρων, αλλά και μια επιβεβαίωση των προοπτικών της νέας τεχνολογίας.

Ήδη η Γερμανία και η Ιαπωνία, έχοντας μικρότερες προσβάσεις στο πετρέλαιο, είχαν προχωρήσει σημαντικά στην ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ή των υβριδικών μοντέλων που θα χρησιμοποιούν ελάχιστα τα γνωστά καύσιμα, ενώ είχαν ήδη στραφεί δυναμικά και προς το υδρογόνο. Έτσι, παρά το ότι οι μεγάλες εταιρείες -κυρίως των ΗΠΑ- είχαν αρχικά αντιδράσει στη νέα τεχνολογία, τώρα προσπαθούν να κατακτήσουν την ηγεμονία και σε αυτή. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να επιλέξουν ποια προγράμματα θα προωθήσουν με βάση, προφανώς, την κερδοφορία τους. Αλλά η ζωή δεν εξελίσσεται πάντα με γνώμονα τα σχέδια των ισχυρών.



Εικόνα8

### **1.2.7.Εφαρμογές στις νέες τεχνολογίες**

Οι νέες τεχνολογίες όπως είναι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, το βασικό πρόβλημά τους είναι η παροχή ενέργειας. Με την χρήση διαφόρων συστημάτων συγκομιδής ενέργειας, η παράταση ζωής των WSNs αυξάνεται δραματικά. Για παράδειγμα. Σε δύσβατες περιοχές διασκορπισμένα WSN θα χρειαστούν solar panel και άντληση ενέργειας από τον ήλιο, σε μικρό συσκευές BWSN τα οποία τοποθετούνται πάνω σε ζωτικά σημεία ασθενών ή ζώων για παρακολούθηση, με την χρήση κάποιου συστήματος που χρησιμοποιεί κάποιο μηχανισμό που συνδέεται με την κίνηση του σώματος, ο ατέρμονας θα γυρίζει και θα ενεργοποιεί μία μικρό γεννήτρια όπου θα παράγεται τάση στα άκρα της και ένας συσσωρευτής θα αποθηκεύει την έξτρα ενέργεια.

## 2. Εισαγωγή υδρογόνου

**A**πό κάθε οπτική γωνία, τεχνολογική ή οικονομική, το υδρογόνο φαίνεται να είναι ο πιο πιθανός υποψήφιος για την αντικατάσταση των καυσίμων που βασίζονται στους ορυκτούς υδρογονάνθρακες (βενζίνη, ντίζελ, μεθάνιο κλπ). Το υδρογόνο μπορεί να παρασκευαστεί με πολλούς και διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα από την πυρηνική ενέργεια μέσω θερμικής αποσύνθεσης του νερού ή από την ηλιακή ενέργεια μέσω ηλεκτρόλυσης του νερού και έχει προταθεί από την επιστημονική κοινότητα, σαν το πιο πιθανό καύσιμο του μέλλοντος λόγω των σημαντικών ιδιοτήτων του σε αντικατάσταση των παραγώγων του πετρελαίου, καυσίμων του σήμερα. Το υδρογόνο είναι άοσμο, άγευστο, άχρωμο και μη τοξικό, και παράγει μόνο καθαρή ενέργεια και υδρατμούς μέσω της καύσης του με το οξυγόνο του αέρα, οπότε επιστρέφει στο περιβάλλον το νερό από το οποίο παράχθηκε. Επομένως δεν μπορεί ποτέ να υπάρξει εξάντληση αποθεμάτων από τη χρήση του υδρογόνου ως καύσιμο. Είναι ένα εξαιρετικά καλό καύσιμο για τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, διότι οι ιδιότητες κατά την καύση του, εξασφαλίζουν υψηλό βαθμό απόδοσης και απρόσκοπτη λειτουργία. Οι εκπεμπόμενοι ρύποι των **MEK** υδρογόνου, αν και θεωρητικά έπρεπε να είναι μηδενικοί, στην πραγματικότητα είναι απειροελάχιστοι σε σχέση με τους κινητήρες βενζίνης.

Ιστορικά έχει παρατηρηθεί ότι η μετάβαση της παγκόσμιας ενεργειακής κοινότητας σε νέα καύσιμα έχει ακολουθήσει τη διαδρομή στερεό (άνθρακας), υγρό (βενζίνη και ντίζελ), αέριο (φυσικό αέριο) με κάθε επόμενο σταθμό της λογικής αλληλουχίας ένα καύσιμο, από τη χημική αλυσίδα του οποίου, θα απουσιάζουν εντελώς τα άτομα άνθρακα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, ως κύρια πηγή ενέργειας κατά τον 20ο αιώνα επέβαλαν τη διεξοδική έρευνα για την εξεύρεση εναλλακτικών καυσίμων και δρομολόγησαν την όσο το δυνατόν ταχεία αντικατάστασή τους, από μια νέα καύσιμη ύλη η οποία θα πρέπει να εκπληρώνει τα περισσότερα από τα παρακάτω κριτήρια:

- Αφθονία πόρων και δυσκολία εξάντλησης αποθεμάτων
- Μεγάλο περιεχόμενο ενέργειας
- Ευκολία παραγωγής, διανομής και αποθήκευσης



- Ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση
- Ασφάλεια κατά τη χρήση και ευκολία διαχείρισης

Το υδρογόνο ήταν το πρώτο στοιχείο που σχηματίστηκε μετά το Big Bang και είναι ακόμα το πιο κοινό στοιχείο στο σύμπαν και υπάρχει άφθονο. Το υδρογόνο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν το απόλυτο καύσιμο, δεν έχει καθόλου αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Είναι το πιο απλό και ελαφρύτερο στοιχείο στο σύμπαν.

## 2.1. Τι είναι το υδρογόνο

Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι πολύ εύφλεκτα υλικά και "**καίγονται**". Το νερό όμως, που αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο γιατί δεν είναι **εύφλεκτο** και δεν **καίγεται**; Και μάλιστα, με αυτό σβήνουμε και φωτιές.



Εικόνα 9.

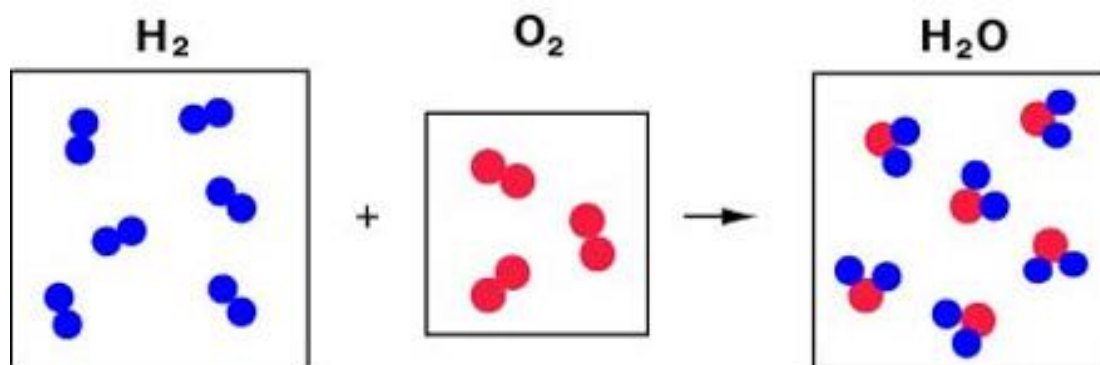
Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι ένα μόριο νερού, αποτελείται από 2 **άτομα** υδρογόνου και 1 άτομο οξυγόνου. Το **υδρογόνο** είναι ένα αέριο που εκρήγνυται και για να γίνει αυτό, χρειάζεται **οξυγόνο** (πχ από την ατμόσφαιρα) έτσι ώστε να δημιουργηθεί η καύση.

### 2.1.1. Τι είναι καύση;

Καύση είναι η διαδικασία της αντίδρασης του καύσιμου υλικού (υδρογόνο) με το οξυγόνο, για την παραγωγή ενέργειας (φως, θερμότητα, κλπ). Η διαδικασία της καύσης των δύο αυτών στοιχείων, είναι σχετικά απλή. με την χρήση κατάλληλων ποσοτήτων οξυγόνου και υδρογόνου (που δεν έχουν συνενωθεί) με την χρήση μιας σπίθας για να ξεκινήσει η αντίδραση, τότε ένα άτομο οξυγόνου θα ενωθεί με δύο άτομα υδρογόνου και κατά τη συνένωση θα παραχθεί ενέργεια. Η **ενέργεια** που θα παραχθεί, θα αποτελείται από θερμότητα και κίνηση και η

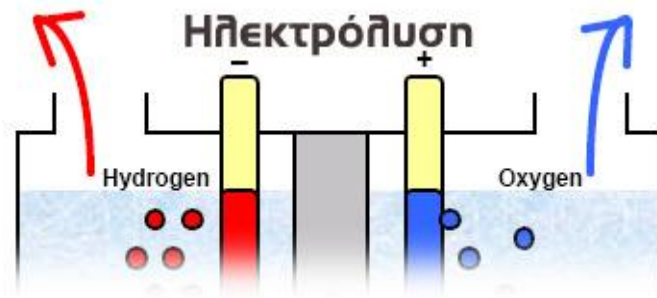
διάδοση αυτής της ενέργειας σε γειτονικά **άτομα** υδρογόνου - οξυγόνου θα γίνει ταχύτατα.

Αυτή η ταχύτατη αλυσιδωτή διάδοση θα προκαλέσει πολλές μικροσκοπικές "τοπικές παραγωγές ενέργειας" ταχύτατες (σχεδόν ταυτόχρονες), με αποτέλεσμα να έχουμε στο σύνολο, το φαινόμενο της **έκρηξης**. Αν κάψουμε υδρογόνο θα γίνει έκρηξη, γιατί πολύ απλά συμβαίνει το παραπάνω φαινόμενο εξαιτίας του οξυγόνου που υπάρχει στον αέρα. Οπότε το αποτέλεσμα της καύσης είναι το νερό.



Εικόνα10.

Έτσι, το νερό είναι "οι στάχτες" της καύσης του υδρογόνου με το οξυγόνο. Και όπως όλοι γνωρίζουμε, "οι στάχτες" δεν καίγονται. Στην υδρόλυση όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά, μπορούν να ξανακαούν μόνο αν διαχωρίσουμε τα άτομα του υδρογόνου από το οξυγόνο και επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία. Αλλά για να δίνει αυτός ο διαχωρισμός, απαιτείται ενέργεια που θα τα διασπάσει και για την ακρίβεια, απαιτείται τόση ενέργεια, όση ήταν αυτή που παράχθηκε κατά τη συνένωση των δύο στοιχείων. Αυτή η διάσπαση μπορεί να πραγματοποιηθεί με μία μέθοδο που ονομάζεται **ηλεκτρόλυση**.



