



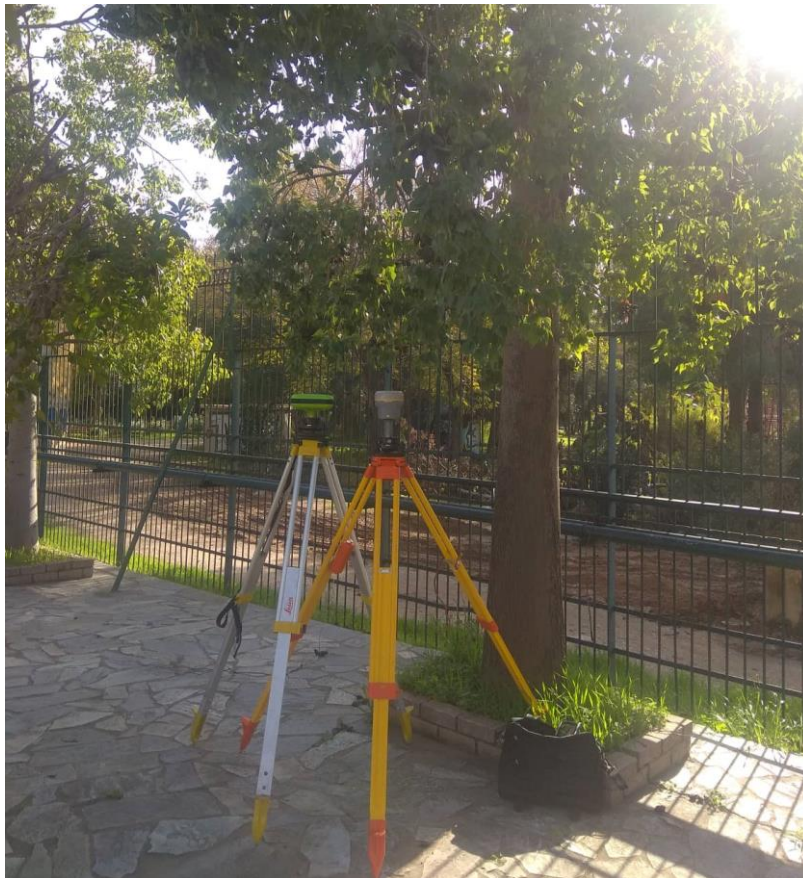
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

## **Διπλωματική Εργασία**

### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GALILEO ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ**



**Φοιτήτρια: Χρήστου Μαρίνα  
ΑΜ: 15065**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Γιαννίου Μιχαήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής  
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2021**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Αξιολόγηση του συστήματος Galileo για μετρήσεις σε περιοχές με βλάστηση

Φοιτήτρια: Χρήστου Μαρίνα

### **Τριμελής Επιτροπή**

Μ. Γιαννίου

Αναπληρωτής. Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α., Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής

Β. Παγούνης

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α., Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής

Β. Ανδριτσάνος

Αναπληρωτής. Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α., Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής

**Copyright** © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**Μαρίνα Χρήστου, Μάρτιος, 2021**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

#### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μαρίνα Χρήστου του Βασιλείου, με αριθμό μητρώου 15065, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Χρήστου Μαρίνα



## **Αφιερώσεις - Ευχαριστίες**

Αφιερώνω αυτή την εργασία στη μητέρα και αδερφή μου. Την αφιερώνω τόσο για την ηθική και πνευματική υποστήριξη όσο και για το γεγονός πως πίστεψαν από τη πρώτη στιγμή σε εμένα και στη δυνατότητα μου να επιτύχω σε πανεπιστημιακού επιπέδου σπουδές παρά την επιρροή της δυσλεξίας.

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, Μιχαήλ Γιαννίου για την εμπιστοσύνη του όλο αυτό το διάστημα της ακαδημαϊκής μας συνεργασίας. Επιπλέον τον ευχαριστώ πολύ για την μεγάλη υποστήριξη στη παρούσα διπλωματική εργασία, ιδιαίτερα για τις πάρα πολλές ώρες που διέθεσε για την επεξήγηση ορολογιών, ορισμών και διαδικασιών αλλά και για το χρόνο που αφιέρωσε για τις μετρήσεις στην Αγία Παρασκευή προκειμένου να μπορώ να τις αναλύσω.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο το δορυφορικό Ευρωπαϊκό Σύστημα Galileo. Πραγματοποιήθηκε μελέτη και ανάλυση των χαρακτηριστικών του συστήματος Galileo καθώς και των θετικών επιπτώσεων που είναι ικανό να προσφέρει στην τοπογραφία με έμφαση σε μετρήσεις κάτω από φυλλώματα δέντρων σε σύγκριση με το αμερικανικό σύστημα GPS.

Καθώς τα υπόλοιπα συστήματα GNSS είναι φτιαγμένα από και για στρατιωτικούς σκοπούς το σύστημα Galileo μπορεί να προσφέρει στους πολίτες του ασφάλεια και ακρίβεια καθώς αποτελεί ένα πολιτικό σύστημα όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια αλλά είναι παράλληλα και το πιο σύγχρονο. Τέλος παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα του συστήματος σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα αλλά οι μεγάλες θετικές αλλαγές που μπορεί να επιφέρει στο χώρο της γεωδαισίας και της τοπογραφίας.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού GNSS, Galileo, μετρήσεις κάτω από φυλλώματα

## **ABSTRACT**

The present Diploma Thesis aims to examine the European Union Global Navigation Satellite System (GNSS) "Galileo". The Thesis focuses on the advanced characteristics of Galileo for measurements under canopies.

In contrast to the rest of the GNSS systems that have been created by the military for serving military purposes, Galileo it is a purely civilian system and could also contribute significantly to the civilian's security and position precision, as it is outlined in the following. The performance of Galileo in measurements under canopies is examined in comparison to GPS and the enhanced characteristics of its signals (in particular E5) are outlined.

**KEY WORDS:** GNSS, Galileo, measurements under canopies

# Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GNSS .....	9
1.1 Δορυφορικά συστήματα πλοήγησης.....	9
1.2.1 GPS.....	9
1.2.2 GLONASS .....	11
1.2.3 Beidou.....	11
1.2.4 NAVIC .....	12
1.2.5 QZSS .....	12
1.2.6 Galileo .....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Σύστημα GALILEO .....	14
2.1 Το δορυφορικό τμήμα.....	14
2.1.1 Ανατομία δορυφόρου .....	15
2.1.2 Το δορυφορικό σήμα.....	19
2.1.3 Το σήμα της E1.....	20
2.1.4 Το σήμα της E5.....	21
2.1.5 Το σήμα της E6.....	21
2.1.6 Διαμόρφωση σημάτων.....	21
2.1.7 Σήματοθορυβικός λόγος SNR .....	22
2.1.8 Κώδικες GALILEO .....	22
2.1.9 Οι κύριοι κώδικες .....	22
2.1.10 Οι δευτερεύοντες κώδικες.....	24
2.2 Δέκτες GALILEO .....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Χρήσεις του GALILEO .....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ .....	31
4.1 Μετρήσεις στην περιοχή του ΠΑΔΑ.....	31
4.1.1 Περιοχή μελέτης.....	31
4.1.2 Εξοπλισμός μετρήσεων.....	36
4.1.3 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων ανοικτού ορίζοντα .....	37
4.1.4 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων κάτω από φυλλώματα.....	42
4.1.4.1 Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1 .....	42

4.1.4.2	Ανάλυση σημάτων στην θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	56
4.1.4.3	Ανάλυση σημάτων στην θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	65
<b>4.1.5</b>	<b>Ανάλυση ακρίβειας επίλυσης βάσεων .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>Μετρήσεις στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής .....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Περιοχή μελέτης.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Εξοπλισμός μετρήσεων.....</b>	<b>87</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων ανοικτού οριζοντα .....</b>	<b>88</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων κάτω από φυλλώματα.....</b>	<b>92</b>
4.2.4.1	Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 .....	92
4.2.4.2	Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 .....	112
<b>4.2.5</b>	<b>Ανάλυση ακρίβειας επίλυσης βάσεων .....</b>	<b>125</b>
<b>Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα .....</b>		<b>130</b>
<b>Κεφάλαιο 6 – Ευρετήριο εικόνων και πινάκων .....</b>		<b>135</b>
	Ευρετήριο Εικόνων .....	135
	Ευρετήριο Πινάκων.....	139
<b>Κεφάλαιο 7 – Βιβλιογραφία – Πηγές.....</b>		<b>141</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από τους αρχαίους πολιτισμούς οι άνθρωποι είχαν ανάγκη να γνωρίζουν την θέση τους προκειμένου να προσανατολιστούν. Τα δεδομένα αυτά τα χρειαζόντουσαν για στρατηγικούς σκοπούς, για εμπορικούς αλλά και για πολιτικούς. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούσαν τους πλανήτες και τους αστερισμούς. Ως εξέλιξη αυτού του συστήματος και σαν αποτέλεσμα της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης σήμερα υπάρχουν τα δορυφορικά συστήματα. Οι δορυφόροι έχουν την ικανότητα να βρίσκονται μακριά από την γη και να λαμβάνουν πληροφορίες για μεγάλες εκτάσεις και συνεπώς ο άνθρωπος μπορεί πλέον να παρακολουθεί μεγάλη κάλυψη γης.

Το πρώτο σύστημα δορυφορικού εντοπισμού, GPS, δημιουργήθηκε από το στρατό της Αμερικής και για πρωταρχικούς λόγους τους στρατηγικούς. Στη συνέχεια ανακαλύψανε τα μεγάλα πλεονεκτήματα που μπορεί να επιφέρει ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού σε μεγάλο εύρος τομέων, συμπεριλαμβανομένου της τοπογραφίας.

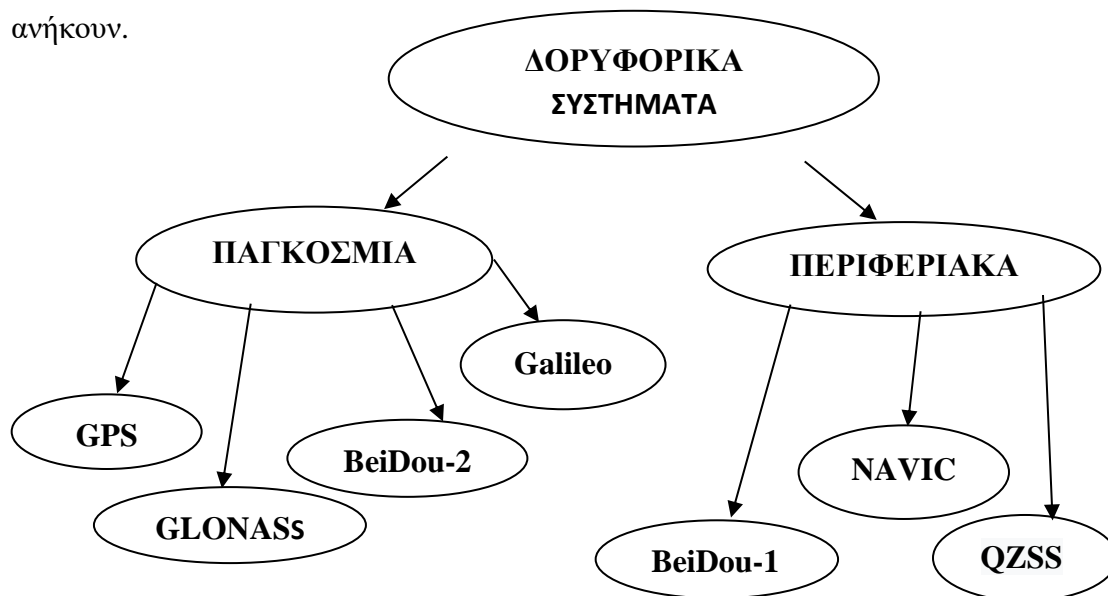
Στα πλαίσια της ανάπτυξης αυτού του συστήματος, δημιουργήθηκε το ρωσικό σύστημα GLONASS ενώ ακολούθησε το κινέζικο σύστημα BEIDOU οπού η εξέλιξη αυτού είναι το COMPASS. Τα παραπάνω συστήματα δημιουργήθηκαν από τον στρατό του κάθε έθνους για στρατιωτικούς κυρίως λόγους.

Τα τελευταία χρόνια σε ανάπτυξη βρίσκεται ένα νέο σύστημα που προέρχεται από την Ευρώπη με ονομασία GALILEO. Πρόκειται για ένα πολιτικό σύστημα που όταν ολοκληρωθεί πλήρως θα προσφέρει μεγάλα πλεονεκτήματα στους πολίτες.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GNSS

## 1.1 Δορυφορικά συστήματα πλοήγησης

Τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα παγκόσμια και στα περιφερειακά. Παρακάτω παρουσιάζονται ονομαστικά τα συστήματα με βάση την κατηγορία που ανήκουν.



### 1.2.1 GPS

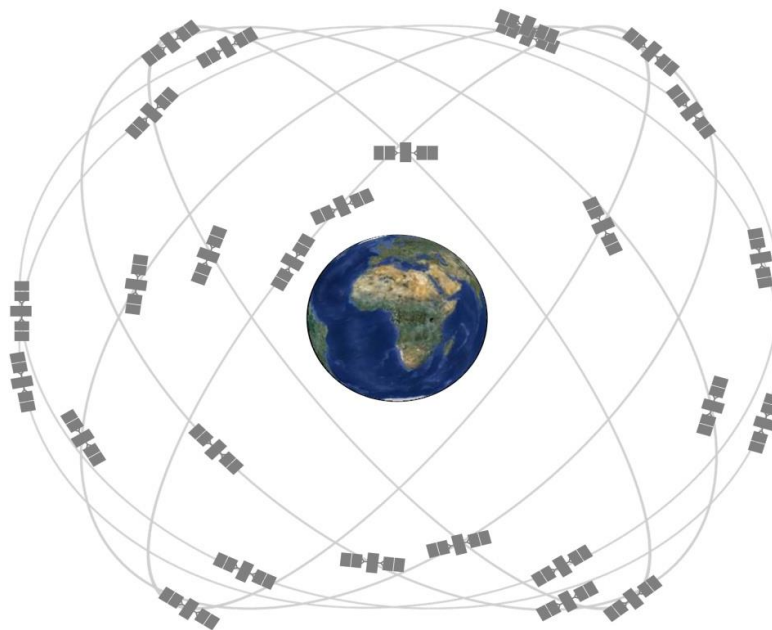
Το GPS είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών. Ξεκίνησε ως αρχικά Navstar GPS ( NAVigation Satellite Timing And Ranging), λειτουργεί από τη διαστημική δύναμη των Ηνωμένων Πολιτειών και ελέγχεται από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ. Σχεδιάστηκε τη δεκαετία του 1970, ενώ έγινε επιχειρησιακό στις αρχές του 1990 (Φωτίου Α. και Πικρίδας Χ., 2012).

Έχει παγκόσμια κάλυψη και είναι σε λειτουργία με 31 δορυφόρους. Το ύψος πτήσης των δορυφόρων βρίσκεται περίπου στα 20.200 χιλιόμετρα ενώ η περίοδος τους είναι 12 ώρες αστρικού χρόνου. Το σύστημα έχει 6 τροχιακά επίπεδα με κλίση περίπου 55 °.

Τα σήματα πλοήγησης GPS μεταδίδονται στις πέντε συχνότητες που αναφέρονται στον πίνακα 1.1 . Αυτές οι πέντε συχνότητες είναι οι L1,L2,L3,L4 και L5. Στην τοπογραφία χρησιμοποιούνται οι L1, L2 και η L5. Η L3 χρησιμοποιείται για την ανίχνευση πυρηνικής έκρηξης ενώ η L4 μελετάται για επιπλέον ιονοσφαιρική διόρθωση.

Πίνακας 1. 1 Οι φέρουσες συχνότητες του GPS. (Penttinen, 2015)

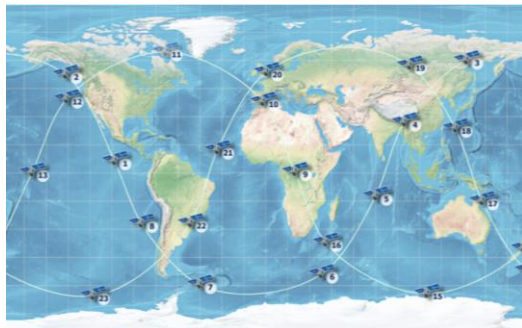
<b>Ζώνη</b>	<b>Συχνότητα</b>
<b>L1</b>	1575,42 MHz
<b>L2</b>	1227,60 MHz
<b>L3</b>	1381,05 MHz
<b>L4</b>	1379.913 MHz
<b>L5</b>	1176,45 MHz



Εικόνα 1. 1 - Συστήματα GPS (NASA, 2020).

## 1.2.2 GLONASS

Το GLONASS, αποτελεί το δεύτερο δορυφορικό σύστημα και προέρχεται από τη Ρωσία. Έχει παγκόσμια κάλυψη και είναι σε λειτουργία με 24 δορυφόρους. Το ύψος πτήσης των δορυφόρων βρίσκεται περίπου στα 19.000 χιλιόμετρα από τη Γη ενώ η περίοδος τους είναι περίπου 11 ώρες και 16 λεπτά.



Εικόνα 1. 2 - Δορυφόροι συστήματος GLONASS (Glonass, 2021).

## 1.2.3 Beidou

Το Beidou, προέρχεται από τη Κίνα. Έχει δύο συστήματα, το Beidou-1 όπου αποτελεί περιφερειακό σύστημα και το Beidou-2 όπου ολοκληρώθηκε για παροχή κάλυψης Ασίας-Ειρηνικού το 2020. Επιπλέον ένα ολοκληρωμένο και έξυπνο εθνικό σύστημα εντοπισμού θέσης πλοήγησης έχει προγραμματιστεί να δημιουργηθεί έως το 2035 . Σήμερα έχει σε λειτουργία 35 δορυφόρους. Το τροχιακό επίπεδο των δορυφόρων βρίσκεται περίπου στα 21.000 χιλιόμετρα από την γη ενώ η περίοδος τους είναι περίπου 12 ώρες και 38 λεπτά.



Εικόνα 1. 3 - Σύστημα beidou (Beidou, 2020).

## 1.2.4 NAVIC

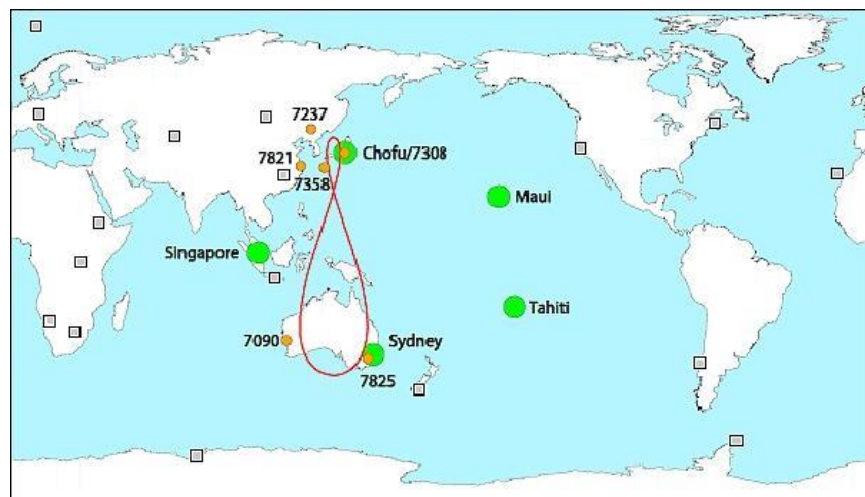
Το NAVIC, προέρχεται από την Ινδία. Πρόκειται για περιφερειακό σύστημα και έχει σε λειτουργία 3 δορυφόρους. Το ύψος πτήσης των δορυφόρων βρίσκεται περίπου στα 36.000 χιλιόμετρα από την γη ενώ η περίοδος τους είναι περίπου 24 ώρες (γεωσύγχρονοι δορυφόροι).



Εικόνα 1. 4 - Σύστημα NAVIC (geospatialworld, 2019).

## 1.2.5 QZSS

Το QZSS, προέρχεται από την Ιαπωνία. Το σύστημα της αποτελεί περιφερειακό σύστημα και έχει σε λειτουργία 4 δορυφόρους ενώ προβλέπεται ως τελικός στόχος 7 δορυφόροι έως το 2023.



Εικόνα 1. 5 - Σύστημα QZSS (Navipedia, 2018).

### **1.2.6 Galileo**

Το Galileo είναι ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το όνομα του το πήρε από τον Ιταλό αστρονόμο, Galileo Galilei. Όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα του συστήματος Galileo, έχει ως στόχο να παρέχει υψηλή ακρίβεια στον προσδιορισμό θέσης ώστε και τα ευρωπαϊκά κράτη να μη βασίζονται στα υπόλοιπα συστήματα GNSS. Το σύστημα Galileo είναι το μοναδικό που βρίσκεται κάτω από πολιτικό έλεγχο, ενώ όλα τα υπόλοιπα συστήματα GNSS είναι υπό στρατιωτικό έλεγχο.

Πρόκειται να παρέχει στην Ευρώπη ανεξαρτησία και κυριαρχία. Παρέχει μια σειρά από νέες υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένης εκείνης της αναζήτησης και διάσωσης. Το δορυφορικό σύστημα Galileo θα προσφέρει μια ασφαλής υπηρεσία για κυβερνητικές εφαρμογές ενώ παράλληλα, θα προσφέρει ακριβή εντοπισμό για πολιτικές και εμπορικές εφαρμογές.

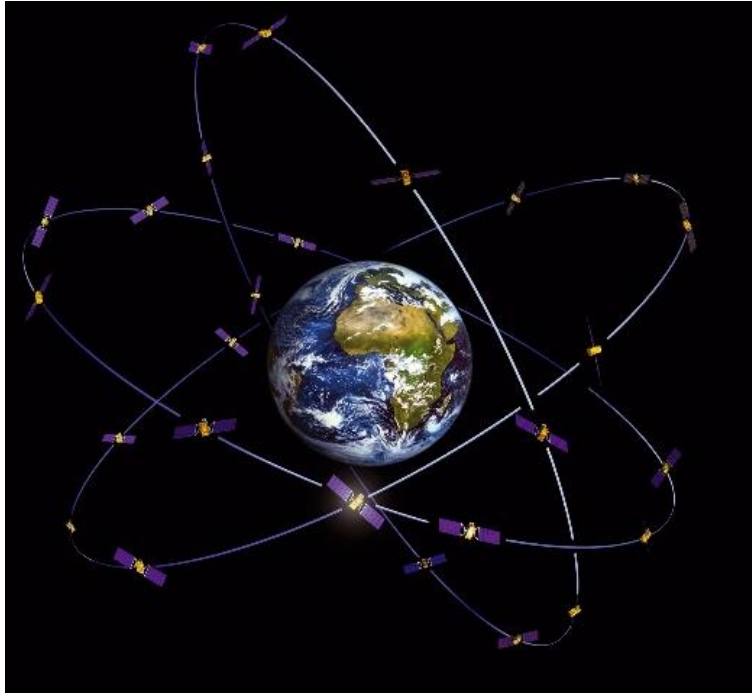
Όταν ολοκληρωθεί, θα παρέχει παγκόσμια κάλυψη, ενώ θα αποτελείται από 30 λειτουργικούς δορυφόρους σε τρία τροχιακά επίπεδα. Το ύψος πτήσης των δορυφόρων είναι περίπου 23.000 χιλιόμετρα. Ταυτόχρονα θα υποστηρίζεται από μια σειρά επίγειων σταθμών και από κέντρα ελέγχου.

