



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΑΙ ΔΟΥΦΟΡΙΚΕΣ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Εισηγητής: Ευάγγελος Στρομπούλας (2006018)  
Επιβλέπων: Ευστάθιος Σταθόπουλος**

**2011**

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....

## Κεφάλαιο 1 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και Φωτοβολταϊκά συστήματα

- 1.1 Ιστορική αναδρομή.....
- 1.2 Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.....
- 1.3 Η υπόθεση του Einstein.....
- 1.4 Οι Νόμοι του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.....
- 1.5 Η σχέση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου με το φωτοβολταϊκό σύστημα.....
- 1.6 Το φωτοβολταϊκό σύστημα.....
- 1.7 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....
- 1.8 Πού μπορεί να εγκατασταθεί ένα Φ/Σ.....
- 1.9 Παράγοντες που συντελούν στην ανάπτυξη Φ/Β σταθμών και πάρκων στην Ελλάδα.....
- 1.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Φ/Σ.....

## Κεφάλαιο 2 Gps και Δορυφόροι

- 2.1 Ηλιακής ενέργειας δορυφόροι.....
- 2.2 Δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GPS).....
- 2.3 Η ιστορία του GPS.....
- 2.4 Περιγραφή συστήματος.....

2.5	Τρόπος λειτουργίας.....
	Τριγωνισμός.....
	Εφαρμογές.....
	Απόσταση από ένα σημείο μετρώντας δύο σταθερές γωνίες.....
2.6	Δορυφόρος.....
	DGPS.....
	WAAS.....
	EGNOS – Galileo.....
2.7	Λειτουργία του δέκτη από τον χρήστη.....
2.8	Λειτουργία λογισμικού χαρτογράφησης.....
2.9	Ακρίβεια του GPS και πηγές σφάλματος.....
2.10	Χρήσεις μιας συσκευής GPS.....
2.11	Περιγραφή Hardware.....
	Ηλιακοί φορτιστές.....
2.12	Διαστημικοί δορυφόροι.....
	Τα πλεονεκτήματα.....
	Άγνωστες οι συνέπειες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην υγεία.....
	Επίλογος.....
	Βιβλιογραφία.....

# Πρόλογος

Ζούμε μια περίοδο όπου η διόγκωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους.

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820-1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.

Το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I.



**Δορυφόρος Vanguard**

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκά ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά.

Η Ελλάδα έχει υιοθετήσει και αυτή με την σειρά της κίνητρα για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία μάλιστα ήταν και είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για τους υποψήφιους επενδυτές. Θεωρείται παράδεισος ανάπτυξης των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων και της Ηλιακής Ενέργειας γενικότερα, καθότι διαθέτει και ένα από τα υψηλότερα ποσοστά ηλιοφάνειας και τον καθαρότερο ουρανό επί ετήσιας στάθμησης, αλλά επίσης, και λόγω της γεωγραφικής-γεωλογικής διαμόρφωσης της επικράτειάς της καθώς αποτελείται πέραν της ηπειρωτικής χώρας και από πληθώρα νησιών με προφανείς ιδιαιτερότητες ως προς τις ανάγκες διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα προς το παρόν βρίσκονται στο Άγιο Όρος, αλλά πλέον υπάρχουν πολλές ΦΒ εγκαταστάσεις σε εξοχικές κατοικίες, απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, φάρους, κτηνοτροφικές μονάδες κλπ.

Πολλοί παρόλα αυτά κρίνουν ότι η διεύθυνση των φωτοβολταϊκών έγινε με πολύ αργό ρυθμό παίρνοντας μάλιστα αφορμή από τον εκρηκτικό τρόπο που εξελίχθηκε μια άλλη βιομηχανία ημιαγωγών υλικών, αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα ο όγκος του απαιτούμενου υλικού (κρυσταλλικού πυριτίου) είναι πολύ μεγάλος και η παραγωγή του είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος. Επίσης απαιτούνται υπέρογκα κεφάλαια για το κόστος του εξοπλισμού αλλά και της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την παραγωγική διαδικασία.

Οι προβλέψεις για το άμεσο μέλλον όσον αφορά την αγορά των φωτοβολταϊκών είναι ιδιαίτερα ευοίωνες, τόσο για την καθολική εξάπλωση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας παγκοσμίως, όσο και για την καθοδική πορεία στις τιμές των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Μια ακόμη ανακάλυψη των τελευταίων δεκαετιών είναι το δορυφορικό σύστημα πλοήγησης γνωστό ως GPS.

Αρχικά χρησιμοποιούνταν η πυξίδα και ο εξάντας. Ωστόσο ο εξάντας στην πρώιμη μορφή του είχε τη δυνατότητα να παράσχει πληροφορίες μόνο για το γεωγραφικό πλάτος και όχι για το γεωγραφικό μήκος, γεγονός που αποτελούσε ένα σημαντικό μειονέκτημα, ιδιαίτερα για τους ναυτικούς. Ακόμη μετά την ανακάλυψη του χρονομέτρου από τον Άγγλο ωρολογοποιό Τζον Χάρισον τον 17 αιώνα, σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια για τα δεδομένα της τότε εποχής.

Στα μέσα του 20ου αιώνα, άρχισε ο ραδιεντοπισμός ή αλλιώς το σύστημα LORAN το οποίο εξελίχθηκε στο γνωστό σε όλους μας GPS.

Η μεγάλη εξέλιξη οφείλεται στην εκτόξευση του Σπούτνικ 1 το έτος 1957. Έτσι λοιπόν άρχισε γύρω στην δεκαετία του '60, όπου χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά σε στρατιωτικές μονάδες και μάλιστα ήταν στη δικαιοδοσία του αμερικάνικου Υπουργείου Εθνικής Άμυνας. Αυτό το σύστημα ήταν γνωστό ως Transit System. Τρεις δεκαετίες αργότερα, γύρω στα μέσα το 1990, εξελίχθηκε σε GPS. Έγινε πιο ακριβές και άρχισε να χρησιμοποιείται από το ευρύ κοινό.

Παράλληλα με το GPS, η Πρώην Σοβιετική Ένωση προχώρησε στη δημιουργία ενός παρόμοιου συστήματος προσδιορισμού θέσης με την ονομασία GLONASS. Αρχικά, ο χαρακτήρας του συστήματος GLONASS ήταν και πάλι στρατιωτικός (αντίστοιχος με το GPS) και κάλυπτε τις ανάγκες της Πρώην Σοβιετικής Ένωσης και των συμμαχικών αυτής χωρών. Ύστερα, με τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης εξαπλώθηκε έξω από τα σύνορα της. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια σημαντική προσπάθεια για την συνεργασία των συστημάτων GPS και GLONASS, η οποία δίνει μεγαλύτερη κάλυψη στην επιφάνεια της γης για τους χρήστες των συστημάτων αυτών.



Garmin Nuvi 205W

# **Κεφάλαιο 1**

## **Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και Φωτοβολταϊκά συστήματα**

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σε διαστημικές εφαρμογές. Τα πρώτα εργοστάσια που παρήγαγαν φωτοβολταϊκά πλαίσια προορισμένα για εμπορική χρήση άρχισαν να λειτουργούν στη δεκαετία του 1970.

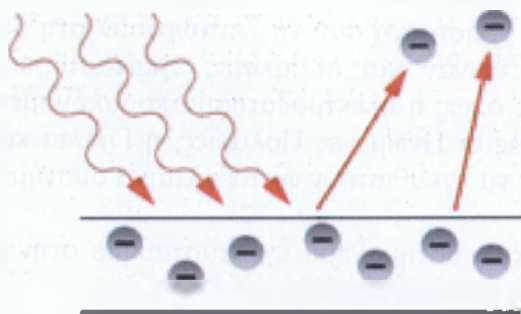
Σε αυτή τη δεκαετία, έγιναν και οι πρώτες εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων για εφαρμογές όπως η ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων χωριών και η άντληση νερού. Χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γαλλία και η Ιαπωνία ήταν από τις πρώτες που άρχισαν να εγκαθιστούν φωτοβολταϊκά συστήματα.

Το πρώτο φωτοβολταϊκό σύστημα που εγκαταστάθηκε στην Ελλάδα ήταν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 100 kW στη Κύθνο.



**Εικόνα 1: (Εφημερίδα Βήμα)**

## 1.2 Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο



**Σχήμα 1: Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο.**  
Η προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα αριστερά εξάγει ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του μετάλλου δεξιά.  
(Wikipedia-Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια)

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι η εκπομπή ηλεκτρονίων από την επιφάνεια ενός αγωγού όταν προσπίπτει πάνω της φως. Τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται απορροφούν ενέργεια από την προσπίπτουσα ακτινοβολία και κατορθώνουν έτσι να υπερπηδήσουν το φράγμα δυναμικής ενέργειας που κανονικά τα περιορίζει στο εσωτερικό του αγωγού.

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1887 από τον Hertz, εντελώς τυχαία. Παρατήρησε ότι ένας σπινθήρας μπορούσε να προκληθεί πιο εύκολα μεταξύ δύο ηλεκτρικά φορτισμένων σφαιρών, αν οι επιφάνειές τους φωτιζόνταν με το φως ενός άλλου σπινθήρα. Το φως που φώτιζε τις επιφάνειες, έκανε με κάποιον τρόπο πιο εύκολη την απελευθέρωση ηλεκτρονίων.

Το 1883, ο Thomas Edison είχε ανακαλύψει τη θερμιονική εκπομπή, κατά την οποία η ενέργεια διαφυγής παρέχεται με θέρμανση του υλικού σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, ελευθερώνοντας ηλεκτρόνια με μια διαδικασία ανάλογη του βρασμού ενός υγρού. Η ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να αποκτήσει ένα ηλεκτρόνιο για να διαφύγει από μια ορισμένη επιφάνεια ονομάζεται έργο εξαγωγής της επιφάνειας και συμβολίζεται με  $\phi$ .

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο μελετήθηκε λεπτομερώς από τον Wilhelm Hallwachs και Phillip Lenard στην περίοδο 1886-1900. Τα αποτελέσματά τους ήταν τελείως απρόσμενα. Θα περιγράψουμε την εργασία τους με αναφορά σε μια σύγχρονη φωτολυχνία, που φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα 2.

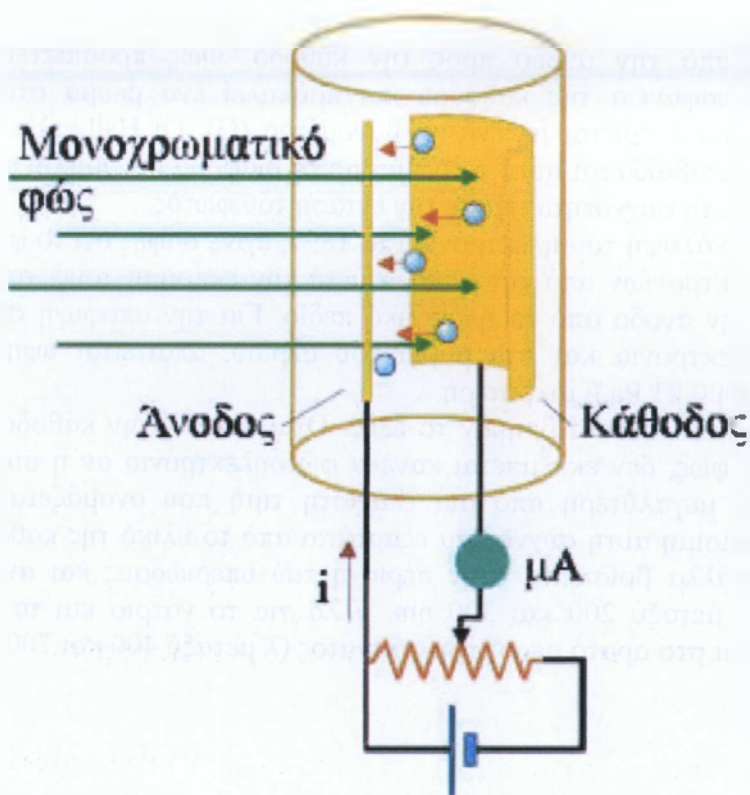
Δύο αγώγιμα ηλεκτρόδια, η άνοδος και η κάθοδος, περικλείονται σε ένα γυάλινο σωλήνα, στο εσωτερικό του οποίου υπάρχει υψηλό κενό.



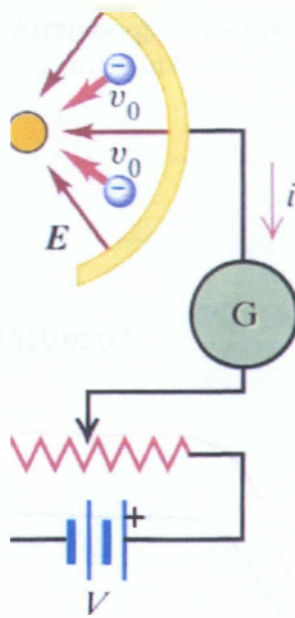
Μια μπαταρία, ή άλλη πηγή διαφοράς δυναμικού, δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο με κατεύθυνση από την άνοδο προς την κάθοδο. Φως προσπίπτει πάνω στη φωτοευαίσθητη επιφάνεια της καθόδου και προκαλεί ένα ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα, το ρεύμα μετριέται με ένα γαλβανόμετρο (G). Οι Hallwachs και Lenard μελέτησαν πώς μεταβάλλεται αυτό το ρεύμα με τη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια και με τη συχνότητα και με την ένταση του φωτός.

Μετά την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου το 1897, έγινε σαφές ότι το φως προκαλεί την εκπομπή ηλεκτρονίων από την κάθοδο μετά την εκπομπή τους, τα ηλεκτρόνια ωθούνται προς την άνοδο από το ηλεκτρικό πεδίο. Για την αποφυγή συγκρούσεων ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και στα μόρια του αερίου, απαιτείται υψηλό κενό με απομένουσα πίεση 0,01 Pa ή μικρότερη.

Οι Hallwachs και Lenard βρήκαν το εξής: Όταν πάνω στην κάθοδο προσπίπτει μονοχρωματικό φως, δεν εκπέμπεται κανένα φωτοηλεκτρόνιο αν η συχνότητα του φωτός δεν είναι μεγαλύτερη από μια ελάχιστη τιμή που ονομάζεται συχνότητα κατωφλίου. Η κρίσιμη αυτή συχνότητα εξαρτάται από το υλικό της καθόδου. Για τα περισσότερα μέταλλα βρίσκεται στην περιοχή του υπεριώδους και αντιστοιχεί σε μήκη κύματος  $\lambda$  μεταξύ 200 και 300 nm, αλλά για το νάτριο και τα οξείδια του καισίου βρίσκεται στο ορατό μέρος του φάσματος ( $\lambda$  μεταξύ 400 και 700 nm).



**Σχήμα 2: α) Σχηματικό διάγραμμα ενός κυκλώματος φωτοκυττάρου. Ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από την κάθοδο ωθούνται προς την άνοδο από τη δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου. Ακόμη και όταν η κατεύθυνση του πεδίου αντιστραφεί, κάποια ηλεκτρόνια φθάνουν στην άνοδο. Το δυναμικό αποκοπής  $V_0$  είναι το αντίστροφο δυναμικό που απαιτείται για να σταματήσει το ρεύμα τελείως. (Hugh D. Young Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Β)**



### β) Κάτωση με το ηλεκτρικό πεδίο $E$ ανεστραμμένο

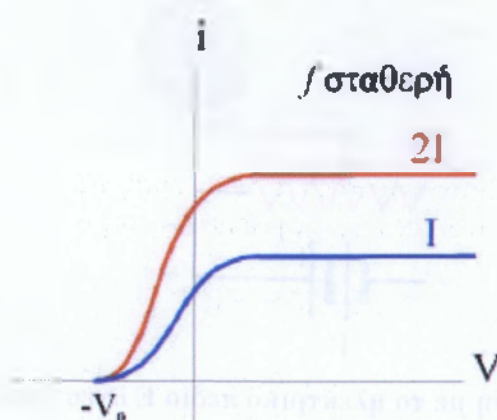
Όταν η συχνότητα  $f$  είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα κατωφλίου, κάποια ηλεκτρόνια εκπέμπονται από την κάθοδο με αρκετά μεγάλες αρχικές ταχύτητες. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι, ακόμη και χωρίς ηλεκτρεγερτική δύναμη στο εξωτερικό κύκλωμα, κάποια ηλεκτρόνια φθάνουν στον συλλέκτη, προκαλώντας ένα μικρό ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα. Ακόμη μάλιστα και όταν η πολικότητα της διαφοράς δυναμικού  $V$  αντιστραφεί (Σχήμα 2β) και η αντίστοιχη δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου πάνω στα ηλεκτρόνια έχει κατεύθυνση προς την κάθοδο, κάποια ηλεκτρόνια εξακολουθούν να φθάνουν στην άνοδο. Η ροή ηλεκτρονίων σταματά τελείως μόνο όταν η αντίστροφη διαφορά δυναμικού  $V$  είναι αρκετά μεγάλη, ώστε η δυναμική ενέργεια  $eV$  να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων. Η αντίστροφη τάση που απαιτείται για να σταματήσει εντελώς τη ροή των ηλεκτρονίων ονομάζεται δυναμικό αποκοπής και συμβολίζεται με  $V_0$ :

$$K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV_0 \quad (1)$$

Η μέτρηση του δυναμικού αποκοπής  $V_0$  μας δίνει επομένως μια άμεση μέτρηση της μέγιστης κινητικής ενέργειας που έχουν κάποια ηλεκτρόνια όταν φεύγουν από την κάθοδο.