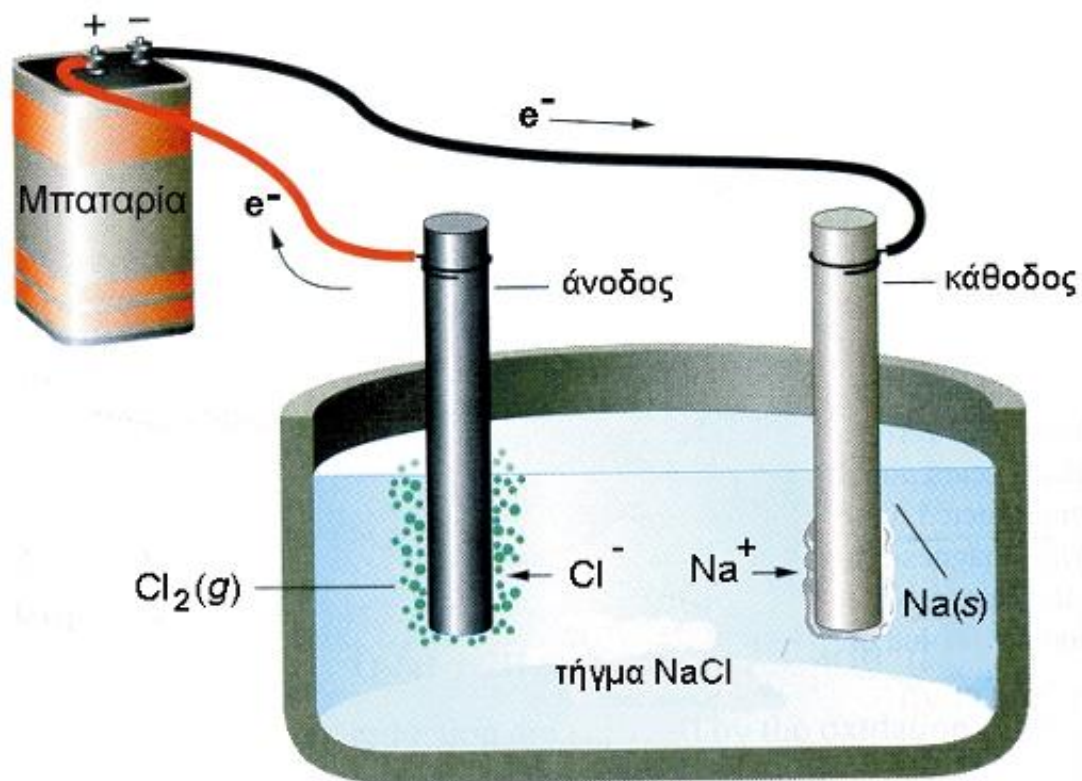
Εικόνα 11.

### 2.1.2. Ηλεκτρόλυση

Η ηλεκτρόλυση (λύση δι' ηλεκτρισμού), ονομάζεται η διαδικασία της διάσπασης μιας ουσίας με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος.

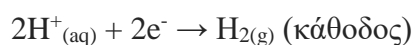
Κατά την ηλεκτρόλυση του νερού, το νερό διασπάται στα βασικά στοιχεία όπου το αποτελούν, υδρογόνο και οξυγόνο με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα πλεονεκτήματα αυτής της διεργασίας είναι η υψηλής καθαρότητας υδρογόνο που παράγεται. Ωστόσο, Μέχρι σήμερα αποτελεί **ακριβή μέθοδο** εξαιτίας του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο απαιτείται. Και σύμφωνα με την θεωρία, Αρχή διατήρησης της ενέργειας και τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο, κατά την μετατροπή της ενέργειας σε μία άλλης μορφής ενέργειας, υπάρχουν απώλειες θερμικές και ποσοτικές. Εάν η αρχική ενέργεια μετατραπεί σε μία άλλη μορφή ενέργειας. τότε δεν μπορεί να υπάρχει το 100% της ποσότητας ενέργειας που αντλήθηκε.

θα πρέπει η ενέργεια που θα παραχθεί και η ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή αυτή να είναι μεγαλύτερη από την αρχική, όπου αυτό σημαίνει καθαρό κέρδος.



Εικόνα12.

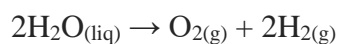
Κατά την ηλεκτρόλυση, στην κάθοδο ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια) ανάγονται σε υδρογόνο ενώ στην άνοδο το νερό οξειδώνεται σε οξυγόνο και πρωτόνια. Οι διεργασίες αυτές περιγράφονται αντίστοιχα από τις παρακάτω αντιδράσεις:



και



οι οποίες μας δίνουν το συνολικό μηχανισμό της ηλεκτρόλυσης



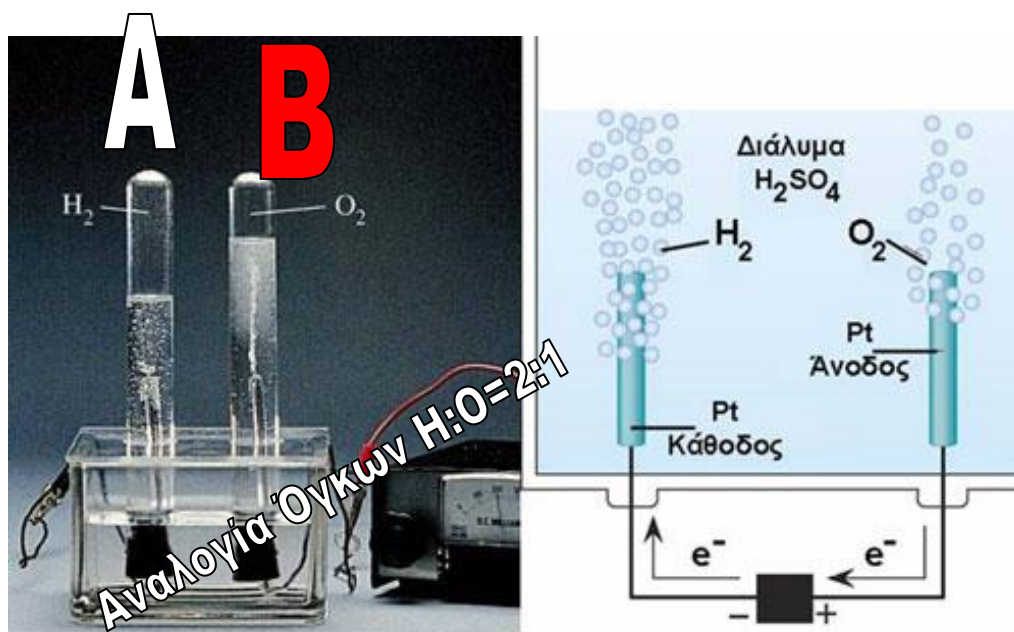
Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το ότι το παραγόμενο οξυγόνο μπορεί επίσης να εκμεταλλευτεί για βιομηχανική ή άλλη χρήση.

Για να υλοποιηθεί η ηλεκτρόλυση θα χρειαστούν δύο ηλεκτρολύτες και η βάση που θα διασπαστεί. Ένα Σκληρό ηλεκτρολύτη, και έναν ποιο μαλακό ηλεκτρολύτη. Χρειαζόμαστε την βάση μας που είναι το NEPO, έναν σκληρό ηλεκτρολύτη όπου είναι κράμα σιδήρου, ανοξειδωτο ατσάλι σειράς 3,18 L και έναν ηλεκτρολύτη αρκετά καυστικό συνήθως μαγειρική σόδα ή ακόμα και υδροξείδιο του καλίου ή καυστική

ποτάσα είναι μια ισχυρή βάση με χημικό τύπο ΚΟΗ. Πρέπει να αναφερθεί ότι όσο πιο καθαρό το ατσάλι τόσο περισσότερη η ποσότητα υδρογόνου απελευθερώνεται πιο εύκολα και με λιγότερο προσπάθεια (V-A).

Σημείωση!

Κατά την ηλεκτρόλυση του νερού, η κάθοδος (-) απελευθερώνει τα μόρια του υδρογόνου, ενώ στην άνοδο (+) απελευθερώνονται τα μόρια του Οξυγόνου.



### Ηλεκτρόλυση νερού

Εικόνα 13.

Έτσι στην παρακάτω εικόνα διακρίνεται δύο δοχεία. Το δοχείο στα αριστερά **A** να έχει περισσότερο αέριο από το δοχείο που βρίσκεται στα δεξιά **B** διότι κατά την ηλεκτρόλυση, όπως αναφερθήκαμε πιο πάνω, το μόριο του νερού διασπάτε σε 2 υδρογόνα και 1 οξυγόνο , γι αυτό το **A** έχει περίπου περισσότερο αέριο από το **B**.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί, ότι το υδρογόνο δεν αποθηκεύεται με απλό χειρισμό, διότι κατά την συμπίεση γιατί υπάρχει κίνδυνος έκρηξης επειδή το υδρογόνο είναι ασταθές και με την παραμικρή αιτία για οξείδωση, υπάρχει κίνδυνος ανατίναξης ή θα κώφωσης.

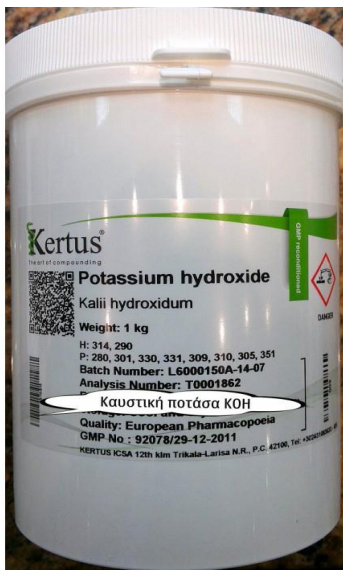
Προτιμητέο είναι η διαχώριση των δύο αέριων κατά την ηλεκτρόλυση έτσι ώστε το

μείγμα των αερίων να είναι ποιο ήπιο για συμπίεση και να μην υπάρχει έκρηξη, αλλά ανάφλεξη.

### 2.1.3. Υδροξείδιο του καλίου

Σχηματίζει λευκούς κρυστάλλους με πυκνότητα 2,12g/cm<sup>3</sup>. Τήκεται στους 380 °C. Διαλύεται στο νερό πολύ εύκολα (97g σε 100ml νερού στους 0 °C και 112g σε 100ml νερό στους 20 °C) ελευθερώνοντας σημαντικό ποσό θερμότητας. Το υδροξείδιο του καλίου παράγεται στο εμπόριο σε μορφή θολής στερεής μάζας, που περιέχει 90 με 92% KOH (και αντιπροσωπεύει μίγμα KOH + KOH · H<sub>2</sub>O). Στον αέρα το υδροξείδιο του καλίου απορροφά νερό και διοξείδιο του άνθρακα και διαλύεται βαθμιαία μετατρέπόμενο σε ανθρακικό κάλιο.

Το υδροξείδιο του καλίου έχει καταστρεπτική επίδραση στο δέρμα, το χαρτί, μετάξι και σε άλλα οργανικά υλικά. Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα στο ανθρώπινο



Εικόνα 14.

δέρμα και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο στα μάτια. Κατά την εργασία με αυτό πρέπει να φοριούνται ειδικά γυαλιά και λαστιχένια γάντια. Παράγεται με ηλεκτρόλυση διαλυμάτων χλωριούχου καλίου. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή υγρών σαπουνιών, σαν πρώτη ύλη, για την παρασκευή αλάτων καλίου, στους αλκαλικούς συσσωρευτές και σαν εργαστηριακό αντιδραστήριο.

### 2.1.3.1. Ποσότητα ηλεκτρολύτη

Κατά την συμπλήρωση του ηλεκτρολύτη στο δοχείο για ηλεκτρόλυση, πρέπει να μην υπερβαίνει το 60% της συνολικής ποσότητας του όγκο του δοχείου, διότι θα διογκωθεί λόγω της θερμότητας και δεν θα υπάρχει χώρος για παραγωγή αερίου ΗΗΟ.

**Η περιεκτικότητα ηλεκτρολύτη (ΚΟΗ) εξαρτάται από το πόσο ρεύμα – ένταση φορτίου χρειάζεται να τραβήξει από την πηγή - εναλλάκτη.**

Αυτό διαφέρει από γεννήτρια σε γεννήτρια.

**Υψηλή περιεκτικότητα ηλεκτρολύτη συνήθως σημαίνει περισσότερη παραγωγή αερίου ΗΗΟ αλλά Αυτό μπορεί να έχει μειονεκτήματα.**π.χ

Σοβαρή υπερθέρμανση σε σημείο που θα καταστραφεί η γεννήτρια ή ακόμα και να έχει διαρροές καυστικών υγρών στο χώρο του κινητήρα κατά την καύση\*.

*Σημείωση \* αυτό μπορεί να διορθωθεί με την χρήση νεροπαγίδας.*

**Μια καλή αναλογία για τις γεννήτριες υδρογόνου είναι 3 % 30gm (ΚΟΗ) ανά 1 λίτρο αποσταγμένου νερού.**

Αυτό θα δώσει περίπου στα 15 αμπέρ φορτίο στην πηγή - εναλλάκτη όταν είναι κρύο το σύστημα και θα αυξηθεί περίπου στα 20 αμπέρ όταν το σύστημα είναι ζεστό.