Το Galileo είναι αυτόνομο αλλά και διαλειτουργικό με την υπάρχουσα δορυφορική πλοήγηση. Παρέχει στην Ευρώπη νέα επίπεδα στις μετρήσεις πραγματικού χρόνου καθώς προσφέρει αυξημένη ακρίβεια εντοπισμού θέσης.

Το Galileo όταν ολοκληρωθεί θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλούς κλάδους. Όπως αναφέρουν οι δημιουργοί του θα χρησιμοποιείται για την γεωργία, την επιστήμη, τα κινητά τηλέφωνα, στα αυτοκίνητα στα αεροπλάνα αλλά και στα πλοία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Σύστημα GALILEO

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει αναλυτικά το Ευρωπαϊκό Σύστημα Galileo. Συγκεκριμένα περιγράφει το δορυφορικό τμήμα, την ανατομία των δορυφόρων, τα σήματα που χρησιμοποιεί τη διαμόρφωση αυτών, τους κώδικές τους και τέλος τους δέκτες.



Εικόνα 2. 1- Σύστημα Galileo (eoPortal, 2002).

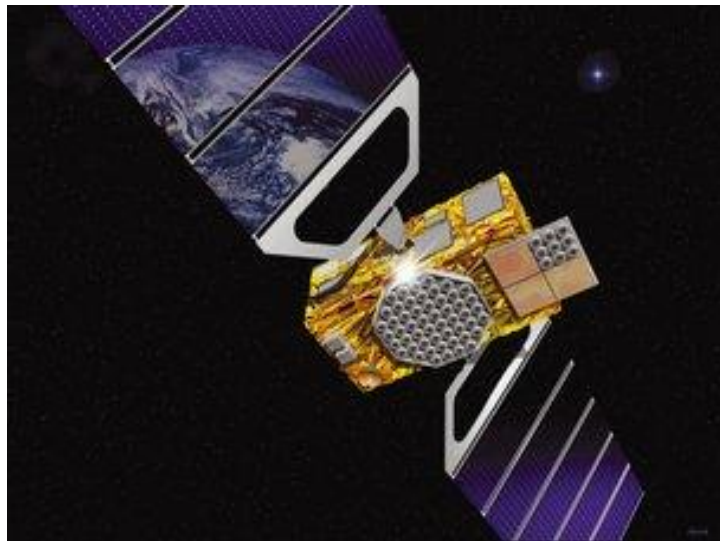
### 2.1 Το δορυφορικό τμήμα

Το δορυφορικό τμήμα του Galileo περιλαμβάνει έναν σχηματισμό από συνολικά 30 δορυφόρους μέσης γήινης τροχιάς (MEO), εκ των οποίων οι τρεις είναι εφεδρικοί. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει μετρητικούς κώδικες, εφημερίδες και άλλα δεδομένα. Ο σχηματισμός των δορυφόρων Galileo έχει βελτιστοποιηθεί στις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Περίπου κυκλικές τροχιές (ύψος πτήσης 23.222km).
- Κλίση τροχιακά επιπέδων 56 °.

- Τρία τροχιακά επίπεδα σε ίσες αποστάσεις.
- Εννέα επιχειρησιακοί δορυφόροι ισαπέχοντες σε κάθε επίπεδο.
- Ένας εφεδρικός δορυφόρος (που θα εκπέμπει) σε κάθε επίπεδο.

Οι δορυφόροι Galileo είναι δορυφόροι βάρους 700 kg και ισχύος 1600 W. Περιστρέφονται γύρω από το γεωμετρικό τους άξονα, έτσι ώστε η επίπεδη επιφάνεια των ηλιακών συστοιχιών να βλέπει πάντα τον Ήλιο και να συλλέγει τη μέγιστη ηλιακή ενέργεια. Οι κεραιές που εμφανίζονται στην κάτω πλευρά του σώματος (Εικόνα 2.2), δείχνουν πάντοτε προς τη Γη. Το σώμα τους έχει διαστάσεις 2,7 m x 1,1 m x 1,2 m και τα ηλιακά πάνελ σε ανάπτυξη έχουν μήκος 13 m.



Εικόνα 2. 2 - Δορυφόρος Galileo (eoPortal, 2002).

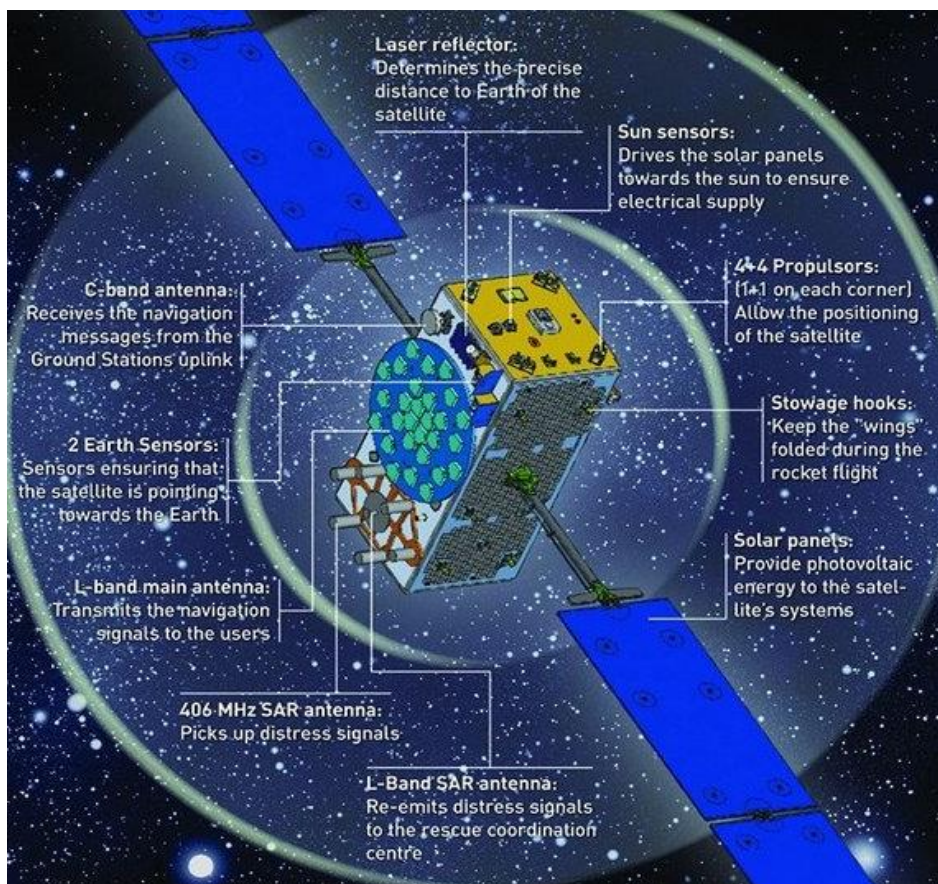
### 2.1.1 Ανατομία δορυφόρου

Κάθε δορυφόρος Galileo έχει τον απαραίτητο εξοπλισμό για τη πραγματοποίηση σωστής πλοήγησης και τήρησης χρόνου για τουλάχιστον 12 χρόνια. Κάθε δορυφόρος φέρει κατά κύριο λόγο τα εξής, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.3 (navipedia, 2019).

1. Κεραία ζώνης L.
2. Κεραία αναζήτησης και διάσωσης.



3. Κεραία ζώνης C.
4. Δύο κεραίες ζώνης S.
5. Υπέρυθροι αισθητήρες Γης και Ηλίου.
6. Ανακλαστήρας laser.
7. 2 χρονόμετρα υδρογόνου (H Masers).
8. 2 χρονόμετρα ρουβιδίου.
9. Μονάδα παρακολούθησης και ελέγχου χρονομέτρου.
10. Μονάδα γεννήτριας σήματος πλοήγησης.
11. Γυροσκόπια.
12. Τροχοί αντίδρασης.
13. Μονάδα ρύθμισης και διανομής ενέργειας.
14. Υπολογιστής.



Εικόνα 2. 3 - Ανατομία δορυφορου Galileo (navipedia, 2011).

**Κεραία ζώνης L:** Μεταδίδει τα σήματα πλοήγησης συχνοτήτων 1200-1600 MHz.

**Κεραία αναζήτησης και διάσωσης (SAR):** Λαμβάνει σήματα κινδύνου από ραδιοφάρους στη Γη και τα μεταδίδει σε έναν επίγειο σταθμό για να προωθήσει τις τοπικές υπηρεσίες διάσωσης.

**Κεραία ζώνης C:** Λαμβάνει σήματα με δεδομένα που αποστέλλονται από τους σταθμούς ελέγχου προς τους δορυφόρους. Αυτά τα σήματα περιλαμβάνουν δεδομένα για συγχρονισμό των δορυφορικών χρονομέτρων με ένα χρονόμετρο αναφοράς εδάφους. Επίσης περιλαμβάνουν δεδομένα με πληροφορίες για το πόσο καλά λειτουργεί κάθε δορυφόρος. Αυτές οι πληροφορίες ακεραιότητας (integrity) ενσωματώνονται στο σήμα πλοήγησης για μετάδοση στους χρήστες.

**Δύο κεραίες ζώνης S:** Στέλνουν πληροφορίες στο Τμήμα Ελέγχου και λαμβάνουν εντολές για τον έλεγχο του δορυφόρου και τη λειτουργία του. Επίσης λαμβάνουν, επεξεργάζονται και μεταδίδουν σήματα που μετράνε το υψόμετρο του δορυφόρου με ακρίβεια μερικών μέτρων.

**Υπέρυθροι αισθητήρες Γης και Ηλίου:** Αυτοί οι αισθητήρες κρατούν τον δορυφόρο στραμμένο στη Γη. Οι υπέρυθροι αισθητήρες γης ανιχνεύουν την αντίθεση ανάμεσα στο ψύχος στο διάστημα και τη θερμότητα της γήινης ατμόσφαιρας. Οι αισθητήρες του Ήλιου είναι ανιχνευτές ορατού φωτός που μετρούν τη γωνία μεταξύ της βάσης στήριξής τους και του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός.

**Ανακλαστήρας laser:** Επιτρέπει τη μέτρηση του υψομέτρου του δορυφόρου με ακρίβεια λίγων εκατοστών αντανακλώντας μια ακτίνα λέιζερ που εκπέμπεται από έναν επίγειο σταθμό. Ο ανακλαστήρας χρησιμοποιείται μόνο μία φορά το χρόνο, καθώς οι μετρήσεις υψομέτρου μέσω κεραίας ζώνης S είναι αρκετά ακριβείς.

**2 χρονόμετρα υδρογόνου:** Το κύριο χρονόμετρο στο δορυφόρο είναι το ατομικό χρονόμετρο που χρησιμοποιεί τις εξαιρετικά σταθερές ταλαντώσεις ατόμου υδρογόνου 1,4 GHz για να μετρήσει χρόνο με ακρίβεια 0,45 νανοδευτερόλεπτα σε διάστημα 12 ωρών.

**2 Χρονόμετρα ρουβιδίου:** Ένα μικρότερο ατομικό χρονόμετρο που βασίζεται σε διαφορετική τεχνολογία, εξασφαλίζοντας πλεονασμό στους μετρητές. Έχει ακρίβεια 1,8 νανοδευτερόλεπτα σε διάστημα 12 ωρών.

**Μονάδα παρακολούθησης και ελέγχου χρονομέτρου:** Παρέχει τη διεπαφή μεταξύ των τεσσάρων χρονομετρών και της μονάδας γεννήτριας σημάτων πλοήγησης. Εξασφαλίζει ότι οι συχνότητες που παράγονται από το κύριο χρονόμετρο και το ενεργό εφεδρικό είναι σε φάση, έτσι ώστε το εφεδρικό να μπορεί να αναλάβει αμέσως αν το κύριο χρονόμετρο αποτύχει.

**Μονάδα γεννήτριας σήματος πλοήγησης:** Παράγει τα σήματα πλοήγησης χρησιμοποιώντας την είσοδο από τη μονάδα παρακολούθησης χρονομέτρου καθώς και τα δεδομένα πλοήγησης και ακεραιότητας που λαμβάνονται από την κεραία ζώνης C. Τα σήματα πλοήγησης μετατρέπονται σε σήματα ζώνης L για μετάδοση στους χρήστες.

**Γυροσκόπια:** Μετρούν την περιστροφή του δορυφόρου.

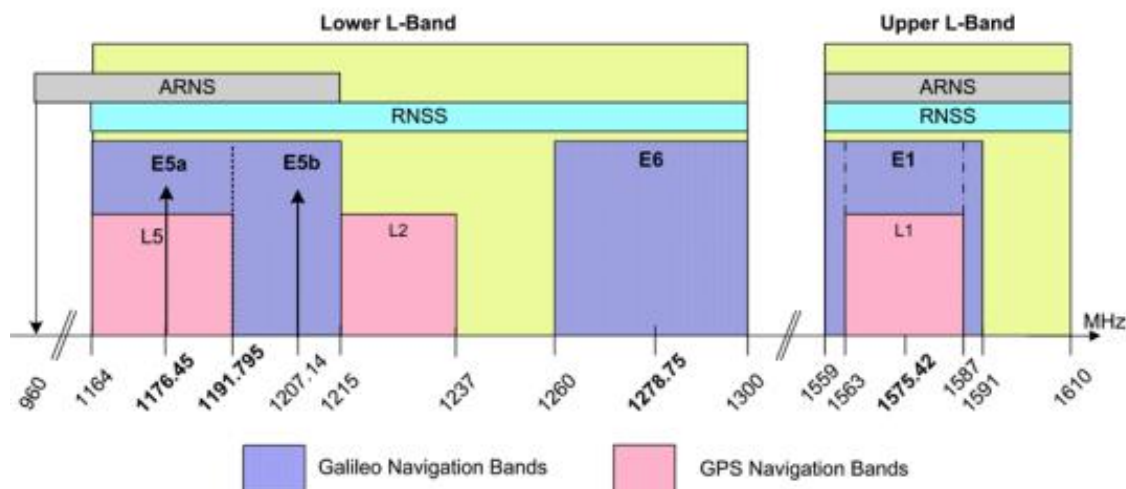
**Τροχοί ανάδρασης:** Ελέγχουν την περιστροφή του δορυφόρου. Ο δορυφόρος περιστρέφεται δύο φορές ανά περιφορά για να επιτρέψει στα ηλιακά πάνελ να βλέπουν προς τον Ήλιο.

**Μονάδα ρύθμισης και διανομής ενέργειας:** Ρυθμίζει και ελέγχει την ενέργεια της ηλιακής συστοιχίας και των μπαταριών για διανομή σε όλα τα υποσυστήματα του δορυφόρου.

**Υπολογιστής:** Ελέγχει όλες τις παραμέτρους λειτουργίας του δορυφόρου.

## 2.1.2 Το δορυφορικό σήμα

Τα σήματα πλοήγησης Galileo μεταδίδονται στις τέσσερις συχνότητες που αναφέρονται στην (Εικόνα 2.4). Αυτές οι τέσσερις συχνότητες είναι οι E5a, E5b, E6 και E1.



Εικόνα 2. 4 - Το δορυφορικό σήμα (EU, 2021, p. 3).

Οι συχνότητες Galileo έχουν επιλεγεί στο φάσμα για τις υπηρεσίες δορυφορικής ραδιοπλοήγησης (RNSS) και επιπλέον οι συχνότητες E5a, E5b και E1 περιλαμβάνονται στο χορηγηθέν φάσμα για υπηρεσίες αεροναυτιλιακής ραδιοπλοήγησης (ARNS).

Οι φέρουσες συχνότητες του Galileo δίνονται στον Πίνακα 2.1 και περιγράφονται παρακάτω (Agency E. G., European GNSS (Galileo) Open Service, Signal-in-Space Interface Control Document., 2016).

Πίνακας 2. 1 - Φέρουσες συχνότητες

Signals	Carrier Frequency (MHz)
E1	1.575,420
E6	1.278,750
E5	1.191,795
E5a	1.176,450
E5b	1.207,140

Τα σήματα E5, E6 και E1 που στέλνουν οι δορυφόροι Galileo πληρούν κατά' ελάχιστο τα επίπεδα της λαμβανόμενης ισχύος στο έδαφος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5, για γωνίες ανύψωσης πάνω από 5 μοίρες. Για μία κεραία λήψης δεξιόστροφης κυκλικής πόλωσης με κέρδος 0 dBi, η επίγεια ισχύς του Galileo δεν αναμένεται να υπερβεί τα μέγιστα επίπεδα που καθορίζονται στην εικόνα 2.5.

Signal	Signal Component	Total Received Minimum Power (dBW)	Total Received Maximum Power (dBW)
E5	E5a (total I+Q) (50/50% I/Q power sharing)	-155.25	-150
	E5b (total I+Q) (50/50% I/Q power sharing)	-155.25	-150
E6	E6-B/C (total B+C) (50/50% E6-B/E6-C power sharing)	-155.25	-150
E1	E1-B/C (total B+C) (50/50% E1-B/E1-C power sharing)	-157.25	-152

Εικόνα 2. 5 Ελάχιστα και μέγιστα λαμβανόμενα επίπεδα ισχύος στο έδαφος (EU, 2021, p. 11).

Σημειώνεται πως για το σύστημα GPS το ελάχιστο λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος στο έδαφος για μία κεραία λήψης γραμμικής πόλωσης με κέρδος 3 dBi είναι για δορυφόρους Block IIR-M και IIF -158.5 dBW (L1 με C/A), -161.5 dBW (L2 με P(Y)) και -160.0 dBW (L2 με L2C) (Benson, 2006).

### **2.1.3 Το σήμα της E1**

Η συχνότητα E1 ταυτίζεται με την L1 του συστήματος GPS και την B1 του συστήματος Beidou. Έχει εύρος ζώνης (1559-1591MHz) και διαχωρίζεται σε δύο εκπεμπόμενα σήματα: Τα E1-B και E1-C (συνιστώσες μηνύματος ναυσιπλοΐας και μετρητικών κωδίκων αντίστοιχα). Το σήμα E1 παρέχει το μήνυμα I / NAV και υποστηρίζει την Ανοικτή Υπηρεσία (Open Service) και την Εμπορική Υπηρεσία (Commercial Service).

#### **2.1.4 Το σήμα της E5**

Η E5 είναι μια συχνότητα όπου καλύπτει όλο το φάσμα της L5 του GPS και των G3 του GLONASS και B2 του Beidou καθώς έχει εύρος ζώνης 1164-1215MHz. Διαχωρίζεται σε δύο εκπεμπόμενα σήματα, την E5a και E5b.

Η E5a είναι μέρος της E5 και είναι κοινή με την L5 του GPS. Συντίθεται από τη συμφασική συνιστώσα (in-phase) με το μήνυμα ναυσιπλοΐας και την ορθογωνική συνιστώσα (quadrature) με τον κώδικα. Το σήμα E5a παρέχει το μήνυμα F / NAV που υποστηρίζει την ανοικτή υπηρεσία του συστήματος (Galileo Open Service).

Η E5b είναι μέρος της E5 και έχει εύρος ζώνης με την G3 του GLONASS και την B2 του Beidou. Συντίθεται από τη συμφασική συνιστώσα (in-phase) με το μήνυμα ναυσιπλοΐας και την ορθογωνική συνιστώσα (quadrature) με τον κώδικα. Το σήμα E5a παρέχει το μήνυμα I / NAV που υποστηρίζει την ανοικτή υπηρεσία (Open Service) και την εμπορική υπηρεσία (commercial service) του Galileo.

#### **2.1.5 Το σήμα της E6**

Το σήμα E6 δεν εκπέμπει κοινά με κάποιο από τα υπάρχοντα σήματα στα άλλα δορυφορικά συστήματα. Το σήμα Galileo E6 αποτελείται από τα σήματα E6-B και E6-C και μεταδίδεται στη ζώνη συχνοτήτων (1260-1300MHz). Απαρτίζεται από τα σήματα E6-B και E6-C (συνιστώσες μηνύματος ναυσιπλοΐας και μετρητικών κωδίκων αντίστοιχα). Το σήμα E6 παρέχει το μήνυμα C / NAV και υποστηρίζει την Εμπορική Υπηρεσία (Commercial Service) του Galileo.

#### **2.1.6 Διαμόρφωση σημάτων**

Η διαμόρφωση των φερουσών συχνοτήτων του Galileo γίνεται με μία πιο προηγμένη τεχνική σε σχέση με την τεχνική BPSK (Binary Phase Shift Keying) που είχε χρησιμοποιηθεί στο GPS για

τα βασικά σήματα (Legacy signals). Στο Galileo χρησιμοποιείται η τεχνική BOC (Binary Offset Carrier).

### **2.1.7 Σήματοθορυβικός λόγος SNR**

Ο λόγος σήματος προς θόρυβο Signal to Noise Ratio SNR ή  $S / N$  είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται στην επιστήμη και τη μηχανική που συγκρίνει το επίπεδο ενός επιθυμητού σήματος με το επίπεδο του θορύβου περιβάλλοντος. Το SNR ορίζεται ως ο λόγος ισχύος σήματος προς την ισχύ θορύβου συνήθως εκφράζεται σε dB (decibell). Μια αναλογία υψηλότερη από 1:1 (μεγαλύτερη από 0 dB) υποδεικνύει ισχυρότερο σήμα από τον θόρυβο.

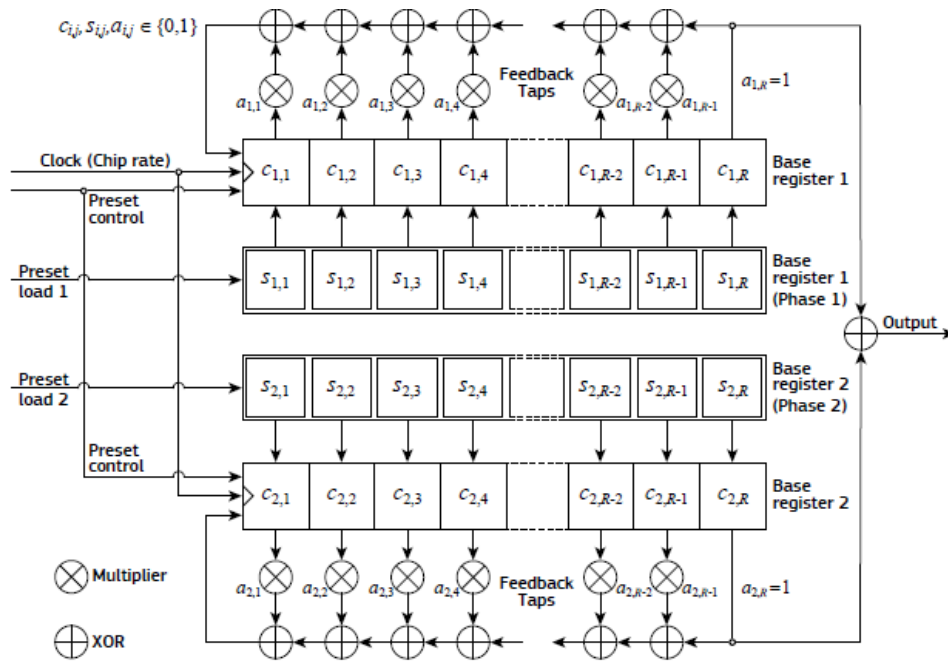
### **2.1.8 Κώδικες GALILEO**

Το σύστημα GALILEO όπως και κάθε σύστημα έχει τους δικούς του κώδικες, οι οποίοι μεταφέρονται μαζί με τα σήματα. Υπάρχουν δύο κατηγορίες, οι κύριοι κώδικες (primary codes) και οι δευτερεύοντες κώδικες (secondary codes). Παρακάτω περιγράφονται οι κώδικες των E5 και E1. Οι κώδικες των E6 δεν περιγράφονται καθώς είναι κάτι διαφορετικό και δεν χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους χρήση.