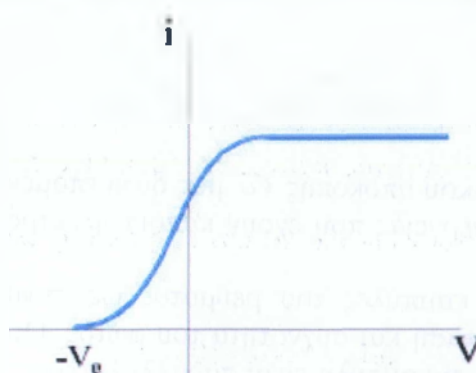
Το Σχήμα 3 δείχνει καμπύλες του ρεύματος ως συνάρτηση της τάσης της μπαταρίας για σταθερή ένταση και συχνότητα του φωτός. Όταν το δυναμικό  $V$  είναι αρκετά μεγάλο και θετικό, η καμπύλη είναι παράλληλη προς τον άξονα των τάσεων, δείχνοντας ότι όλα τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια συλλέγονται από την άνοδο. Φαίνεται επίσης, το αντίστροφο δυναμικό  $V_0$  που απαιτείται για να μηδενίσει το ρεύμα. Η αντίστοιχη μέγιστη κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων είναι  $eV_0$ . Όταν η ένταση του φωτός αυξάνεται, ενώ η συχνότητα παραμένει η ίδια, το ρεύμα σταθεροποιείται σε μια μεγαλύτερη τιμή, πράγμα που δείχνει ότι εκπέμπονται περισσότερα ηλεκτρόνια. Το δυναμικό αποκοπής  $V_0$  παραμένει το ίδιο.

Τέλος, όταν αυξάνεται η συχνότητα του προσπίπτοντος μονοχρωματικού φωτός, αυξάνεται και το δυναμικό αποκοπής  $V_0$ . Μάλιστα, το  $V_0$  εξαρτάται γραμμικά από τη συχνότητα  $f$ .



Σχήμα 3: Διάγραμμα της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση για διαφορετικές τιμές της έντασης της ακτινοβολίας<sup>1</sup>.

Το Σχήμα 4 δείχνει το ρεύμα ως συνάρτηση του δυναμικού για δύο διαφορετικές συχνότητες, αλλά με την ίδια ένταση φωτός και στις δύο περιπτώσεις.



Σχήμα 4: Διάγραμμα της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση στο φωτοκύτταρο<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Hugh D. Young Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Β

<sup>2</sup> Hugh D. Young Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Β

Όταν η ένταση αυξάνεται, τα ηλεκτρόνια θα έπρεπε να είναι ικανά να αποκτήσουν περισσότερη ενέργεια, προκαλώντας αύξηση του δυναμικού αποκοπής  $V_0$ . Το  $V_0$  όμως, είναι ανεξάρτητο της έντασης.

Η ορθή ανάλυση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου έγινε από τον Αϊνστάιν το 1905. Επεκτείνοντας μια πρόταση που είχε γίνει τέσσερα χρόνια νωρίτερα από τον Max Planck, ο Αϊνστάιν πρότεινε ότι μια δέσμη φωτός αποτελείται από μικρά πακέτα ενέργειας που ονομάζονται κβάντα ή φωτόνια. Η ενέργεια  $E$  ενός φωτονίου είναι ίση με μια σταθερά επί την συχνότητά του,  $f$ :

$$E = hf \quad (2)$$

όπου  $h$  είναι μια παγκόσμια σταθερά που ονομάζεται σταθερά του Planck. Η αριθμητική τιμή αυτής της σταθεράς, με τη σημερινή της ακρίβεια, είναι:

$$h = 6,6260755 \times 10^{-34} \text{ Js}.$$

Ένα φωτόνιο που φθάνει στην επιφάνεια του αγωγού απορροφάται από ένα ηλεκτρόνιο. Με τη συνεχή μεταφορά ενέργειας το ηλεκτρόνιο, ή θα πάρει όλη την ενέργεια του φωτονίου ή καθόλου ενέργεια. Αν αυτή η ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το ύψος του φράγματος δυναμικής ενέργειας ή του έργου εξαγωγής  $\phi$  της επιφάνειας, το ηλεκτρόνιο μπορεί να διαφύγει από την επιφάνεια. Επομένως, η μέγιστη κινητική ενέργεια που έχει το εκπεμπόμενο ηλεκτρόνιο είναι η ενέργεια  $hf$  που απόκτησε από το φωτόνιο, μείον το έργο εξαγωγής  $\phi$ :

$$K_{\max} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = hf \quad (3)$$

Συνδυάζοντας αυτή με την Εξ. (1), βρίσκουμε ότι:

$$eV_0 = hf - \phi. \quad (4)$$

Η γραφική παράσταση του  $V_0$  συναρτήσει της  $f$  είναι ευθεία γραμμή, επαληθεύοντας την Εξ. (4). Από μια τέτοια γραφική παράσταση μπορούμε να προσδιορίσουμε τόσο το έργο εξαγωγής  $\phi$  για το υλικό, όσο και την τιμή της ποσότητας  $\frac{h}{e}$ . Μετά τη μέτρηση του φορτίου του ηλεκτρονίου  $e$  από τον Robert Millikan το 1909, κατέστη δυνατός και ο προσδιορισμός της σταθεράς του Planck από αυτές τις μετρήσεις.

Οι ενέργειες των ηλεκτρονίων και τα έργα εξαγωγής εκφράζονται συνήθως σε ηλεκτρονιοβόλτ:

$$1eV = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

Με την ενέργεια σε ηλεκτρονιοβόλτ, η σταθερά του Planck είναι:

$$h = 4,136 \times 10^{-15} \text{ eV} \times \text{s}.$$

Στον πίνακα δίνονται χαρακτηριστικές τιμές έργου εξαγωγής μερικών στοιχείων. Αυτές οι τιμές είναι προσεγγιστικές γιατί το έργο εξαγωγής είναι πολύ ευαίσθητο στον βαθμό καθαρότητας της επιφάνειας από προσμίξεις.

Για παράδειγμα, ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του καυσίου μπορεί να μειώσει το έργο εξαγωγής ενός μετάλλου στο  $1 \text{ eV}$  περίπου.

**Πίνακας 1: Έργα εξαγωγής των στοιχείων**

Στοιχείο	Έργο εξαγωγής των στοιχείων ( $\text{eV}$ )
Αλουμίνιο	4,3
Άνθρακας	5,0
Άργυρος	4,3
Νάτριο	2,7
Νικέλιο	5,1
Πυρίτιο	4,8
Χαλκός	4,7
Χρυσός	5,1

(Hung D. Young Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Β)

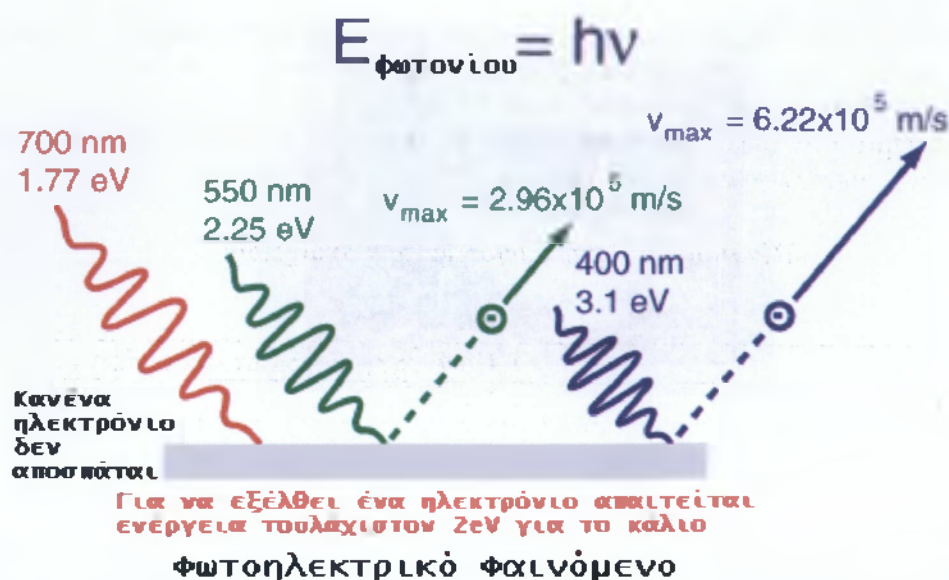
### 1.3 Η υπόθεση του Einstein

Το 1905 ο Αϊνστάιν πρότεινε μια διαφορετική εξήγηση του φαινομένου βασισμένη στη θεωρία του Planck για τα κβάντα φωτός. Η ενέργεια του κβάντου μπορεί να μεταφερθεί στο ηλεκτρόνιο, ενώ αυτό βρίσκεται ακόμη μέσα στο μέταλλο. Αν  $W$  είναι το έργο εξαγωγής για την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου από το μέταλλο, τότε η κινητική του ενέργεια μόλις αποσπασθεί είναι  $K = hf - W$ .

Η ποσότητα  $W$  είναι γνωστή σαν έργο εξαγωγής του υλικού, ανεξάρτητη της συχνότητας και χαρακτηριστική σταθερά του υλικού. Η παραπάνω εξίσωση είναι η περίφημη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Αϊνστάιν. Η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που φεύγουν από το μέταλλο είναι ανάλογη της συχνότητας αλλά ανεξάρτητη της έντασης.

Ο Αϊνστάιν κατέληξε σε αυτή την ιδέα παρατηρώντας ότι μερικές εκδηλώσεις του νόμου της ακτινοβολίας για το μέλαν σώμα του Planck, μπορούσαν να εξηγηθούν μόνο με την υπόθεση ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία της κοιλότητας είχε σωματιδιακές ιδιότητες.

Η επιτυχία του Αϊνστάιν έγκειται στο γεγονός ότι εφάρμοσε τις ιδέες της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Επιπλέον πρόσφερε τη δυνατότητα για μια ακριβή μέτρηση της σταθεράς του Planck  $h$ .

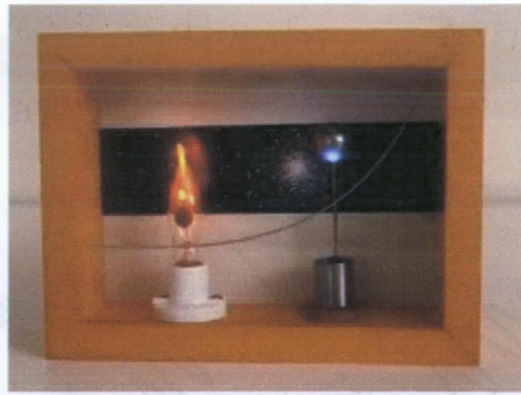


Σχήμα 5: Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο (Physics4u – Η φυσική στο δίκτυο)

## 1.4 Οι Νόμοι του Φωτοηλεκτρικού Φαινομένου

Πειραματικά έχει διαπιστωθεί ότι για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ισχύουν οι παρακάτω νόμοι:

- Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο συμβαίνει μόνο όταν η προσπίπτουσα στη μεταλλική επιφάνεια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει συχνότητα μεγαλύτερη ή ίση από μια ορισμένη τιμή. Η τιμή αυτή ονομάζεται οριακή συχνότητα ή διαφορετικά συχνότητα κατωφλίου.
- Αν η συχνότητα της ακτινοβολίας είναι τέτοια που μπορεί να προκαλέσει εξαγωγή ηλεκτρονίων τότε ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται είναι ανάλογος της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
- Η εκπομπή φωτοηλεκτρονίων από το μέταλλο γίνεται σχεδόν ταυτόχρονα με το φωτισμό της επιφάνειάς του.
- Η μέγιστη κινητική ενέργεια με την οποία τα φωτοηλεκτρόνια εγκαταλείπουν το μέταλλο είναι γραμμική συνάρτηση της συχνότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, εξαρτάται από το έργο εξαγωγής του μετάλλου αλλά είναι ανεξάρτητη της έντασης της ακτινοβολίας.



Τέλος, η κλασική φυσική υποστηρίζει ότι ένα σώμα απορροφά ή εκπέμπει ενέργεια κατά τρόπο συνεχή και έτσι αδυνατεί να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Συγκεκριμένα:

- Δεν προβλέπει την ύπαρξη συχνότητας κατωφλίου. Αντίθετα προβλέπει ότι η εκπομπή ηλεκτρονίων είναι δυνατή για οποιαδήποτε συχνότητα εφόσον περνούσε αρκετός χρόνος φωτισμού του μετάλλου. Όμως, αν η συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι μικρότερη της συχνότητας κατωφλίου, όσος χρόνος και να περάσει τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να απορροφήσουν αρκετή ενέργεια ώστε να διαφύγουν από το μέταλλο.
- Ακόμη, προβλέπει ότι η εκπομπή ηλεκτρονίων από το μέταλλο γίνεται μετά από την παρέλευση ορισμένου χρονικού διαστήματος από τη στιγμή φωτισμού του μέχρι να αποκτήσουν αρκετή κινητική ενέργεια. Τα ηλεκτρόνια όμως, εκπέμπονται σχεδόν ταυτόχρονα με το φωτισμό του μετάλλου ακόμα και όταν η ένταση της ακτινοβολίας είναι μικρή.
- Επιπλέον, προβλέπει ότι η μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων αυξάνεται όσο αυξάνεται η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Στην πραγματικότητα όμως η μέγιστη κινητική ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτοηλεκτρονίων βρέθηκε να είναι ανεξάρτητη της έντασης και να εξαρτάται μόνο από τη συχνότητα της ακτινοβολίας.



## 1.5 Η σχέση του Φωτοηλεκτρικού Φαινομένου με το Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βασίζονται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, δηλαδή την ικανότητα ορισμένων ειδικώς κατεργασμένων ημιαγωγών να παράγουν ηλεκτρισμό όταν εκτίθενται σε φωτεινή ακτινοβολία.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα για την παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και τις καιρικές συνθήκες του κάθε τόπου.

Υπό ευνοϊκές συνθήκες, η ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας μπορεί να ανέλθει σε περίπου  $2.000 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{έτος}$ , δηλαδή ισοδύναμη προς την παραγόμενη από 1,5 βαρέλια πετρελαίου.

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο που ανακαλύφθηκε από τον Albert Einstein το 1839, απέδειξε ότι όταν προσπίπτει φως πάνω στο υλικό από το οποίο σήμερα κατασκευάζονται τα φωτοηλεκτρικά στοιχεία που έχουν ως βάση το πυρίτιο, παράγεται απ' ευθείας ηλεκτρικό ρεύμα.

Αν και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο έχει άμεση σχέση με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, οι δύο διαδικασίες είναι διαφορετικές και πρέπει να διακρίνονται. Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, τα ηλεκτρόνια που ελευθερώνονται απορροφούν ενέργεια από την προσπίπτουσα ακτινοβολία και κατορθώνουν έτσι να υπερπηδήσουν το φράγμα της δυναμικής ενέργειας. Ενώ, στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι διαφορετική η διαδικασία στο ότι τα ηλεκτρόνια που δημιουργούνται μεταφέρονται μεταξύ των διαφόρων ζωνών (δηλαδή από την σθένους σε ζώνες αγωγιμότητας), εντός του υλικού, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση μιας τάσης μεταξύ δύο ηλεκτροδίων.