### 2.1.3.2. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της ηλεκτρόλυσης.

Η ηλεκτρόλυση για την παραγωγή υδρογόνου έχει ένα σοβαρό μειονέκτημα αυτός είναι και ο σοβαρότερος λόγος για τον οποίο δεν έχει γίνει ευρέως γνωστή. Το μειονέκτημα αυτό είναι η θερμική φυγή (thermo runaway) κάνοντας ηλεκτρόλυση καταναλώνουμε ρεύμα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία θερμότητας όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία έχουμε μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος κοκ . Αυτή η διαδικασία είναι ουσιαστικά μια αλυσιδωτή αντίδραση που δημιουργεί πολύ υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες είναι ικανές να καταστρέψουν την συσκευή υδρογόνου σε τέτοιο βαθμό ώστε να γίνει επικίνδυνο για την ασφάλειά.

### 2.1.3.3. Το πρόβλημα της θερμικής φυγής

Τη λύση στο πρόβλημα της θερμικής φυγής μπορεί να δώσει ένας ρυθμιστής παλμών ρεύματος ( PWM Pulsed width modulator ) όχι όμως οποιοσδήποτε ρυθμιστής πλάτους ρεύματος. Οι ρυθμιστές που υπάρχουν στο εμπόριο έχουν φτιαχτεί για τον έλεγχο ηλεκτροκινητήρων, αυτοί οι ρυθμιστές δεν μπορούν να ανταποκριθούν σωστά σε συσκευές ηλεκτρόλυσης λόγω του ότι έχουν μεγάλες εναλλαγές φορτίου. Έτσι απώτερος σκοπός είναι η κατασκευή ενός ρυθμιστή παλμών ρεύματος ΕΙΔΙΚΑ για συσκευές υδρογόνου, ο οποίος θα εμπεριέχει πολλές άλλες εύχρηστες λειτουργίες καθώς και λειτουργίες ασφαλείας. Αυτή η συσκευή θα έχει σαν σκοπό να εξαλείψει όλα τα προβλήματα που συνήθως δημιουργούνται.

### 2.1.4.Ανοξειδωτο ατσάλι

**Το Ανοξειδωτο ατσάλι ή ανοξειδωτος χάλυβας** είναι ένα πολύ ισχυρό μέταλλο το οποίο στην ουσία δεν σκουριάζει. Αποτελείται από σίδηρο με ένα μικρό ποσοστό άνθρακα και νικελίου, το οποίο νικέλιο δεν το αφήνει να σκουριάσει και γι' αυτό είναι και ανοξειδωτο. Επίσης αν "κόψουμε" ένα κομμάτι από το τάδε προϊόν που είναι φτιαγμένο από **Ανοξειδωτο ατσάλι**, τότε πάλι δεν θα σκουριάσει, γιατί τα άτομα του νικελίου "προστατεύουν" αυτά του σιδήρου από το οξυγόνο. Επειδή κυκλοφορούν πολλές απομιμήσεις προϊόντα που υποτίθεται ότι είναι φτιαγμένα από ανοξειδωτο ατσάλι, εάν ο μαγνήτης το έλκει έστω και ελαφρά το μέταλλο, τότε δεν είναι καλής ποιότητας. Δεν θα πρέπει να το έλκει καθόλου για να είναι ένα καλής ποιότητας ανοξειδωτο προϊόν. Το inox και το stainless steel είναι το ίδιο πράγμα.

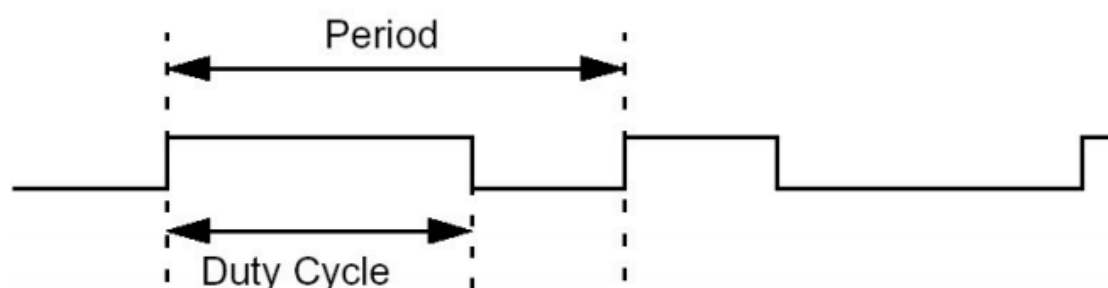
Ο **ανοξειδωτος χάλυβας** είναι κράμα σιδήρου – άνθρακα – χρωμίου με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο 10,5%κ.β. Το χρώμιο δημιουργεί ένα μικροσκοπικό στρώμα (10–100 nm) τριοξειδίου του χρωμίου ( $Cr_2O_3$ ), το οποίο προστατεύει το μεταλλικό υπόστρωμα από την οξείδωση και την διάβρωση. Εκτός



από χρώμιο, οι ανοξειδωτοι χάλυβες μπορεί να περιέχουν και άλλα κραματικά στοιχεία, όπως νικέλιο, μολυβδαίνιο, μαγγάνιο, κ.λπ.

### 2.1.5.PWM (Pulse Width Modulation) Διαμόρφωση εύρους παλμών

Μία PWM κυματομορφή στην πραγματικότητα αποτελεί μία περιοδική κυματομορφή η οποία έχει δύο τμήματα. Το τμήμα ON στο οποίο η κυματομορφή έχει την μέγιστη τιμή της και το τμήμα OFF στο οποίο έχει την τιμή μηδέν. Το ON τμήμα ονομάζεται Duty Cycle και μετρείται είτε σε μονάδες χρόνου (ms, us κλπ) είτε σε ποσοστό (%) επί της περιόδου. Εφαρμόζοντας μία PWM κυματομορφή στην τροφοδοσία ενός φορτίου επιτυγχάνουμε να ελέγξουμε την το ποσοστό της ισχύος που πέφτει πάνω στο φορτίο. Για την περίπτωση που το φορτίο είναι ένας κινητήρας αυτό συνεπάγεται έλεγχος στροφών του κινητήρα.



Εικόνα15.

#### 2.1.5.1. Τα βασικά πλεονεκτήματα με την χρήση PWM

Με την απουσία του PWM η Υδρογόνο-γεννήτρια θα αντλήσει από την παροχή ενέργειας όλη την ένταση που χρειάζεται για να λειτουργήσει, με αποτέλεσμα, υψηλές θερμοκρασίες, αλλοίωση των καλωδίων, καταστροφή της γεννήτριας σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Οι γεννήτριες ΗΗΟ πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να απαιτούν σημαντικά λιγότερη θερμότητα. Με τον έλεγχο έντασης, η απόδοση της γεννήτριας θα ρυθμιστεί στις εκάστοτε ανάγκες του συστήματος. Επίσης, ο έλεγχος γίνεται εύκολα με την χρήση ενός ροοστάτη.

Η δυνατότητα ελέγχου της έντασης διατηρεί την γεννήτρια να λειτουργεί σε χαμηλές θερμοκρασίες και παρατείνει τη διάρκεια ζωής της, ενώ αυξάνεται η παραγωγή ΗΗΟ.

## **2.2. Υδρογόνο - Γενικά και περί ασφάλειας**

### **2.2.1. Ιδιότητες του υδρογόνου**

Το υδρογόνο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά ως αέριο:

Είναι άχρωμο, άγευστο, άοσμο, εξαιρετικά εύφλεκτο, η φλόγα του είναι αόρατη, μη τοξικό, μη διαβρωτικό, τα όρια αναφλεξιμότητας είναι : 4-75 % κ.ο. στον αέρα με 20 οC, η θερμοκρασία αυτανάφλεξης αγκίζει τους 572 οC, είναι κατά πολύ ελαφρύτερο του αέρα (σχετική πυκνότητα: 0,07) ενώ η αντιστοιχία υδρογόνου σε βενζίνη αγκίζει περίπου το 1 προς 10. 10 μόρια βενζίνης είναι ισοδύναμα περίπου με 1 του υδρογόνου ( κατά την σκάση). Και ΔΕΝ ΣΥΜΠΙΕΖΕΤΑΙ.

### **2.2.2. Πιθανοί κίνδυνοι από διαρροή**

Ως αέριο κατά πολύ ελαφρύτερο του αέρα διαφεύγει προς τα πάνω. Δεν αποκλείεται όμως στο σημείο διαρροής (σιδερένια μπουκάλα) να σχηματιστεί εκρηκτικό μίγμα με τον ατμοσφαιρικό αέρα (όρια εκρηκτικότητας 4-75 % κ.ο.). Αυξημένος είναι ο κίνδυνος όταν διαρρεύσει μέσα σε κλειστό χώρο. Λόγου ασφυξίας μιας και είναι αόρατο και άγευστο, γι αυτό δεν πρέπει να συμπιέζεται.

κατά τις συνέπειες της διαρροής, δημιουργείται ανάφλεξη και ασφυξία.

Για την εκδήλωση πυρκαγιάς ή εκρήξεως τρία στοιχεία είναι απαραίτητα: εύφλεκτα υλικά οξυγόνο και πηγή έναυσης

**Σημείωση** εάν ένα από αυτά τα στοιχεία απουσιάζει τότε δεν εκδηλώνεται ανάφλεξη.



Εικόνα 16.

### 2.2.2.1. Πηγές ανάφλεξης

Υπάρχουν διάφορες πηγές ανάφλεξης, μιας και είναι πολύ εύφλεκτο κάτω από κάποιες συνθήκες. Για παράδειγμα η φλόγα, τα θερμά αέρια και σωματίδια, οι σπινθήρες (εργαλεία σύνδεσης των συστοιχιών, περονοφόρα κλπ), ηλεκτρικές συσκευές, κεραυνοί, αδιαβατική συμπίεση, ρεύματα διαρροής, καθοδική προστασία, εξώθερμη αντίδραση, ηλεκτρομαγνητικά κύματα ραδιοσυχνοτήτων, ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλής συχνότητας, ακτινοβολία ιονισμού, υπέρηχοι, θερμές επιφάνειες, στατικός ηλεκτρισμός, κλπ.

### 2.2.2.2. Βίαιες αντιδράσεις και επικίνδυνα μίγματα:

Το υδρογόνο είναι αρκετά επικίνδυνο όταν έρθει σε επαφή με άλλα υλικά , για την αποφυγή των βίαιων αντιδράσεων με μίγματα που το κάνουν επικίνδυνο, Αναφέρεται πάρα κάτω ο πίνακας .

Υλικό	Αποτέλεσμα
Χλώριο και βρώμιο	Σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα που αναφλέγονται πολύ εύκολα, ακόμη και με την ηλιακή ακτινοβολία.
Λευκόχρυσος κοκκοποιημένο νικέλιο, οξειδία του χαλκού, οξειδία του αζώτου	Αναφλέγεται σε επαφή με αυτά τα υλικά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος
Διοξίνες + νικέλιο, χλωροτριφλωρίδιο, λίθιο, μαγνήσιο + ανθρακικό ασβέστιο, τριφλωρίδιο του αζώτου, διφλωρίδιο του οξυγόνου, παλλάδιο + ισοπροπυλική αλκοόλη	Είναι υπερβολικά επικίνδυνα μίγματα

Πίνακας 2.

### 2.2.3. Οφέλη Από Τη Χρήση Υδρογόνου

Το Υδρογόνο έχει το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους από οποιοδήποτε άλλο γνωστό καύσιμο, 120,7 kJ/gr και σχεδόν 3 φορές μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής βενζίνης.

Ενεργειακός φορέας	Υδρογόνο	Φ.Α.	LPG (προπάνιο)	Μεθανόλη	Βενζίνη	Μπαταρίες Μολύβδου
Ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα βάρους (kWh/kg)	33,3	13,9	12,9	5,6	12,7	0,03
Ενεργειακή πυκνότητα ανά μονάδα όγκου (kWh/l)	0,53	2,6	7,5	4,4	8,7	0,09

Πίνακας 3.

Κάνει "καθαρή" καύση. Όταν καίγεται με οξυγόνο παράγει μόνο νερό και θερμότητα.

Όταν καίγεται με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο όγκος του οποίου αποτελείται κατά 78% από άζωτο, παράγονται επίσης μερικά οξειδία του αζώτου, σε αμελητέο ωστόσο βαθμό.