### **2.1.9 Οι κύριοι κώδικες**

Οι κύριοι κώδικες διάδοσης μπορούν να είναι είτε γραμμικές αλληλουχίες ψευδό-θορύβου με γραμμική μετατόπιση ή βελτιστοποιημένες ακολουθίες ψευδό-θορύβου. Οι βελτιστοποιημένοι κώδικες πρέπει να αποθηκεύονται στη μνήμη και ως εκ τούτου καλούνται συχνά «memory codes» ή αλλιώς κώδικες μνήμης. Οι κώδικες που χρησιμοποιούνται στο Galileo δημιουργούνται ως συνδυασμοί δύο M-αλληλουχιών, που έχουν περικυκλώσει στο κατάλληλο μήκος. Αυτοί οι κώδικες μπορούν να δημιουργηθούν είτε με ζεύγη LFSR είτε με αποθήκευση στη μνήμη. Το σχήμα

παρακάτω δείχνει ένα παράδειγμα τυπικής εφαρμογής της μεθόδου LFSR για τη παραγωγή αποσπασμένων και συνδυασμένων ακολουθιών M.



Εικόνα 2. 6 - Το σύστημα LFSR (EU, 2021).

### Οι κύριοι κώδικες της E5

Οι κύριοι κώδικες E5a-I, E5a-Q, E5b-I και E5b-Q παράγονται μέσω LFSR, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω και τις παραμέτρους που ορίζονται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2. 2 - Οι πρωτογενείς κώδικες

Component	Shift Register Length (polynomial order)	Feedback (octal)	
		Register 1	Register 2
E5a-I	14	40503	50661
E5a-Q	14	40503	50661
E5b-I	14	64021	51445
E5b-Q	14	64021	43143



### 2.1.10 Οι δευτερεύοντες κώδικες

Οι δευτερεύοντες κώδικες είναι σταθερές ακολουθίες. Για τους δευτερεύοντες κώδικες των οποίων το μήκος δεν διαιρείται από τέσσερα (περίπτωση CS25<sub>1</sub>), το τελευταίο (πιο δεξιά) δεκαεξαδικό σύμβολο αποκτάται συμπληρώνοντας την τελευταία ομάδα των τσιπ κωδικών με μηδενικά στο τέλος στο χρόνο (στα δεξιά), για να φτάσει ένα τελικό μήκος 4 δυαδικών συμβόλων.

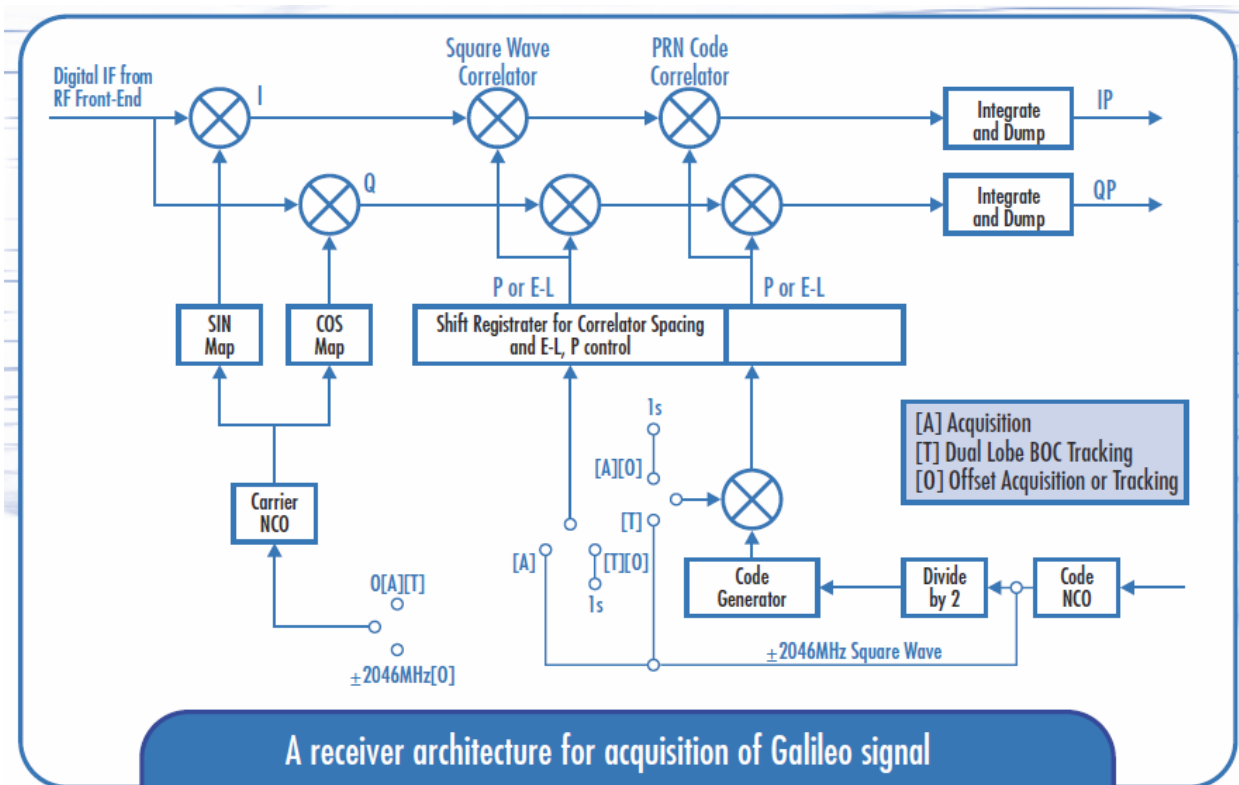
## 2.2 Δέκτες GALILEO

Το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης Galileo χρησιμοποιεί πολλές νέες μεθόδους και τεχνολογίες για να προσφέρει εξαιρετική απόδοση και αξιοπιστία. Η ανάπτυξη των προηγμένων δεκτών που απαιτούνται για τη χρήση του συστήματος συνεχίζεται. Ένας δέκτης GALILEO είναι μια συσκευή ικανή να καθορίσει μια λύση πλοήγησης με επεξεργασία του σήματος που εκπέμπεται από δορυφόρους Galileo. Η βασική αρχιτεκτονική ενός δέκτη Galileo δίνεται στην Εικόνα 2.7. Μόλις ληφθεί το σήμα και ανιχνευθεί, η εφαρμογή δέκτη αποκωδικοποιεί το μήνυμα πλοήγησης. Τα δεδομένα πλοήγησης περιέχουν όλες τις παραμέτρους που επιτρέπουν στο χρήστη να πραγματοποιεί εντοπισμό θέσης. Δεδομένα που απαιτούνται είναι:

- Η εφημερίδα (Ephemeris) που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θέσης του δορυφόρου στο δέκτη του χρήστη.
- Παράμετροι διόρθωσης χρόνου και ρολογιού που χρειάζονται για τον υπολογισμό των αποκλίσεων του δορυφορικού ρολογιού και των μετατροπών χρόνου.
- Παράμετροι health status των δορυφόρων.
- Οι παράμετροι του ιονοσφαιρικού μοντέλου, που απαιτείται για χρήστες μιας συχνότητας.
- Almanac που επιτρέπει προσεγγιστικό υπολογισμό της θέσης όλων των δορυφόρων στην τροχιά για να διευκολύνει την αρχική λήψη των σημάτων από το δέκτη.

Οι επικαιροποιημένες εφημερίδες απαιτούνται για να υπολογιστεί η θέση του δορυφόρου από το δέκτη. Οι παράμετροι διόρθωσης χρόνου και ρολογιού για όλους τους δορυφόρους χρειάζονται για τον υπολογισμό ψευδοαποστάσεων.

Η απόδοση της πλοήγησης μπορεί να αυξηθεί με την εφαρμογή αλγορίθμων ανίχνευσης και απομόνωσης βλαβών, όπως εκείνων που βασίζονται στη συνοχή των πλεοναζόντων συνόλων δεδομένων ψευδοαποστάσεων (όπως αλγόριθμοι παρακολούθησης της αυτόνομης παρακολούθησης ακεραιότητας).



Εικόνα 2. 7 - Η αρχιτεκτονική ενός δέκτη Galileo (navipedia, 2011).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Χρήσεις του GALILEO

Τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GNSS), όπως το Galileo, επιτρέπουν στους χρήστες να καθορίσουν τη θέση τους και τη θέση των άλλων ατόμων ή αντικειμένων ανά πάσα στιγμή, μαζί με τη δυνατότητα προσδιορισμού της ταχύτητάς τους και του τρέχοντος χρόνου του συστήματος. Το φάσμα των προβλεπόμενων εφαρμογών του Galileo είναι τεράστιο, καλύπτοντας τόσο τον δημόσιο όσο και τον ιδιωτικό τομέα σε πολλά τμήματα της αγοράς. Μερικές από τις χρήσεις του αναλύονται σε αυτό το κεφάλαιο (esa, 2018).

### 1. Υπηρεσίες βάσει τοποθεσίας (LBS)

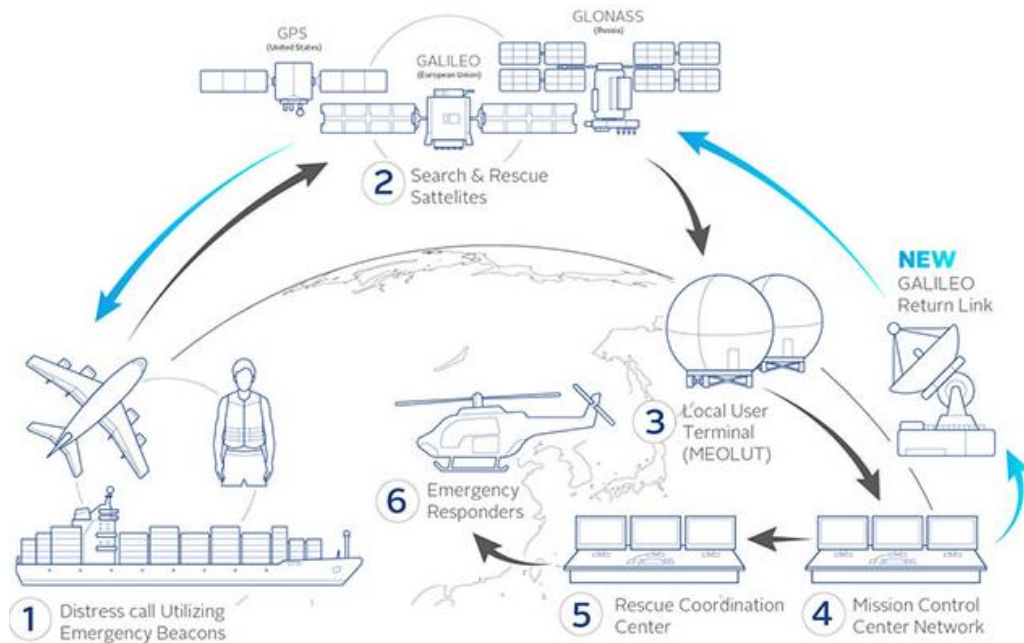
Το LBS (Location-Based Services) είναι η ευρύτερη αγορά για το Galileo και παρέχει στους χρήστες, όπου κι αν βρίσκονται, πληροφορίες και διαφημίσεις σχετικά με τις κοντινές επιχειρήσεις και υπηρεσίες. Η ενσωμάτωση των δεκτών ακριβούς εντοπισμού θέσης σε ηλεκτρονικές συσκευές καταναλωτών μαζικής αγοράς φέρνει το Galileo απευθείας στην καθημερινή μας ζωή και μεταμορφώνει ριζικά τον τρόπο που ζούμε και εργαζόμαστε. Οι θέσεις εντοπισμού σε συσκευές εντοπισμού θέσης αντιπροσωπεύουν όλο και περισσότερο ένα θεμελιώδες εργαλείο για τους τουρίστες, τους πεζοπόρους, τους επισκέπτες πάρκων διασκέδασης και των μουσείων, καθώς και εκείνων που ψωνίζουν σε μεγάλα εμπορικά κέντρα.

### 2. Υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, ασφάλειας και ανθρωπιστικής βοήθειας

Οι συσκευές με δυνατότητα Galileo θα παρέχουν νέες εφαρμογές που σχετίζονται με την ασφάλεια, βοηθώντας στον εντοπισμό κλεμμένων αγαθών, χαμένων κατοικίδιων ζώων και αγνοουμένων. Τα σήματα Galileo θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην πολιτική προστασία και στις ανθρωπιστικές επιχειρήσεις, όπως σε δύσκολες συνθήκες. Το Galileo θα

είναι ένα πολύτιμο πλεονέκτημα για τις ακτοφυλακές και τις αρχές ελέγχου των συνόρων, διασφαλίζοντας ταχύτερες επιχειρήσεις διάσωσης και θα βοηθήσει στη διάσωση ζωών.

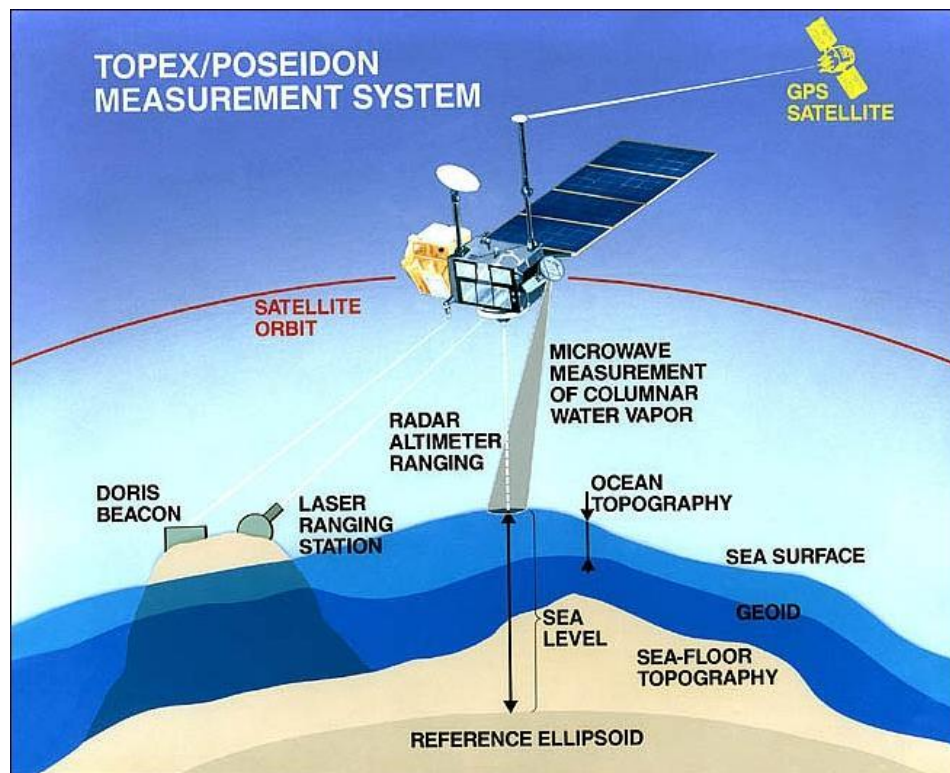
Για παράδειγμα, σε περίπτωση σύγκρουσης πλοίου ή αεροπλάνου, ο πομπός SAR θα στείλει ένα σήμα θέσης έκτακτης ανάγκης που θα ληφθεί από τους δορυφόρους, επιτρέποντας μια γρήγορη και ακριβή απόκριση έκτακτης ανάγκης.



Εικόνα 3. 1 - Υπηρεσίες διάσωσης του Galileo (Maritime, 2020).

### 3. Επιστήμη, περιβάλλον, καιρός

Το Galileo θα υποστηρίζει την επιστημονική έρευνα σε τομείς όπως η μετεωρολογία, η γεωλογία και η γεωδαισία, στην παρακολούθηση των ρύπων, των επικίνδυνων εμπορευμάτων και των παγόβουνων, καθώς και στη χαρτογράφηση και τη μέτρηση των ωκεανών, της παλίρροιας και της στάθμης της θάλασσας. Το Galileo βελτιώνει τις ατμοσφαιρικές μετρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της στάθμης υδρατμών στον αέρα με κρίσιμες πληροφορίες για ακριβέστερη πρόγνωση καιρού και καλύτερη κατανόηση της κλιματικής αλλαγής. Μας βοηθά επίσης να μελετήσουμε την ιονόσφαιρα και τον διαστημικό καιρό, τα γεγονότα πρόβλεψης σεισμών και να κατανοήσουμε καλύτερα την κίνηση των ζωικών πληθυσμών. Η επιστημονική κοινότητα επωφελείται από τα σήματα χρονισμού υψηλής ακρίβειας του Galileo, επιτρέποντας την ακριβή συμμόρφωση με τα διεθνή χρονικά πρότυπα και τη βαθμονόμηση των ατομικών ρολογιών, που είναι βασικό στοιχείο σε μια αιχμή επιστημονικής έρευνας.



Εικόνα 3. 2 - Επιστημονικές εφαρμογές των GNSS (eoPortal, 2002).

#### 4. Μεταφορές

Η δορυφορική πλοήγηση βελτιώνει τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε οχήματα, πράγμα που σημαίνει αυξημένη ασφάλεια και αποτελεσματικότητα της κυκλοφορίας (που επιπλέον αυτό συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης). Στις οδικές μεταφορές, τα εξαιρετικά ακριβή και αξιόπιστα σήματα του Galileo παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση του στόλου, παρέχοντας τη θέση του οχήματος σε χάρτη και βοηθώντας στον εντοπισμό συγκεκριμένων αποστολών. Τα σήματά του προσφέρουν παρόμοια οφέλη στους κλάδους της αεροπορίας, της θάλασσας, της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας ακόμη και την κυκλοφορία των πεζών. Το GNSS παίζει επίσης βασικό ρόλο στην ασφάλεια των μεταφορών. Για παράδειγμα, το έργο GeoKey χρησιμοποιεί πληροφορίες θέσης GNSS ως κλειδιά, πράγμα που σημαίνει ότι όταν συνδέεται με ασφάλεια φορτίου όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή ακόμη και επικίνδυνα εμπορεύματα, μπορεί να ξεκλειδωθεί μόνο με βάση μια προκαθορισμένη τοποθεσία.

#### 5. Γεωργία

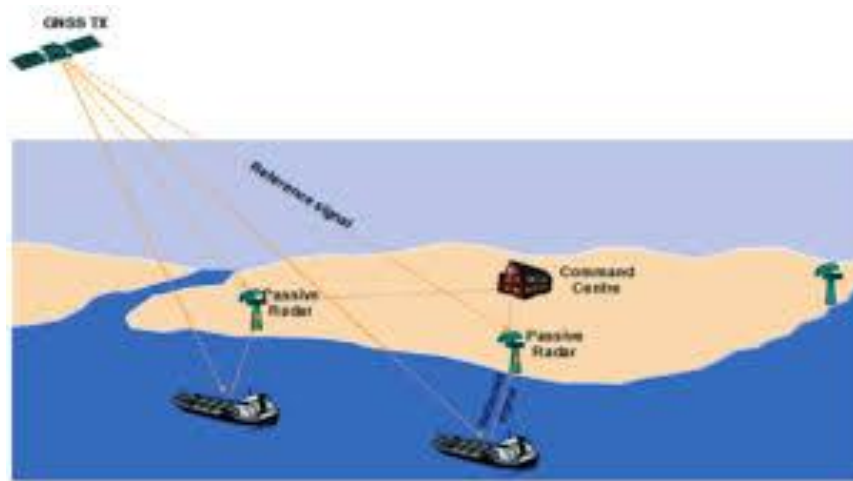
Με την ενσωμάτωση των σημάτων Galileo με άλλες τεχνολογίες, η γεωργική κοινότητα επωφελείται από τη βελτιωμένη παρακολούθηση με την πάροδο του χρόνου και τη βελτιωμένη απόδοση φροντίδας (νερό, λίπασμα κλπ.) χάρη στην δυνατότητα προσαρμοσμένης επεξεργασίας και πιο αποτελεσματικής διαχείρισης.



Εικόνα 3. 3 - Εφαρμογές στην γεωργία (esa, 2017).

## 6. Αλιεία

Το Galileo παρέχει στην αλιευτική βιομηχανία μια πιο αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ σκαφών και σταθμών, και στους αλιείς βελτιωμένα ναυτιλιακά βοηθήματα. Η αλιευτική βιομηχανία θα επωφεληθεί επίσης από την υπηρεσία αναζήτησης και διάσωσης του Galileo (SAR). Για παράδειγμα, οι αλιείς μπορούν να στείλουν σήματα κινδύνου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και οι δημόσιες αρχές μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα τις θαλάσσιες διασυνοριακές διαφορές.



Εικόνα 3. 4 - Εφαρμογές στην αλιεία (esa, 2015).

## 7. Εφαρμογές Μηχανικού

Στις εφαρμογές Πολιτικού Μηχανικού, η ακρίβεια και η αξιοπιστία είναι απολύτως απαραίτητα. Όταν συνδυάζεται με ψηφιακή χαρτογράφηση, το Galileo προσφέρει ένα ισχυρό εργαλείο για τη μείωση του κόστους και την αύξηση της παραγωγικότητας. Το Galileo επιτρέπει επίσης στις κατασκευαστικές εταιρείες να διατηρούν το υψηλότερο επίπεδο προτύπων σε ολόκληρη τη διάρκεια ζωής ενός έργου - από τον σχεδιασμό μιας δομής έως τη συνεχή συντήρηση και εποπτεία του. Για παράδειγμα, το έργο GeoSHM παρακολουθεί τη συνολική υγεία τέτοιων κατασκευών, όπως γέφυρες, ενσωματώνοντας GNSS και τεχνολογίες παρατήρησης της Γης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ**

Σε αυτό το κεφάλαιο πρόκειται να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από δύο μελέτες σε περιοχές με βλάστηση. Η πρώτη μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής στην Πανεπιστημιούπολη 1 και έγινε μελέτη σε τρεις περιπτώσεις. Η δεύτερη μελέτη πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής και εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις.