Στις περισσότερες φωτοβολταϊκές εφαρμογές της ακτινοβολίας είναι το φως του ήλιου και για το λόγο αυτό οι συσκευές είναι γνωστές ως ηλιακά κύτταρα. Στην περίπτωση της επαφή ρη ηλιακών κυττάρων, ο φωτισμός των αποτελεσμάτων του υλικού για τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού ρεύματος, όπως τα ηλεκτρόνια, είναι σε διαφορετικές κατευθύνσεις από την ενσωματωμένη στο ηλεκτρικό πεδίο της περιοχής της εξάντλησης.

## 1.6 Το Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ένα σύστημα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, το οποίο χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στην Ευρώπη και αποτελεί μια πράσινη μορφή ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αθόρυβα δεν χρειάζονται συντήρηση και δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον.



Η ονομασία Φωτοβολταϊκά είναι σύνθετη λέξη και προέρχεται από τη λέξη “ΦΩΣ” και τη μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης που είναι το “VOLT”.

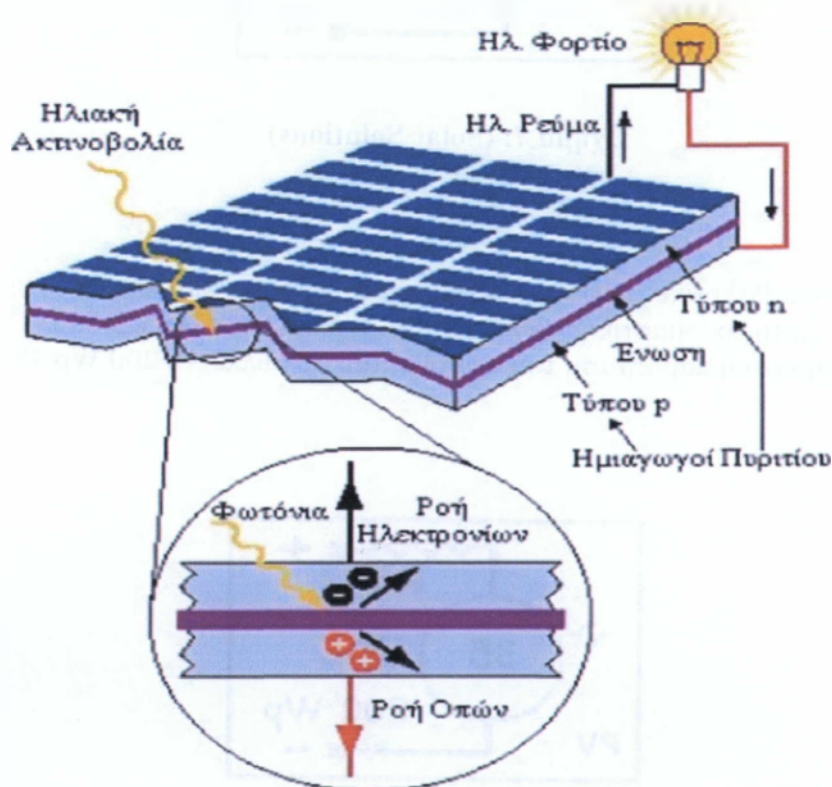
Ο Ήλιος παράγει ενέργεια μεγαλύτερη κατά 15.000 φορές από την ενέργεια που καταναλώνουμε σε ολόκληρη τη Γη κάθε χρόνο. Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται στη Γη με μορφή μικρών σωματιδίων, τα φωτόνια. Τα φωτόνια αυτά συνθέτουν το ηλιακό φως και ταξιδεύουν με την ταχύτητα των 380.000 Km/sec.

Τα Φωτοβολταϊκά είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ημιαγωγών ( Φωτοδιόδων) που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτεθούν στην ακτινοβολία φωτονίων του Ηλίου. Οι ηλεκτρονικές διατάξεις πυριτίου (Si) ενός ή περισσότερων επιπέδων που παράγουν ρεύμα όταν εκτεθούν στο Ηλιακό φως ονομάζονται Φωτοδιόδοι.

Είναι επίσης γνωστό ότι κάθε άτομο πυριτίου (Si) διαθέτει στην εξωτερική του στιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όταν τα εκπεμπόμενα από τον ήλιο φωτόνια συγκρουσθούν με τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας του ατόμου του πυριτίου (Si), τα ηλεκτρόνια που συγκρούστηκαν με τα φωτόνια αποκτούν περισσότερη ενέργεια.

Όταν η προσαυξανόμενη ενέργεια από τη σύγκρουση αυτή ξεπεράσει ένα καθορισμένο επίπεδο τότε το ηλεκτρόνιο αυτό αποχωρίζεται από το άτομο του πυριτίου και είναι ικανό να μεταβιβάσει ρεύμα. Έτσι η Φωτοδίοδος αποκτά θετικό φορτίο (+) και ελευθερώνει ένα ηλεκτρόνιο (-).

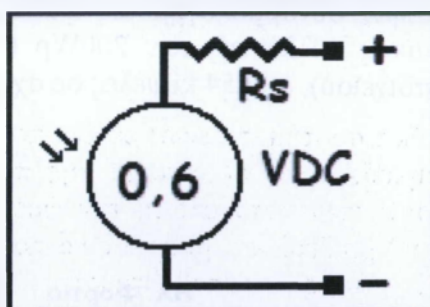
Η κατάλληλη σύνδεση πολλών Φωτοδιόδων μαζί αποτελούν τη Φωτοβολταϊκή κυψέλη που παράγει ηλεκτρισμό συνεχούς τάσης 0,6V και ρεύματος 0,146A. Πολλές κυψέλες μαζί κατάλληλα συναρμολογημένες αποτελούν το Φωτοβολταϊκό συλλέκτη. Ένας Φωτοβολταϊκός συλλέκτης των 200Wr (Wr: μονάδα μέτρησης ισχύος του Φωτοβολταϊκού στοιχείου), έχει 54 κυψέλες σε σχηματισμό μήτρας.



**Σχήμα 6: Φωτοβολταϊκή κυψέλη (Earth Power)**

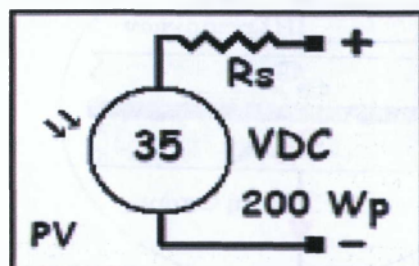
Ο Ήλιος εκπέμπει στη Γη  $1 \text{ KW}/\text{m}^2$  αλλά με τη σημερινή τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών δεν μπορεί να αποδοθεί ενέργεια μεγαλύτερη του 40%. Το ποσοστό της Ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε Ηλεκτρική ενέργεια από τα Φωτοβολταϊκά με σύγχρονη τεχνολογία χαμηλού κόστους κυμαίνεται από 10–18%. Οι Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες (πάνελ) για κάθε KWp εγκατεστημένης ισχύος ανάλογα με την τεχνολογία των συλλεκτών και την ενεργειακή μελέτη που θα χρησιμοποιηθούν, καταλαμβάνουν έκταση  $8\text{-}10 \text{ m}^2$ .

Η Φωτοβολταϊκή κυψέλη διεθνώς ονομάζεται "PV Cells" (Photovoltaic Cells). Στην πραγματικότητα, πρόκειται για ένα πλήθος κατάλληλα συναρμολογημένων Φωτοδιόδων απλής ή διπλής επαφής (P-N) με μεγάλο ενεργειακό διάκενο που δημιουργεί ροή ηλεκτρονίων όταν δεχθεί φως. Παρακάτω φαίνεται η σχηματική παράσταση της Φωτοβολταϊκής κυψέλης 0,6V DC.



Σχήμα 7: (Solar Solutions)

Πολλές Φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούν το Φωτοβολταϊκό συλλέκτη ο οποίος έχει την ένδειξη της ονομαστικής του ισχύος σε  $W_p$  και την τάση εξόδου. Παρακάτω φαίνεται η σχηματική παράσταση του Φωτοβολταϊκού συλλέκτη  $200 W_p$   $35V DC$ .



Σχήμα 8: (Solar Solutions)

## 1.7 Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα αυτόνομα Φωτοβολταϊκά συστήματα είναι εκείνα που έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να αποθηκεύουν το πλεόνασμα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και να το αποδίδουν στον καταναλωτή την ώρα που το χρειάζεται. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται Υβριδικά και μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό από συνδυασμό πηγών ΑΠΕ όπως φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, κλπ.

Τα συστήματα αυτά όταν εξυπηρετούν οικιακό καταναλωτή παράγουν συνολική ισχύ έως 10 KWp για την κάλυψη των ημερήσιων αναγκών, τότε:

- Δεν συνδέονται με το δίκτυο της πόλης
- Δεν πωλείται ο παραγόμενος ηλεκτρισμός
- Δεν χαρακτηρίζονται ως επενδυτικά συστήματα
- Δεν επιδοτούνται
- Δεν χαρακτηρίζονται Επαγγελματικά συστήματα

Τα βασικά μέρη ενός Αυτόνομου Φ/Β Συστήματος είναι :

- Οι Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες
- Οι Αντιστροφείς
- Οι Μετατροπείς τάσης DC/DC
- Οι Ελεγκτές φόρτισης μπαταριών
- Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης

Οι μπαταρίες είναι απαραίτητες σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα για να αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στα Φ/Β πλαίσια και να την αποδίδει στον καταναλωτή, κατά τα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία ή απαιτείται μεγαλύτερο φορτίο. Οι μπαταρίες κατά τη λειτουργία τους παράγουν κατά κανόνα υδρογόνο και γι' αυτό απαιτείται ξεχωριστός καλά εξαεριζόμενος χώρος.

Ενέργεια από την  
ακτινοβολία  
του ήλιου

**Solar Systems**  
www.solar-systems.gr



**Σχήμα 9: Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα  
(Solar Systems)**

## 1.8 Πού μπορεί να εγκατασταθεί ένα Φ/Σ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν πρακτικά σε κάθε επιφάνεια, είτε πρόκειται για αγροτεμάχια είτε πρόκειται για επιφάνειες κτιρίων (στέγες, ταράτσες, προσόψεις κ.τ.λ.). Ο μόνος περιορισμός που έχει θέσει η ελληνική πολιτεία είναι να μην πραγματοποιούνται εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων σε προστατευόμενες περιοχές (όπως αρχαιολογικοί χώροι) και σε δασικές εκτάσεις ή εκτάσεις υψηλής γεωργικής παραγωγικότητας.



**Εικόνα 2: Φωτοβολταϊκό σύστημα σε γεωργική έκταση και σε στέγη  
(Solar Systems)**

## 1.9 Παράγοντες που συντελούν στην Ανάπτυξη Φ/Β Σταθμών και Πάρκων στην Ελλάδα

Οι Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες είναι διαθέσιμοι για άμεση εφαρμογή από το 1967 όμως η χρήση τους ήταν πολύ περιορισμένη για δύο βασικούς λόγους:

- α) το συγκριτικά μεγάλο κόστος εγκατάστασης και
- β) τη μικρή τους απόδοση.

Με το πέρασμα του χρόνου η κατάσταση έχει αλλάξει δραματικά:

- Οι ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια έχουν υπεραυξηθεί.
- Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας έχει πολλαπλασιαστεί ώστε σήμερα η ηλεκτρική ενέργεια να είναι ακριβή με προοπτική να γίνει ακριβότερη.
- Η ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλείτε για την παραγωγή της με συμβατικά μέσα έχει αυξηθεί επικίνδυνα με αποτέλεσμα να επιβάλλονται μεγάλα πρόστιμα σε όσους ρυπαίνουν.
- Οι ανάγκες για παραγωγή ηλεκτρισμού στον τόπο της κατανάλωσης έχει γίνει αναγκαία και πειστική.
- Οι δαπάνες που προκαλούνται σε ευρεία κλίμακα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία μας και οι αποζημιώσεις για φυσικές καταστροφές σε αγροτικές και κτηνοτροφικές καλλιέργειες συνεχώς αυξάνονται.

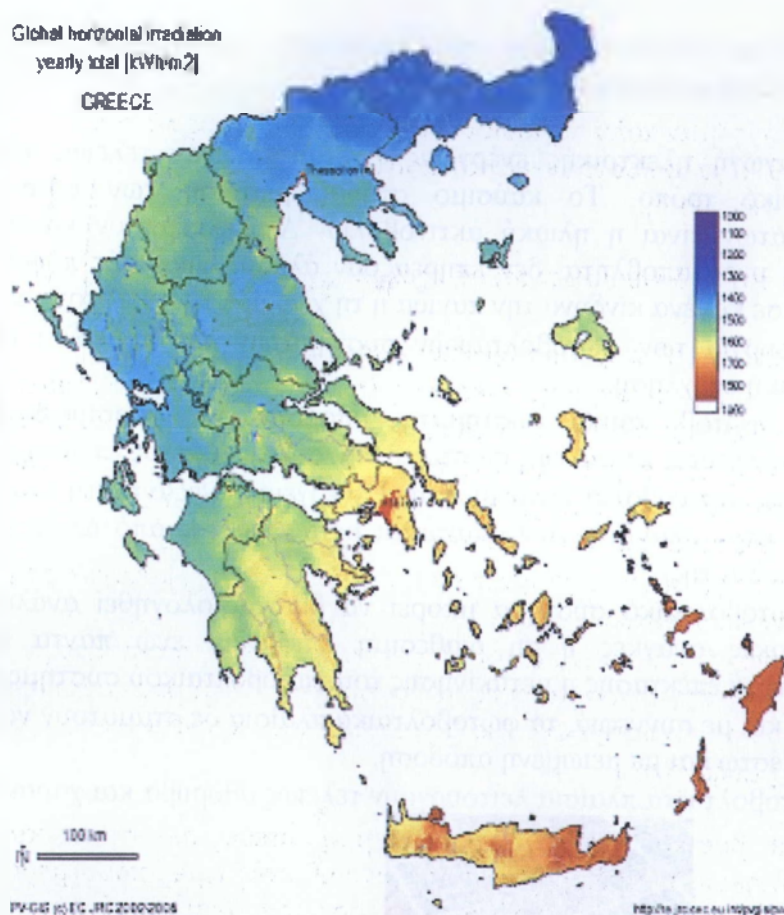
Ένας ακόμη βασικός λόγος είναι ότι οι μεγαλύτερες απαιτήσεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίζονται τις μεσημβρινές ώρες κάθε μέρας. Έτσι τα Φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πρώτα στην προτίμηση διότι παρέχουν την μέγιστη ισχύ τις μεσημβρινές ώρες κάθε μέρα.

Στην Ελλάδα, η νέα νομοθεσία για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έδωσε γενναία κίνητρα στην ηλεκτροπαραγωγή από φωτοβολταϊκά συστήματα, παρέχοντας υψηλές τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας και μάλιστα εγγυημένες για μία 20ετία.

Η Ελλάδα ως χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Η τοποθεσία της στην υδρόγειο ευνοεί την εκμετάλλευσή της καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η μέση ημερήσια ενέργεια που δίνεται από τον ήλιο στην Ελλάδα σε οριζόντιο επίπεδο είναι  $4,6 \text{ KWh}/m^2$ .

Παρακάτω, το διάγραμμα της Ηλιακής Ακτινοβολίας φωτονίων επί οριζοντίου επιπέδου (Global Horizontal Irradiation ) δείχνει ανά νομό με χρωματικό κώδικα τα διάφορα μεγέθη σε μέσες ετήσιες τιμές σε  $\text{KWh}/m^2$ .