**Έχει μεγαλύτερη ευφλεκτότητα και ταχύτητα μετάδοση φλόγας.**

Όλοι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης κάνουν ατελή καύση των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούμε (βενζίνη, πετρέλαιο) αποτέλεσμα είναι να έχουμε ρύπους (καυσαέρια). Με τη χρήση του Υδρογόνου MEK χωρίς ακόμα καμία ρύθμιση ηλεκτρονικής μορφής ( ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ ECU ) παρά μόνο της ηλεκτρολυτικής συσκευής, πετυχαίνουμε να έχουμε καλύτερη θερμική απόδοση του κινητήρα μας δηλαδή να έχουμε καλύτερη καύση. Το υδρογόνο εισέρχεται στο θάλαμο καύσης σε αέρια μορφή και αναφλέγεται άμεσα βελτιώνοντας την ανάφλεξη της βενζίνης. Στο χρόνο που απαιτείται μεταξύ σπινθήρα και άνοιγμα βαλβίδων εξαγωγής έχουμε καταναλώσει το μεγαλύτερο μέρος αν όχι όλο, του μίγματος καυσίμου – ατμοσφαιρικού αέρα – υδρογόνου. Αυτό μας το επιβεβαιώνει άμεσα η κάρτα καυσαερίων. Εκεί μπορούμε να δούμε καθαρά τις διαφορές σε ρύπους πριν και μετά την εφαρμογή.

Επειδή το Υδρογόνο έχει υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο, το παραγόμενο έργο είναι μεγαλύτερο και πλουσιότερο σε ενεργειακή απόδοση, προσθέστε και την καύση περισσότερου συμβατικού μίγματος, γίνεται αντιληπτό λοιπόν από που προέρχεται η μεγαλύτερη ροπή.

Ακόμη η βελτίωση της καύσης συντελεί στο περιορισμό νέων εξανθρακωμάτων και βοηθάει στην απομάκρυνση παλαιότερων επικαθίσεων διατηρώντας καθαρά τις βαλβίδες και τα έμβολα . Αποτέλεσμα αυτής της βελτίωσης είναι να ελαχιστοποιούνται φαινόμενα κακού χρονισμού, προανάφλεξης και αρρυθμίες. Επίσης έχουμε μείωση του θορύβου λειτουργίας του κινητήρα, μείωση του ρελαντί, δραστική μείωση καυσαερίων, ιδιαίτερα υδρογονανθράκων και αύξηση των υδρατμών.

Η οικονομία καυσίμου 20 – 30%, αύξηση ιπποδύναμης και ροπής κατά 10 – 15% με ένα απλό μοντέλο υδρογονογεννήτριας, καθώς επίσης και μείωση καυσαερίων έως και 80%.

Μέχρι αυτό το σημείο το υδρογόνο είναι υποβοηθητικό καύσιμο αυξάνοντας (καταλύτης) την βελτιστοποίηση της καύσης και του παραγόμενου έργου της ΜΕΚ. Δεν αποθηκεύεται παρά μόνο παράγεται και καταναλώνεται άμεσα.

Σημείωση:

Αν υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη οικονομία από 20% θα πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα τον χρονισμό της ΜΕΚ. Ωστόσο, Για να υπάρχει μία στοιχειομετρική ισορροπία μεταξύ καυσίμου-υδρογόνου και αέρα, πρέπει μειώνοντας την παροχή καυσίμου και αυξάνοντας την παροχή υδρογόνου χρειάζεται νέα χαρτογράφηση του εγκεφάλου που υποστηρίζει και διαχειρίζεται τον κινητήρα ΜΕΚ.

### **3. Χρήση υδρογόνου σε μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).**

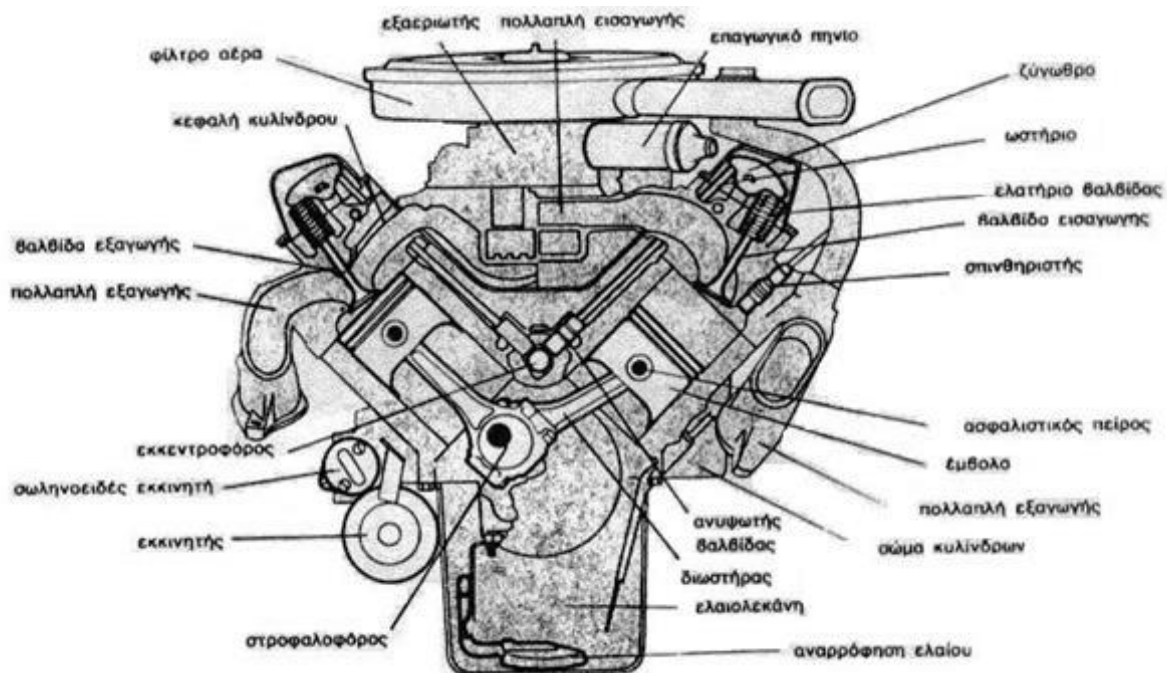
**Σ**την εργασία αυτή θα γίνει μία προσπάθεια για χρήση εναλλακτικού καυσίμου αντί των κύριων καυσίμων βενζίνης και πετρελαίου. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η κατασκευή υδρογονογεννήτριας, η οποία θα έχει ως παραγωγή αρκετά ικανοποιητικό καύσιμο προκειμένου να καταστεί ως αυτόνομη η

λειτουργία της ΜΕΚ με βασικό καύσιμο το νερό - υδρογόνο. Η προσπάθεια αυτή θα αποτυπωθεί με κατασκευή και μελέτη περίπτωσης.

### 3.1. ΜΕΚ

Η μηχανή εσωτερικής καύσης ΜΕΚ που άλλαξε τον κόσμο, αλλά δεν μπόρεσε ακόμη τουλάχιστον να αλλάξει ριζικά η ίδια, αντιμετωπίζει ένα μεγάλο αντίπαλο, το Καύσιμο. Η Μηχανή εσωτερικής καύσης ή κινητήρας εσωτερικής καύσης ονομάζεται η κινητήρια θερμική μηχανή στην οποία η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό σώμα της ίδιας της μηχανής, εξ ου και η ονομασία της, σε αντίθεση με την ατμομηχανή, (όπου η καύση γίνεται εκτός, στο λέβητα). Οι μηχανές αυτές έχει καθιερωθεί ευρύτερα να αναφέρονται με το κεφαλαιογράμματο αρκτικόλεξο ΜΕΚ. Ως ΜΕΚ θεωρούνται γενικά οι αεριομηχανές, οι βενζινομηχανές, οι πετρελαιομηχανές και οι αεριοστροβίλοι. Για να λειτουργήσει μία μηχανή εσωτερικής καύσεως, χρειάζεται ως κύρια τροφοδοσία το καύσιμο, και το οξυγόνο. Το καύσιμο μπορεί να είναι βενζίνη, πετρέλαιο, ή ακόμα και φυσικό αέριο κίνησης.

Το κόστος των καυσίμων αυξάνεται σε καθημερινή βάση, κάνοντας το κόστος για μετακίνηση αρκετά υψηλό.



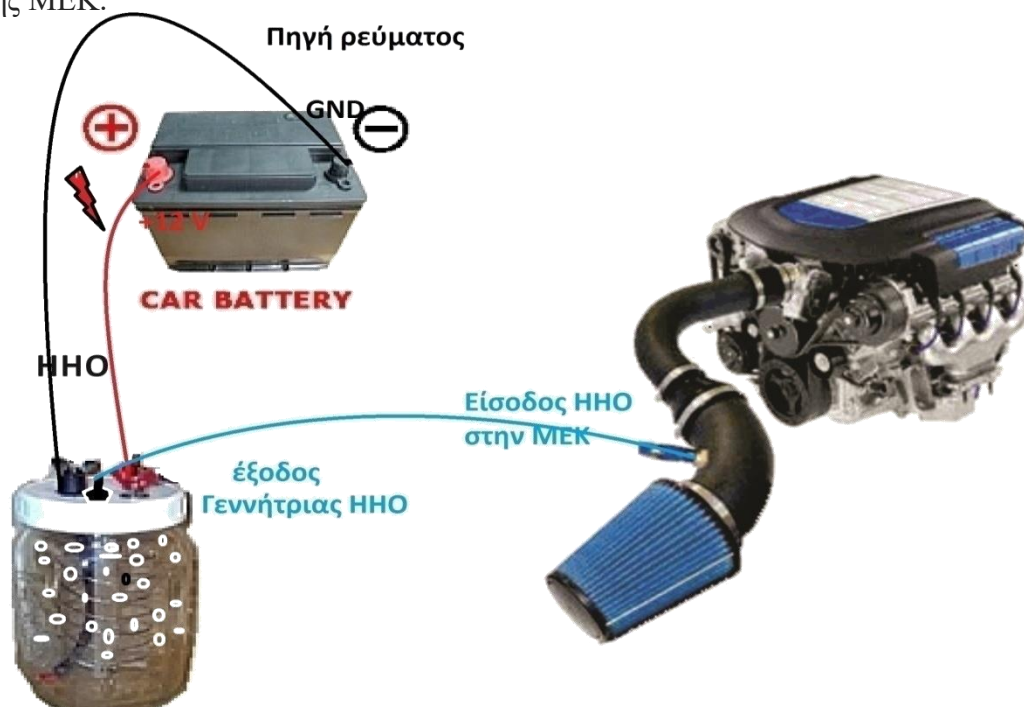
Εικόνα 17.

Επιγραμματικά, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, χρειάζεται τροφοδοσία με καύσιμο και με οξυγόνο έτσι ώστε να γίνει η καύση εντός του θαλάμου καύσης με την χρήση σπινθήρα από το μπουζί. Στο θάλαμο καύσεως, πρέπει να υπάρχει μείγμα ( βενζίνης + οξυγόνου ) αρκετά ικανοποιητικό προκειμένου να υλοποιηθεί η καύση και να απελευθερωθεί ενέργεια που με την σειρά της θα αλλάξει μορφή, από θερμική – δυναμική, θα γίνει κινητική με την βοήθεια στροφαλοφόρων εξαρτημάτων και γραναζιών που βρίσκονται εντός της ΜΕΚ.

Όπως γνωρίζουμε, το υδρογόνο είναι αρκετά εύφλεκτο υλικό και χρησιμοποιείται σε πυραύλους κατά την εκτόξευση.

### 3.1.1. Τροποποίηση ΜΕΚ

Στόχος είναι το υδρογόνο να γίνει το βασικό καύσιμο για την κίνηση. Όπως αναφερθήκαμε στην παραπάνω ενότητα, οι ΜΕΚ χρειάζονται για την λειτουργία τους το μείγμα, το καύσιμο ( βενζίνη ), και τον αέρα – οξυγόνου. Συνδέουμε στην πηγή ρεύματος +12v την γεννήτρια, έπειτα την έξοδο της υδρογονογεννήτριας στην είσοδο της ΜΕΚ.