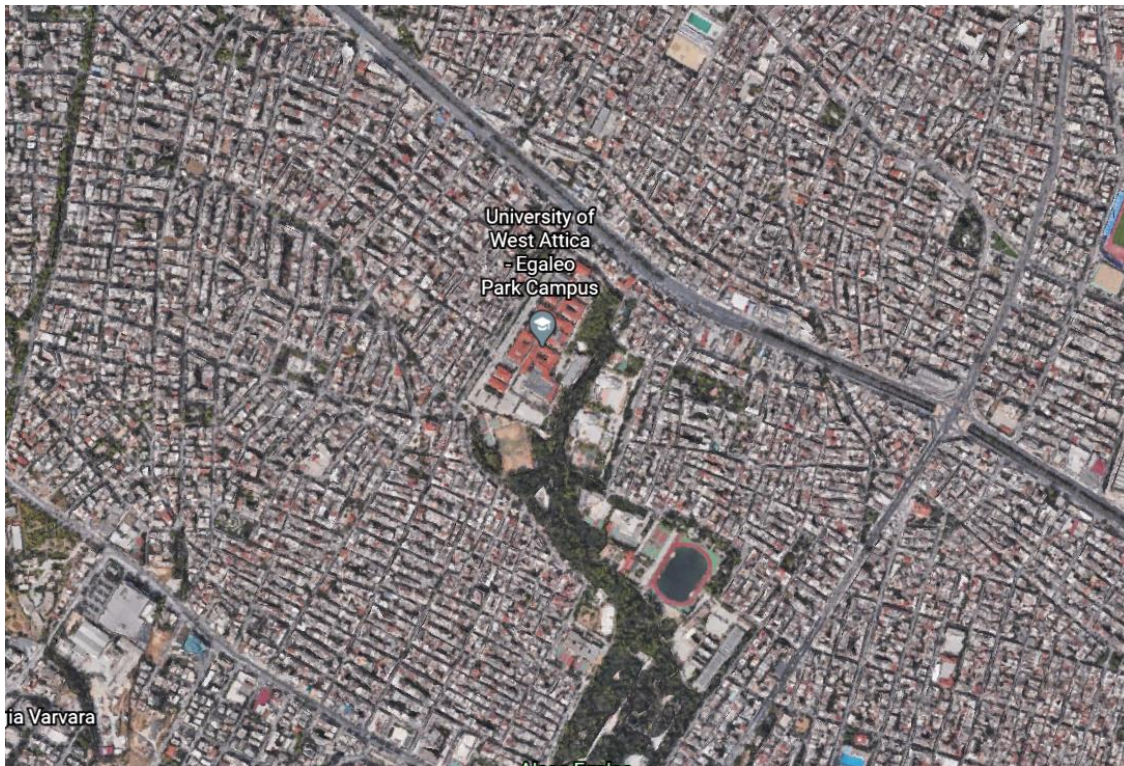
### **4.1 Μετρήσεις στην περιοχή του ΠΑΔΑ**

Η πρώτη μελέτη σε περιοχή με βλάστηση πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριου του 2019 στην Πανεπιστημιούπολη 1 του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής στο Αιγάλεω.

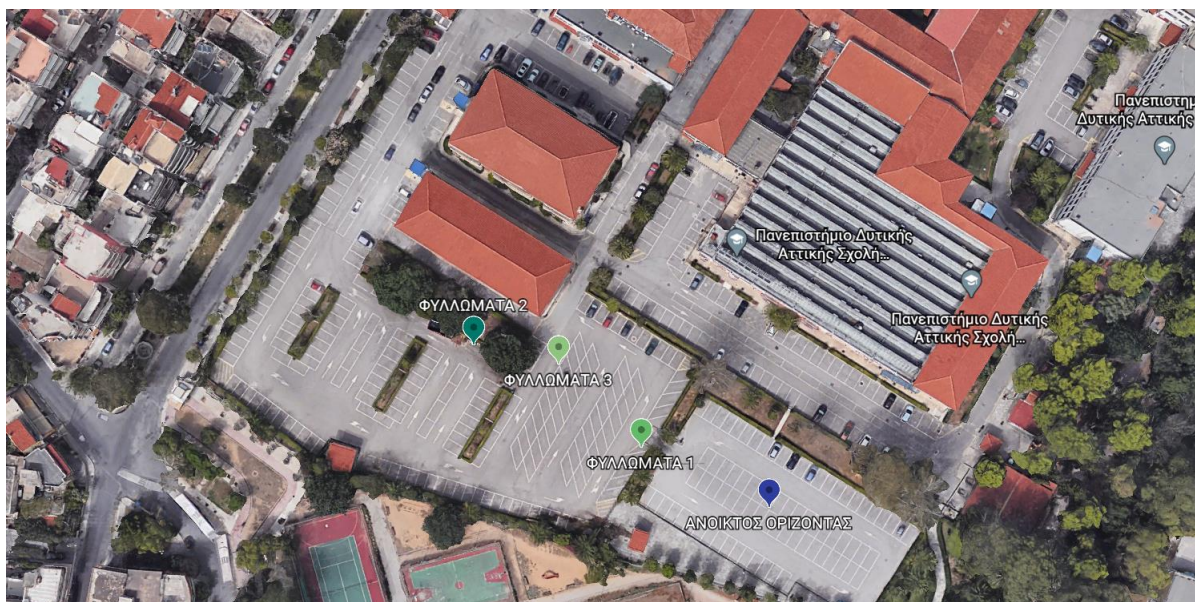
#### **4.1.1 Περιοχή μελέτης**

Η θέση όπου πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες μετρήσεις, βρίσκεται στην περιοχή του Αιγάλεω. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 13/12/2019 και μεταξύ των ωρών GPS 7:33 με 8:39 (χρόνος GPS). Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η περιοχή μετρήσεων, που βρίσκεται η Πανεπιστημιούπολης 1 του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Στην εικόνα 4.2 φαίνεται η ακριβής τοποθεσία των μετρήσεων. Συγκεκριμένα οι μετρήσεις έγιναν στο νότιο χώρο στάθμευσης της Πανεπιστημιούπολης 1.





Εικόνα 4. 1 - Περιοχή μετρήσεων. (Google, 2021)



Εικόνα 4. 2 – Σημεία μετρήσεων. (Google, 2021)

Στον πίνακα 4.1 φαίνονται οι ώρες με ακρίβεια λήψης των μετρήσεων σε χρόνο GPS, καθώς και η διάρκεια μέτρησης για κάθε στάση. Το διάστημα καταγραφής των μετρήσεων ήταν 5 sec. Οι στάσεις όπως θα αναλυθούν στην συνέχεια είναι οι παρακάτω:

- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Πίνακας 4. 1 – Χρόνος μέτρησης για κάθε στάση

	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
Ωρα έναρξης	7:33	7:50	8:05	8:22
Ωρα λήξης	8:39	8:01	8:10	8:39
Διάρκεια μέτρησης (min)	66	11	5	17

Αρχικά ο ένας από τους δύο δέκτες, τοποθετήθηκε σε μέρος με ανοικτό ορίζοντα χωρίς εμπόδια που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις. Η στάση αυτή ονομάζεται «ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ» και οι μετρήσεις του χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά για σύγκριση με τις υπόλοιπες. Για το λόγο αυτό ο δέκτης στη θέση αυτή ήταν σε λειτουργία καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων.



Εικόνα 4. 3 - Στάση “Ανοικτού ορίζοντα”

Στη συνέχεια ο δεύτερος δέκτης τοποθετήθηκε σε θέση με ελαφριά φυλλώματα για 11 λεπτά. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε κάτω από κλαριά ενός φοίνικα. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.4 τα κλαριά αυτά εμπόδιζαν μόνο δορυφόρους που βρίσκονται στην ανατολική πλευρά λήψης. Η στάση αυτή ονομάζεται «Φυλλώματα 1» .



Εικόνα 4. 4 – Στάση “Φυλλώματα 1”



Εικόνα 4. 5 – “Στάση Φυλλώματα 1”: λεπτομέρεια ουρανού

Συνεχίζοντας ο δέκτης άλλαξε μέρος και τοποθετήθηκε για 5 λεπτά, σε σημείο με πιο έντονα φυλλώματα όπως φαίνεται στην εικόνα 4.6. Η στάση αυτή ονομάζεται «Φυλλώματα 2» .



Εικόνα 4. 6 – Στάση “Φυλλώματα 2”

Τέλος ο δέκτης τοποθετήθηκε για 17 λεπτά, σε σημείο όπου τα φυλλώματα δεν ήταν πάνω από τον δέκτη αλλά δυτικά του δέκτη, επηρεάζοντας έτσι τους δορυφόρους που βρίσκονταν δυτικά, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.7. Η στάση αυτή ονομάζεται «Φυλλώματα 3» .



Εικόνα 4. 7 – Στάση “Φυλλώματα 3”

## 4.1.2 Εξοπλισμός μετρήσεων

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ένα ζεύγος γεωδαιτικών δεκτών GNSS που ανήκει στον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Γεωδαισίας-Τοπογραφίας του ΠΑ.Δ.Α. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για δέκτες Javad Triumph-1 με τα εξής χαρακτηριστικά:

Τα βασικά χαρακτηριστικά των δεκτών Javad Triumph-1 είναι

- GPS L1 / L2 / L2C / L5
- GLONASS L1 / L2
- Galileo E1 / E5A
- Ρυθμός ενημέρωσης 5Hz
- Ρυθμός RTK 5Hz
- Μνήμη 256 MB
- RAIM
- Προηγμένη μείωση πολλαπλών διαδρομών
- Δύο σειριακές θύρες RS232 (460,8 kbps)
- Θύρα USB
- Εσωτερική κεραία GNSS
- Διεπαφή Bluetooth®
- ΚΦΚ WAAS / EGNOS (SBAS)
- Επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου



Εικόνα 4. 8 – Δέκτες. Πηγή: (Javad, 2020)

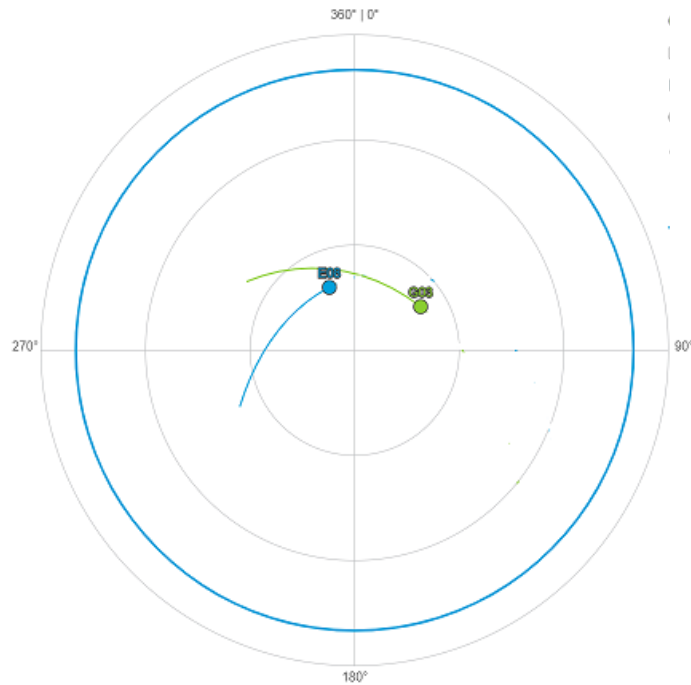
### 4.1.3 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων ανοικτού ορίζοντα

Αρχικά γίνεται σύγκριση του SNR μεταξύ συστημάτων GPS και GALILEO, σε περιβάλλον χωρίς φυλλώματα ώστε να αξιολογηθεί η απόδοση του κάθε συστήματος σε φυσιολογικές συνθήκες μέτρησης. Η σύγκριση αυτή πραγματοποιήθηκε δύο φορές. Μια για δορυφόρους με σχετικά σταθερά ψηλή γωνία ανύψωσης και μια για περίπτωση που οι δορυφόροι ξεκινούσαν από ψηλές γωνίες και κατέληγαν σε χαμηλές. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ φερουσών συχνοτήτων L1-E1 και L2-E5 των συστημάτων. Προκειμένου να γίνει αυτή η σύγκριση επιλέχθηκαν δορυφόροι που είχαν παραπλήσιες γωνίες ανύψωσης και βρίσκονταν στην ίδια περιοχή του ουρανού, αυτό ήταν αναγκαίο να γίνει προκειμένου η επίδραση των φυλλωμάτων να είναι κοινή μεταξύ των υπό σύγκριση δορυφόρων και οι μετρήσεις να είναι συγκρίσιμες. Στην εικόνα 4.9 φαίνονται οι θέσεις των δύο δορυφόρων με μεγάλες γωνίες ανύψωσης, από 60 έως 70 μοίρες (G03-E08), ενώ στην εικόνα 4.12 φαίνονται οι θέσεις των δορυφόρων με την κυμαινόμενη θέση, από 30 έως 75 μοίρες (G01-E15).

Παρακάτω δίνονται δύο σελίδες για κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις. Αρχικά παρουσιάζεται η διαδρομή δορυφόρου με τους δύο δορυφόρους GPS και Galileo, έτσι ώστε να φαίνεται σε ποιο σημείο του ουρανού ήταν, με σκοπό να φαίνεται ότι είναι συγκρίσιμοι. Στη συνέχεια ακολουθούν δύο διαγράμματα για κάθε μια περίπτωση όπου είναι συνολικά διαγράμματα με το SNR του ανοικτού ορίζοντα, έτσι ώστε να φαίνεται η σύγκριση τους. Τέλος φαίνεται πως αλλάζει η γωνία ανύψωσης του κάθε δορυφόρου η οποία να σχετίζεται με την λήψη.

- Δορυφόροι με γωνίες ανύψωσης 60-70°

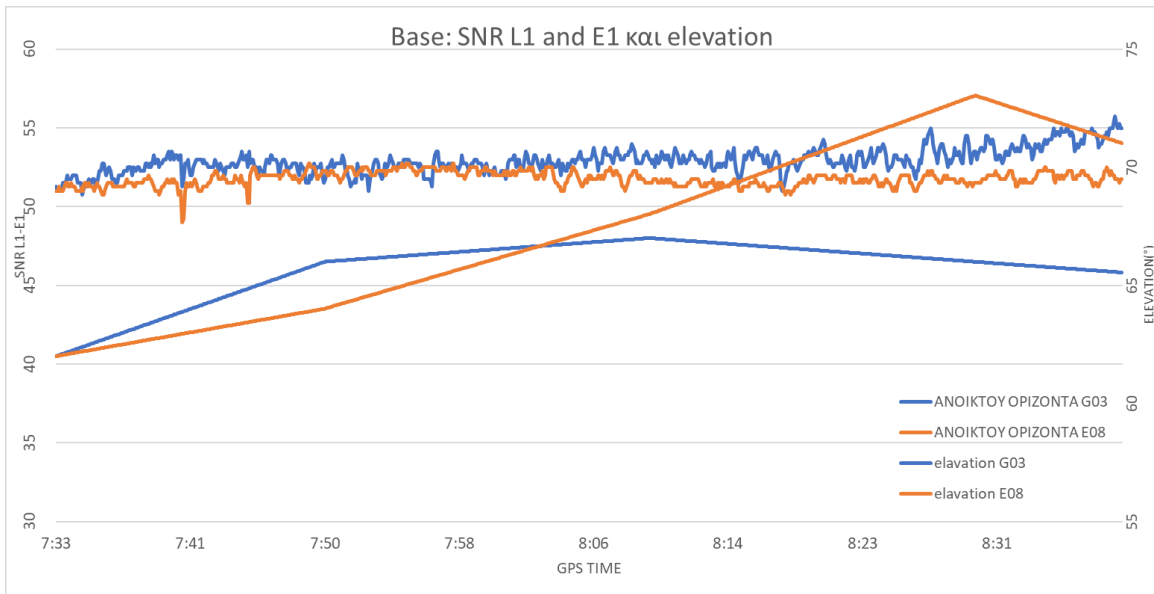
Για τους ψηλούς δορυφόρους, χρησιμοποιήθηκε ο δορυφόρος G03 του συστήματος GPS και ο δορυφόρος E08 του συστήματος Galileo οι οποίοι είχαν παραπλήσιες γωνίες ανύψωσης και βρισκόντουσαν κοντά στο ζενίθ.



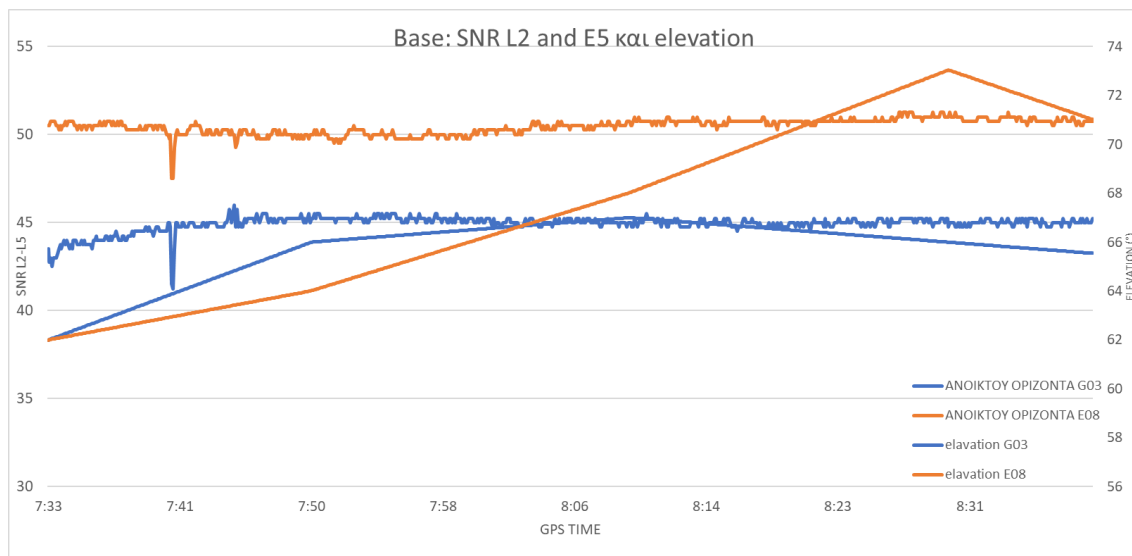
Εικόνα 4. 9 - Διαδρομές δορυφόρων G03 (μπλε γραμμή) και E08 (πράσινη γραμμή)

Στην εικόνα 4.10 παρουσιάζεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν. Όπως φαίνεται ο δορυφόρος του συστήματος GPS για σημαντικές χρονικές περιόδους υπερτερεί έως και 3 dB σε σχέση με τον δορυφόρο του Ευρωπαϊκού συστήματος Galileo.

Ακριβώς το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για την σύγκριση L2-E5. Στην εικόνα 4.11 παρουσιάζεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν. Όπως φαίνεται ο δορυφόρος του συστήματος Galileo αυτή την φορά υπερτερεί έως και 8 dB σε σχέση με τον δορυφόρο του Αμερικανικού συστήματος GPS.



Εικόνα 4. 10 - Σύγκριση SNR L1 (G03) και E1 (E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)



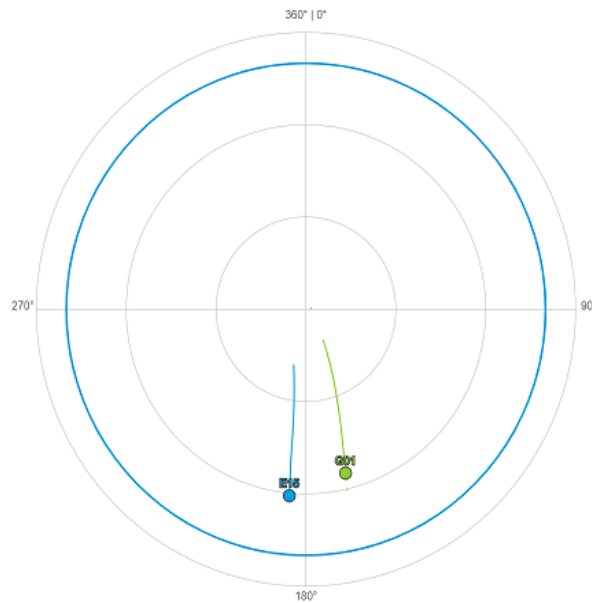
Εικόνα 4. 11 - Σύγκριση SNR L2 (G03) και E5 (E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)

Φαίνεται ότι στις συχνότητες L1-E1 είναι αρκετά κοντά οι τιμές με ενδεχομένως μια μικρή υπεροχή του GPS, ενώ για τις συχνότητες L2-E5 είναι εμφανής η υπεροχή του Galileo. Από την ανάλυση αυτή επαληθεύεται στην πράξη το γεγονός ότι η συχνότητα E5 του Galileo λαμβάνεται στη Γη με μεγαλύτερη ισχύ σε σχέση με την L2 του GPS, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 2.



- Δορυφόροι με γωνίες ανύψωσης 30-75°

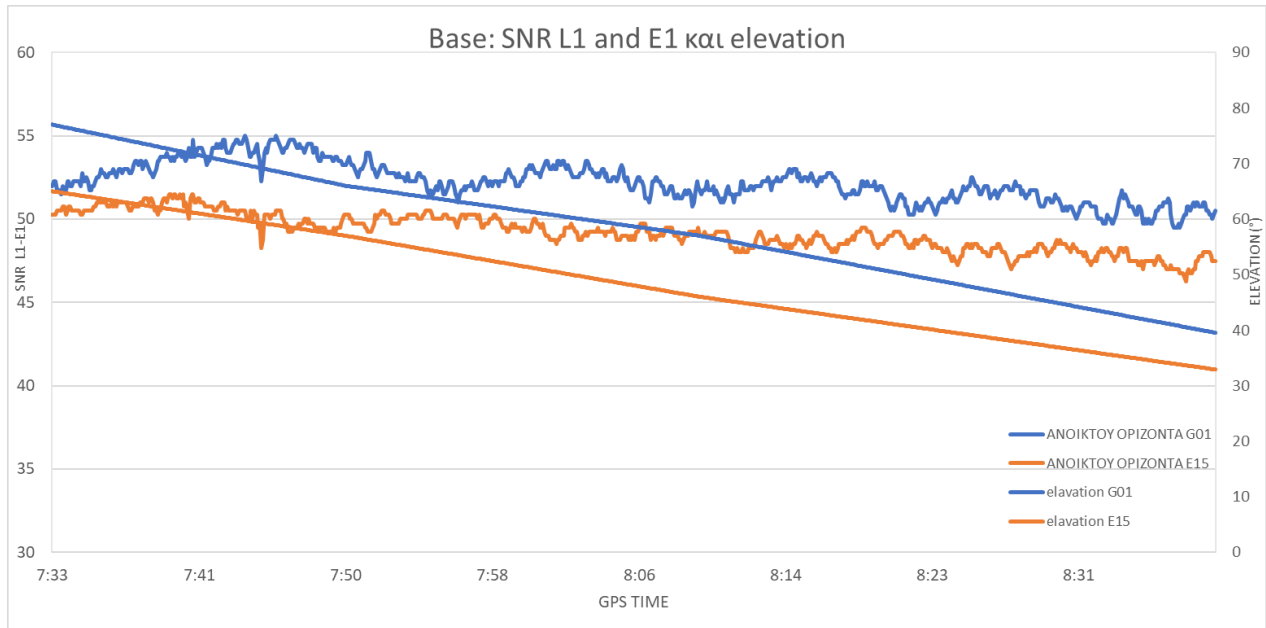
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ίδια διαδικασία για τους δορυφόρους ξεκινώντας από ψηλές γωνίες και κατέληξαν σε χαμηλές. Χρησιμοποιήθηκε ο δορυφόρος G01 του συστήματος GPS και ο δορυφόρος E15 οι οποίοι είχαν σχετικά κοντινές τιμές, έτσι ώστε η προσέγγιση να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη στην απόδοση τους.