**Σχήμα 10: Διάγραμμα της Ηλιακής Ακτινοβολίας Φωτονίων Επί Οριζοντίου  
Επιπέδου (Global Horizontal Irradiation)  
(Δελτίο Ειδήσεων ΕΡΤ, 2/8/2008)**

## 1.10 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Σ

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι τα ακόλουθα:

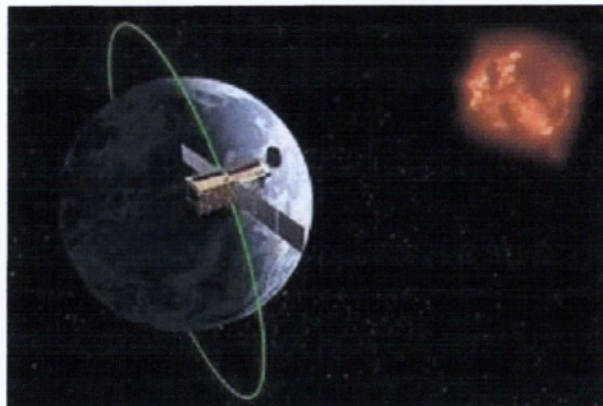
- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με έναν τελείως καθαρό και οικολογικό τρόπο. Το καύσιμο στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Δεν εκπέμπουν κανενός είδους αέρια ή υγρά απόβλητα, δεν επηρεάζουν άλλους φυσικούς πόρους και δεν βάζουν σε κανένα κίνδυνο την πανίδα ή τη χλωρίδα της εκάστοτε περιοχής.
- Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν προκαλεί οπτική και ακουστική ενόχληση.
- Μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανεκμετάλλευτες επιφάνειες σε στέγες, προσόψεις ή άλλες επιφάνειες κτιρίων.
- Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μία πηγή ενέργειας ανεξάντλητη και διαθέσιμη παντού στον πλανήτη. Δεν απαιτείται μεταφορά της από άλλες περιοχές ή επεξεργασία της.
- Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να διαστασιολογηθεί ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες ή τη διαθέσιμη επιφάνεια ενώ πάντα υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης ή μετακίνησης του φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Ακόμα και με συννεφιά, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια δε σταματούν να παράγουν ρεύμα, έστω και με μειωμένη απόδοση.
- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λειτουργούν τελείως αθόρυβα και χαρακτηρίζονται



από διάρκεια λειτουργίας 20-30 χρόνων με μηδενική σχεδόν συντήρηση και δυνατότητα επέκτασης.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογιστεί στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6.000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια. Ακόμη, αναλογικά με την ισχύ εγκατάστασης απαιτούνται αρκετά μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Με δημοσίευσμά του ο κ. Ηλίας Τσουμελέας, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, δήλωσε: «Βλέπουμε ότι με την φρενίτιδα που έχει καταλάβει τον τελευταίο καιρό την ελληνική κοινωνία, πολλοί είναι αυτοί που φτάνουν στο σημείο να ξεριζώνουν δέντρα στα κτήματά τους, προκειμένου να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκούς σταθμούς»<sup>3</sup>. Όσον αφορά το ενδιαφέρον επενδυτών στη χώρα μας, επεσήμανε: «Με τη δημοσίευση του Νόμου του 2006 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εξαιτίας των υψηλών τιμών αγοράς της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και των υποσχέσεων για υψηλές επιδοτήσεις από το κράτος, υπήρξε έντονο ενδιαφέρον και πληθώρα αιτήσεων στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. Ωστόσο, λόγω γραφειοκρατικών κωλυμάτων, ελλιπούς ενημέρωσης των επενδυτών και παροχής χαμηλότερων επιδοτήσεων των αρχικά προσδοκώμενων, αυτή τη στιγμή παρατηρείται μία στασιμότητα στις επενδύσεις, ενώ λόγω του μεγάλου αριθμού υποβληθέντων αιτήσεων, δε δίνεται η δυνατότητα σε νέους επενδυτές να εισέλθουν στο χώρο»<sup>4</sup>.



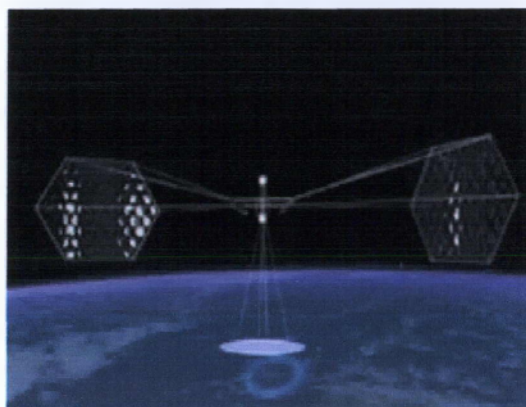
---

3,4 You Can Save The Planet (site που δημιουργήθηκε από φοιτητές του τμήματος Επικοινωνίας και Μέσων Μαζικής Μεταφοράς)

# **Κεφάλαιο 2**

## **Gps και Δορυφόροι**

## 2.1 Ηλιακής ενέργειας δορυφόροι



Για χρόνια η ανθρωπότητα έχει ονειρευτεί μια καθαρή, ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Αυτό το όνειρο έχει οδηγήσει πολλούς ανθρώπους να κοιτάζουν προς τα πάνω, προς τον αντιδραστήρα σύντηξης της φύσης, τον ήλιο. Και ενώ το φως του ήλιου είναι καθαρό και ανεξάντλητο, είναι επίσης αραιό. Τα προβλήματα αυτά οδήγησαν τον Peter Glaser του Arthur D. Little, να προτείνει το 1968 ότι οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να τοποθετούνται σε γεωστατική τροχιά. Τέτοιες συλλέκτες είναι γνωστοί ως ηλιακής ενέργειας δορυφόροι (SPS).

Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται, θα μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια σε μικροκύματα. Τα μικροκύματα θα κατευθύνονται στη γήινη επιφάνεια, όπου θα λαμβάνονται και θα μετατρέπονται ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια από μια μεγάλη σειρά από συσκευές που είναι γνωστή ως ανόρθωση κεραία. Ανόρθωση είναι η διαδικασία με την οποία εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα. Αυτό το συνεχές ρεύμα μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε πιο αργό 50 ή 60 του κύκλου εναλλασσόμενο ρεύμα που χρησιμοποιείται από κατοικίες, γραφεία και εργοστάσια. Σε γεωστατική τροχιά, θα έχει 24-ωρη τροχιακή περίοδο. Θα ήταν επομένως πάντα αιωρούμενο πάνω από το ίδιο σημείο στον Ισημερινό και μπορεί να κρατήσει τη πορεία του που καθορίζεται για τη θέση του σε υψηλότερο γεωγραφικό πλάτος.

Από τον άξονα της Γης έχει κλίση σε τροχιά πάνω από τον ισημερινό, πάνω ή κάτω από τη σκιά της Γης κατά την καθημερινή τροχιά του. Το φως του ήλιου δεν θα αποκλειστεί, εκτός από μια περίοδο περίπου μιας ώρας μέσα σε λίγες εβδομάδες από τις ισημερίες.

Είναι ενδιαφέρουσα η σύγκριση της διαθεσιμότητας του ηλιακού φωτός στο διάστημα με την επί της Γης. Ένα ηλιακό πάνελ που αντιμετωπίζει τον ήλιο στο χώρο κοντά στη Γη δέχεται περίπου 1.400 βατ του φωτός του ήλιου ανά τετραγωνικό μέτρο. Στη Γη, ο κύκλος ημέρας-νύχτας δέχεται περικοπές αυτού στο μισό.

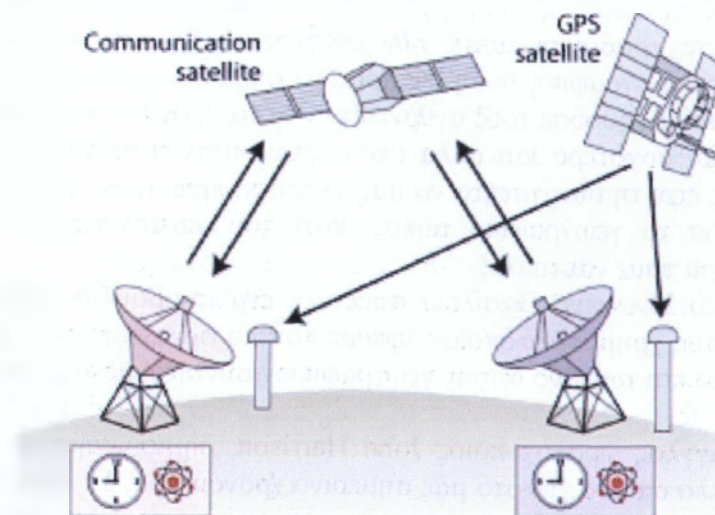
Η λοξή γωνία των ακτίνων του ήλιου σε σχέση με το έδαφος, χωρίζεται σε τεμάχια αυτής στα μισά και πάλι για ένα χαρακτηριστικό σημείο πάνω στη Γη. Ηλιακοί συλλέκτες, μπορεί να είναι υπό γωνία προς τα πάνω σε αυτή την περίπτωση, αλλά πρέπει στη συνέχεια να κατανεμηθούν σε περισσότερο έδαφος ώστε να αποφεύγεται χύτευση σκιών πάνω στο άλλο. Σύννεφα και ατμοσφαιρική σκόνη μειώνει το διαθέσιμο φως του ήλιου στο μισό πάλι. Έτσι, το φως του ήλιου είναι περίπου οκτώ φορές πιο πλούσιο σε γεωστατική τροχιά από ότι στη Γη.

Παρακινούμενο από τις πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ και της NASA μελετηθεί από κοινού. Το αποτέλεσμα αυτής της μελέτης ήταν ένα σχέδιο το οποίο αποτελείτο από μια 5 x 10 χιλιομέτρων ορθογώνια ηλιακού συλλέκτη και ένα χιλιόμετρο διαμέτρου κεραίας εκπομπής το οποίο θα ζυγίζει 30.000 έως 50.000 μετρικούς τόνους. Η εξουσία θα πρέπει να κατευθύνονται στη Γη με τη μορφή μικροκυμάτων σε συχνότητα 2,45 GHz, η οποία μπορεί να περάσει ανεμπόδιστα μέσα από τα σύννεφα και τη βροχή. Η σειρά rectenna θα ήταν μια έλλειψη 10 x 13 χιλιομέτρων σε μέγεθος. Θα μπορούσε να είναι σχεδιασμένο για να αφήσει το φως μέσα, έτσι ώστε καλλιέργειες, ή ακόμη και ηλιακοί συλλέκτες, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν κάτω από αυτή. Το ποσό του διαθέσιμου ρεύματος για τους καταναλωτές είναι 5 δισεκατομμύρια βατ. Η ένταση της κορυφής της δέσμης μικροκυμάτων, θα είναι 23 milliwatts ανά τετραγωνικό εκατοστό. Το πρότυπο των ΗΠΑ για τη βιομηχανική έκθεση σε μικροκύματα είναι 10 milliwatts ανά τετραγωνικό εκατοστό, ενώ μέχρι 5 milliwatts ανά τετραγωνικό εκατοστό επιτρέπεται να διαρρεύσει από φούρνους μικροκυμάτων. Μέχρι στιγμής, δεν έχουν μη θερμικές επιδράσεις στην υγεία από την έκθεση μικροκυμάτων χαμηλού επιπέδου.

Το ενδιαφέρον για την έννοια SPS εξασθένησε μετά το 1970 λόγω της λήξης της κρίσης του πετρελαίου και η αδυναμία των ανέξοδων συστημάτων εκτόξευσης να υλοποιηθούν. Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον, λόγω ανησυχιών για πιθανή υπερθέρμανση του πλανήτη που προέρχεται από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων. Μια μελέτη που εξήγγειλε η Space Studies Institute (SSI), έδειξε ότι περίπου το 98% της μάζας μπορεί να αποτελείται από υλικά που εξορύσσονται από το φεγγάρι. Μια υποδομή σεληνιακή θα έπρεπε να υπάρχει για να συμβεί αυτό. Με βάση τις προηγούμενες εργασίες του Geoffrey Landis και Ronald Cull στο NASA Lewis Research Center, έχει δείξει ότι θα μπορούσαν να δημιουργηθούν με χρήση thin-film ηλιακά κύτταρα που εναποτίθενται στα ελαφριά υποστρώματα. Μια τέτοια SPS θα μπορούσε να παραδώσει ίσως δεκαπλάσια ενέργεια ανά μονάδα βάρους, όπως τα μεγαλύτερα σχέδια.

## 2.2 Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GPS)

Το GPS είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, το οποίο βασίζεται σε ένα πλέγμα 24 δορυφόρων γύρω από τη Γη, στους οποίους συνδέονται ειδικές συσκευές που ονομάζονται δέκτες GPS. Οι δέκτες αυτοί παρέχουν στο χρήστη ακριβείς πληροφορίες για τη θέση του, το υψόμετρό του, την ταχύτητα ή την κατεύθυνση της κίνησης του. Επίσης, σε συνδυασμό με ειδικό software χαρτογράφησης, απεικονίζουν και πληροφορίες για κοντινά σημεία ενδιαφέροντος. Ωστόσο, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και μετά, το GPS είναι διαθέσιμο προς χρήση σε όσους διαθέτουν ένα δέκτη GPS. Αεροπορικές εταιρείες, ναυτιλιακές εταιρείες, εταιρείες οδικών μεταφορών και οδηγοί σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη χρησιμοποιούν το σύστημα GPS για να παρακολουθούν οχήματα, να ακολουθούν την καλύτερη διαδρομή που θα τους οδηγήσει το συντομότερο δυνατό από το σημείο A στο σημείο B.



Σχήμα 11: Δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GPS)  
(GPS magazine)

## 2.3 Η ιστορία του GPS



**Σχήμα 12: Σύστημα Δορυφόρων  
(Εταιρεία Mio - Tech)**

Τα σημεία του ορίζοντα ή ακόμη και τα αστέρια, χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για τον προσανατολισμό των ανθρώπων. Ένα στάσιμο αστέρι στον ουρανό, με γνωστή γεωγραφική θέση ως προς το σημείο παρατήρησης αποτελούσε σημείο αναφοράς και βοηθούσε τους ανθρώπους στο να βρουν τη σωστή πορεία τους. Σε αυτό συνέβαλαν αργότερα και άλλα μέσα, όπως ήταν η πυξίδα και ο εξάντας. Ωστόσο ο εξάντας είχε τη δυνατότητα να μας πληροφορήσει μόνο για το γεωγραφικό πλάτος και όχι για το γεωγραφικό μήκος, κάτι που αποτελούσε ένα σημαντικό πρόβλημα ειδικά για τους ναυτικούς.

Τον 17ο αιώνα, το Ηνωμένο Βασίλειο συνέταξε ένα συμβούλιο επιστημόνων, το οποίο θα επιβράβευε χρηματικά όποιον εφεύρε κάποιο όργανο που θα επέτρεπε τον ακριβή υπολογισμό και των δύο αυτών γεωγραφικών συντεταγμένων, δηλαδή μήκους και πλάτους.

Το 1761, ο Άγγλος ωρολογοποιός John Harrison, δημιούργησε ένα όργανο το οποίο δεν ήταν άλλο από το γνωστό μας σημερινό χρονόμετρο. Σε συνδυασμό με τον εξάντα, το χρονόμετρο επέτρεπε τον υπολογισμό του στίγματος των πλοίων με εξαιρετική ακρίβεια για τα δεδομένα της εποχής. Πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι να φτάσουμε στις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και δημιουργήθηκαν τα πρώτα συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονταν στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αυτά μάλιστα χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου. Τα συστήματα εντοπισμού θέσης εκείνης της εποχής αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες.

Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των στρατιωτών πάνω στο χάρτη.

Εδώ όμως συνέβαιναν δύο: Η πρώτη περίπτωση ήταν η χρήση σταθμών βάσης που θα εξέπεμπαν το σήμα τους σε υψηλή συχνότητα, διαθέτοντας μεν υψηλή ακρίβεια εντοπισμού, αλλά μικρή εμβέλεια. Στη δεύτερη περίπτωση συνέβαινε το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ο σταθμός βάσης χρησιμοποιούσε χαμηλή συχνότητα εκπομπής σήματος, προσφέροντας έτσι υψηλότερη εμβέλεια, αλλά και χαμηλή ακρίβεια.



Το μόνο σίγουρο ήταν ότι η αρχή της χρήσης ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό θέσης είχε ήδη γίνει. Το Global Positioning System στη σημερινή του μορφή συνδυάζει όλες τις μεθόδους που είχαν χρησιμοποιηθεί στον ουρανό, δηλαδή την τεχνολογία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων καθώς και την παρατήρηση ενός τεχνητού ουράνιου σώματος. Οι σταθμοί βάσης που λαμβάνουν και δέχονται τα απαραίτητα ηλεκτρομαγνητικά κύματα πλέον βρίσκονται στον ουρανό και δεν είναι άλλοι από τους δορυφόρους.

Όταν το 1957 πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ, οι άνθρωποι είχαν ήδη αντιληφθεί ότι ένα τεχνητό ουράνιο σώμα κοντά στη Γη δύναται να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστεί η θέση μας πάνω στον πλανήτη. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του οι ερευνητές του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης, διαπίστωσαν ότι το σήμα που λαμβανόταν από το δορυφόρο, αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Με τον ίδιο τρόπο που η θέση ενός δορυφόρου μπορούσε να εντοπιστεί ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λαμβάνεται από αυτόν, υπήρχε και η δυνατότητα να συμβεί το ακριβώς αντίστροφο. Δηλαδή ο δορυφόρος να εντοπίσει την θέση μας με ιδιαίτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα, ένας δορυφόρος δεν είναι αρκετός για να έχουμε ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαιτούνται τουλάχιστον τρεις.