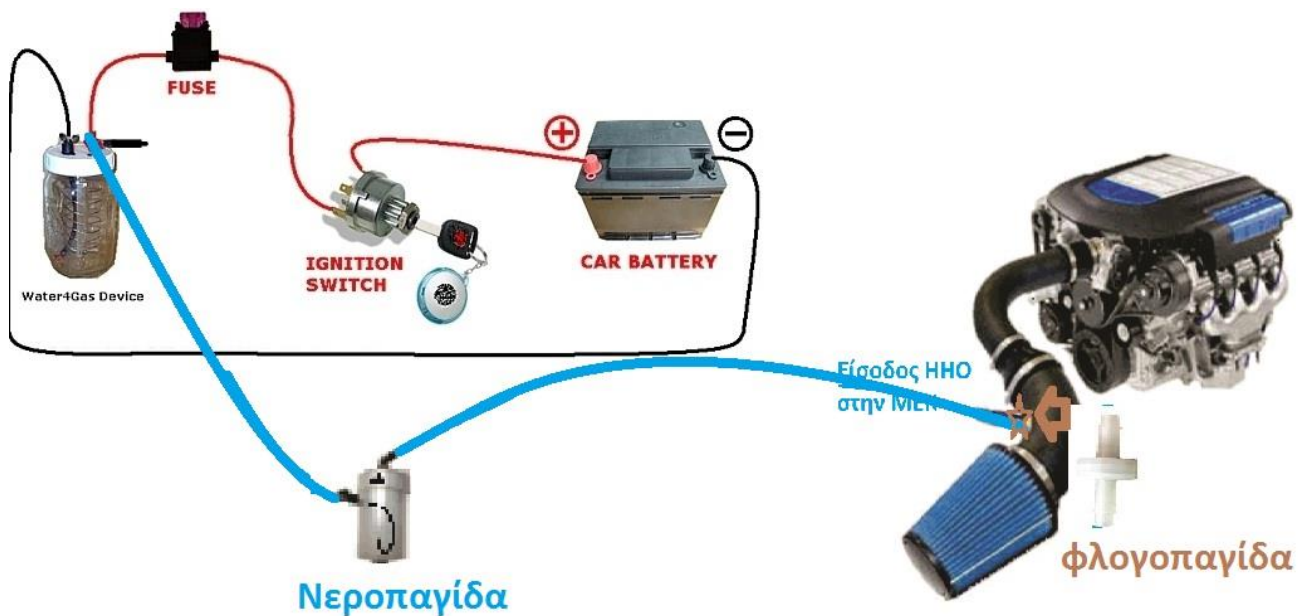


Εικόνα 18.



Έτσι έχουμε ασυλλόγιστη παραγωγή υδρογόνου. Με την χρήση ενός ρελέ – διακόπτη (ανάμεσα στην πηγή και την γεννήτριά) για το πότε θα ενεργοποιείτε η γεννήτρια αλλά και πόσο υδρογόνο θα παράγει με χρήση ενός ροοστάτη PWM, θα μεγιστοποιηθεί η διάρκεια ζωής της. Με την χρήση μίας φλογοπαγίδας και μιας νεροπαγίδας εξασφαλίζεται η καλύτερη ασφάλεια του συστήματος μας αλλά και η δική μας. Συνήθως η νεροπαγίδα τοποθετείται μετά από την έξοδο της γεννήτριας και πριν την είσοδο στην ΜΕΚ. Όσο για την φλογοπαγίδα, τοποθετείται στο σημείο της εισόδου ΜΕΚ. Μπορούμε να τοποθετήσουμε ανάμεσα από την πηγή προς την γεννήτριά μας μία ασφάλεια 30 Αμπέρ έτσι ώστε εάν ξεπεραστεί το φορτίο των 30 Αμπέρ να σταματήσει να λειτουργεί και να αποφευχθούν υψηλές θερμοκρασίες στα καλώδια συνδεσιμότητας και τυχών καταστροφές.

Με αυτές τις απλές διορθώσεις το σύστημά μας γίνεται ποιο αξιόπιστο και ταυτόχρονα ποιο εύχρηστο.



Εικόνα 19.

## 4. Υλικά που Χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή Υδρογονογεννήτριας

### 4.1.1.Εργαλεία

Τα εργαλεία που χρειάστηκαν για να υλοποιηθεί η κατασκευή αναφέρονται πάρα κάτω.

- Κόφτης
- Πένσα
- Σφυρί
- Τανάλια
- Πρέσα
- Τσιμπίδα
- Δράπανο
- Τρυπάνια 4mm, 8,3mm, 6.5mm  
10mm
- Μέγγενη
- Παχύμετρο mm
- Μέτρο
- Κατσαβίδι
- Γαλλικό κλειδί
- Φλόγιστρο
- Τροχός
- Γυαλόχαρτο
- βολτόμετρο

### 4.1.2. Υλικά

Υλικά που χρειάστηκαν για την γεννήτρια υδρογόνου αναφέρονται πάρα κάτω.

- 7 πλάκες Steelness steal ανοξείδωτο ατσάλι – χάλυβας 3,16L 155 x 80 x 2 mm
- 2 Πλαστικές Βίδες 54 x 6 mm με πολύγωνο κεφάλι 10 x 4 mm
- 4 Ατσάλινες Ροδέλες 24 x 1mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 12 mm
- 4 Ατσάλινες Ροδέλες 14 x 1mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 7 mm
- 12 Πλαστικές Ροδέλες 24 x 3mm με εσωτερική διάμετρο 11mm ( αποστάτες μονωτές)
- 2 Ατσάλινες Βίδες 42 x 3 mm με πολύγωνο κεφάλι 5.5 mm
- 6 Ατσάλινες Ροδέλες 18 x 1mm x 5mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 2,5 mm
- 10 Ατσάλινα παξιμάδια πολύγωνα 5.5 mm με εσωτερική διάμετρο 3mm
- 2 κομμάτια ανοξείδωτο ατσάλι 80 x 13x 1 mm
- 2 Ατσάλινες Βίδες 95 x 6mm με πολύγωνο κεφάλι 10 mm
- 10 Ατσάλινα παξιμάδια πολύγωνα 10 mm με εσωτερική διάμετρο 6mm
- 1 Ρουξούνι μεταλλικό 10mm με πολύγωνο κεφάλι 10 mm

- Πλαστικό μπουκάλι 3 lit
- Σιλκόνη
- Μονωτική ταινία
- Δεματικά
- Κόλα PVC
- PVC Φ100 μήκος 25,5cm



Εικόνα 20



Εικόνα 21,



Εικόνα 22



Εικόνα 23

#### 4.1.3. Υλικά για την κατασκευή του συστήματος

Υλικά που χρειάστηκαν για την κατασκευή του ολοκληρωμένου συστήματος προτού την εισαγωγή του καυσίμου στην ΜΕΚ.

- Φλωγοπαγίδα
- 2 ρουξούνια πλαστικά (ακροφύσια)  $\frac{1}{4}$  της ίντσας για την νέροπαγίδα – μπουκάλι.
- Ένα μπιτόνι - μπουκάλι για την νέροπαγίδα
- $\frac{1}{4}$  της ίντσας σωλήνες για την μεταφορά του αερίου.
- 3 συνδετήρες  $\frac{1}{2}$  της ίντσας

- Ποτάσα KOH 1kg.
- 4 λίτρα απιονισμένο νερό.
- Καλώδια 50cm x 2,5mm κόκκινο και μαύρο.

## 4.2. Μετρήσεις όγκων

Γνωρίζουμε ότι τα 2λίτρα = 2000cm<sup>3</sup>.

Βασική μονάδα όγκου στο μετρικό σύστημα. Ένα λίτρο νερού ζυγίζει ένα κιλό.

m<sup>3</sup> =

L

————  
1000.0

### 4.2.1. Χωρητικότητα συνολικών πλακών

Όγκος μίας πλάκας = (15,5cm ύψος \* 8 cm πλάτος \* 0,2 cm) + (2\*5\*0.2)

= 24.8 + 2 = **26.8 cm<sup>3</sup>**

Σύνολο πλακών χωρίς τις οπές = 7 πλάκες \* όγκος μίας πλάκας = **187,6 cm<sup>3</sup>**

Οπή ανά πλάκα ανοξείδωτου **B** 0,8 διάμετρο \* 0,2 διάμετρος \* 2 οπές = **0,32 cm<sup>3</sup>**

Οπή ανά πλάκα ανοξείδωτου **A** 0,3 \* 0,2 = **0,06**

Σύνολο οπών ανά πλάκα 0.32 + 0.06 = **0.38 / πλάκα**

Συνολικό κενό όλων των πλακών = 0,38 \* 7 = **2,66cm<sup>3</sup>**

Άρα ο καθαρός όγκος των συνολικών πλακών είναι : 187,6 - 2,66 = **184,94 cm<sup>3</sup>**

## 4.2.2. Χωρητικότητα βιδών, ροδελών, παξιμαδιών

### 4.2.2.1. Βίδες

$$V_{\text{vides10mm}}(\text{κύλινδρος}) = 3.14 * 0.3 * (5.4 - 4) = 4,71 \text{ cm}^3$$

$$\text{Σύνολο βιδών 10mm}(\text{κύλινδρος}) = 2 * 4,71 = \mathbf{9,42 \text{ cm}^3}$$

$$V_{\text{vides5.5mm}} = (4.1 - 0.3) * 0.3 * 3.14 = 3.57 \text{ cm}^3$$

$$\text{Σύνολο βιδών 5.5mm}(\text{κύλινδρος}) = 2 * 3.57 = \mathbf{7.1 \text{ cm}^3}$$

### 4.2.2.2. Παξιμάδια

Υπολογισμός παξιμαδιών και κεφαλών βιδών.

$$V_{\text{paximadi10mm}} = 0,55 * 1 * 0,3 \text{ cm} = 0.165 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{paxkefvides10mm}} = \mathbf{0.165} * 8 \text{ παξιμάδια} = \mathbf{1.32 \text{ cm}^3}$$

$$V_{\text{paximadia 5.5mm}} = 0.5 * 0.3 * 0.3 = 0.045 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{paxkefvides 5.5mm}} = 0.045 * 10 \text{ παξιμάδια} = \mathbf{0.45 \text{ cm}^3}$$

### 4.2.2.3. Ροδέλες

**Πλαστικές ροδέλες (μονωτές)**

εσωτερική διάμετρος 11mm

εξωτερική διάμετρος 18mm

διάμετρος 3mm

$$\text{ή } \underline{5 \text{ cm} * 0.4 \text{ cm} * 0.3 \text{ cm} = 0,6 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Σύνολο όγκου πλαστικών ροδελών (μονωτές)} = 12 \text{ πλαστικές ροδέλες} * 0,6 = \mathbf{7,2 \text{ cm}^3}$$

**Ατσάλινες ροδέλες**

6 Ατσάλινες Ροδέλες 18 x 1mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 2,5 mm

4 Ατσάλινες Ροδέλες 24 x 1mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 6 mm

4 Ατσάλινες Ροδέλες 14 x 1mm με εσωτερική διάμετρο (οπή) 7 mm

Για τις 6 ατσάλινες ροδέλες συνεπάγεται

$$5\text{cm} \times 0.1\text{cm} \times 0.5\text{cm} = 0.25\text{cm}^3 \times 6 = 1.5\text{cm}^3$$

Στο σύνολο Ατσάλινων ροδελών είναι περίπου =  $8 * 1,5\text{cm}^3 = 12\text{cm}^3$

Άρα ο συνολικός όγκος των εξαρτημάτων μέσα στο δοχείο είναι Περίπου **222,43 cm<sup>3</sup>**

Το ποσό αυτό είναι το άθροισμα όλων των παρακάτω.