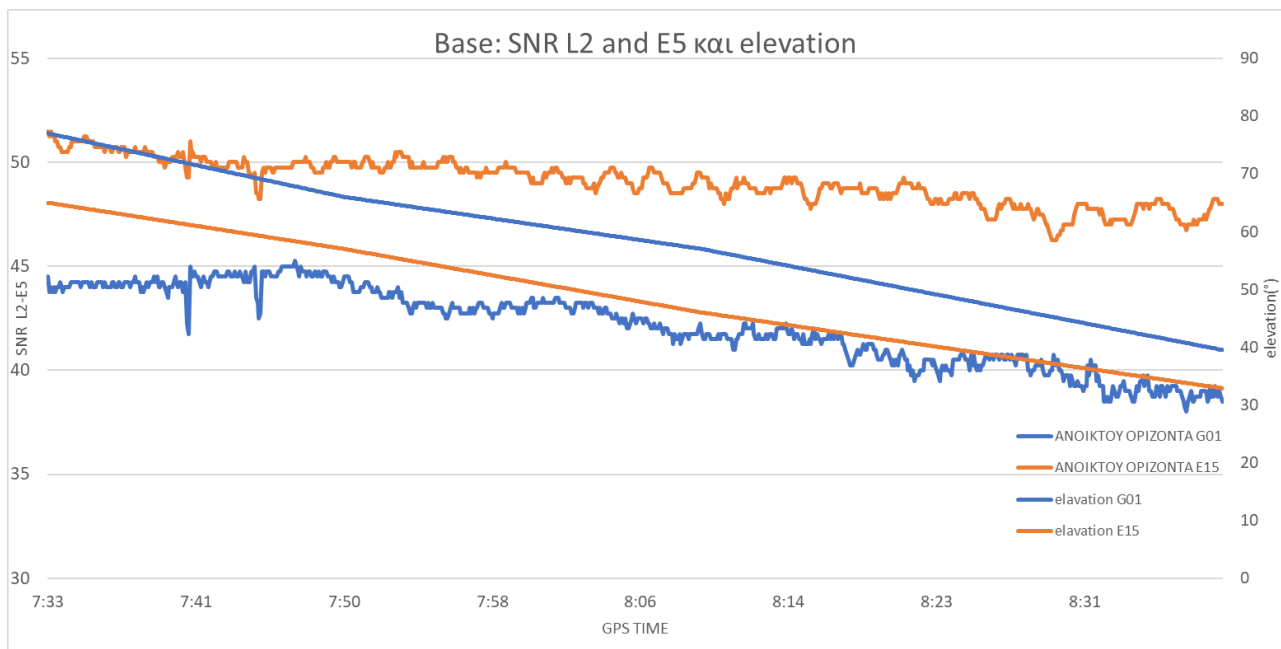
Εικόνα 4. 12 - Διαδρομές δορυφόρων G01 (πράσινη γραμμή) και E15 (μπλε γραμμή)

Στην εικόνα 4.13 φαίνεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν έπειτα από τη διαδικασία σύγκρισης μεταξύ L1-E1. Όπως φαίνεται ο δορυφόρος του συστήματος GPS υπερτερεί έως και 5 dB σε σχέση με τον δορυφόρο του συστήματος Galileo.

Ακριβώς το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για την σύγκριση L2-E5. Στην εικόνα 4.14 φαίνεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν. Όπως φαίνεται ο δορυφόρος του συστήματος Galileo αυτή την φορά υπερτερεί έως και 9.5 dB σε σχέση με τον δορυφόρο του Αμερικανικού συστήματος GPS.



Εικόνα 4. 13 - Σύγκριση SNR L1( G01) και E1( E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)



Εικόνα 4. 14 - Σύγκριση SNR L2( G01) και E5( E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)

Φαίνεται ότι στις συχνότητες L1-E1 είναι αρκετά κοντά οι τιμές με ενδεχομένως μια μικρή υπεροχή του GPS, ενώ για τις συχνότητες L2-E5 είναι εμφανής η υπεροχή του Galileo.

#### **4.1.4 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων κάτω από φυλλώματα**

Στη συνέχεια ακολουθεί ανάλυση του SNR μεταξύ των δύο συστημάτων για τις μετρήσεις που έγιναν κάτω από φυλλώματα.

Τα διαγράμματα που επιλέχθηκαν να συγκριθούν αφορούν δορυφόρους που βρίσκονται σε παραπλήσιες θέσεις στον ουρανό και άρα αντιμετωπίζουν σχεδόν τα ίδια εμπόδια όπως φαίνονται και στις εικόνες με τις διαδρομές των Διαδρομή δορυφόρων. Οι συγκρίσεις θα πραγματοποιηθούν με την παρακάτω σειρά:

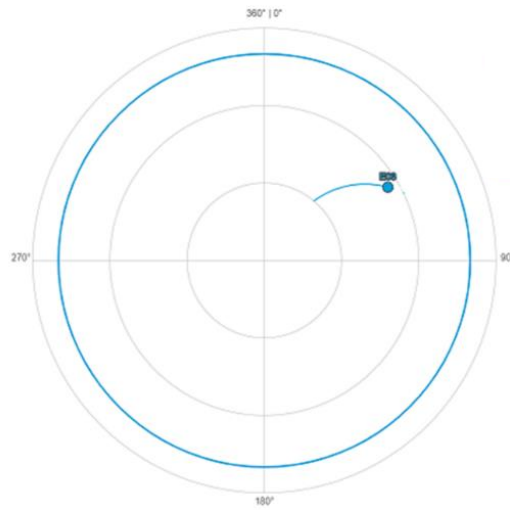
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Σε όλα τα διαγράμματα θα υπάρχουν και οι μετρήσεις του ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, προκειμένου να γίνεται περισσότερο αντιληπτή η επίδραση των εμποδίων για κάθε μια από τις παραπάνω στάσεις.

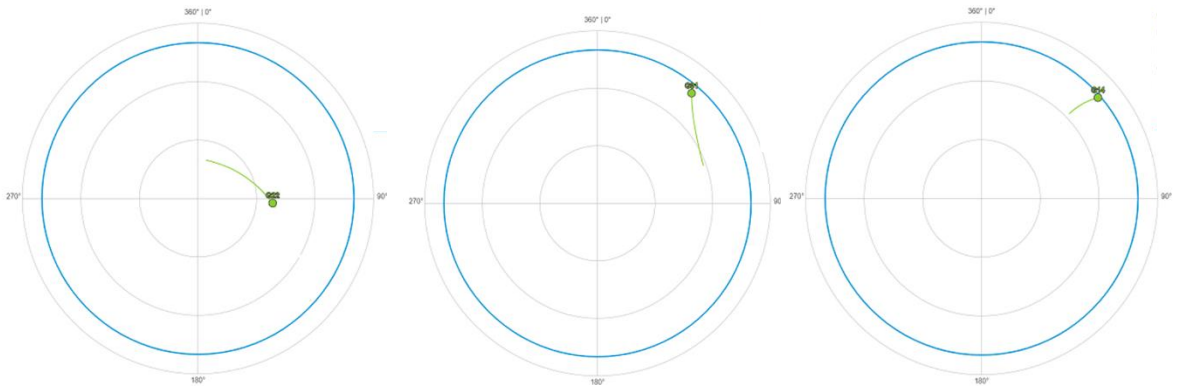
##### **4.1.4.1 Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1**

Η στάση αυτή όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τοποθετήθηκε κάτω από ένα φοίνικα. Ο φοίνικας ως γνωστό έχει το φύλλωμα του σε λίγα κλαριά τα οποία δεν δημιουργούν ένα ομοιογενές εμπόδιο. Η σύγκριση για αυτή την στάση πραγματοποιήθηκε με τον Ευρωπαϊκό δορυφόρο E03 σε σύγκριση με τους Αμερικάνικους G22, G14 και G31.

Οι εικόνες 4.15-4.18 δείχνουν τις διαδρομές των δορυφόρων στο διάστημα 7:30-8:50 και η κουκίδα υποδηλώνει τη θέση των κάθε δορυφόρου στη λήξη της μέτρησης (8:50).



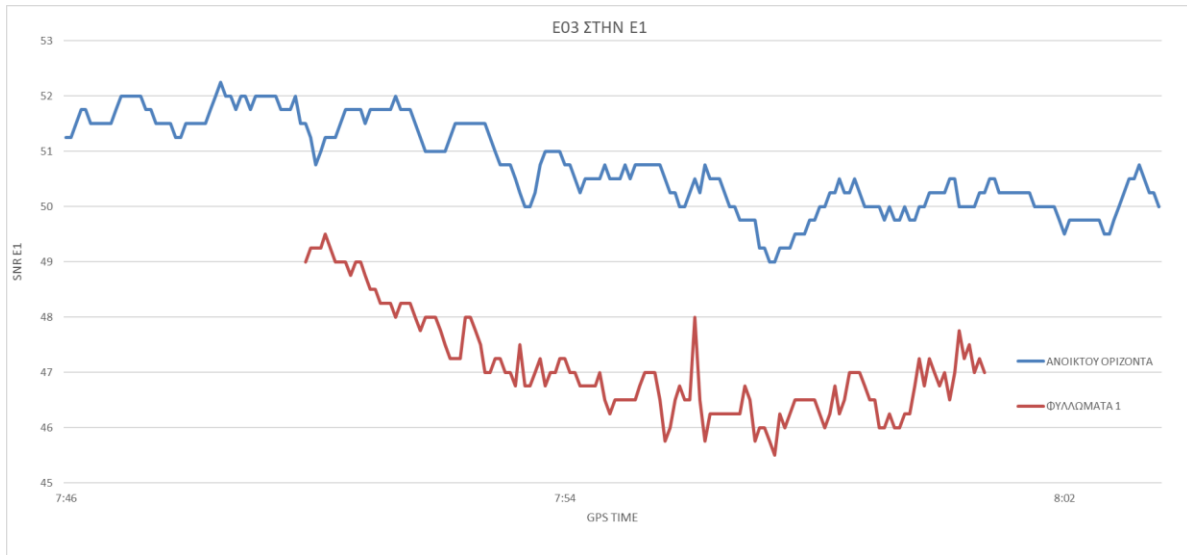
Εικόνα 4. 15 – Διαδρομή δορυφόρου EO3



Εικόνα 4. 16 – Διαδρομή δορυφόρου G22 Εικόνα 4. 17 – Διαδρομή δορυφόρου G31 Εικόνα 4. 18 – Διαδρομή δορυφόρου G14

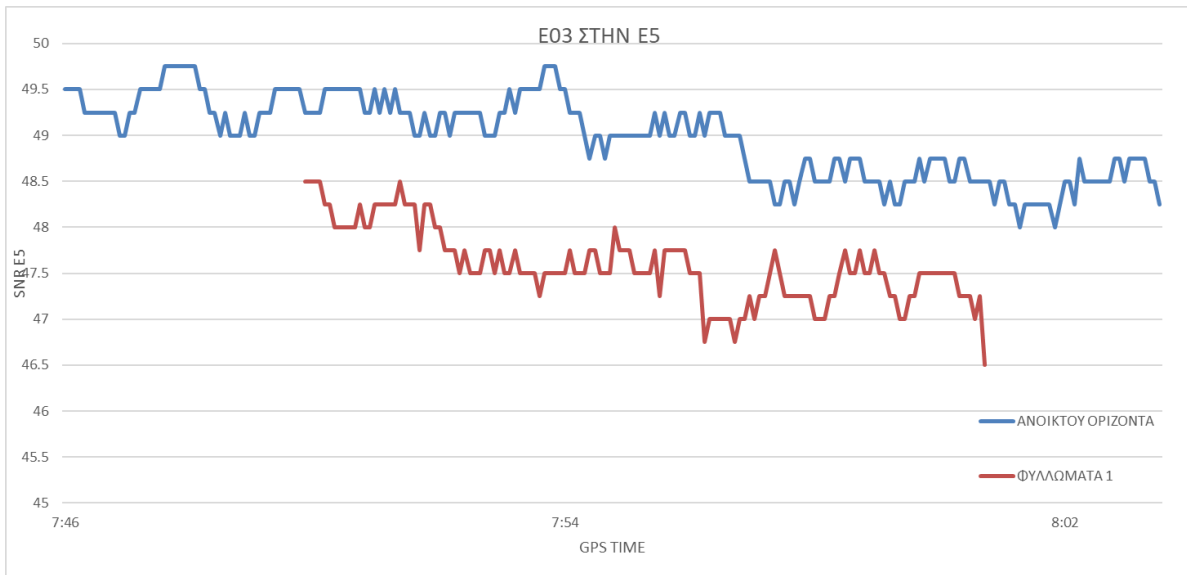
### Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και E5 : δορυφόρος E03

Στην εικόνα 4.19 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E03.



Εικόνα 4. 19 - SNR E1, του δορυφόρου E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Στην εικόνα 4.20 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E03.



Εικόνα 4. 20 - SNR E5, του δορυφόρου E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Από την εικόνα 4.19 φαίνεται πως ο δορυφόρος E03 επηρεάζεται άμεσα στην στάση με τον φοίνικα στην συχνότητα E1. Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E03, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 2 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E03 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	49	45.5
MAX	52.25	49.5

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι της τάξης των 4 dB όπως προκύπτει από το πίνακα.

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E03, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 3 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E03 στην E5

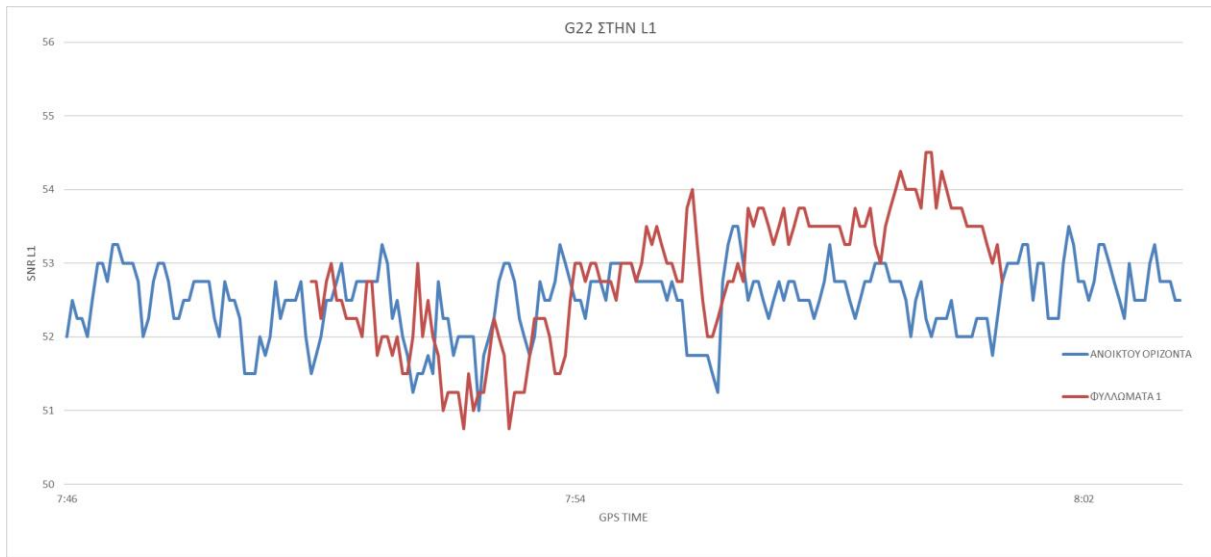
E5	MIN	MAX
ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	48.25	46.5
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1	49.75	48.5

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2 dB όπως προκύπτει από τους πίνακες, δηλαδή ακριβώς τα μισά σε σχέση με την E1.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι τα φυλλάκια προκαλούν μεγαλύτερη επίπτωση και μεγαλύτερο πρόβλημα στην E1 σε αντίθεση με την E5 που επηρεάζεται λιγότερο. Στη συνέχεια θα αναλυθούν και θα συγκριθούν οι Αμερικανικοί δορυφόροι με τον E03.

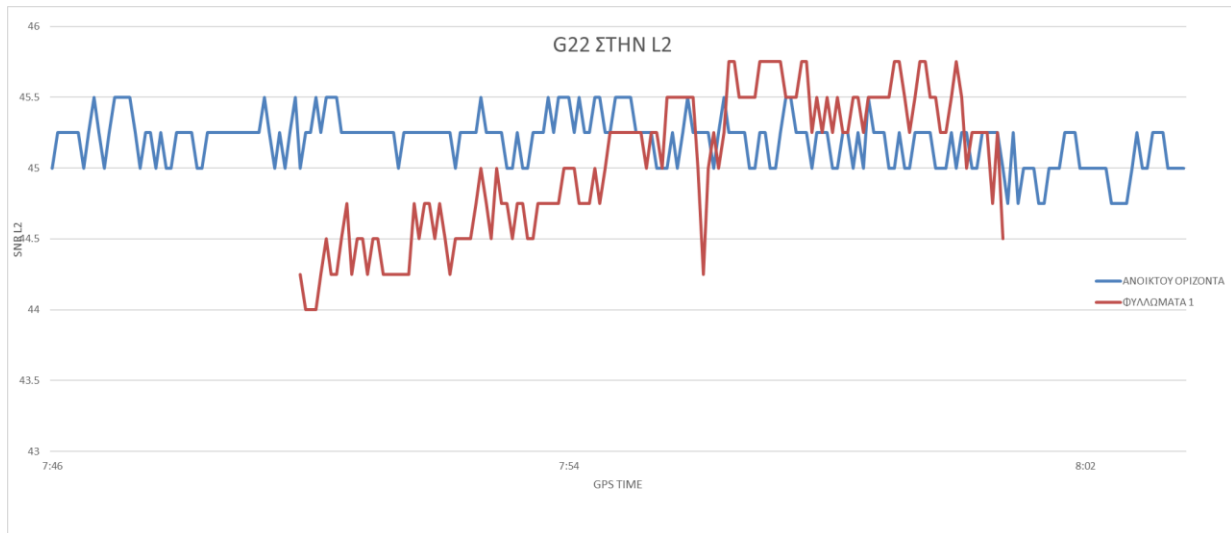
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G22

Στην εικόνα 4.21 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G22.



Εικόνα 4. 21 - SNR L1, του δορυφόρου G22 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Στην εικόνα 4.22 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G22.



Εικόνα 4. 22 - SNR L2, του δορυφόρου G22 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εικόνες 4.21 και 4.22 σε αρκετά σημεία απεικονίζεται η στάση “ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1”, να περνάει το σημείο ανοιχτού ορίζοντα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, διότι όπως έχει ήδη προαναφερθεί το σημείο αυτό είναι σε φοίνικα όπου δεν αποτελεί ολικό εμπόδιο με φυλλώματα αλλά σε συγκεκριμένες γωνίες. Συνεπώς ανάλογα με το πως κινείται ο δορυφόρος, υπήρχαν στιγμές που είχε καλύτερη λήψη χωρίς να επηρεάζεται αισθητά από το φοίνικα.

Όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες, ο δορυφόρος G22, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 4 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G22 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	51	50.75
MAX	53.5	54.5

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2.5 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την συχνότητα L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

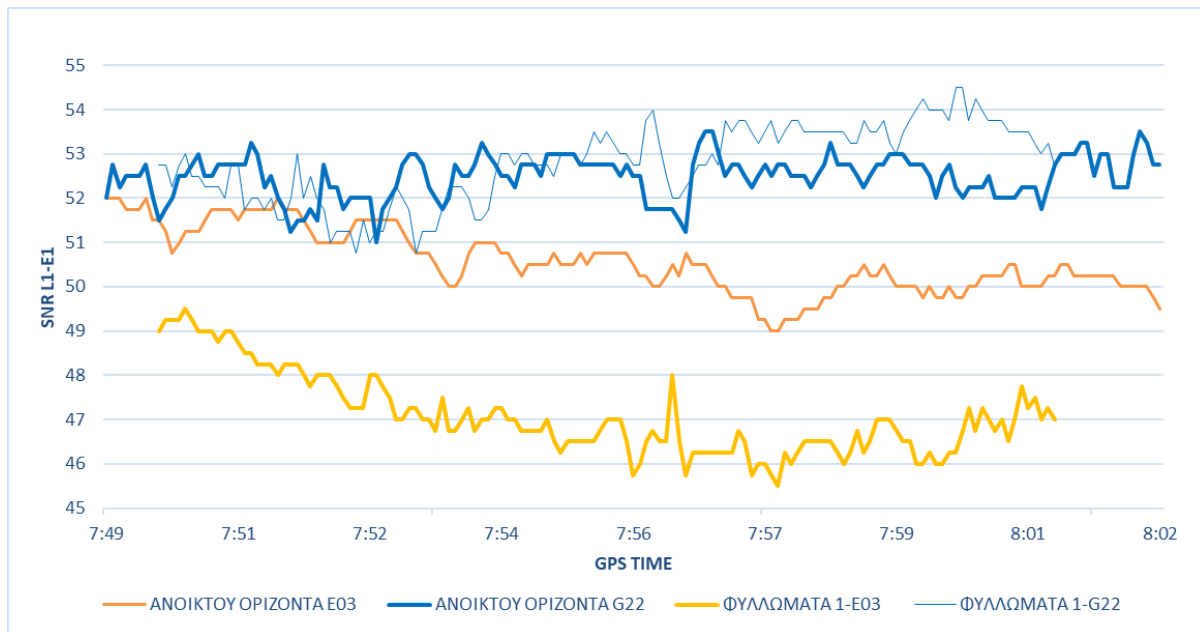
Πίνακας 4. 5 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G22 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	45	44
MAX	45.5	45.75

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 1.5 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

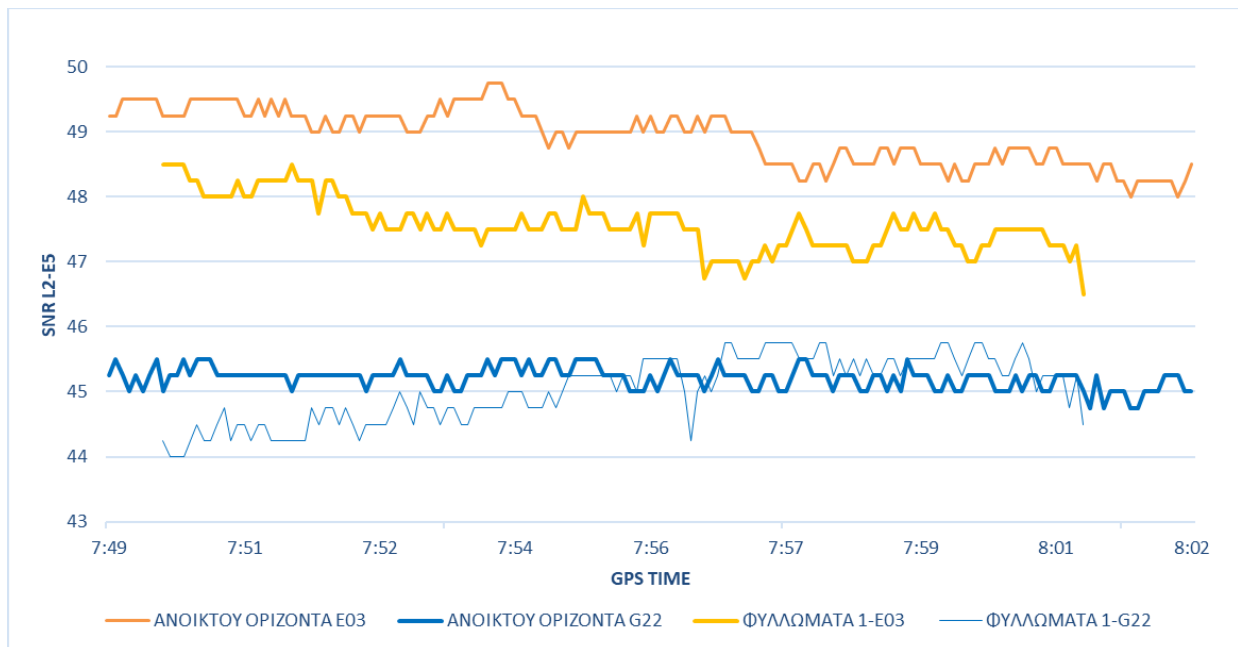


Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E03-G22.