Το GPS αρχικά δημιουργήθηκε για στρατιωτική χρήση και ανήκε στη δικαιοδοσία του αμερικανικού υπουργείου Εθνικής Άμυνας.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1960 το σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό τότε με την ονομασία Transit System, χρησιμοποιήθηκε ευρέως από το αμερικανικό ναυτικό. Χρειάστηκε ορισμένες δεκαετίες ώστε το σύστημα GPS να εξελιχθεί, να γίνει ακριβέστατο και να αρχίσει να διατίθεται για ελεύθερη χρήση από το ευρύ κοινό.

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) NAVSTAR των ΗΠΑ είναι το μόνο πλήρως επιχειρησιακό παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) που επί τους παρόντος παρέχει δεδομένα προσδιορισμού θέσης με παγκόσμια κάλυψη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση αναπτύσσει επί του παρόντος το δικό της σύστημα GPS, γνωστό ως το σύστημα προσδιορισμού θέσης Galileo που θα τεθεί σε λειτουργία έως το 2013. Η Κίνα διαθέτει ένα τοπικό σύστημα που μπορεί να το επεκτείνει σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ η Ρωσία αποκαθιστά επί του παρόντος το δικό της σύστημα GLONASS.



**Εικόνα 3: GPS συσκευή πλοήγησης Navigon σε ταμπλό αυτοκινητού (Wikipedia)**

## 2.4 Περιγραφή Συστήματος

Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει στεριά, θάλασσα και ουρανό. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες του αλλά και ο συντονισμός του. Τα τμήματα αυτά είναι τα εξής:

- Διαστημικό τμήμα: Αποτελείται από το δίκτυο 24 δορυφόρων που ήδη αναφέραμε. Οι δορυφόροι αυτοί σκεπάζουν ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS. Δηλαδή τη διαθεσιμότητά του σε κάθε γωνιά της Γης, ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να αποπροσανατολιστεί κανείς ποτέ και πουθενά.

Όλοι οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος περίπου 12.700 μιλίων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και εκτελούν δύο περιστροφές γύρω από τη Γη κάθε 24ωρο. Η κατασκευάστρια εταιρεία είναι η Rockwell International, η εκτόξευσή τους πραγματοποιήθηκε από το ακρωτήριο Canaveral, ενώ η ηλεκτρική τους τροφοδοσία πραγματοποιείται μέσω των ηλιακών στοιχείων που διαθέτουν.

- Επίγειο τμήμα ελέγχου: Οι δορυφόροι, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν προβλήματα στη σωστή λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται σε αυτούς αφορούν τη σωστή τους ταχύτητα και υψόμετρο και την κατάσταση της επάρκειάς τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται ενέργειες που αφορούν το σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από 1 επανδρωμένο και 4 μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη.

Αυτές είναι οι εξής: α) Κολοράντο (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής), β) Χαβάη (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός), γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός), δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός) και ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός). Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο, ο οποίος είναι μάλιστα και ο μοναδικός που βρίσκεται στη ξηρά. Αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των εναπομεινάντων τεσσάρων σταθμών, καθώς και το συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών αυτών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.

- Το τμήμα τελικού χρήστη: Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες των δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Οι δέκτες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας πεζοπορίας, όσο και σε οχήματα ή θαλάσσια σκάφη και κατά κανόνα διαθέτουν αρκετά μικρές διαστάσεις. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται και με ειδικό software που προβάλλει ένα χάρτη στην οθόνη του.

Πρόκειται για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους τις πληροφορίες για το στίγμα μας και τις μετατρέπει σε κατανοητή ανθρώπινη μορφή, πληροφορώντας μας για την ακριβή γεωγραφική μας θέση.

## 2.5 Τρόπος λειτουργίας

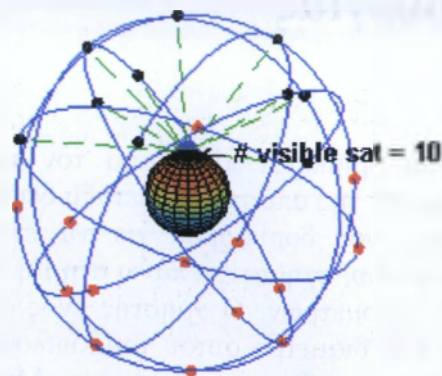
Η βασική φιλοσοφία που βρίσκεται πίσω από τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος GPS είναι η μέτρηση της απόστασης μεταξύ δέκτη και δορυφόρου. Δεν είναι όμως αρκετό το σήμα ενός δορυφόρου για να εντοπιστεί η θέση μας. Αντίθετα, το σήμα ενός δορυφόρου, σχηματίζει πάνω στη Γη μόνο ένα νοητό κύκλο, διαμέτρου πολλών δεκάδων χιλιομέτρων. Ο χρήστης ενός δέκτη GPS μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε πάνω στη διάμετρο αυτού του κύκλου, κάτι φυσικά που δεν διασαφηνίζει με καμία απολύτως ακρίβεια το στίγμα του. Με τη λήψη του σήματος από ένα δεύτερο δορυφόρο, δημιουργείται ένας ακόμα κύκλος, ο οποίος σε κάποια τμήματά του τέμνεται με τον πρώτο κύκλο που εξετάσαμε παραπάνω. Η θέση μας πάνω στη Γη βρίσκεται σε κάποιο από τα σημεία όπου ενώνονται οι δύο νοητοί κύκλοι.

Θα χρειαστεί και το σήμα ενός τρίτου δορυφόρου, για να δημιουργηθεί ένας ακόμα κύκλος, ο οποίος θα τέμνεται με τους άλλους δύο, ώστε να εντοπιστεί με υψηλή ακρίβεια η θέση μας. Το σημείο όπου τέμνονται και οι τρεις κύκλοι έχει τώρα πολύ μικρή έκταση και εκεί ακριβώς βρισκόμαστε εμείς. Όπως διαπιστώνει κανείς, αρκεί η σύνδεση ενός δέκτη με τρεις δορυφόρους προκειμένου να λάβουμε τις ακριβείς πληροφορίες που χρειαζόμαστε. Ωστόσο στην πραγματικότητα, για την αποφυγή τυχών σφαλμάτων και αποκλίσεων, ένας δέκτης GPS συνδέεται με 5 δορυφόρους, δημιουργώντας ισάριθμους νοητούς κύκλους.

Έτσι, η πιθανότητα λανθασμένου εντοπισμού του στίγματός μας κυριολεκτικά εκμηδενίζεται. Το σήμα μεταξύ δέκτη GPS και δορυφόρου είναι ουσιαστικά ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, διαδίδεται δηλαδή με την ταχύτητα του φωτός, στα 300.000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο. Ως εκ τούτου, το σήμα χρειάζεται περίπου 7 μέχρι 10 εκατοστά του δευτερολέπτου για να φθάσει από τον δέκτη στον δορυφόρο και αντίστροφα. Όπως προαναφέρθηκε, απαιτούνται 5 δορυφόροι για να εντοπιστεί με απόλυτη ακρίβεια η θέση μας. Ανάλογα με το χρόνο που χρειάζεται για την αποστολή του σήματος από το δέκτη προς καθέναν από τους δορυφόρους αυτούς και για την επιστροφή του, εκτιμάται η απόσταση από αυτούς και δημιουργούνται οι 5 νοητοί κύκλοι θέσης. Η τομή των 5 κύκλων είναι η ακριβής θέση μας η οποία παριστάνεται στο δέκτη GPS με τη μορφή γεωγραφικού μήκους, πλάτους και υψομέτρου.

Στο σημείο αυτό αξίζει ιδιαίτερα να τονιστεί ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει η σωστή λειτουργία των χρονομέτρων που διαθέτουν τόσο οι δέκτες GPS, όσο και οι δορυφόροι. Σφάλμα ακόμα και ενός δεκάτου του δευτερολέπτου κατά τη μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για την επικοινωνία μεταξύ δέκτη και δορυφόρου, θα δώσει εξαιρετικά ανακριβείς πληροφορίες.

Για το λόγο αυτό, στα χρονόμετρα χρησιμοποιείται η τελευταία λέξη της τεχνολογίας, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται όλες οι απαραίτητες μέθοδοι για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας τους. Αν ποτέ παρατηρηθεί ότι το χρονόμετρο κάποιου δορυφόρου παρεκκλίνει, αυτός θα τεθεί άμεσα εκτός λειτουργίας και θα αντικατασταθεί με έναν από τους εφεδρικούς.



**Σχήμα 13: Αναπαράσταση του αρχικού σχεδίου του συστήματος GPS, με 24 δορυφόρους GPS (4 δορυφόροι σε καθεμία από τις 6 τροχιές). Οι αριθμοί δείχνουν την εξέλιξη του αριθμού των ορατών δορυφόρων από ένα σημείο (45° Βόρεια) που δείχνει το βέλος. Ο ρυθμός χρόνου της αναπαράστασης, είναι 2.880 φορές ταχύτερος από τον πραγματικό ρυθμό χρόνου (κάθε μισό λεπτό αντιπροσωπεύει 24 ώρες).  
(Wikipedia)**

Ο χρόνος αναφοράς του GPS έχει ως σημείο έναρξης την 00.00 UTC της 5ης Ιανουαρίου 1980. Η προσδιοριζόμενη θέση (X,Y,Z) αναφέρεται στο Παγκόσμιο Γεωκεντρικό Σύστημα Αναφοράς 1984, γνωστό ως WGS 84.

Το σήμα που εκπέμπει κάθε δορυφόρος είναι μοναδικό και εξαιρετικά σύνθετο και βασίζεται σε δυο φέρουσες συχνότητες στην περιοχή του φάσματος των μικροκυμάτων:

$$L1 = 154 \times 10.23 = 1575.42 \text{ MHz,}$$

$$L2 = 120 \times 10.23 = 1227.60 \text{ MHz,}$$

πολλαπλάσιες της βασικής συχνότητας των 10.23 MHz.

Γενικότερα, για την απαλοιφή συστηματικών σφαλμάτων, χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία πέραν των δύο συχνοτήτων διάφοροι γραμμικοί συνδυασμοί τους όπως η L3 για εξάλειψη του φαινομένου της ιονοσφαιρικής διάθλασης για καλύτερη απόδοση.

Το σήμα παράγεται από την σύνθεση δύο κωδικών μοναδικών για κάθε δορυφόρο, του C/A (coarse/acquisition) που προστίθεται μόνο στο φορέα (συχνότητα) L1 και του P (ακρίβεια, precision), που διαμορφώνεται και στις δυο συχνότητες L1, L2.

Οι κώδικες καλούνται και ψευδοτυχαίοι εξαιτίας του γεγονότος ότι με τη βοήθεια αυτών είναι δυνατή η μέτρηση των ψευδοαποστάσεων που προαναφέρθηκαν. Ο δέκτης δέχεται το σήμα, συγκρίνει τον λαμβανόμενο κώδικα με ένα αντίγραφο που παράγει ο ίδιος και, τελικά, ταυτίζει το σήμα και ο χρόνος διαδρομής του σήματος πολλαπλασιαζόμενος με την ταχύτητα του φωτός c, παρέχει την απόσταση μεταξύ δέκτη και δορυφόρου. Αυτή η απόσταση είναι η ψευδοαπόσταση και δεν περιλαμβάνει τη χρονική ολίσθηση μεταξύ χρονομέτρων δέκτη και δορυφόρου, η οποία προστίθεται σαν επιπλέον άγνωστος στην τελική εξίσωση υπολογισμού.

Παρακάτω, φαίνονται αίτια που μπορούν να προκαλέσουν σφάλματα σε ότι αφορά στη θέση του δέκτη και το μέγεθος του σφάλματος σε μέτρα.

Αίτιο	Σφάλμα σε μέτρα
Ιονοσφαιρική επίδραση	(+ - 5μ.)
Σφάλμα δορυφορικού ρολογιού	(+ - 2μ.)
Τροποσφαιρική επίδραση	(+ - 0,5μ.)
Αριθμητικά λάθη σε υπολογισμούς	(+ - 1μ.)
Σφάλματα λόγω αστρονομικού ημερολογίου	(+ - 2,5μ.)
Εμπόδια (κτίρια, φαράγγια, τοίχοι κτλ)	(+ - 1μ.)

**Πίνακας 2: Αίτια και τα αντίστοιχα σφάλματα σε μέτρα (Wikipedia)**

Οι μετρήσεις με δορυφορικό σύστημα εντοπισμού διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με το αν βασίζονται σε μετρήσεις:

- ψευδοαποστάσεων
- φάσεων.

Ακριβέστερες από αυτές είναι οι μετρήσεις φάσεων.

Στις μετρήσεις φάσεων μετράται η διαφορά φάσης του σήματος του δορυφόρου τη στιγμή εκπομπής με τη φάση του σήματος του δέκτη τη στιγμή της λήψης.

Η διαφορά φάσης, σε κύκλους πολλαπλασιαζόμενη με το μήκος κύματος  $\lambda$  μετατρέπεται σε απόσταση.

Τη στιγμή της λήψης ο δέκτης μετράει μόνο το κλασματικό μέρος της φάσης μιας και δε μπορεί να μετρήσει και τον ακέραιο αριθμό κύκλων που αντιστοιχεί στην απόσταση δορυφόρου-δέκτη. Επομένως, οι μετρήσεις φάσης παρουσιάζουν το πρόβλημα της αβεβαιότητας στον προσδιορισμό αυτού του ακέραιου αριθμού  $N$ , κάτι το οποίο λύνει με συγκεκριμένο αλγόριθμο ο κάθε δέκτης στην έναρξη των μετρήσεων.

Σε τυχόν αδυναμία λήψης του σήματος χάνεται ένας αριθμός ακέραιων κύκλων με συνέπεια όλες οι επόμενες μετρήσεις να είναι μετατοπισμένες κατά τον ίδιο αριθμό κύκλων. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται όπως και η ασάφεια των ακέραιων κύκλων από το δέκτη κατά την προεπεξεργασία. Ο συνδυασμός μετρήσεων φάσης και κώδικα θεωρείται ο ιδανικότερος για τον εντοπισμό της ολισθησης των κύκλων.

### Τριγωνισμός

Στη τριγωνομετρία και τη γεωμετρία, τριγωνοποίηση είναι η διαδικασία καθορισμού της θέσης ενός σημείου, μετρώντας τις γωνίες σε αυτό από γνωστά σημεία σε κάθε άκρο της σταθερής γραμμής βάσης, αντί για τη μέτρηση αποστάσεων μέχρι το σημείο άμεσα (τριπλευρισμός). Το σημείο αυτό μπορεί στη συνέχεια να καθοριστεί ως το τρίτο σημείο του τριγώνου με μια γνωστή πλευρά και δύο γνωστές γωνίες.

Τριγωνισμός μπορεί επίσης να αναφερθεί η ακριβής αποτύπωση των συστημάτων των πολύ μεγάλων τριγώνων, που ονομάζονται δίκτυα τριγωνοποίησης. Αυτό προέκυψε από τις εργασίες του Willebrord Snell στο 1615-17, ο οποίος έδειξε πως ένα σημείο θα μπορούσε να βρίσκεται από τις γωνίες που τέμνεται από τρία γνωστά σημεία αλλά μετράται στο νέο άγνωστο σημείο και όχι από το παρελθόν σταθερό σημείο, ένα πρόβλημα που ονομάζεται εκτομή.

Το σφάλμα των τοπογράφων ελαχιστοποιείται εάν ένα πλέγμα τριγώνων, το μεγαλύτερο σε κατάλληλη κλίμακα το οποίο καθιερώθηκε για πρώτη φορά, ότι όλα τα σημεία στο εσωτερικό του τριγώνου μπορούν στη συνέχεια να βρίσκονται ακριβώς σε σχέση. Τέτοιοι μέθοδοι όπως ο τριγωνισμός των ακριβών μεγάλης κλίμακας χερσαία αποτύπωσης καθιερώθηκαν μέχρι την άνοδο των παγκόσμιων δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης στη δεκαετία του 1980.