καθαρός όγκος των συνολικών πλακών+ Σύνολο βιδών 10mm(κύλινδρος)+ Σύνολο βιδών 5.5mm(κύλινδρος)+ Vραxkefvides10mm+ Σύνολο βιδών 5.5mm(κύλινδρος)+ Σύνολο όγκου πλαστικών ροδελών (μονωτές)+ Σύνολο Ατσάλινων ροδελών  
Περίπου= **184,94 cm<sup>3</sup>+9,42cm<sup>3</sup>+7.1 cm<sup>3</sup>+1.32 cm<sup>3</sup>+0.45 cm<sup>3</sup>+7,2cm<sup>3</sup>+12cm<sup>3</sup>= 222,43 cm<sup>3</sup>**

Ολοκληρώνοντας, Εφόσον υπάρχουν στο δοχείο 2 λίτρα νερό και ηλεκτρολύτη ή μεικτό όγκο 2000cm<sup>3</sup>, ο καθαρός όγκος νερού ή ηλεκτρολύτη αντιστοιχεί περίπου  $2000-222,43=1777,57 \text{ cm}^3$

**Άρα 1,77757 Λίτρα καθαρό νερό και ηλεκτρολύτη.**

Επίσης είναι γνωστό ότι σε ένα μόριο νερού αντιστοιχεί 2 μόρια υδρογόνου και 1 οξυγόνου .

Ας υποθέσουμε ότι σε 1,77757 νερού αντιστοιχεί 3,55514 λίτρα υδρογόνου και 1,77757 οξυγόνο γιατί :

$$1,77757 * 2 \text{ υδρ} = 3,55514 \text{ λίτρα υδρογόνο και } 1,77757 \text{ οξυγόνο.}$$

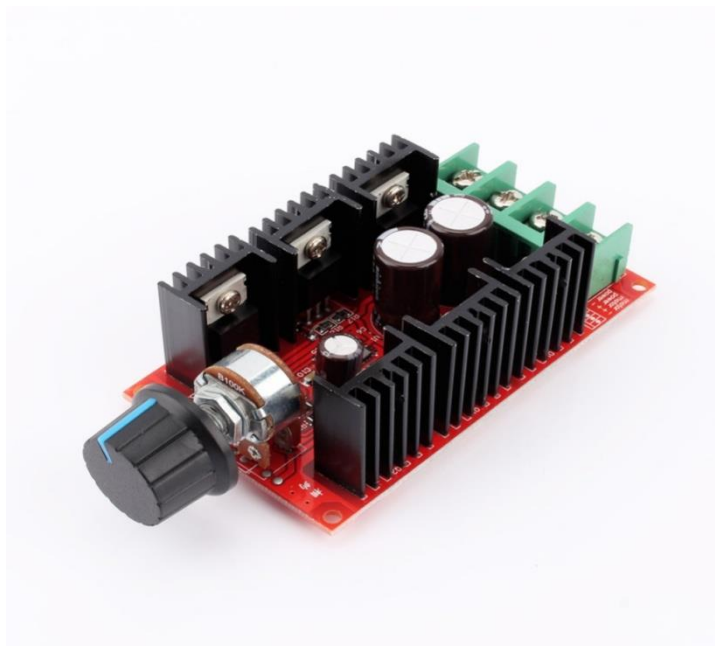
Επειδή είναι αέριο μετριέται σε όγκο ΑΡΑ **3555,14 cm<sup>3</sup>**  
ή 3,55514 m<sup>3</sup>

Επίσης σύμφωνα με την αναλογία ηλεκτρολύτη 3% **30gm** ανά λίτρο νερού, στα 1,78 λίτρα νερού χρειαζόμαστε περίπου **53,5** γραμμάρια καθαρής ποτάσας (potassium ) ΚΟΗ.

### 4.2.3. Ηλεκτρονικός Παλμικός Έλεγχος 30ah-12v Γεννήτριας Υδρογόνου

Μία συμβατική απλή λύση, είναι η χρήση μίας PWM με παλμικό έλεγχο 30ah-12v. Ένα από τα βασικά και πιο σημαντικά προϊόντα για ένα αξιόπιστο σύστημα ΗΗΟ είναι το PWM (Pulse διαμορφωτής Πλάτους). Αυτό το μικρό ηλεκτρονικό κύκλωμα βρίσκεται στο σε ένα κουτί ελέγχου και παρακολουθεί τους ηλεκτρικούς παλμούς που ρέουν σε όλο το σύστημα και ρυθμίζει τη ροή έτσι ώστε να διατηρεί την καλύτερη δυνατή παραγωγή υδρογόνου από τη γεννήτρια.

Στην λειτουργία της γεννήτριας ΗΗΟ χρειάζεται ένα Pulse Width Modulator (PWM) έτσι ώστε να μπορεί να ελεγχτεί καλύτερα η ένταση και η πρόληψη του συστήματός από την υπερθέρμανση με αποτέλεσμα την μέγιστη παραγωγή ΗΗΟ.



Εικόνα 24.

Η μονάδα αυτή μπορεί να χρησιμοποιεί ένα αυτόνομο ανεμιστήρα ψύξης για να κρατήσει την ψήκτρα και τη μονάδα δροσερή κατά τη χρήση.

Η διαμόρφωσης πλάτους, είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών με την χρήση παλμών. Το PWM, όπως ισχύει για τον έλεγχο ΗΗΟ γεννήτριες, είναι ένας τρόπος για να αποδώσουν την ενέργειά από μια διαδοχική σειρά παλμών, αλλάζοντας τη συχνότητα όποτε χρειαστεί, και όχι

συνεχώς.

Στην ουσία επιτρέπει τον έλεγχο της έντασης του προτού εισέλθει το σήμα στην γεννήτρια με έναν πολύ εύκολο τρόπο.

Πρέπει να Αναφερθεί ότι η κύρια δυνατότητα είναι να διατηρεί την γεννήτρια σε χαμηλές θερμοκρασίες και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής της, ενώ αυξάνεται η παραγωγή του ΗΗΟ.

Το PWM είναι ένα από τα πιο σημαντικά εξαρτήματα για την παραγωγή του ΗΗΟ.

### Τεχνικές προδιαγραφές του PWM

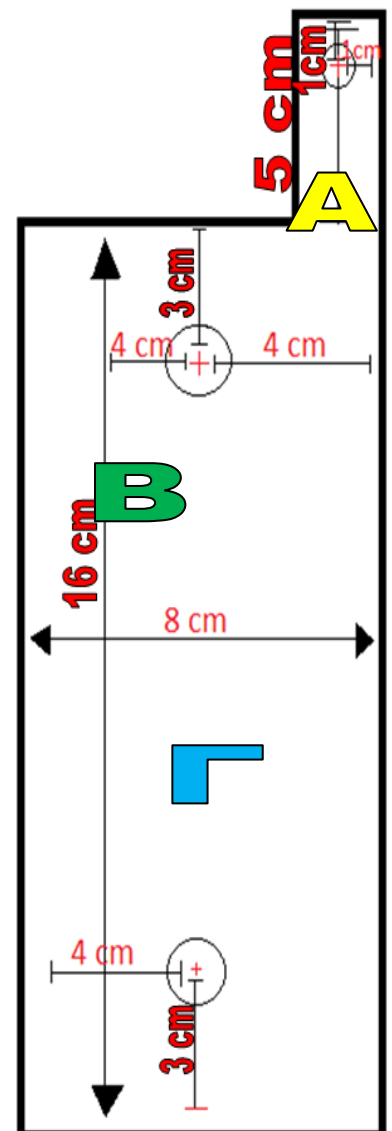
- Τροφοδοσία: 12/24 VDC (jumper για την επιλογή της τάσης λειτουργίας)
- Ψήκτρα + τρανζίστορ : LM324 και P80NF5 MOSFET
- Φορτίο τάσης: 12/24 VDC / από 0,2 έως 30A
- Έξοδος: Ελεγχόμενη γεννήτρια ΗΗΟ με διαμόρφωσης πλάτους
- Περιοχή κάλυψης από : 0 - 100%
- Διαστάσεις: 85 x 45 x 32 mm

## 5. Υλοποίηση

**Κ**ατά το στάδιο της υλοποίησης, θα αναφερθούν τα στάδια κατασκευής της γεννήτριας υδρογόνου.

### Στάδιο κατασκευής πλακών

Όπως προαναφερθήκαμε, θα χρησιμοποιηθούν 7 πλάκες ανοξείδωτο ατσάλι 3,16L με διαστάσεις 16x8cm και διάμετρος 1mm. Κατά την κοπή της πλάκας αφήνουμε στο πάνω μέρος δεξιά μία προέκταση περίπου 5cm μήκους και πλάτος 2 cm. Αυτή η προεξοχή θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να συνδεθούν οι πλάκες μεταξύ τους. Η κάθε πλάκα χαρακτηρίζεται ως ζυγή ή μονή. Στις μονές πλάκες θα συνδεθεί η κάθοδος (-) ενώ στις ζυγές συνδέεται η άνοδος (+)





). Ανάμεσα στις πλάκες υπάρχει κενό όπου θα εισχωρήσει ο ηλεκτρολύτης έτσι ώστε να γίνει η ηλεκτρόλυση.

Εικόνα25.

Στην συνέχεια δημιουργούνται οπές. οι οπές που δημιουργήθηκαν είναι για τις βίδες



που θα στηρίζουν τις πλάκες εντός του σωλήνα PVC. Οι βίδες είναι από ανοξείδωτο ατσάλι εκτός από τις δύο κεντρικές, οι οποίες αποτελούνται από πλαστικό μονωτή για να μην κάνουν επαφή όλες οι πλάκες μεταξύ τους. Έγιναν τρεις οπές σε κάθε πλάκα στα σημεία ( **A** **B** **Γ** ) όπως διακρίνεται στην παραπάνω εικόνα.

Εικόνα 26.



Πρέπει να σημειωθεί ότι για να γίνουν οι οπές τηρήθηκαν όλοι οι ασφαλείς κανόνες γυαλιά, γάντια, υποδήματα κλπ, διότι υπάρχει υψηλός κίνδυνος τραυματισμού από τα θραύσματα που δημιουργούνται κατά την κοπή. Το τρυπάνι που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου κοβαλτίου, και έχει διάσταση 10mm x 70mm και είναι ενδείκνυται για αυτές τις εργασίες.

Εικόνα 27.



Εικόνα 28.



Εικόνα 29.



Εικόνα30.



Εικόνα31

Στην επόμενη φάση κατασκευής, τοποθετήθηκαν οι πλάκες αντίθετα. Δηλαδή, ο σύνδεσμος των μονών πλακών 1,3,5,7, τοποθετήθηκε κατά δεξιά ενώ ο σύνδεσμος των ζυγών πλακών 2,4,6, τοποθετήθηκε από τα αριστερά. Ο λόγος που υλοποιήθηκε έτσι η κατασκευή είναι για την ευκολότερη ταξινόμηση καθώς και χωρισμό των μονών πλακών από τις ζυγές. Επίσης ανάμεσα στις πλάκες τοποθετήθηκαν ροδέλες από πλαστικό προκειμένου να μην υπάρξει επαφή των μονών με των ζυγών. Επίσης στις παρακάτω εικόνες διακρίνονται οι πλαστικές βίδες που διαπερνούν τα σημεία Β και Γ.



Εικόνα32.



Εικόνα33



Εικόνα34.



Εικόνα 35.

Τέλος, στην έβδομη και τελευταία πλάκα τοποθετούνται σε κάθε βίδα δύο ροδέλες ατσάλινες και ένα παξιμάδι 10mm ίσο με

την διάσταση της βίδας.

Στην συνέχεια, δημιουργούμε την σύνδεση των μονών πλακών και των ζυγών με την χρήση ατσάλινης βίδας σε κάθε πλευρά αντίστοιχα.

Προσοχή, υπάρχει πιθανότητα σπινθηρισμού και ανάφλεξης του καυσίμου εντός της γεννήτριας εάν οι αποστάσεις μεταξύ των πλακών είναι πάρα πολύ μικρές και η ένταση της πηγής είναι αρκετά μεγάλη πχ 50 αμπέρ καθώς και οι τροφοδότες δεν είναι σταθεροί και παράγουν σπινθήρες

Εάν υπάρξει τέτοιο φαινόμενο υπάρχει πιθανότητα **ΣΟΒΑΡΟΥ** τραυματισμού διότι οι πλάκες είναι αρκετά σκληρές και εάν γίνει έκρηξη εντός της γεννήτριας, τότε η γεννήτρια θα λειτουργήσει ως χειροβομβίδα.