Εικόνα 4. 23 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G22-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E03-G22.

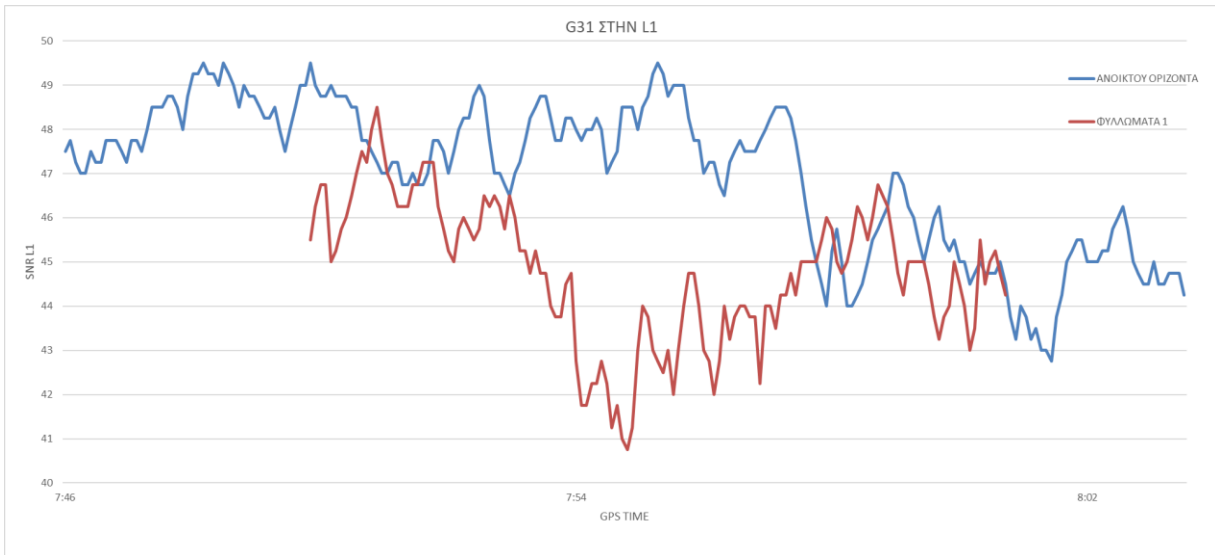


Εικόνα 4. 24 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G22-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η συχνότητα L1 του GPS να υπερτερεί της E1 τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο και υπό φυλλώματα, ενώ αντίθετα η συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σε μεγαλύτερο βαθμό έναντι της συχνότητας L2 του GPS. Σημειώνεται εδώ ότι κανονικά θα έπρεπε η συχνότητα E5 να συγκριθεί με τη συχνότητα L5, όμως επειδή ακόμα πολλοί δορυφόροι GPS δεν εκπέμπουν στην L5, ως δεύτερη συχνότητα για το GPS χρησιμοποιείται η L2 και όχι η L5.

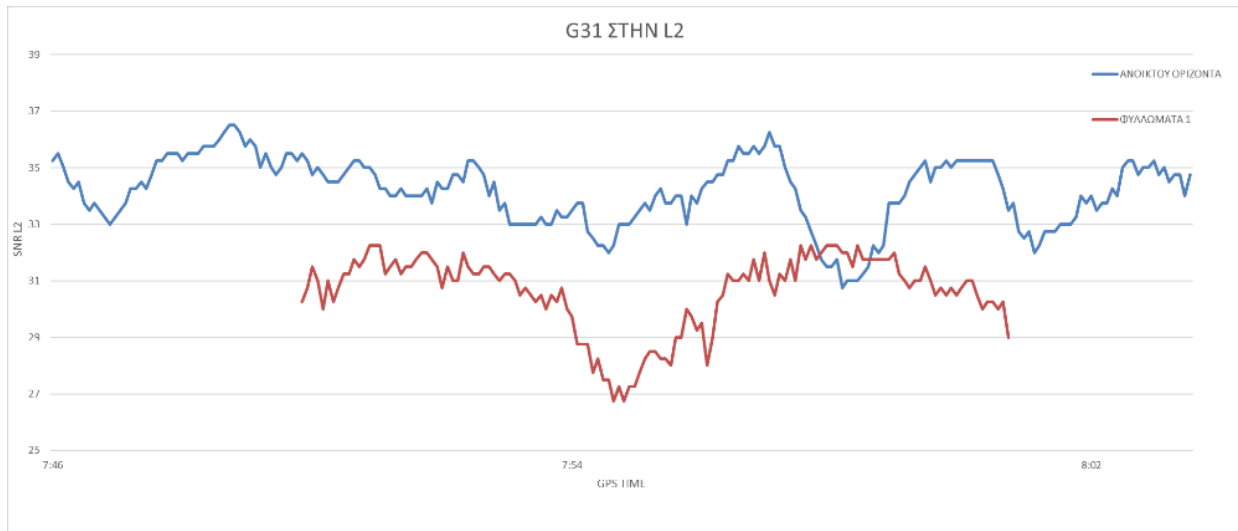
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G31

Στην εικόνα 4.25 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G31.



Εικόνα 4. 25 - SNR L1, του δορυφόρου G31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Στην εικόνα 4.26 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G31.



Εικόνα 4. 26 - SNR L2, του δορυφόρου G31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.25 ο δορυφόρος G31, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 6 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G31 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	44	40.75
MAX	49.5	48.5

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 7 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

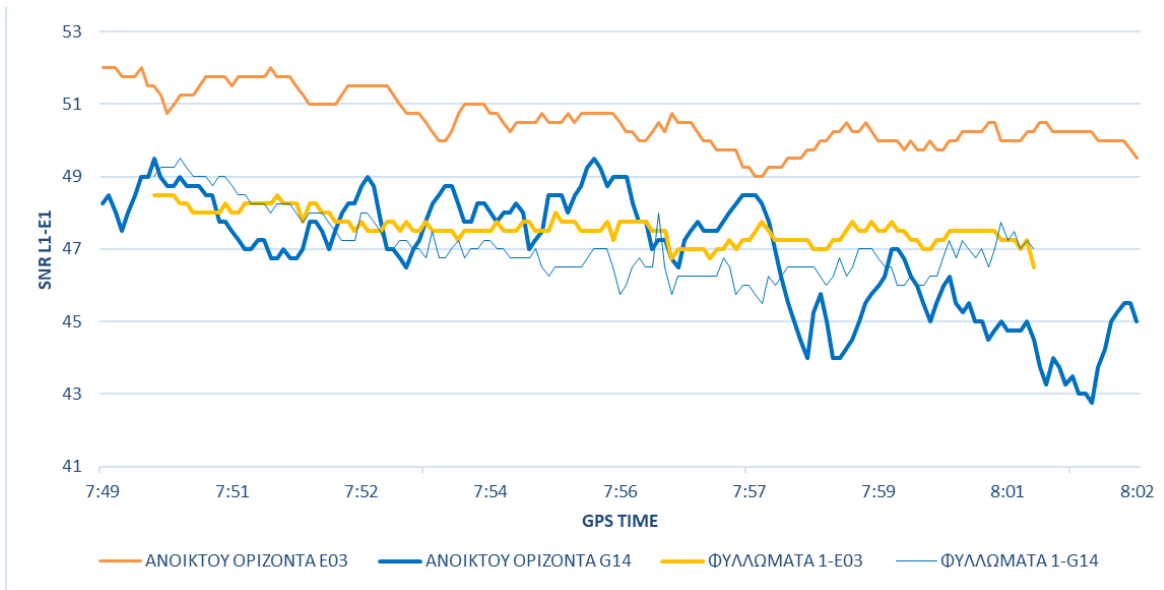
Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 7– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G31 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	30.75	26.75
MAX	36.5	32.25

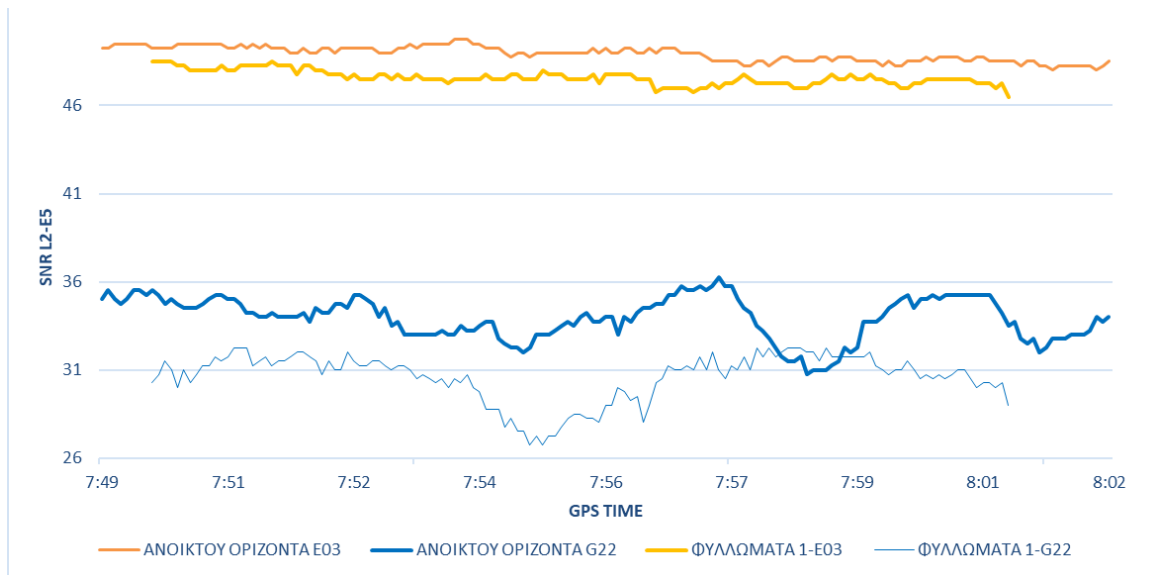
Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 8 dB όπως προκύπτει από τους πίνακες, δηλαδή λίγο μεγαλύτερη διαφορά σε σχέση με την L1.

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E03-G31.



Εικόνα 4. 27 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G31-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E03-G31.



Εικόνα 4. 28 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G31-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται το Galileo να υπερτερεί ελαφρά του GPS σε ότι αφορά την πρώτη συχνότητα (L1-E1) ενώ υπερτερεί σημαντικά του GPS όσον αφορά τη δεύτερη συχνότητα (E1 και L2) τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο υπό φυλλώματα.

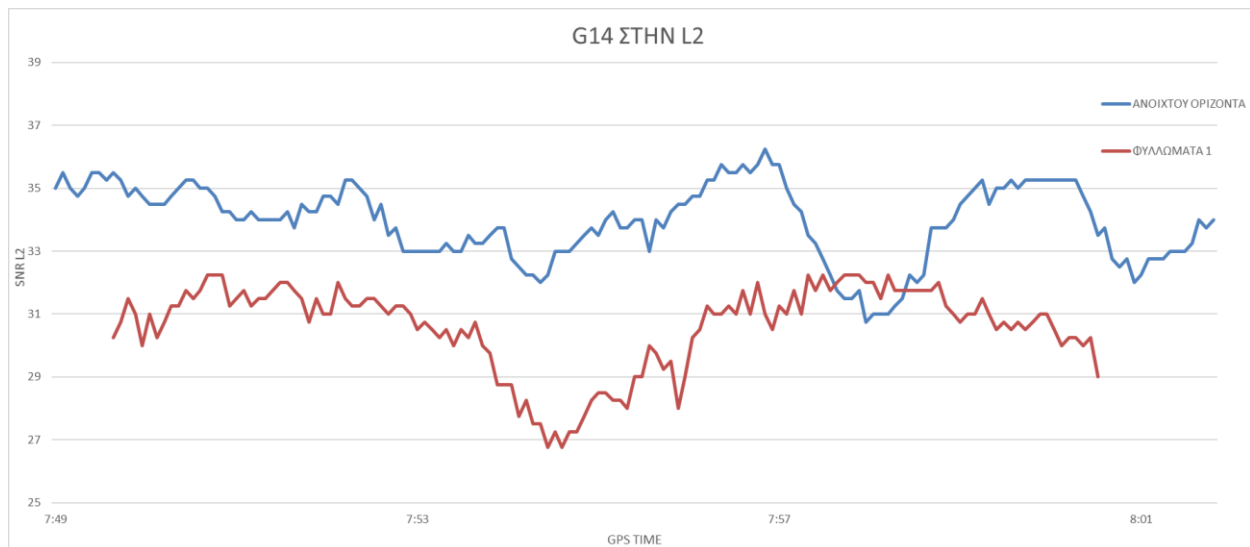
#### Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G14

Στην εικόνα 4.29 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G14.



Εικόνα 4. 29 - SNR L1, του δορυφόρου G14 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Στην εικόνα 4.30 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G14.



Εικόνα 4. 30 - SNR L2, του δορυφόρου G14 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες 4.29 και 4.30 , ο δορυφόρος G14, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 8 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G14 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	37.75	32.75
MAX	44.25	41.75

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 9 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

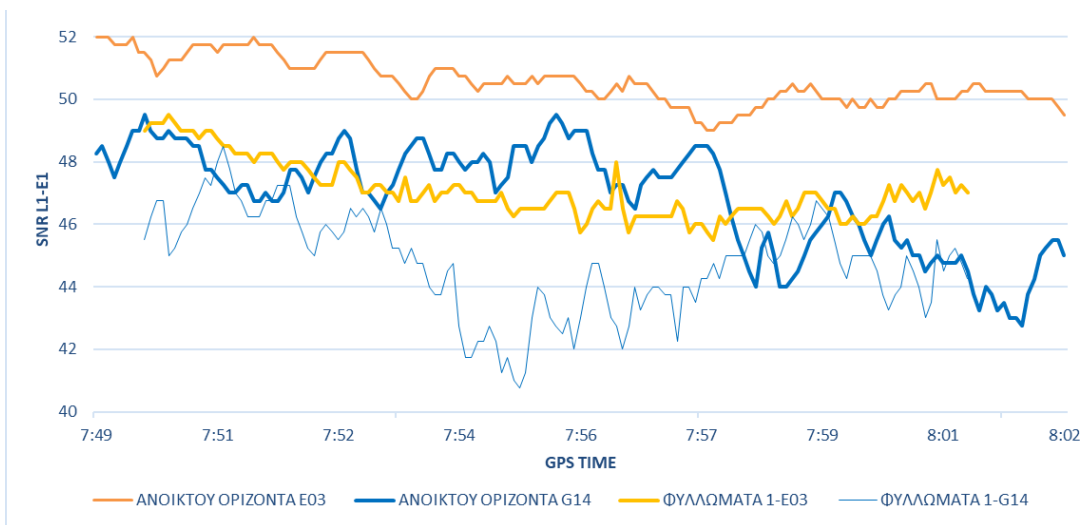
Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 9 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G14 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	22.75	17.5
MAX	31	24

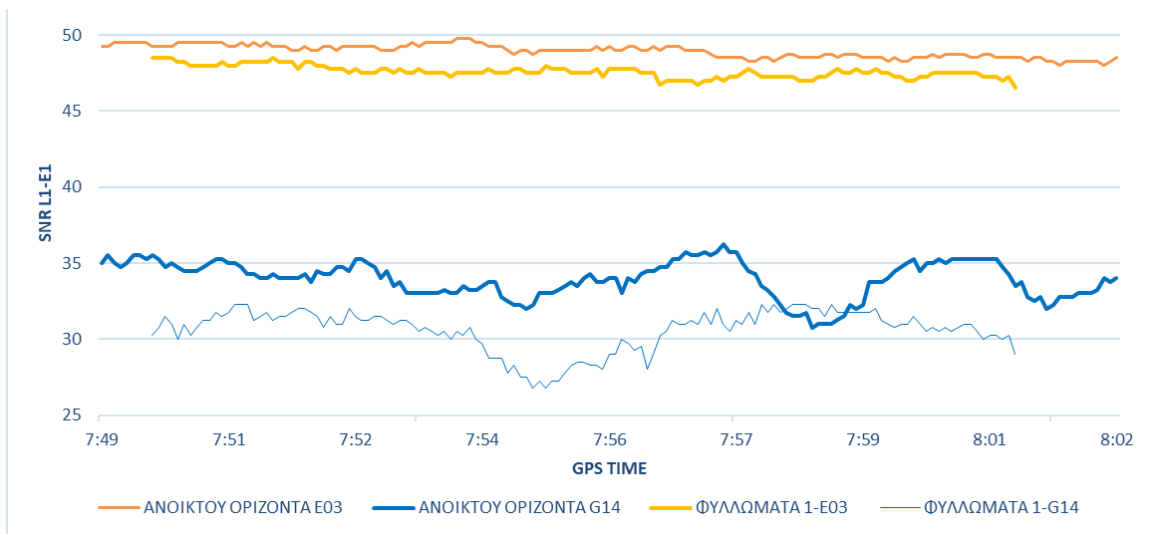
Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 12 dB όπως προκύπτει από τους πίνακες.

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E03-G14.



Εικόνα 4. 31 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G14-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E03-G14.



Εικόνα 4. 32 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G14-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1

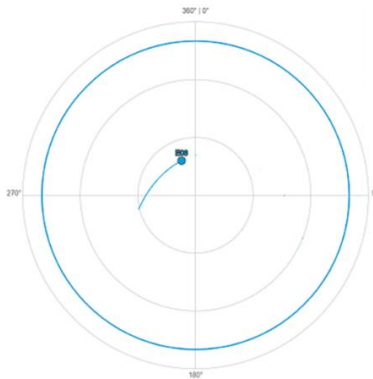
Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται το Galileo να υπερτερεί ελαφρά του GPS σε ότι αφορά την πρώτη συχνότητα (L1-E1) ενώ υπερτερεί σημαντικά όσον αφορά τη δεύτερη συχνότητα (E1 και L2) τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο υπό φυλλώματα.



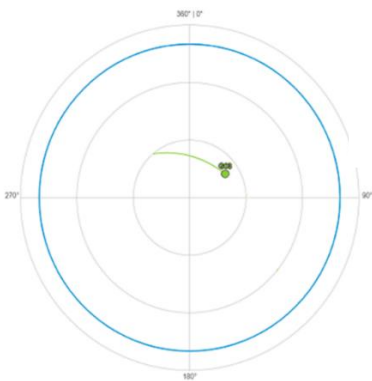
#### 4.1.4.2 Ανάλυση σημάτων στην θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Η στάση αυτή όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τοποθετήθηκε κάτω από αρκετά δέντρα. Όπως μπορεί κανείς να δει και από τις φωτογραφίες, το συγκεκριμένο σημείο έχει δυσκολία λήψης. Η σύγκριση για αυτή την στάση ιδανικά θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί με τον Ευρωπαϊκό δορυφόρο E03, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, σε σύγκριση με τους Αμερικάνικους G03, G22 και G31. Όμως ο δέκτης δεν μπόρεσε να λάβει σήμα του δορυφόρου E03 στη στάση αυτή και έτσι η σύγκριση θα πραγματοποιηθεί με τον Ευρωπαϊκό δορυφόρο E08 σε σχέση με τους G03 και G23.

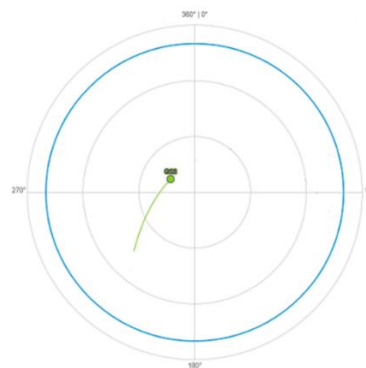
Στις παρακάτω εικόνες 4.33-4.35, φαίνονται οι διαδρομές των τριών δορυφόρων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση στην στάση αυτή.