## Εφαρμογές

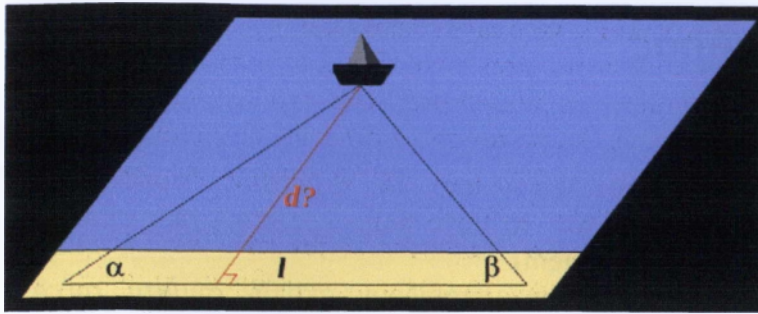
Οπτικά 3d συστήματα μέτρησης χρησιμοποιούν αυτή την αρχή προκειμένου να καθοριστούν οι χωρικές διαστάσεις και η γεωμετρία ενός αντικειμένου. Βασικά, η διαμόρφωση αποτελείται από δύο αισθητήρες παρατηρώντας το στοιχείο. Ένας από τους αισθητήρες είναι συνήθως μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή της συσκευής και ο άλλος μπορεί να είναι μια φωτογραφική μηχανή ή ένας ελαφρύς προβολέας. Τα κέντρα προβολής των αισθητήρων και της εξεταζόμενης στο σημείο επιφάνειας του αντικειμένου καθορίζουν τρίγωνο. Μέσα σε αυτό το τρίγωνο, η απόσταση μεταξύ των αισθητήρων είναι η βάση. Με τον καθορισμό των γωνιών μεταξύ των ακτινών προβολής των αισθητήρων και της βάσης, το σημείο τομής υπολογίζεται από τις τριγωνικές σχέσεις.

### Απόσταση από ένα σημείο μετρώντας δύο σταθερές γωνίες

Οι συντεταγμένες και η απόσταση μέχρι το σημείο που μπορεί να βρεθεί με τον υπολογισμό της διάρκειας της μιας πλευράς ενός τριγώνου, δεδομένου τις μετρήσεις των γωνιών και των πλευρών του τριγώνου που σχηματίζεται από εκείνο το σημείο και δύο άλλα γνωστά σημεία αναφοράς.

Οι ακόλουθοι τύποι ισχύουν στην Ευκλείδεια γεωμετρία. Γίνονται ανακριβείς, εάν οι αποστάσεις γίνονται αισθητές σε σχέση με την καμπυλότητα της Γης αλλά μπορεί να αντικατασταθούν με πιο περίπλοκα αποτελέσματα που παράγονται με χρήση σφαιρικών τριγωνομετρίας:

$$l = \frac{d}{\tan a} + \frac{d}{\tan b}$$



Σχήμα 14: Τριγωνισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστούν οι συντεταγμένες και η απόσταση (Wikipedia)

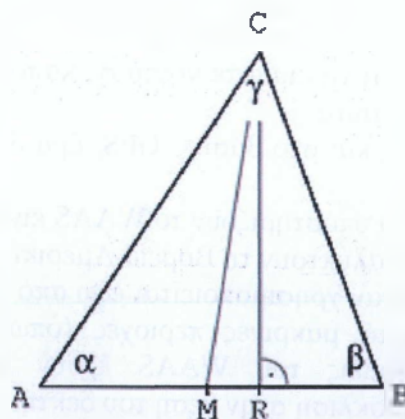
Ως εκ τούτου:

$$d = l / \left( \frac{1}{\tan a} + \frac{1}{\tan b} \right)$$

Χρησιμοποιώντας τις τριγωνομετρικές ταυτότητες:

$\tan a = \sin a / \cos a$  and  $\sin(a + b) = \sin a \cos b + \cos a \sin b$ , αυτό είναι ισοδύναμο με:

$$d = \frac{l \cdot \sin a \cdot \sin b}{\sin(a + b)}$$



## 2.6 Δορυφόρος

Το όλο σύστημα αποτελείται από 28 τεχνητούς δορυφόρους. Το Global Positioning System (GPS) είναι το μόνο πλήρως λειτουργικό σύστημα πλοήγησης στη Γη (satellite navigation system).

Ένας αστερισμός με GPS που μεταδίδουν ακριβή σήματα συγχρονισμού σε ραδιοφωνικούς ηλεκτρονικούς δέκτες GPS μας επιτρέπουν να καθορίσουμε ακριβώς μία θέση (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, ύψος) ημέρα ή νύχτα, με οποιοδήποτε καιρό.

Το GPS επίσης παρέχει και ακριβείς χρονικές αναφορές, που απαιτούνται για κάποιες επιστημονικές έρευνες, συμπεριλαμβανομένης και της μελέτης των σεισμών. Το σύστημα αύξησης εκτενών ζωνών (WAAS), διαθέσιμο από τον Αύγουστο του 2000, αυξάνει την ακρίβεια του GPS μέσα σε 2 μέτρα για τους συμβατούς δέκτες. Με το GPS, η ακρίβεια μπορεί να βελτιωθεί σε 1 εκατοστόμετρο, χρησιμοποιώντας άλλες τεχνικές όπως την διαφορική εξίσωση του GPS (DGPS).

### DGPS

Βασίζεται σε επίγειους σταθμούς οι οποίοι εκπέμπουν σε FM ή AM. Δε μπορούν όλοι οι δέκτες να εκμεταλλευτούν αυτό το σήμα. Η εμβέλεια των σταθμών φτάνει ως και 600 χλμ. Οι σταθμοί κρατάνε στατιστικά στοιχεία για την θέση των δορυφόρων, έτσι ώστε μπορούν να διορθώνουν τα σφάλματα στο σήμα και τα εκπέμπουν στους δέκτες ώστε να διορθώσουν αντίστοιχα τους υπολογισμούς.

Η ακρίβεια μέσω της διόρθωσης φτάνει τα 3 - 5 μέτρα.

### WAAS

Το σύστημα αποτελείται από 25 επίγειους σταθμούς στη Βόρεια Αμερική. Παρέχει διορθωτικά δεδομένα τα οποία μεταδίδονται από έναν κεντρικό επίγειο σταθμό πίσω στους δορυφόρους και από τους δορυφόρους στους δέκτες.

Αυτό σημαίνει ότι δε χρειάζεται να είμαστε κοντά σε κάποιον επίγειο σταθμό για να εκμεταλλευτούμε τα δεδομένα αυτά.

Τα σήματα μεταδίδονται όπως και στο βασικό GPS, άρα δε χρειάζεται να υπάρχουν ειδικά κυκλώματα στον δέκτη.

Οι γεωστατικοί δορυφόροι που υποστηρίζουν το WAAS είναι πάνω από τον Ειρηνικό και το Δυτικό Ατλαντικό και καλύπτουν τη Βόρεια Αμερική.

Παρέχει λίγες δυνατότητες όταν χρησιμοποιείται έξω από την περιοχή κάλυψης των επίγειων σταθμών. Σε αρκετά μακρινές περιοχές (όπως στην Αυστραλία) έχει παρατηρηθεί ότι οι διορθώσεις του WAAS έχουν προκαλέσει λάθη στους υπολογισμούς και συνεπώς απόκλιση στην θέση του δέκτη.

Η ακρίβεια μέσω της διόρθωσης φτάνει τα 2 - 3 μέτρα.



## EGNOS - Galileo

Αυτή τη στιγμή το σύστημα χρησιμοποιείται σαν διορθωτικό του GPS, όπως και το WAAS. Οι δέκτες που υποστηρίζουν το EGNOS υποστηρίζουν και WAAS. Αποτελείται από 3 γεωστατικούς δορυφόρους και 34 επίγειους σταθμούς. Στην πλήρη υλοποίηση του θα είναι ένα σύστημα αντίστοιχο με το GPS, θα δουλεύει όμως και ανεξάρτητα, με ονομασία Galileo και θα υποστηρίζεται από 30 δορυφόρους. Βρίσκεται σε δοκιμαστική περίοδο ήδη από το 2000. Η πλήρης υλοποίησή του, προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί το 2014 και θα παρέχει ακρίβεια λιγότερη του ενός μέτρου.



**Εικόνα 4: Δορυφόρος Galileo  
(Europarl)**

## 2.7 Λειτουργία του δέκτη από τον χρήστη

Διάφορες μετρήσεις μπορούν να γίνουν συγχρόνως σε διάφορους δορυφόρους, επιτρέποντας με μια συνεχή αποτύπωση στο δέκτη και να παραχθούν στον πραγματικό χρόνο.

Κάθε απόσταση μέτρησης, ανεξάρτητα από το σύστημα που χρησιμοποιείται, τοποθετεί το δέκτη σε μια σφαιρική θέση σε συγκεκριμένη απόσταση από τον εκφωνητή. Με τη λήψη διάφορων τέτοιων μετρήσεων και την έρευνα ενός σημείου όπου συναντιούνται, παράγεται μια αποτύπωση. Εντούτοις, η θέση του σήματος κινείται όπως τα σήματα παραλαμβάνονται από διάφορους δορυφόρους.

Επιπλέον, τα ραδιοκύματα παρουσιάζουν επιβράδυνση καθώς περνούν μέσω της ιονόσφαιρας, αυτή η επιβράδυνση ποικίλλει ανάλογα με τη γωνία του δέκτη στο δορυφόρο, επειδή αλλάζει η απόσταση μέσω της ιονόσφαιρας.

Ο βασικός υπολογισμός προσπαθεί έτσι να βρει την πιο σύντομη κατεύθυνση της εφαπτομένης γωνίας στους 4 πόλους που τοποθετούνται σε 4 δορυφόρους.

Οι δορυφορικοί δέκτες πλοήγησης μειώνουν τα λάθη με τη χρησιμοποίηση των συνδυασμών σημάτων από τους πολλαπλάσιους δορυφόρους και έπειτα την χρησιμοποίηση των τεχνικών όπως το φίλτράρισμα Kalman για να περιοριστεί ο θόρυβος.



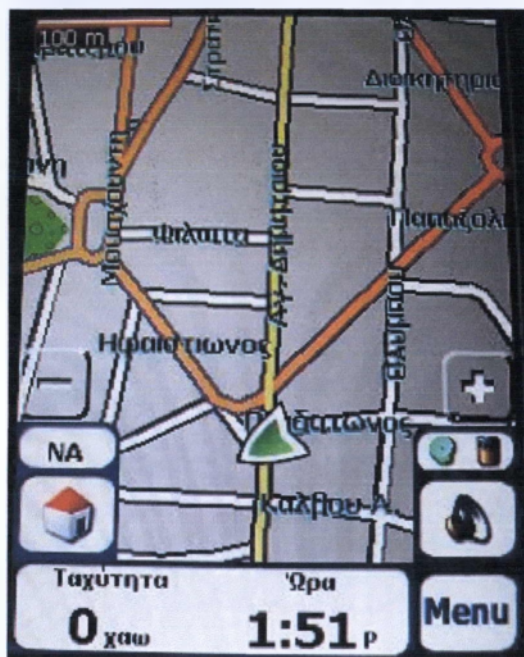
**Εικόνα 5: Δορυφόρος (Genesis)**

### **Λειτουργία του δέκτη**

Η λειτουργία ενός συστήματος πλοήγησης έχει ως εξής :

- Άνοιγμα της συσκευής
- Αναμονή για τη λήψη σήματος μέσω δορυφόρου
- Επιλογή προορισμού με εισαγωγή οδού, είτε με καθορισμό ενός σημείου στο χάρτη
- Επιλογή του τρόπου μετάβασης (συντομότερο σε χλμ. ή μέσω κεντρικών οδών)
- Αναμονή για τον υπολογισμό της επιλεγμένης διαδρομής
- Η επιλογή της διαδρομής εμφανίζεται στην οθόνη και καθοδηγεί τον οδηγό καθ' όλη την πορεία μέχρι τον τελικό προορισμό, δίνοντας σχηματικές και φωνητικές κατευθύνσεις για την πορεία. Η πορεία που έχει επιλεγεί είναι μαρκαρισμένη στο χάρτη με διαφορετικό χρωματισμό, ώστε να μπορεί να βλέπει ο χρήστης της συσκευής όλη την διαδρομή που θα διανύσει.

Σε όλη τη διαδρομή επίσης, ο οδηγός μπορεί να παίρνει πληροφορίες για την απόσταση και το χρόνο μέχρι τον προορισμό, την ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημα, καθώς και το υψόμετρο που βρίσκεται. Ακόμη, να ενημερώνεται για τυχόν μπλόκα της αστυνομίας, για επικίνδυνα οδικά σημεία όπως στροφές, διασταυρώσεις κτλ., χώρους στάθμευσης, αξιοθέατα και σημεία ενδιαφέροντος των οδηγών και συνεπιβατών.



Εικόνα 6: Ενδείξεις συσκευής πλοήγησης GPS  
(Wikipedia)

## 2.8 Λειτουργία Λογισμικού χαρτογράφησης

Για να είναι πράγματι χρήσιμο για πλοήγηση, το λογισμικό χαρτογράφησης του GPS πρέπει να διατηρείται ενημερωμένο. Κάθε χρόνο, περίπου το 5 % των οδικών μας αρτηριών τροποποιούνται σε κάποιο βαθμό. Νέες παρακαμπτήριες οδοί κατασκευάζονται, λωρίδες κυκλοφορίας προστίθενται σε υφιστάμενες οδούς, τα όρια ταχύτητας τροποποιούνται, εισάγονται συστήματα μονοδρόμησης και τροποποιείται η σηματοδότηση των οδών. Η συσκευή δορυφορικής πλοήγησης χρειάζεται λογισμικό χαρτογράφησης που ενημερώνεται τακτικά.

Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ψηφιακής χαρτογράφησης, εργάζονται διαρκώς για την ενημέρωση του λογισμικού χαρτογράφησης GPS και για τη διάθεσή του στους χρήστες συσκευών δορυφορικής πλοήγησης το συντομότερο δυνατό και με τη μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα. Οι ψηφιακοί χάρτες περιλαμβάνουν λεπτομέρειες σε επίπεδο οδού βοηθώντας να προσδιορίζεται η διαδρομή από το σημείο Α προς το σημείο Β όσο πιο άνετα γίνεται.

Οι χάρτες δεν παρέχονται από τους δορυφόρους GPS, οι οποίοι απλώς παρέχουν τον εντοπισμό της θέσης που στη συνέχεια τοποθετείται στους χάρτες από το δικό σας δέκτη GPS. Όλες οι συσκευές δορυφορικής πλοήγησης παρέχονται με προεγκαταστημένους χάρτες αλλά για να εξασφαλιστεί η διάθεση των πιο πρόσφατων χαρτών, πρέπει να μεταφορτώνεται τακτικά το λογισμικό χαρτογράφησης.



**Εικόνα 7: Χαρτογραφημένη περιοχή**

**(Open Street Map)**

## 2.9 Ακρίβεια του GPS και πηγές σφάλματος

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) μπορεί να προσδιορίσει τη θέση, το ύψος και την ταχύτητά σας με σχεδόν απόλυτη ακρίβεια, αλλά το σύστημα έχει εγγενείς πηγές σφάλματος, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν ένας δέκτης λαμβάνει τα σήματα GPS από την ομάδα των δορυφόρων στον ουρανό.



Απειροελάχιστες διαφορές μεταξύ του ενσωματωμένου ρολογιού του δέκτη GPS και της ώρας GPS που συγχρονίζει ολόκληρο το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης, συνεπάγονται ότι οι υπολογιζόμενες αποστάσεις μπορεί να αποκλίνουν. Υπάρχουν δύο λύσεις αυτού του προβλήματος.

Η πρώτη συνίσταται στη χρήση σε κάθε δέκτη ενός ατομικού ρολογιού που κοστίζει \$100.000. Η δεύτερη συνίσταται στη χρήση ορισμένων έξυπνων μαθηματικών τρικ για την αντιμετώπιση του σφάλματος χρονομέτρησης με βάση τον τρόπο με τον οποίο τα σήματα τριών ή περισσότερων δορυφόρων ανιχνεύονται από το δέκτη, που ουσιαστικά παρέχουν στο δέκτη τη δυνατότητα να μηδενίζει το ρολόι του. Η δεύτερη αυτή μέθοδος είναι μία λιγότερο δαπανηρή λύση.

Οι δέκτες GPS αναλύουν τρία σήματα από δορυφόρους του συστήματος και υπολογίζουν το χρόνο που χρειάστηκε κάθε σήμα για να καταλήξει σε αυτούς. Αυτό τους παρέχει τη δυνατότητα να πραγματοποιούν υπολογισμούς τριπλευρισμού για να εντοπίζουν την ακριβή θέση του δέκτη. Τα σήματα μεταδίδονται από τους δορυφόρους με συγκεκριμένο ρυθμό.