Εικόνα36.

## Στάδιο κατασκευής σωλήνα PVC

Σε αυτό το στάδιο, γίνεται η κατασκευή του εξωτερικού περιβλήματος της γεννήτριας. Ο στόχος μας είναι η συγκομιδή του υδρογόνου μετά από την ηλεκτρόλυση του νερού. Γι αυτό δεν πρέπει να έχουμε απώλειες. Πρέπει όλα τα μέρη των ενώσεων να είναι πλήρως στεγανά καθώς και να μην υπάρξουν διαρροές στο σύστημα. Οι διαρροές στο σύστημα μπορεί να μας οδηγήσουν σε καταστροφή αλλά και σε τραυματισμό . σύμφωνα με τον τύπο όγκο του κυλίνδρου, Όγκος κυλίνδρου  $(V)=\pi \cdot r^2 \cdot h$  υπολογίζεται περίπου στα 2 λίτρα νερού μαζί με τον ηλεκτρολύτη. Αρα:

D= Η διάμετρος του σωλήνα είναι 10 cm ,

r= η ακτίνα είναι  $D/2=5$  cm έτσι έχουμε,  $V=3,14 \cdot 25,5 \text{cm}^2 \cdot 5 \text{cm} =$   
 $\Rightarrow V=2000.02 \text{cm}^3$ .

Με την χρήση κοπτικών εργαλείων κόβουμε στην διάσταση που υπολογίσαμε. Κόβουμε τον σωλήνα περίπου 25,5 cm



Εικόνα 37.

Στην συνέχεια τοποθετούμε στην μία άκρη του σωλήνα την μία τάπα με χρήση γυαλόχαρτου, φλόγιστρου, και κόλας PVC.



Εικόνα 38.

Έπειτα , προσαρμόζουμε ανάλογα την τάπα ανεφοδιασμού με το σύνολο των πλακών. Χρησιμοποιούμε μία λεπτή βέργα ατσάλι με διάσταση 0.5mm x 2mm x 5mm για να προσαρμόσουμε τα άκρα της τροφοδοσίας μας έξω από το καπάκι ανεφοδιασμού. Και με την χρήση δύο ατσάλινων βιδών η κάθε μία είναι συνδεδεμένη με την ανάλογη λεπτή βέργα όπου και αυτή με την σειρά της είναι συνδεδεμένη με τις ανάλογες πλάκες. Στο καπάκι τροφοδοσίας έγιναν μικρές οπές έτσι ώστε να « τραβηχτούν προς τα έξω » οι δύο βίδες. Στις οπές που δημιουργήσαμε, τοποθετήθηκαν 4 συνολικά πλαστικές ροδέλες και 4 ατσάλινες πίσω από αυτές, όπου σφίγγονται με 4 βίδες. Δύο από μέσα και δύο από έξω.

Εικόνα39.





Κατά την ολοκλήρωση, τοποθετούμε στο εσωτερικό του άδειου σωλήνα το σύνολο των πλακών και εφαρμόζουμε με δύναμη την κόλα ώσπου να ενθυλακωθεί το καπάκι με τις πλάκες στον άδειο σωλήνα.



Εικόνα 40.

Ολοκληρώνοντας, στο καπάκι τροφοδοσίας, το οποίο λειτουργεί ως βίδα, προσαρμόζουμε προσεκτικά το ρουξούνι  $\frac{1}{4}$  της ίντσας, και με την χρήση της κόλας PVC στεγανοποιούμε προσεκτικά. Προσαρμόζουμε πάνω σε αυτό το αντίστοιχο λάστιχο με .



Εικόνα42.

## Καλώδια

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι ανάλογα με το φορτίο που θα χρησιμοποιήσει η γεννήτρια. Για παράδειγμα με φορτίο 12V, 1,5A τα καλώδια τροφοδότησης από την πηγή στην γεννήτρια πρέπει να είναι τάξεως 1,5 mm πάχους και πολύκλινα . Εάν τα ίδια καλώδια χρησιμοποιηθούν κατά την χρήση της γεννήτριας όταν το φορτίο από την πηγή είναι μεγαλύτερο, υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της πηγής, της γεννήτριας, από την αλλοίωση των καλωδίων από υψηλή θερμοκρασία (διότι υπάρχει μεγάλη κινητικότητα των ηλεκτρονίων μέσα στο μέσο), αλλά και σοβαρός κίνδυνος ατυχήματος και τραυματισμού. Γι αυτό

Φορτίο – ένταση πηγής	Ποσότητα καλωδίων	Ελάχιστη διάμετρος καλωδίου	Μέγιστο μήκος	Τύπος καλωδίων
<b>0,1-0,5 A</b>	1	>1 mm	2μ	Πολύκλινα καλώδια τύπου NYAF
<b>0,5-5 A</b>	>1	>1.5mm		
<b>5-10 A</b>	>1	>2.5mm		
<b>10-20 A</b>	>1	>4.5mm		
<b>20-30 A</b>	>1	>6mm		
<b>30-40 A</b>	>1	>8mm		
<b>40-60 A</b>	>1	>10mm		
Πίνακας 4				



Εικόνα 43

## 6. Υπολογισμοί

Για να υπολογισθεί η ισχύς Watt που χρειάζεται για να παραχθεί ανά λίτρο υδρογόνου ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα.

### Βήμα πρώτο :

Παίρνουμε δείγμα με βάση τον χρόνο 1 λεπτό ή παίρνουμε δείγμα τον χρόνο με βάση 1 λίτρο.

Π.χ 13,3sec δαπανήθηκαν προκειμένου να παραχθούν **1 λίτρο( m<sup>3</sup>) υδρογόνου** ή σε **60 sec** χρειάστηκαν για να παραχθούν 0,8 λίτρα υδρογόνο

### Βήμα δεύτερο:

χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο.

Η βιομηχανία χρησιμοποιεί μια φόρμουλα που δίνει ένα βιομηχανικό πρότυπο για τη μέτρηση της απόδοσης της συσκευής σας HHO. Η Formula είναι MMW (κυβικά εκατοστά ανά λεπτό ανά Watt)

$$M = \text{cm}^3$$

$$T = \text{seconds}$$

$$W = \text{Watts}$$

$$A = \text{Amp}$$

$$V = \text{Volts}$$

$$\text{MMW} = M \times 60 / (T \times A \times V)$$



Επίσης, σύμφωνα με την αντιστοιχία 1 προς 3 , 1 μόριο υδρογόνου αντιστοιχεί με 3 της βενζίνης κατά την σκάση- καύση. Έτσι σε 1 λεπτό όπου η Υδρογόνο-γεννήτρια παράγει 0,8 λίτρα υδρογόνο είναι σαν να παράγει 2,4 λίτρα βενζίνης.

### 6.1. Μετρήσεις από την γεννήτρια

Πρέπει να αναφερθεί ότι τα δείγματα λήφθηκαν μέσα σε νερό.

Για την λήψη του δείγματος ανά χρόνο χρησιμοποιήθηκε ένα μπουκάλι με χωρητικότητα περίπου 0.5lit.

Η δειγματοληψία έγινε ως εξής:

- A. Γεμίσαμε μία λεκάνη με νερό περίπου 7 λίτρα χωρητικότητα.
- B. Βυθίσαμε το μπουκάλι μέσα στην λεκάνη έτσι ώστε να έρθει σε πληρότητα.
- C. Ενεργοποιήσαμε την γεννήτρια, και με την βοήθεια ενός σωλήνα, τοποθετήσαμε το ακροφύσιο της εξαγωγής της γεννήτριας εντός της λεκάνης.






Εικόνα44.

Με την βοήθεια του μπουκαλιού και του σωλήνα, τοποθετήσαμε στο στόμιο του μπουκαλιού τον σωλήνα. Το μπουκάλι πρέπει να βρίσκεται σε ανάποδη όρθια στάση έτσι ώστε κατά την παραγωγή του υδρογόνου (αέριο) οι φυσαλίδες οδηγούνται προς τα επάνω, στον πάτο του μπουκαλιού που βρίσκεται στην πάνω πλευρά της στάθμης του νερού. Έτσι, πιέζεται το νερό που υπάρχει εντός του μπουκαλιού και οδηγείται κατά την έξοδο και το μπουκάλι γεμίζει με αέριο.

D. Ο χρόνος που δαπανήθηκε για να γεμίσει το μπουκάλι με αέριο είναι το μέτρο μας.

## 6.2. Τροφοδοσία και δείγματα

Με την βοήθεια των καλωδίων, και ενός συμβατικού τροφοδοτικού από υπολογιστή 500watt, όπου ο παρακάτω πίνακας αναφέρει τον χρωματικό κώδικα των καλωδίων, την τάσης και την ισχύ σε κάθε περίπτωση, τροφοδοτήθηκε η γεννήτρια κατάλληλα κατά περιπτώσεις.

DEER									
MODEL:DR-8500BTX (MAX 500W)									
AC~ INPUT	VOLTAGE			CURRENT			FREQUENCY		
	115V~ 230V~			10A 6A			60~50Hz		
DC OUTPUT	+3.3V	+5V	+12V1	+12V2	-12V	+5VSB	BLK	GRN	GRY
	22A	16A	15A	16A	0.8A	2.5A	COM	PS-ON	P.G.
MAX.	130W		180W	192W	9.6W	12.5W	TOTAL OUTPUT 500W		
	480W								
CAUTION:HAZARDOUS AREA DO NOT REMOVE THIS COVER! SELECT THE RIGHT VOLTAGE!									
  									
43236 DE133XD									

Εικόνα45.



Υδρογόνο-γεννήτρια 2 lit με χρήση 7 ανοξειδωτων πλακών 3,16L με διαστάσεις 15cm\*8cm\*2mm και 3% KOH

Εικόνα46.

## Υδρογόνο-γεννήτρια A

A	Χρώμα καλωδίου	Τάση	Ισχύ	Χρόνος	Άντληση υδρογόνου	Κατάσταση HHO
	<b>Μαύρο</b>	GND	GND	GND	GND	GND
	<b>Πορτοκαλί</b>	+3,3V	22A	210sec	0.5lit	Χαμηλή θερμοκρασία και μικρή παραγωγή
	<b>Κόκκινο</b>	+5V	16A	129sec	0.5lit	Ισορροπημένη θερμοκρασία μέτρια παραγωγή
	<b>Κίτρινο</b>	+12V	15A	59sec	0.5lit	Υψηλή θερμοκρασία μετά από την λειτουργία 5 λεπτών
	<b>Μπαταρία αυτοκινήτου</b>	+12V	45A	<b>28sec</b>	0.5lit	Υψηλή θερμοκρασία με αποτέλεσμα την καταστροφή των καλωδίων κατά την χρήση της γεννήτριας κατά τα 10 πρώτα δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5.

Οι μετρήσεις έγιναν κάτω από υψηλή ασφάλεια, με ίδιο ποσοστό διαλύματος καθώς και από την ίδια πηγή τροφοδοσίας.

Η ισχύ στην περίπτωση A με τροφοδοσία κατάλληλη για +5V, 16A, και για 0,5 λίτρο υδρογόνο χρειάζεται περίπου 129 sec. Με την χρήση του εμπειρικού τύπου

$$MMW = M \times 60 / (T \times A \times V)$$

$$\text{MMW}=500*60/(129*5*16)=30000/10320=\mathbf{2.90\text{Watt/Min}}$$

### **ΠΡΟΣΟΧΗ!**

Η υψηλή τροφοδοσία σε ένταση (Amber) έχει ως αποτέλεσμα την γρηγορότερη κινητικότητα των ηλεκτρονίων όπου αυτό επιφέρει ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας. Με την σειρά του έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των καλωδίων ( φωτιά ) και την καταστροφή της γεννήτριας. Με την χρήση ενός κατάλληλου PWM τα προβλήματα αυτά διορθώνονται.