Εικόνα 4. 33 - Διαδρομή δορυφόρου E08



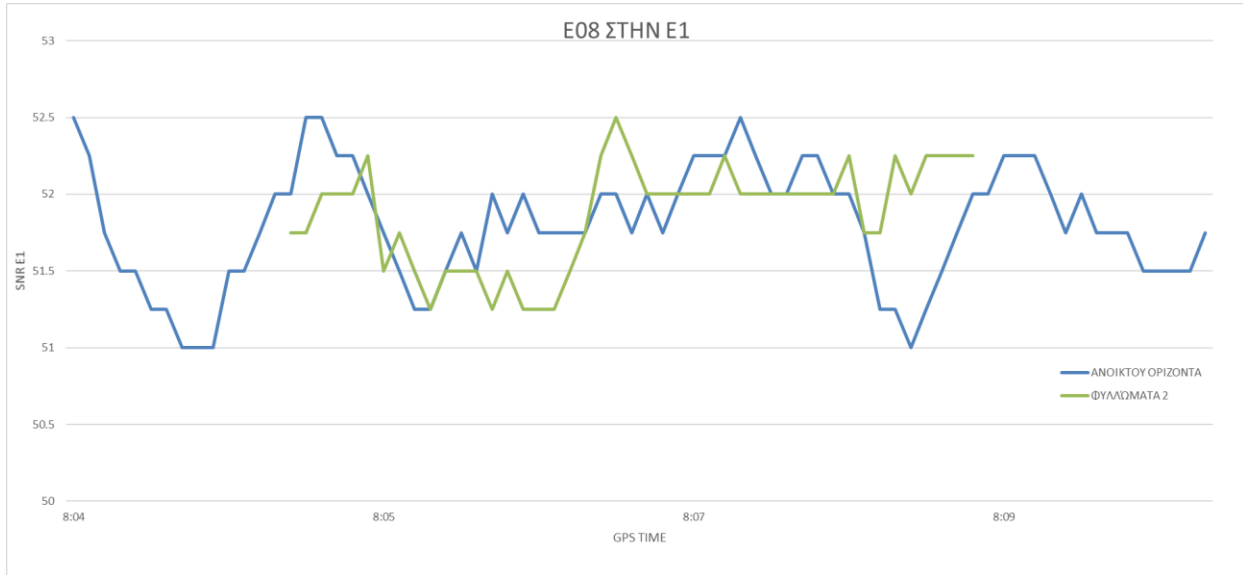
Εικόνα 4. 34 - Διαδρομή δορυφόρου G03



Εικόνα 4. 35 - Διαδρομή δορυφόρου G23

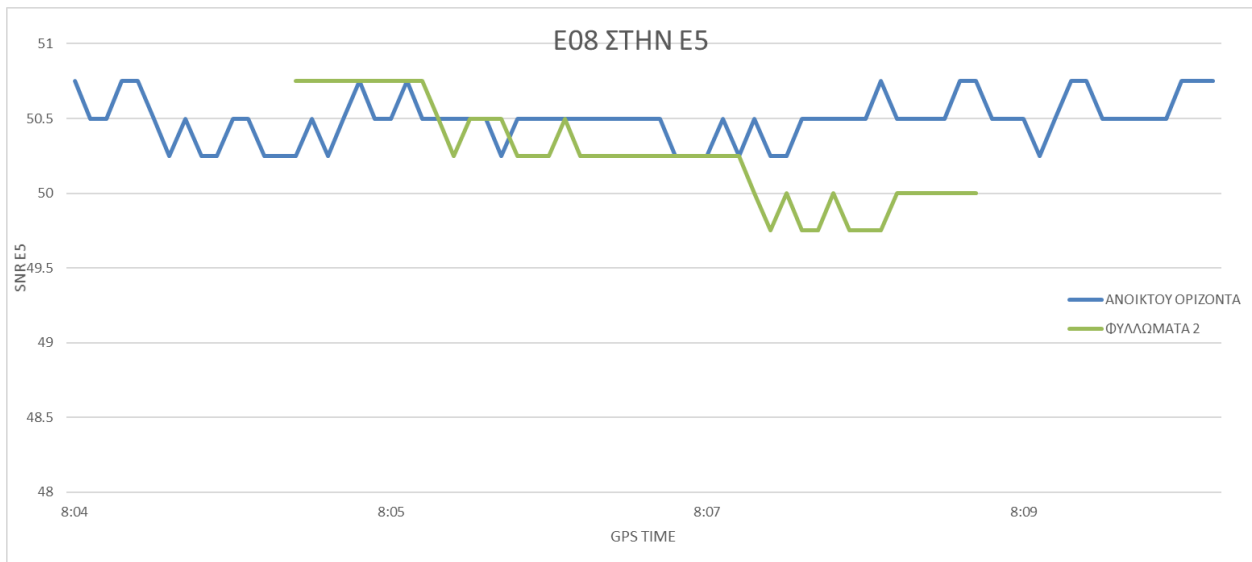
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και E5 : δορυφόρος E08

Στην εικόνα 4.36 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E08.



Εικόνα 4. 36 - SNR E1, του δορυφόρου E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Στην εικόνα 4.37 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E08.



Εικόνα 4. 37 - SNR E5, του δορυφόρου E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.10, ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E08, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 10 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E08 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
MIN	51	51.25
MAX	52.5	52.5

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 0.75 dB όπως προκύπτει από το πίνακα.

Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την E5 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 11 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E08 στην E5

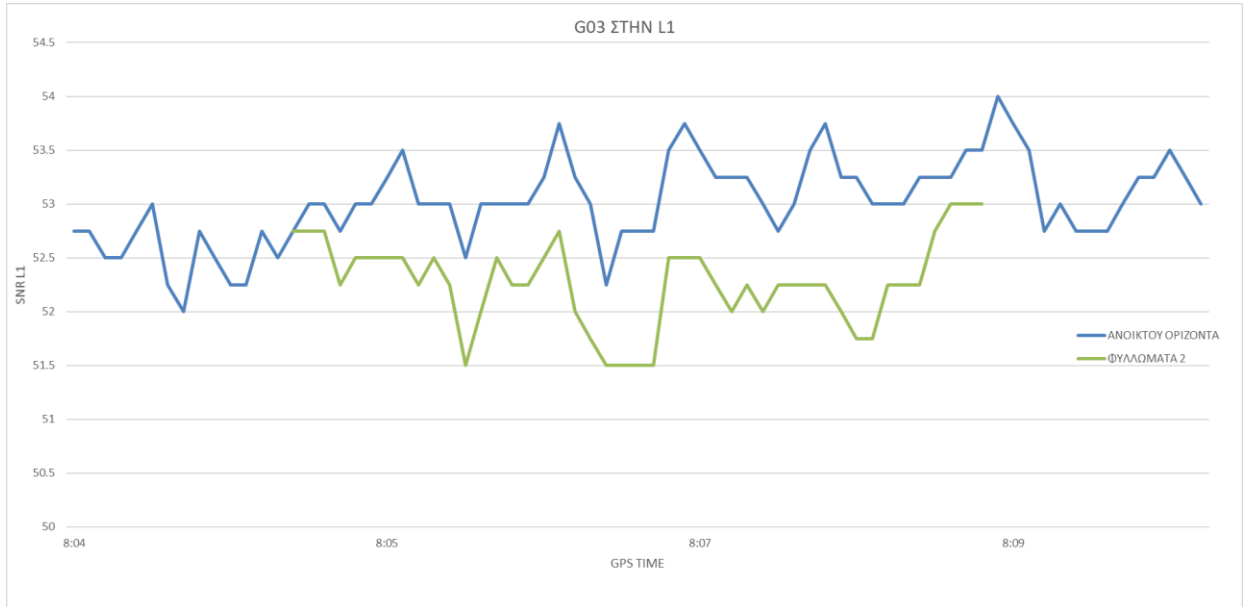
E5	MIN	MAX
ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	50.25	49.75
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2	49.75	50.75

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 1 dB όπως προκύπτει από το πίνακα, δηλαδή 0.25 μεγαλύτερη διαφορά από την E1.

Από τις παραπάνω εικόνες προκύπτει πως ο E08 επηρεάζεται άμεσα στην στάση με τον φοίνικα και στην συχνότητα E5 όμως με πολύ καλύτερες τιμές σε σχέση με την E1.

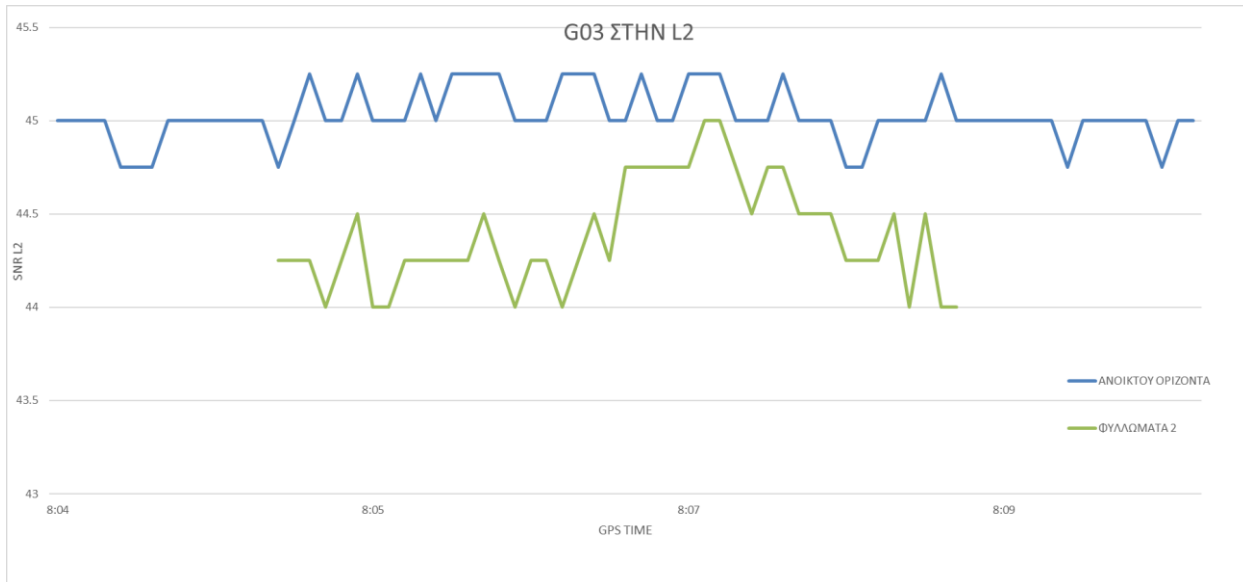
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G03

Στην εικόνα 4.38 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G03.



Εικόνα 4. 38 - SNR L1, του δορυφόρου G03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Στην εικόνα 4.39 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L5 για τον δορυφόρο G03.



Εικόνα 4. 39 - SNR L2, του δορυφόρου G03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Στον πίνακα 4.12 φαίνεται τι συμβαίνει και με την L1 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 12 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
MIN	52.25	51.5
MAX	53.75	53

Επιπλέον η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2.5 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

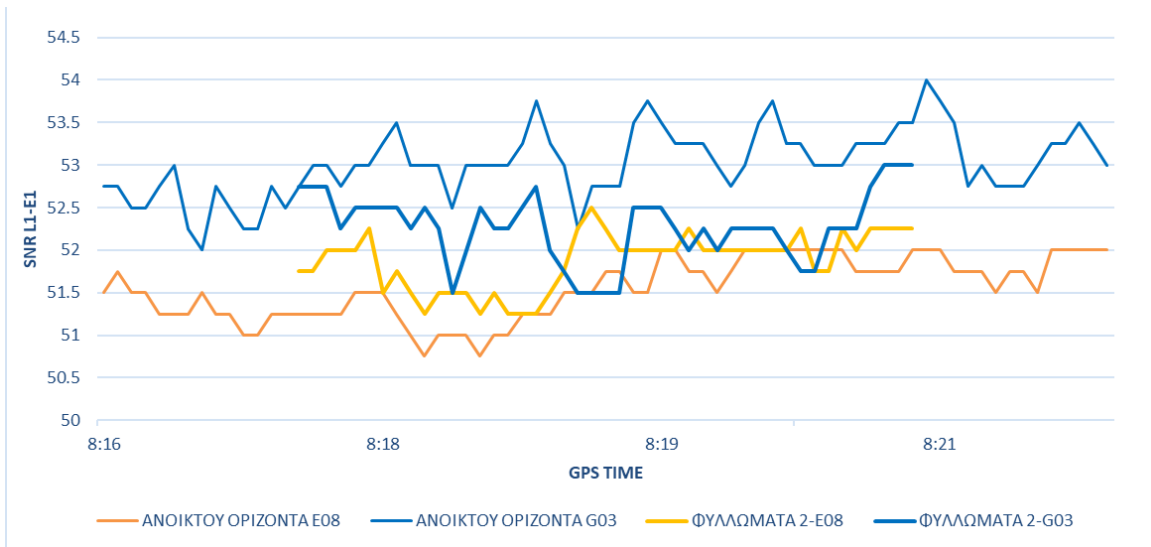
Στον πίνακα 4.13 φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 13 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
MIN	44.75	44
MAX	45.25	45

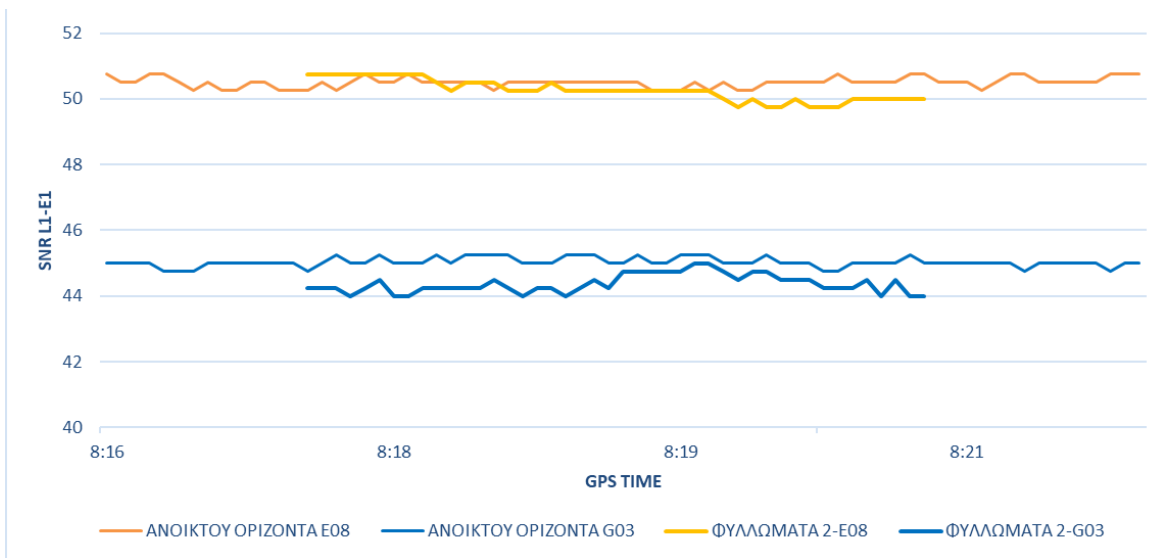
Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E08-G14.



Εικόνα 4. 40 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G14-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E08-G14.

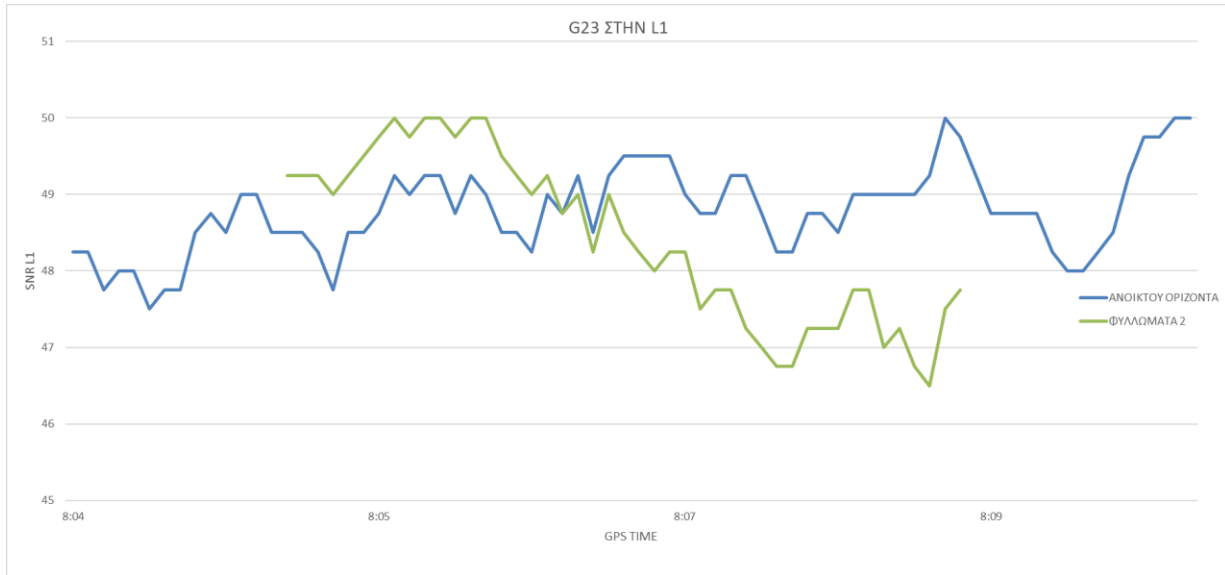


Εικόνα 4. 41 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G14-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η συχνότητα L1 του GPS να υπερτερεί της E1 τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο και υπό φυλλώματα, ενώ αντίθετα τη συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σημαντικά έναντι της συχνότητας L2 του GPS.

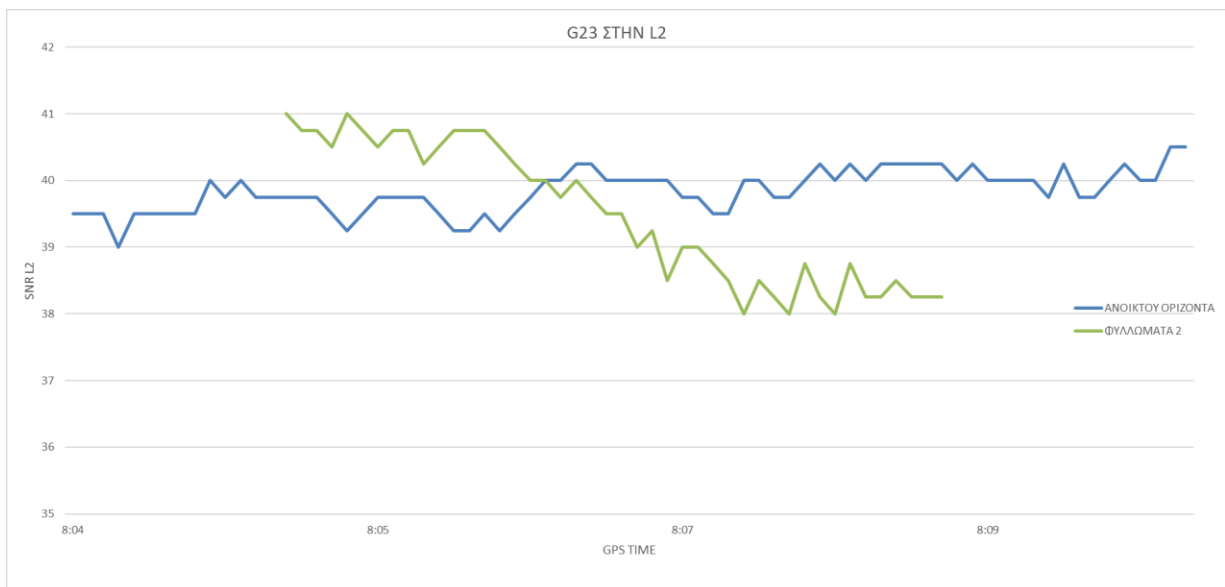
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G23

Στην εικόνα 4.42 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G23.



Εικόνα 4. 42 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Στην εικόνα 4.43 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G23.



Εικόνα 4. 43 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.22, ο δορυφόρος G23, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 14 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
MIN	47.5	46.5
MAX	50	50

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2.75 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Στον πίνακα 4.23 φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

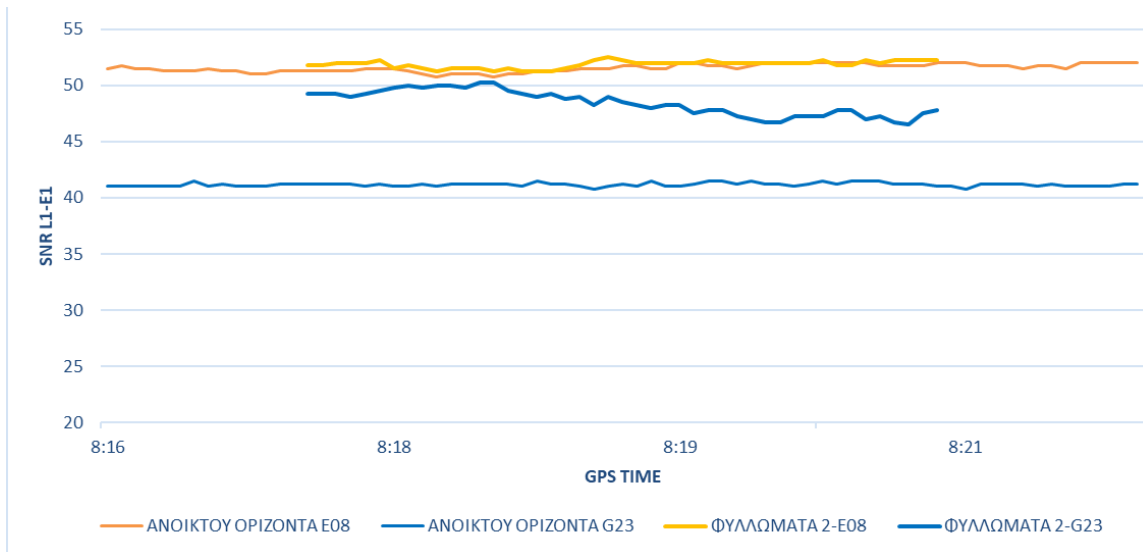
Πίνακας 4. 15 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2
MIN	39	38
MAX	40.5	41

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 1.75 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

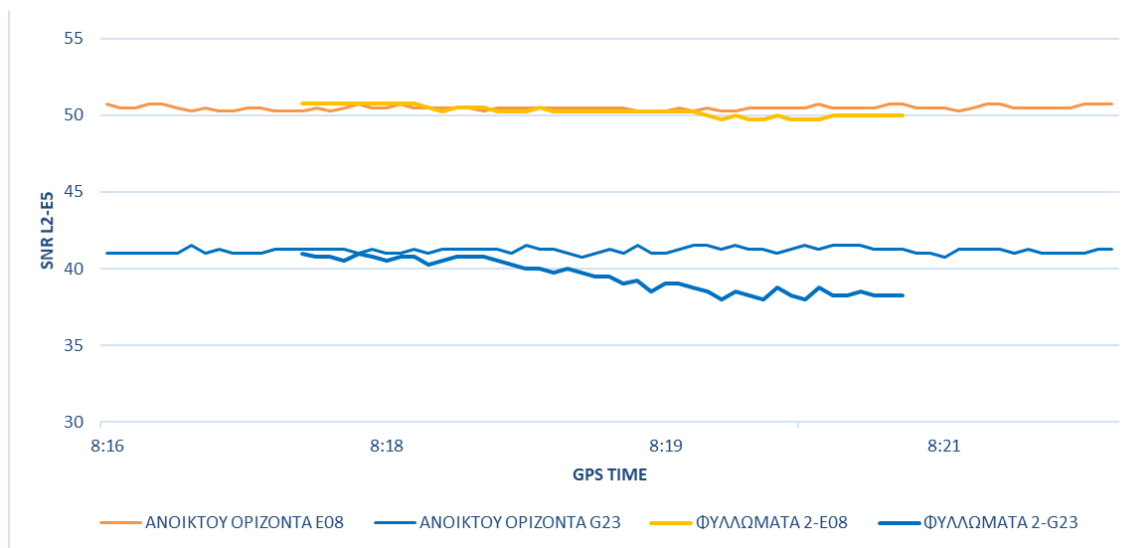


Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E08-G23.



Εικόνα 4. 44 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G23-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E08-G23.