Δυστυχώς, ο ηλεκτρονικός ανιχνευτής των βασικών συσκευών GPS έχει ακρίβεια μόλις 1 ποσοστού του χρόνου διαφύου. Αυτό το διάστημα αντιστοιχεί κατά προσέγγιση σε 10 δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου. Δεδομένου ότι τα σήματα μικροκυμάτων του GPS κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, αυτό συνεπάγεται ένα σφάλμα περίπου 3 μέτρων. Κατά συνέπεια, οι βασικές συσκευές GPS δεν μπορούν να προσδιορίζουν θέσεις με ακρίβεια μεγαλύτερη των 3 μέτρων. Πιο εξελιγμένοι δέκτες GPS που χρησιμοποιούνται από το στρατό, έχουν δέκα φορές μεγαλύτερη ακρίβεια της τάξης των 300 χιλιοστών.

Άλλα σφάλματα προκύπτουν λόγω ατμοσφαιρικών διαταράξεων που παραμορφώνουν τα σήματα προτού αυτά καταλήξουν στο δέκτη. Οι αντανάκλασεις από κτίρια και άλλα μεγάλων διαστάσεων συμπαγή αντικείμενα μπορούν επίσης να προκαλέσουν προβλήματα ακρίβειας του GPS. Επίσης, μπορούν να προκύψουν προβλήματα με την ακρίβεια χρονομέτρησης και τα δεδομένα επί ενός συγκεκριμένου δορυφόρου. Αυτά τα προβλήματα ακρίβειας αντιμετωπίζονται από τους λήπτες GPS, οι οποίοι επιδιώκουν να συνδεθούν με περισσότερους από τρεις δορυφόρους ώστε να λαμβάνουν συνεκτικά δεδομένα.

## 2.10 Χρήσεις μιας συσκευής GPS

Τα περισσότερα συστήματα πλοήγησης συνδυάζουν την λειτουργικότητα με τη διασκέδαση. Με ένα τέτοιο δέκτη, μπορεί κανείς να παρακολουθεί ταινίες και βίντεο κλιπ, να ακούει τραγούδια, να συνδέεται στο Διαδίκτυο, ως και να παρακολουθεί τηλεοπτικές εκπομπές.

Το σύστημα GPS έχει διευκολύνει σημαντικά τον εντοπισμό μόνιμων καμερών ασφαλείας στους δρόμους με αποτέλεσμα οι οδηγοί να μπορούν να τηρούν με ασφάλεια τα όρια ταχύτητας.



Ορισμένοι δέκτες GPS και συσκευές δορυφορικής πλοήγησης είναι επίσης σε θέση να λαμβάνουν ανακοινώσεις σχετικές με την κυκλοφορία και να προειδοποιούν τους οδηγούς σχετικά με προβλήματα που θα συναντήσουν στο δρόμο ή εναλλακτικά, να επαναπρογραμματίζουν το δρομολόγιό τους αυτόματα προκειμένου να αποφεύγουν σημεία κυκλοφοριακής συμφόρησης και ατυχημάτων.

Επίσης, σημαντικό είναι να τονιστεί ότι ανάλογα με το πρόγραμμα πλοήγησης που έχει επιλεγεί για τη συσκευή, είναι δυνατή η ενημέρωσή του με διάφορα πρόσθετα που προσφέρονται από το λογισμικό, που παρέχουν ορισμένες διευκολύνσεις. Τέτοια είναι διάφορα σημεία ενδιαφέροντος ανά περιοχές, επικίνδυνα σημεία δρόμων, διάφορα καταστήματα, κέντρα διασκέδασης, τράπεζες, σταθμοί βενζίνης, ξενοδοχεία, σχολεία, αθλητικά κέντρα, δημόσιες υπηρεσίες και πολλά άλλα ανάλογα με το πρόγραμμα και τις δυνατότητες του.

Ακόμη, άτομα που πεζοπορούν και άλλοι φυσιολάτρες μπορούν να χρησιμοποιούν δέκτες GPS για να ελέγχουν κατά πόσον ακολουθούν την επιλεγμένη διαδρομή και να επισημαίνουν σημεία συνάντησης κατά μήκος αυτής. Τα άτομα που συμμετέχουν στο παιχνίδι της γεωαναζήτησης, ένα είδος κυνηγιού θησαυρού της ψηφιακής εποχής που χρησιμοποιεί ακριβή σήματα GPS για να βοηθήσει τους παίκτες να εντοπίσουν μία κρυψώνα.

Οι υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν το δέκτες GPS όχι μόνο για να προσδιορίζουν τη διαδρομή προς το σημείο ενός συμβάντος πιο γρήγορα από ποτέ, αλλά και για να εντοπίζουν το σημείο ενός ατυχήματος παρέχοντας στο προσωπικό τη δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα το σημείο. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης στη θάλασσα και υπό ακραίες καιρικές συνθήκες στην ξηρά, όταν ο χρόνος μπορεί να αποτελεί ζήτημα ζωής ή θανάτου.

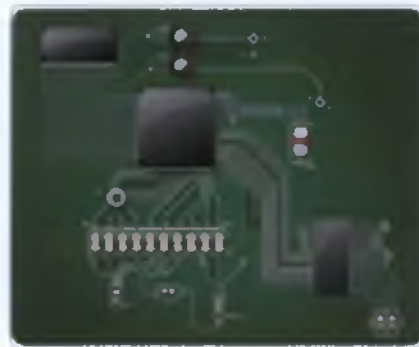


Οι επιστήμονες και οι μηχανικοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν δέκτες GPS στο πλαίσιο επιστημονικών πειραμάτων και για την παρακολούθηση της γεωλογικής δραστηριότητας, όπως π.χ. των σεισμικών δονήσεων, των σεισμών και της ηφαιστειακής βοής. Μπορούν να χρησιμοποιούν συσκευές GPS εγκαταστημένες σε στρατηγικά σημεία που τους συνδράμουν στην παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής και άλλων φαινομένων. Βασικά, το GPS μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για την κατάρτιση χαρτών εξαιρετικής ακρίβειας.

Βέβαια, υπάρχουν και κάποια αρνητικά στη χρήση του GPS. Θα πρέπει να φέρουν πάντα ένα αντίγραφο ασφαλείας με τις κατευθύνσεις και χάρτες σε περίπτωση που το GPS αποτύχει. Για παράδειγμα, κατά την οδήγηση σε ένα δρόμο της πόλης τα κτίρια μπορεί να εμποδίσουν το σήμα του δορυφόρου με αποτέλεσμα να μην λαμβάνονται ενημερώσεις θέσης. Ακόμη, σε μια πεζοπορία μέσα στο βουνό η μπαταρία του δέκτη GPS μπορεί να εξαντληθεί, αφήνοντας το χρήστη χωρίς τη βοήθεια της δορυφορικής περιήγησης. Τέλος, ατμοσφαιρικές συνθήκες όπως οι γεωμαγνητικές καταιγίδες που προκαλούνται από την ηλιακή δραστηριότητα μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια του GPS.

## 2.11 Περιγραφή Hardware

Εξωτερικά, μία συσκευή δορυφορικής πλοήγησης μοιάζει με μια κομψή ψηφιακή συσκευή με οθόνη αφής. Ωστόσο, στο εσωτερικό του περιβλήματος φιλοξενούνται πολλά σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα που παρέχουν τη δυνατότητα να λαμβάνονται σήματα από δορυφόρους οι οποίοι κινούνται σε τροχιά χιλιάδες μίλια επάνω από τη Γη και να υπολογίζεται η ακριβής θέση και η ταχύτητα επάνω στον πλανήτη.



Κάθε στοιχείο εντός μίας συσκευής δορυφορικής πλοήγησης εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο σκοπό και καθένα είναι απαραίτητο για τη λειτουργία της συσκευής. Η επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια για την οθόνη και τα εσωτερικά ηλεκτρονικά συστήματα.

Υπάρχουν επίσης κυκλώματα για τον έλεγχο της οθόνης και για απόκριση στους διαδραστικούς χειρισμούς του χρήστη μέσω της ευαισθησίας στην οθόνη αφής και των κουμπιών. Υπάρχουν επιπλέον κυκλώματα για τον έλεγχο των πληροφοριών, του χάρτη και της διαδρομής που προβάλλεται στην οθόνη, καθώς και για την αναπαραγωγή φωνητικών οδηγιών – μετατροπή κειμένου σε ομιλία (Text to Speech). Ορισμένες συσκευές δορυφορικής πλοήγησης, διαθέτουν επίσης δυνατότητες Bluetooth.

Προκειμένου να ανταποκρίνεται στην κύρια αποστολή της σύνδεσης με το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS), μία συσκευή δορυφορικής πλοήγησης διαθέτει στο εσωτερικό της μία κεραία. Αυτή λαμβάνει τα σήματα μικροκυμάτων από τους δορυφόρους της ομάδας GPS. Αυτά τα σήματα ενισχύονται στη συνέχεια και μεταδίδονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα που τα αναλύουν και υπολογίζουν τη θέση. Το κύκλωμα χρησιμοποιεί ένα σύστημα γνωστό ως τριπλευρισμός, το οποίο είναι το αντίστοιχο τρισδιάστατο σύστημα της τριγωνομέτρησης επί του χάρτη.



Η διαδικασία του τριπλευρισμού εξαρτάται από τη δυνατότητα της συσκευής GPS να προσδιορίζει την απόσταση από τους δορυφόρους χρονομετρώντας τα σήματά της μέσω του ενσωματωμένου της ρολογιού. Καθαυτό το ρολόι είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα γνωστό ως ταλαντωτής.



**Εικόνα 8: Εσωτερική κεραία GPS  
(Εταιρεία Televes)**

### **Ηλιακοί φορτιστές**

Η εταιρεία Universal Hybrid σχεδίασε τον ηλιακό φορτιστή Solio ο οποίος είναι αρκετά ισχυρός ώστε να εξυπηρετεί το σύνολο των φορητών ηλεκτρονικών προϊόντων στο σπίτι ή εν κινήσει, οπουδήποτε στον ήλιο.

Το solio είναι ένα υβρίδιο το οποίο μπορεί να αποδεχθεί την εξουσία είτε από την πρίζα είτε από την κύρια αποθήκευση αυτής της ενέργειας στην εσωτερική επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Όταν είναι πλήρως φορτισμένη μπορεί να αποθηκεύσει αρκετή ενέργεια ώστε να χρησιμοποιηθεί ένα GPS τουλάχιστον δύο φορές. Ο φορτιστής αυτός θα χρεώσει τη συσκευή με τον ίδιο ρυθμό με τους συμβατικούς φορτιστές πρίζας. Η φόρτιση του Solio ολοκληρώνεται σε 8-10 ώρες από το άμεσο ηλιακό φως. Κατά τη φόρτιση ενός GPS απευθείας από τον ήλιο, 60 λεπτά από το φως του ήλιου θα προσφέρουν περίπου 2 ώρες χρόνο λειτουργίας και δέκα ώρες χρόνο αναμονής. Αν δεν υπάρχει κάλυψη από τον ήλιο, με μια συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στη γύρω περιοχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο συμπεριλαμβανόμενος προσαρμογέας τοίχου. Ο Solio θα ολοκληρώσει τη φόρτιση του σε περίπου 4 ώρες.

Ακόμη, για τους λάτρεις της τεχνολογίας που βρίσκονται εν κινήσει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ηλιακός GPS φορτιστής. Αυτές οι μικρές συσκευές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για το τροχόσπιτο, το αυτοκίνητο, τον ταξιδιώτη, τους πεζοπόρους, τους φυσιολάτρεις, καθώς και τις διεθνείς επιχειρήσεις ταξιδιωτών. Χρησιμοποιώντας τη δύναμη του ήλιου, οι ηλιακές ενέργειας φορτιστές αυξάνουν την ανεξαρτησία μας από τις ηλεκτρικές εταιρείες με τη χρησιμοποίηση ενέργειας από μια ελεύθερη και απεριόριστη πηγή.

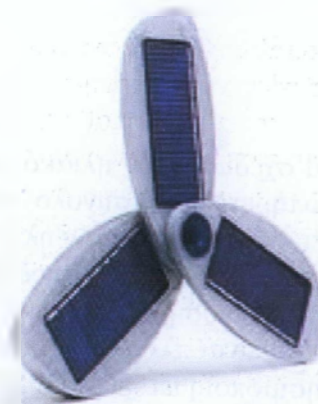
Αν και αυτές οι συσκευές μπορούν να χαρακτηριστούν σαν ακριβές προτάσεις για κάποιους, οι τιμές αναμένεται να μειωθούν όσο αυτές οι τεχνολογίες γίνονται περισσότερο αποδεκτές και χρησιμοποιήσιμες από το κοινό.

Μια άλλη επιλογή είναι η αγορά μιας συσκευής GPS με ενσωματωμένο ηλιακό πάνελ έτσι ώστε να μην χρεωθεί ο αγοραστής ένα επιπλέον φορτιστή. Η εταιρεία Proporta έχει κάνει αρχή για την εμφάνιση τέτοιου είδους συσκευών στη αγορά.

Η δωρεάν ηλιακή ενέργεια και η καλή αίσθηση που βοηθούν το περιβάλλον είναι μερικοί λόγοι όπου μπορούν να θεωρηθούν οι ηλιακοί φορτιστές GPS ως καταλληλότεροι για χρήση.

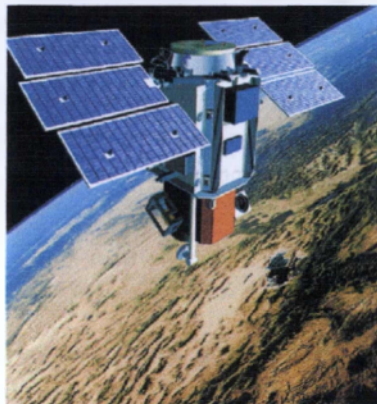
Ακόμη, η εταιρεία προσφέρει ηλιακούς φορτιστές για GPS των 3, 5, 12 και 25 watts αντίστοιχα. Είναι συμπαγείς και ανθεκτικοί, με αποτέλεσμα να είναι απλή και εύκολη η μετακίνησή τους για ταξιδιώτες και επιχειρηματίες που κάνουν ένα μεγάλο μέρος των εργασιών τους εν κινήσει. Αυτοί οι φορτιστές μετατρέπουν δύναμη του ήλιου σε 12 βολτ ενέργειας.

Τέλος, μια ακόμη σειρά ηλιακών φορτιστών GPS της εταιρείας Sunling είναι επίσης διαθέσιμοι στην αγορά σε 6, 5, 15, και 25 watts αντίστοιχα. Είτε στο σκάφος, είτε στο αυτοκίνητο, είτε στη μηχανή ακόμη και σε μια πεζοπορία στο βουνό, σε οποιοδήποτε σημείο σε ολόκληρη τη Γη, κάποιος που χρησιμοποιεί ηλιακό φορτιστή μπορεί να φορτίσει το GPS του καθ' οδόν. Ίσως είναι καλύτερη η ποιότητά του και το μέγεθός του μικρότερο, σε σημείο να έχει τις διαστάσεις και το βάρος ενός βιβλίου.



**Εικόνα 9: Ηλιακός φορτιστής GPS  
(Εταιρεία Garmin)**

## 2.12 Διαστημικοί δορυφόροι



**Εικόνα 10: Ο διαστημικός δορυφόρος QuickBird (Εφημερίδα Transitional)**

Παρά το γεγονός ότι οι προσπάθειες των Ιαπώνων να κατακτήσουν το Διάστημα έχουν γνωρίσει μόνο λίγες επιτυχίες, η κυβέρνηση της Ιαπωνίας έχει ανακοινώσει εδώ και καιρό ότι πρέπει να γίνει προσπάθεια ώστε να δημιουργηθεί ένας διαστημικός σταθμός που θα συγκεντρώνει την ηλιακή ενέργεια. Στη Γη τα σύννεφα απορροφούν μεγάλο μέρος της ενέργειας που προέρχεται από τον Ήλιο, ενώ στο Διάστημα η συλλογή της μπορεί να γίνεται όλο το 24ωρο. Τεράστια φωτοβολταϊκά πάνελ τα οποία περιφέρονται γύρω από τη Γη, σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων έξω από την ατμόσφαιρα, τοποθετούνται με σκοπό να μετατρέπουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι Ιάπωνες σκοπεύουν να θέσουν σε τροχιά έναν γεωστατικό δορυφόρο σε ύψος 36.000 χιλιομέτρων, ο οποίος θα μπορεί να παράγει ένα εκατομμύριο κιλοβατώρες, που αντιστοιχούν στην παραγωγή ενέργειας ενός πυρηνικού εργοστασίου. Το πρόγραμμα ονομάστηκε SSPS (Space Solar Power System) και σε αυτό συμμετέχουν μεγάλες Ιαπωνικές εταιρείες τεχνολογίας (Mitsubishi, Nec, Fujitsu, Sharp), καθώς και επιστήμονες οι οποίοι θα συνεργαστούν υπό την καθοδήγηση της Ιαπωνικής Υπηρεσίας Διαστήματος JAXA. Στόχος είναι η κατασκευή ενός διαστημικού δορυφόρου εξοπλισμένου με ηλιακούς συλλέκτες ο οποίος θα μπορεί ασύρματα να εκπέμπει ενέργεια στη Γη μέσω ακτίνων λέιζερ ή μικροκυμάτων. Ο δορυφόρος υπολογίζεται να είναι έτοιμος το 2020 και ως το 2030 να μπορεί να μεταδώσει στη Γη ενέργεια ενός γιγαβάτ, ικανή για την ηλεκτροδότηση εκατοντάδων χιλιάδων νοικοκυριών.