Πήραμε μετρήσεις με την χρήση πηγής (μπαταρία αυτοκινήτου 12V 45Ah) και χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια υλικά.

$$\text{MMW}=M \times 60/(T \times A \times V)$$

$$\text{MMW}=500*60/(28*12*45)=30000/15120=\mathbf{1,98\text{Watt/Min}}$$

Δηλαδή για την παραγωγή 1 λίτρου υδρογόνου θα χρειαστούν περίπου 56 δευτερόλεπτα και **3,97 Watt/ Min**

Η κατανάλωση ανά ώρα ανέρχεται περίπου στα **238 Watt/h**

## Υδρογόνο-γεννήτρια B

Υδρογόνο-γεννήτρια 0.5 lit με χρήση 7 ανοξείδωτων πλακών 3,14L με διαστάσεις 7cm\*4cm\*0,5mm και 3% KOH

<b>B</b>	Χρώμα καλωδίου	Τάση	Ισχύ	Χρόνος	Άντληση υδρογόνου	Κατάσταση HHO
	<b>Μαύρο</b>	GND	GND	GND	GND	GND
	<b>Πορτοκαλί</b>	+3,3V	22A	260sec	0.5lit	Χαμηλή θερμοκρασία και μικρή παραγωγή
	<b>Κόκκινο</b>	+5V	16A	145sec	0.5lit	Ισορροπημένη θερμοκρασία μέτρια παραγωγή
	<b>Κίτρινο</b>	+12V	15A	2 Min	0.5lit	Υψηλή θερμοκρασία μετά από την λειτουργία 2 λεπτών

Πίνακας 6.



Εικόνα 47

Η ισχύ στην περίπτωση **B** με τροφοδοσία κατάλληλη για +5V, 16A, έχουμε τα αποτελέσματα που είναι τα εξής:  
145sec = 0.5 lit

$$MMW = M \times 60 / (T \times A \times V)$$

Άρα:

$$MMW = 500 \times 60 / (145 \times 16 \times 5) = 30000 / 11600 = \mathbf{2,58 \text{ Watt/Min}}$$

## Υδρογόνο-γεννήτρια Γ

Υδρογονογεννητρια 0,250 lit με χρήση 9 ανοξειδωτων πλακών εκ των οποίων 2 με διάσταση 7cm x 4cm x 0.5mm και υπόλοιπες 8 4cmx4cmx0.5mm και 3% KOH

Γ	Χρώμα καλωδίου	Τάση	Ισχύ	Χρόνος	Αντληση υδρογόνου	Κατάσταση ΗΗΟ
	<b>Μαύρο</b>	GND	GND	GND	GND	GND
	<b>Πορτοκαλί</b>	+3,3V	22A	420sec	0.5lit	Χαμηλή θερμοκρασία και μικρή παραγωγή
	<b>Κόκκινο</b>	+5V	16A	240 sec	0.5lit	Ισορροπημένη θερμοκρασία μέτρια παραγωγή
	<b>Κίτρινο</b>	+12V	15A	148sec	0.5lit	Υψηλή θερμοκρασία μετά από την λειτουργία 2 λεπτών

Πίνακας 7.



Η ισχύ στην περίπτωση Γ με τροφοδοσία κατάλληλη για +5V, 16A, και για 0,5 λίτρο υδρογόνο χρειάζεται περίπου 240 sec. Με την χρήση του εμπειρικού τύπου,

$$MMW = M \times 60 / (T \times A \times V)$$

Άρα:  $MMW = 500 \times 60 / (240 \times 16 \times 5) = 30000 / 19200 = 2,56 \text{ Watt/Min}$

Εικόνα48



### 6.3. Συμπεράσματα – Μελλοντικές κατευθύνσεις

Ολοκληρώνοντας αυτή την εργασία, θα ήθελα να εκφράσω τους προβληματισμούς μου σχετικά με την λειτουργία του ΗΗΟ. Σύμφωνα με την θεωρία αλλά και με την πράξη καταφέραμε να δούμε την διάσπαση του υδρογόνου μέσα από ένα πείραμα. Ο στόχος αυτής της εργασίας δεν είναι να αποδειχτεί ένα απλό πείραμα διάσπασης του μορίου του νερού, αλλά ο σκοπός είναι να αποδειχτεί ότι με λίγη τροποποίηση στην κατασκευή και στην σχεδίαση της γεννήτριας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόνομη παραγωγή καυσίμου αποφεύγοντας εντελώς τα συμβατικά καύσιμα, βενζίνη υγραέριο, πετρέλαιο κλπ. Επίσης είναι η αρχή για την δημιουργία μιας νέας εποχής με χρήση νέων εναλλακτικών καυσίμων. Βασικό πρόβλημα είναι η διαχείριση της γεννήτριας όπου με την χρήση ενός μικροελεγκτή μπορούμε να διαχειριστούμε με απόλυτο έλεγχο της παραγωγής κατά την έξοδο. Για παράδειγμα ανάλογα με τις ανάγκες κατά την είσοδο στην ΜΕΚ, το αυτόματο σύστημα θα λαμβάνει τιμές από την έξοδο της ΜΕΚ με την χρήση ενός αισθητήρα και θα προσαρμόζει κατάλληλα την γεννήτρια μας. Δηλαδή θα προσαρμόζει ανάλογα την τάση, την ένταση, αλλά και το σήμα πλάτους.

Αναπόσπαστο κομμάτι που δεν πρέπει να παραληφθεί είναι η ενθουλάκωση με άλλες πηγές συγκομιδής ενέργειας όπως για παράδειγμα με την χρήση ηλιακών πάνελ και την αποθήκευση της ενέργειας σε συσσωρευτές, όπου με την σειρά τους θα τροφοδοτήσουν το σύστημα για την αρχή της ηλεκτρόλυσης και το ξεκίνημα της ΜΕΚ, όπου κι αυτό με την σειρά του θα ξανά τροφοδοτεί την γεννήτρια ΗΗΟ και τον συσσωρευτή με τάση. Και έτσι ο φαύλος κύκλος δεν σταματά. Τέλος οι εφαρμογές της υδρογεννήτριας με χρήση μηχανές εσωτερικής καύσης θα μπορούσε να παραχθεί ενέργεια όχι μόνο για κίνηση αλλά και για θερμότητα κλπ. Με μία μικρή τροποποίηση του συστήματος τροφοδότησης σε συστήματα όπως για παράδειγμα φούρνους, καλοριφέρ, ΜΕΚ κλπ. Το υδρογόνο θα μπορούσε να είναι η εναλλακτική ενέργεια του μέλλοντος.

Συνοψίζοντας θα κάνω ένα απλό υπολογισμό.

Για 0,5 λίτρα παραγωγή υδρογόνου χρειάζεται 129 δευτερόλεπτα δηλαδή περίπου 2 λεπτά,

άρα: 0,25 λίτρα ανά λεπτό.

Σε 1 ώρα θα παραχθούν 2,5 λίτρα υδρογόνο. Γνωρίζουμε ότι η ενεργειακή του απόδοση σε σχέση με την βενζίνη είναι 1 προς 3, άρα  $2,5 \cdot 3 = 7,5$  λίτρα βενζίνη το κόστος της βενζίνης στις 7/2/2017 είναι 1,60 €/lit δηλαδή  $1,6 \cdot 7,5 =$  **12 €**

Καταναλώσαμε  $2,90 \text{ watt/min} \cdot 60 \text{ min} =$  **174 watt/h**

Σύμφωνα με το τιμολόγιο της ΔΕΗ Αν η κατανάλωση είναι 0 έως 800 kWh ανά τετράμηνο: κοστολογείται με 0,076€/ Kw άρα  $1 \text{ Kw} = 0,076€$

Άρα:  $1000 \text{ watt} = 0,076€$

$1000x = 0,076 \cdot 174$

**$1000x = 13.224$**

**$X = 13.224 / 1000 = 0.013 €$**

**Αξίζει ο κόπος ;**



Εικόνα 49

## 7. Βιβλιογραφία/References

- <http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/energy-harvesting-power-conversion.html>
- [http://www.icte.uowm.gr/uploads/thesis/diplom\\_ilioudis\\_final.pdf](http://www.icte.uowm.gr/uploads/thesis/diplom_ilioudis_final.pdf)
- <http://dias.library.tuc.gr/view/13187>
- [file:///C:/Users/dr%20h@ck/Downloads/Sygomidi\\_energeias\\_apo\\_radiosyxnotites\\_me\\_skopo\\_tin\\_trofodotisi\\_aishtitirwn\\_kai\\_ilektronikwn\\_syskeywn\\_xamilis\\_isxyos.pdf](file:///C:/Users/dr%20h@ck/Downloads/Sygomidi_energeias_apo_radiosyxnotites_me_skopo_tin_trofodotisi_aishtitirwn_kai_ilektronikwn_syskeywn_xamilis_isxyos.pdf)
- <http://www.naftemporiki.gr/story/917014/texnito-dentro-pou-sullegei-energeia-apo-to-periballon>
- <http://www.naftemporiki.gr/story/917014/texnito-dentro-pou-sullegei-energeia-apo-to-periballon>
- [http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/lesson06\\_0.pdf](http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/lesson06_0.pdf)
- <https://www.thelab.gr/forums/topic/78171-pwm-fans/>
- <https://www.smart-cover.gr/ilektronikos-palmikos-elegxos-30ah-systima-ydrogonou-p-390.html>
- <https://www.smart-cover.gr/images/PULSE%20WIDTH%20MODULATOR.PDF>
- <http://coolweb.gr/oksygono-ydrogono-nero-kaigetai/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρόλυση>
- [https://el.wikipedia.org/wiki/Υδροξείδιο\\_του\\_καλίου](https://el.wikipedia.org/wiki/Υδροξείδιο_του_καλίου)
- <https://www.gpeppas.gr/4x4/ydrogonokinisi.html>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Stainless\\_steel](https://en.wikipedia.org/wiki/Stainless_steel)
- <http://ti-einai.gr/anokseidoto-atsali/>
- [https://el.wikipedia.org/wiki/Ανοξείδωτος\\_χάλυβας](https://el.wikipedia.org/wiki/Ανοξείδωτος_χάλυβας)
- <http://www.certh.gr/dat/853831DE/file.pdf>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_piston](https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_piston)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Adiabatic\\_index](https://en.wikipedia.org/wiki/Adiabatic_index)
- <http://mb-soft.com/public2/hydrogen.html>
- [https://el.wikipedia.org/wiki/Αιολική\\_ενέργεια](https://el.wikipedia.org/wiki/Αιολική_ενέργεια)
- <http://users.sch.gr/xbalasi/electrochem/sect04/page4410.html>
- [http://users.sch.gr/imarinakis/energy\\_hydrogen.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/energy_hydrogen.htm)
- [http://www.apolotech.us/HHO\\_system.html](http://www.apolotech.us/HHO_system.html)
- <http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2010-2011/ErgasiesAtaxi-2010/MHXANESathanasiou-marinov.htm>
- <http://www.helppost.gr/ypologismos/parallilepipedo-ogkos/>
- [http://www.mykosmos.gr/loc\\_mk/metatropeas-ogkou.asp#volcalc](http://www.mykosmos.gr/loc_mk/metatropeas-ogkou.asp#volcalc)
- <http://docplayer.gr/103276-O-pio-exeligmenos-rythmistis-reymatos-gennitron-ydrogonoy-tis-agoras.html>
- [http://www.apolotech.us/HHO\\_system.html](http://www.apolotech.us/HHO_system.html)
- <http://docplayer.gr/103276-O-pio-exeligmenos-rythmistis-reymatos-gennitron-ydrogonoy-tis-agoras.html>
- [http://users.sch.gr/imarinakis/energy\\_hydrogen.htm](http://users.sch.gr/imarinakis/energy_hydrogen.htm)
- <http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/6839/1/STEF552003.pdf>
- «Fuel Cell Systems Explained»  
James Larminie, Andrew Dicks
- [www.hy2.gr](http://www.hy2.gr)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.physics4u.gr](http://www.physics4u.gr)
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016815001714>
- [http://www.hydrogen.gr/Υδρογόνο\\_H2](http://www.hydrogen.gr/Υδρογόνο_H2)
- <http://home.people.net.au/~chrifo/free/>
- <http://www.fuelcells.org.au/cluster.htm>