Ο δορυφόρος θα είναι εξοπλισμένος με δύο γιγαντιαίους συλλέκτες, μήκους τριών χιλιομέτρων ο καθένας, ανάμεσα στους οποίους θα τοποθετηθεί μία τεράστια κεραία διαμέτρου ενός χιλιομέτρου, που θα μεταδίδει τη συλλεχθείσα ενέργεια στη Γη με τη μορφή μικροκυμάτων.

Στο έδαφος θα υπάρχει μια δεύτερη κεραία με διάμετρο αρκετών χιλιομέτρων, η οποία πιθανότατα θα βρίσκεται σε έρημο ή στην επιφάνεια της θάλασσας. Από εκεί η ενέργεια θα μεταφέρεται ως ηλεκτρικό ρεύμα με καλώδια προς κατανάλωση. Ο δορυφόρος αναμένεται να ζυγίζει 20.000 τόνους και το κόστος του θα φθάσει τα 17 δισ. δολάρια. Επιστήμονες θεωρούν ότι το σχέδιο έχει και οικολογική αξία, αφού η παραγωγή ενέργειας στο Διάστημα θα μπορούσε να βοηθήσει στον περιορισμό της θέρμανσης του πλανήτη, αφού δεν προκαλεί εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ενώ εκλείπουν κάθε είδους προβλήματα ασφαλείας που σχετίζονται με την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας.

### **Τα πλεονεκτήματα**

Άλλωστε, τα δορυφορικά φωτοβολταϊκά πάρκα θα αξιοποιούν την ενέργεια του Ήλιου ώστε να μην επιβαρύνουν τον πλανήτη με πρόσθετους αέριους ρύπους. Με τη διαφορά όμως ότι μία ηλιακή κυψέλη στο Διάστημα μπορεί να παράγει πολλαπλάσιες ποσότητες ρεύματος συγκριτικά με μία ανάλογη κατασκευή που βρίσκεται εγκατεστημένη στο έδαφος καθώς δεν θα παρεμβάλλεται η ατμόσφαιρα του πλανήτη μας, η ενέργεια που θα φτάνει στις κυψέλες στο Διάστημα θα είναι πέντε φορές ισχυρότερη, με το επιπλέον πλεονέκτημα πως δεν θα μπλοκάρεται ποτέ από νέφη. Γι' αυτό και οι πρώτες εκτιμήσεις δείχνουν πως κάθε κιλοβατώρα που θα παράγεται στο Διάστημα θα κοστίζει έξι φορές λιγότερο από τη σημερινή τιμή πώλησής της στην Ιαπωνία.

### **Άγνωστες οι συνέπειες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην υγεία**

Όσο κι αν η τεχνογνωσία που έχει αποκτήσει όλα αυτά τα χρόνια η ιαπωνική διαστημική υπηρεσία στην εκτόξευση δορυφόρων αποτελεί μία σημαντική εγγύηση για το γεγονός ότι το σχέδιο θα υλοποιηθεί μέσα στις προβλεπόμενες προθεσμίες, το μεγαλύτερο εμπόδιο που αναμένεται να συναντήσει είναι οι αντιδράσεις της κοινής γνώμης. Καθώς η ενέργεια θα εκπέμπεται από το Διάστημα πίσω στη Γη με τη μορφή μικροκυμάτων ή δεσμών λέιζερ που θα καταλήγουν σε γιγαντιαία κοίλα κάτοπτρα, πολλοί θα ανησυχούν για τις ενδεχόμενες επιπτώσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στη δημόσια υγεία. Είναι χαρακτηριστικό πως, σε έρευνα που διεξήχθη το 2004, το μεγαλύτερο ποσοστό από τους 1.000 ερωτηθέντες ανησυχεί γι' αυτόν τον τρόπο ασύρματης μετάδοσης.

Οι ειδικοί ανταπαντούν ότι οι έρευνες έχουν ήδη δείξει πως οι δέσμες αυτές θα μεταφέρουν τη συντριπτική πλειονότητα της ενέργειας μέσα στα κάτοπτρα, τη στιγμή που το 5% της ακτινοβολίας θα έχει ισχύ αρκετά χαμηλότερη από τα διεθνή όρια ασφαλείας. Άλλωστε, έχουν προβλέψει έναν προστατευτικό μηχανισμό ο οποίος θα διακόπτει κάθε εκπομπή κυμάτων αν κάποιο αντικείμενο παρεμβληθεί μεταξύ του πομπού και του δέκτη, ώστε να διασφαλισθεί πως οι δέσμες δεν θα βλάψουν κανένα διερχόμενο αεροσκάφος ή σμήνος πουλιών.

## Επίλογος

Σήμερα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν ένα μέρος μόνο της πραγματικότητας. Τα επόμενα χρόνια όμως η καθημερινή ζωή κυριολεκτικά θα αναστατωθεί από την ανάπτυξη της ηλεκτρικής ενέργειας.

Γι' αυτό πρέπει όλοι μας να γνωρίσουμε τον τρόπο με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται, διανέμεται και μετατρέπεται. Πιστεύεται σήμερα ότι το μέλλον ανήκει στον ηλεκτρισμό. Κι αυτό το αισθανόμαστε τόσο σε τεχνικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο.

Στη σύγχρονη εποχή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατέχουν ήδη μία αρκετά σημαντική θέση στην παραγωγή τόσο για τους επαγγελματίες, όσο και για τους καταναλωτές. Τα φωτοβολταϊκά παίζουν και θα παίζουν και στο μέλλον σημαντικότερο ρόλο στην εξέλιξη των πραγμάτων.

Είναι γεγονός ότι ένα ενεργειακό μέλλον που στηρίζεται σε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης και στη χρήση ορυκτών καυσίμων δεν θα οδηγήσει σε μία βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη.

Ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον είναι δυνατόν να συμβεί μόνο αν θα στηριχθεί πολύ περισσότερο στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην ορθολογική χρήση της ενέργειας. Η ορθολογική χρήση θα μπορούσε να ελαττώσει την κατανάλωση ενέργειας, να μειώσει τις επενδυτικές απαιτήσεις, να βελτιώσει τις ενεργειακές υπηρεσίες στα φτωχότερα στρώματα του πληθυσμού και στα φτωχότερα κράτη.

Κατά γενική ομολογία, η Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία διανύει ακόμα τα πρώτα της βήματα πάνω στο παγκόσμιο ενεργειακό στερέωμα το οποίο είναι δομημένο με νόμους και αρχές μιας παλαιότερης εποχής. Πλην όμως διαγράφεται για τα Φωτοβολταϊκά μια λαμπρή καριέρα με αζεπέραστες προοπτικές αρκεί οι κοινωνίες να αντιληφθούν ότι η ενεργειακή αυτάρκεια από φυσικούς ανανεώσιμους πόρους είναι ένας ευδιάβατος μονόδρομος και ότι είναι επιβεβλημένη η αναθεώρηση της σχέσης της ανθρωπότητας με το φυσικό περιβάλλον και με τον ίδιο της τον εαυτό.

Επιπροσθέτως, για την μικρή μας χώρα, η ανάπτυξη των Φωτοβολταϊκών Εφαρμογών αποτελεί διέξοδο για οικονομική ανάπτυξη, για ευκαιρίες απασχόλησης και για την απαγκίστρωση από την ενεργειακή εξάρτησή μας σε εξωελληνικά κέντρα και συμφέροντα.

Όσον αφορά τα δορυφορικά συστήματα πλοήγησης γνωστά σε όλους ως GPS, από το Μάρτιο του 1994, 24 δορυφόροι τέθηκαν σε λειτουργία. Δορυφόροι αντικαταστάτες αυτών που τέθηκαν σε λειτουργία είναι έτοιμοι για εκτόξευση και συμβόλαια έχουν υπογραφεί που θα παρέχουν καινούριους δορυφόρους τον 21ο αιώνα. Εν τω μεταξύ οι εφαρμογές πλοήγησης του GPS στην ξηρά, στον αέρα, στην θάλασσα και στο διάστημα συνεχίζουν να αναπτύσσονται. Η ικανότητα της αύξησης της ασφάλειας και της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων θα κάνει το GPS ένα σημαντικό εξάρτημα στα αεροπορικά ταξίδια αλλά και στα διεθνή αεροδιαστημικά συστήματα. Τα αεροπλάνα θα χρησιμοποιούν το GPS για προσγειώσεις σε αεροδρόμια με ομίχλη και τα αυτοκίνητα ως εξαρτήματα των έξυπνων συστημάτων μεταφοράς. Τέλος, αναπτυσσόμενες τεχνολογίες θα δώσουν στο GPS την δυνατότητα να παρέχει εκτός από τη θέση ενός οχήματος και το ακριβές ύψος του.

Μπορεί το παρελθόν των 50 ετών να δείχνει τη ραγδαία ανάπτυξη του τομέα της φορητής δορυφορικής πλοήγησης, το μέλλον ωστόσο διαφαίνεται ακόμη πιο λαμπρό.

Το 2013 πρόκειται να λειτουργήσει για πρώτη φορά η ευρωπαϊκή εκδοχή του αμερικάνικου συστήματος GPS. Το project "Galileo" αποτελεί μια συνεργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκή Οργάνωσης Διαστήματος (ESA) καθώς και διαφόρων μη Ευρωπαϊκών χωρών όπως η Κίνα και η Σαουδική Αραβία. Το σύστημα έχει ομοιότητες με το αμερικάνικο GPS, ωστόσο προβλέπεται να λειτουργεί με μεγαλύτερη ακρίβεια εντοπισμού που θα παρουσιάζει μηδαμινές αποκλίσεις που θα φτάνουν μόλις τα τέσσερα μέτρα και λίγα εκατοστά.

Οι βασικότεροι προβληματισμοί σχετίζονται με την υπηρεσία PRS (Public Regulated Service), που θυμίζουμε ότι αφορά σε κλειστό ασφαλή κώδικα 2 συχνοτήτων με υψηλή διαπερατότητα και υψηλή αντοχή σε παρεμβολές για πολιτική και όχι στρατιωτική χρήση και την ασφάλεια του συστήματος.

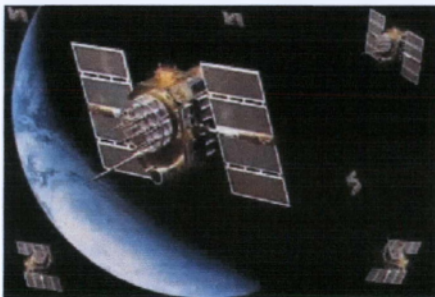
Ο πρωταρχικός σχεδιασμός του συστήματος προέβλεπε ένα σύνολο από 30 δορυφόρους σε τροχιές ώστε να καλύπτουν το σύνολο της γης. Με την πάροδο των ετών ο αρχικός σχεδιασμός έδωσε θέση σε ένα πιο ρεαλιστικό σενάριο το οποίο θέλει ένα σύνολο από 18 δορυφόρους σε κατάσταση λειτουργίας μέχρι το 2015.

Το νέο σχέδιο, προφανώς δεν μπορεί να παρέχει τις υπηρεσίες PRS σε παγκόσμιο επίπεδο με χρήση μόνο δορυφόρων του GALILEO, κάτι που έρχεται σε αντιπαράθεση με έναν από τους βασικούς λόγους σύστασης του συστήματος. Δηλαδή, την ανεξάρτηση από το στρατιωτικού χαρακτήρα σύστημα GNSS, GPS.

Επιπλέον, τα προσδοκώμενα οφέλη από την ανάπτυξη εργαλείων έξυπνης διαχείρισης κυκλοφορίας με εφαρμογές όπως η μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου, η αύξηση της χωρητικότητας των σιδηροδρομικών οδών και ναυτιλιακών οδών φαίνεται να μην εξυπηρετούνται από ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού περιορισμένης κάλυψης.

Πρακτικά, λοιπόν, αναιρούνται κάποιοι από τους βασικότερους λόγους για τους οποίους αποφασίστηκε η υλοποίηση του GALILEO. Το νέο σχέδιο υλοποίησης θα μπορούσε με ανασχεδιασμό των τροχιών των δορυφόρων να καλύψει την Ευρωπαϊκή ήπειρο και μόνο, αφήνοντας εκτός κάλυψης δράσεις πέρα των συνόρων της, όπως για παράδειγμα, ειρηνευτικές και ανθρωπιστικές αποστολές. Στο σημείο αυτό, καλό είναι να αποσαφηνίσουμε ότι η υπηρεσία PRS έχει ως στόχο την ασφαλή πλοήγηση και εντοπισμό χωρίς το φόβο παρεμβολών ιδιαίτερος σε περιόδους κρίσεων. Για το λόγο αυτό, η εκπομπή της υπηρεσίας θα είναι κωδικοποιημένη και η λήψη της θα απαιτεί ειδικούς δέκτες με ενσωματωμένο αποκωδικοποιητή.

Με τη δεδομένη χρηματοδότηση έως το 2014, θα ολοκληρωθούν οι απαραίτητες δράσεις ώστε οι 18 δορυφόροι να είναι σε θέση να παρέχουν τις υπηρεσίες OS (Open Signal), SOL (Safety of Life) και PRS (Public Regulated Service). Πέραν αυτών, εξετάζονται διάφορα σενάρια όπως συνεργασία με το GPS, διερεύνηση χρηματοδότησης από διεθνείς οργανισμούς και τρίτες χώρες με αντάλλαγμα την πρόσβαση στην υπηρεσία PRS κλπ.



**Δορυφορικό σύστημα**



**GPS Garmin nuvi**

# Βιβλιογραφία

## Βιβλία

- 1) **Hung D. Young - Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Β (8<sup>η</sup> Έκδοση)**
- 2) **Serway - Σύγχρονη Φυσική Τόμος IV (3<sup>η</sup> Έκδοση)**

## Περιοδικά

- 1) **Focus**
- 2) **National Geographic**
- 3) **Γαϊόραμα**
- 4) **Ενέργεια**
- 5) **GPS Magazine**

## Εφημερίδες

- 1) **Το Βήμα**
- 2) **Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία**
- 3) **Η Καθημερινή**
- 4) **Transitional**

## Ιστοσελίδες

- 1) **[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) - Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια**
- 2) **[www.physics4u.gr](http://www.physics4u.gr) – Η φυσική στο δίκτυο**
- 3) **[www.compasolar.gr](http://www.compasolar.gr)**
- 4) **[www.iqsolarpower.com](http://www.iqsolarpower.com)**
- 5) **[www.selasenergy.gr](http://www.selasenergy.gr)**
- 6) **[www.global-energy.gr](http://www.global-energy.gr)**
- 7) **[www.aenaon.gr](http://www.aenaon.gr)**
- 8) **[www.experthost.com](http://www.experthost.com)**
- 9) **[www.solar-systems.gr](http://www.solar-systems.gr)**
- 10) **[www.solarfree.gr](http://www.solarfree.gr)**
- 11) **[www.mio.com](http://www.mio.com)**
- 12) **[www.navimate.gr](http://www.navimate.gr)**
- 13) **[www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)**
- 14) **[www.garmin.com](http://www.garmin.com)**
- 15) **[www.televes.com](http://www.televes.com)**
- 16) **[www.freemars.org](http://www.freemars.org)**
- 17) **[www.astronomia.gr](http://www.astronomia.gr)**
- 18) **[www.geosenseblog.com](http://www.geosenseblog.com)**