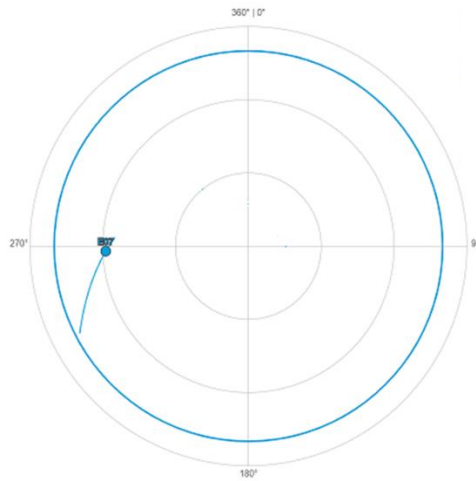
Εικόνα 4. 45 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G23-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται το Galileo να υπερτερεί ελαφρά του GPS σε ότι αφορά την πρώτη συχνότητα (L1-E1) και επιπλέον η συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σε μεγαλύτερο βαθμό έναντι της συχνότητας L2 του GPS.

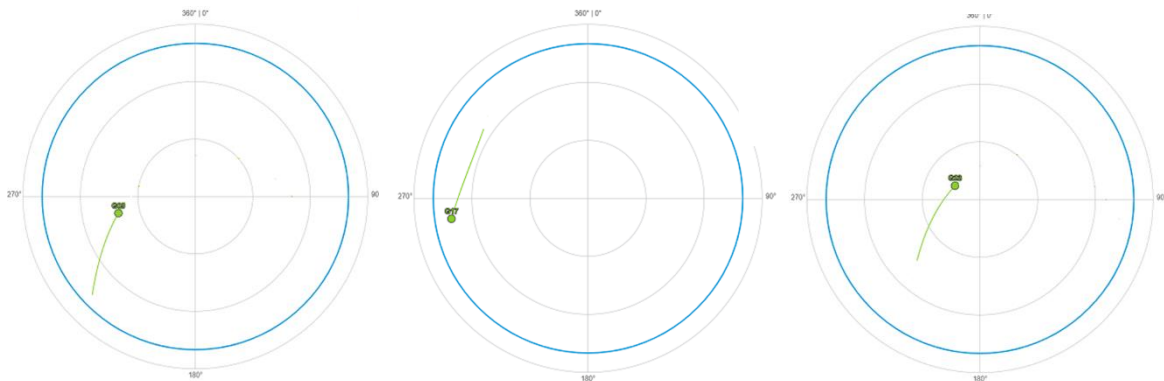
### 4.1.4.3 Ανάλυση σημάτων στην θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Η στάση αυτή όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τοποθετήθηκε σε θέση που δεν είχε φυλλώματα ακριβώς από επάνω, αλλά δημιουργούσε πρόβλημα στην λήψη σημάτων στο μεγαλύτερο δυτικό μέρος. Η σύγκριση για αυτή την στάση πραγματοποιήθηκε με τον Ευρωπαϊκό δορυφόρο E13 σε σύγκριση με τον Αμερικάνικο G09, G17 και G23.

Στις παρακάτω εικόνες 4.46-4.49, φαίνονται οι διαδρομές των τεσσάρων δορυφόρων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση στην στάση αυτή. Όλες οι εικόνες τις καμπύλες από 7:30-8:50 και το στίγμα με το όνομα του δορυφόρου αντιστοιχεί στη λήξη της μέτρησης (8:50).



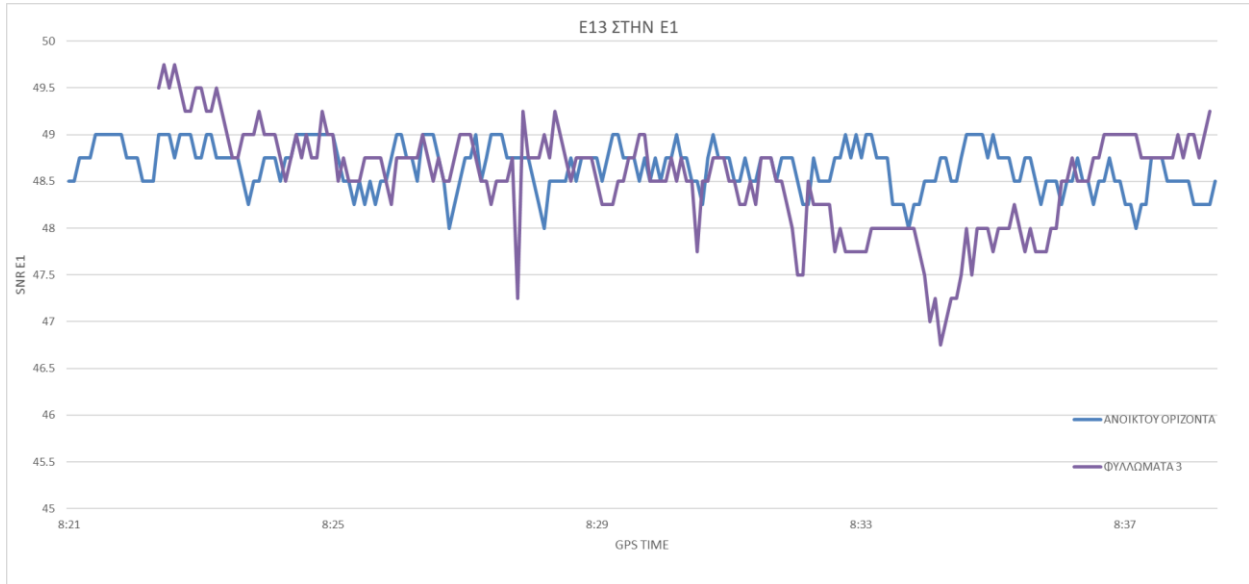
Εικόνα 4. 46 - Διαδρομή δορυφόρου E13



Εικόνα 4. 47 - Διαδρομή δορυφόρου G09 Εικόνα 4. 48 - Διαδρομή δορυφόρου G17 Εικόνα 4. 49 - Διαδρομή δορυφόρου G23

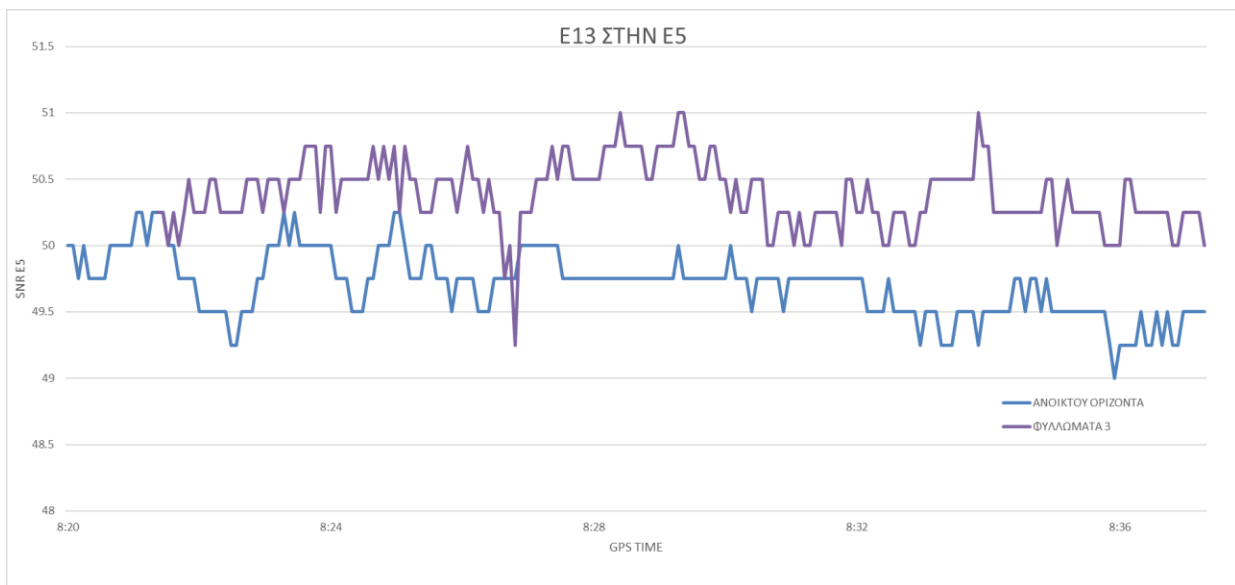
### Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και E5 : δορυφόρος E13

Στην εικόνα 4.50 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E07.



Εικόνα 4. 50 - SNR E1, του δορυφόρου E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Στην εικόνα 4.51 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E13.



Εικόνα 4. 51 - SNR E5, του δορυφόρου E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.16, ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E13, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 16 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E13 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	48	46.75
MAX	49	49.75

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 3dB όπως προκύπτει από το πίνακα.

Παρακάτω φαίνεται στον πίνακα 4.17 τι συμβαίνει και με την E5 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

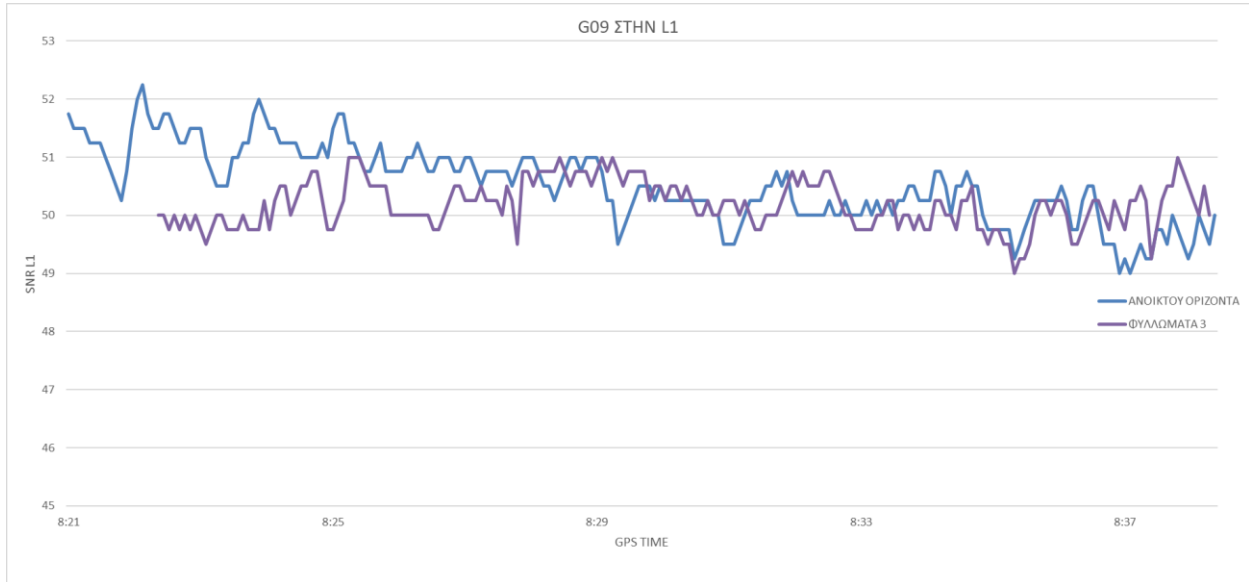
Πίνακας 4. 17 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E13 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	49	49.15
MAX	50.25	51

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 1 dB όπως προκύπτει από το πίνακα, δηλαδή 1 dB περισσότερο σε σχέση με την E1.

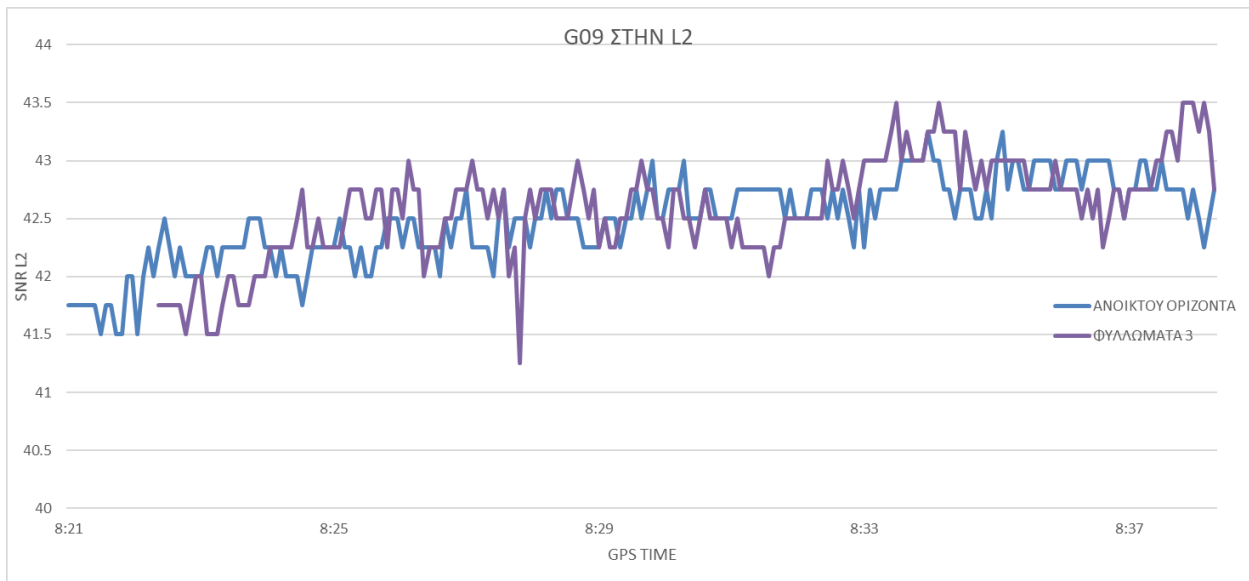
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G09

Στην εικόνα 4.52 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 52 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Στην εικόνα 4.53 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 53 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Παρακάτω φαίνεται στον πίνακα 4.18 η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 7.75 dB όπως προκύπτει από το παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4. 18 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	49	49
MAX	52	51

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 3 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

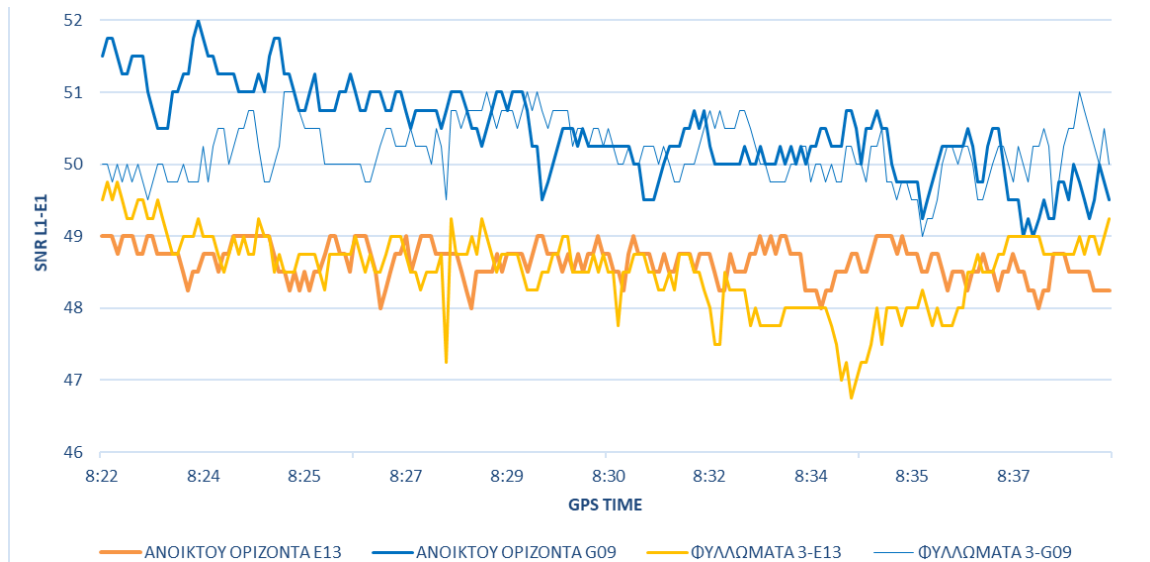
Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 19 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	41.75	41.25
MAX	43.25	43.5

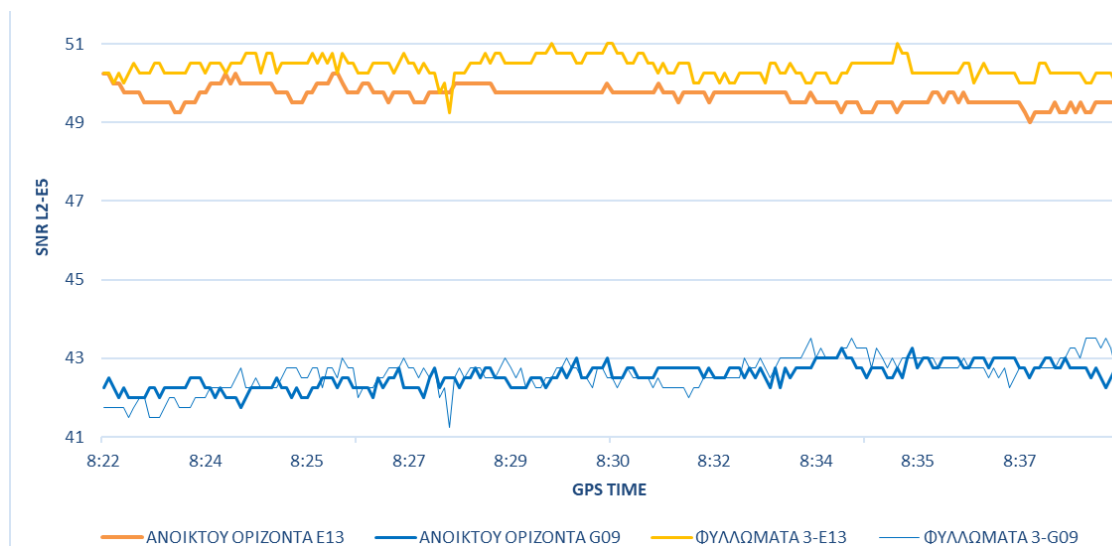
Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2.5 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E13-G09.



Εικόνα 4. 54 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E13-G09.

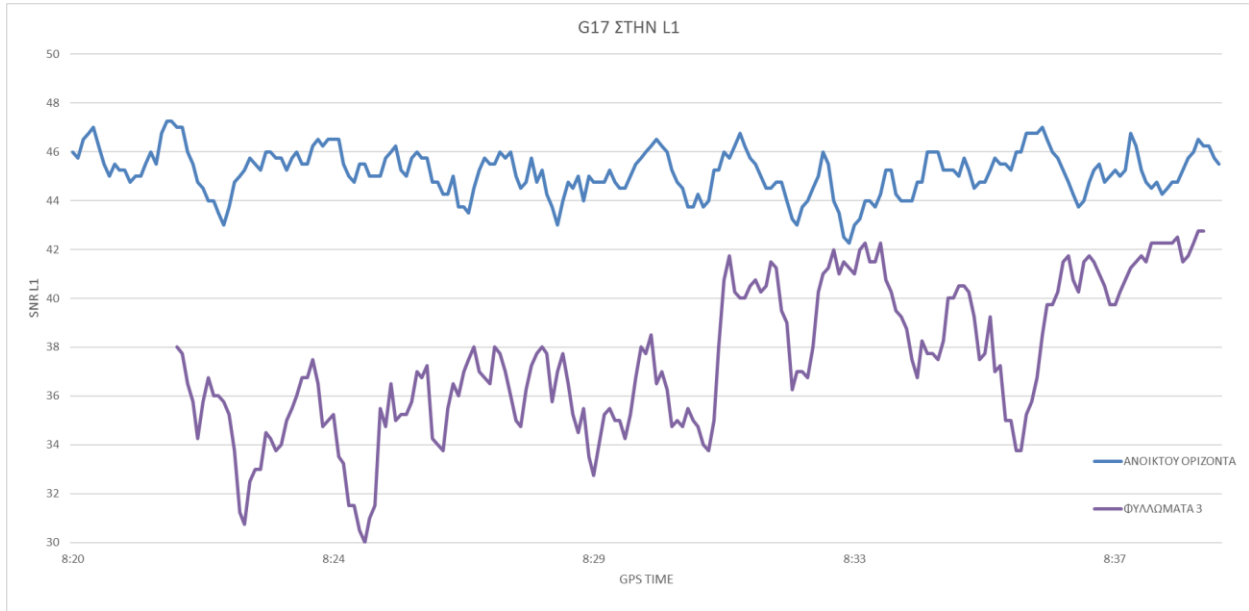


Εικόνα 4. 55 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η συχνότητα L1 του GPS να υπερτερεί της E1 τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο και υπό φυλλώματα, ενώ αντίθετα τη συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σε μεγαλύτερο βαθμό έναντι της συχνότητας L2 του GPS.

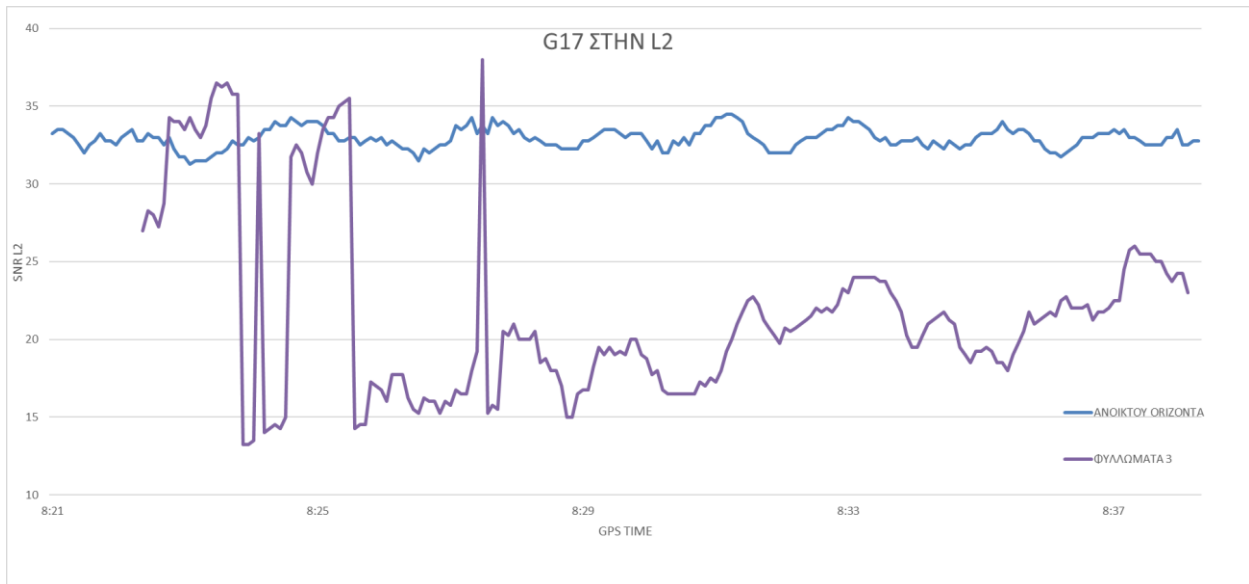
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G17

Στην εικόνα 4.56 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G17.



Εικόνα 4. 56 - SNR L1, του δορυφόρου G17 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Στην εικόνα 4.57 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G03.



Εικόνα 4. 57 - SNR L2, του δορυφόρου G17 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3



Παρακάτω φαίνεται στον πίνακα 4.20 η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 16 dB όπως προκύπτει από το παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4. 20 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	42.25	30
MAX	47.25	42.75

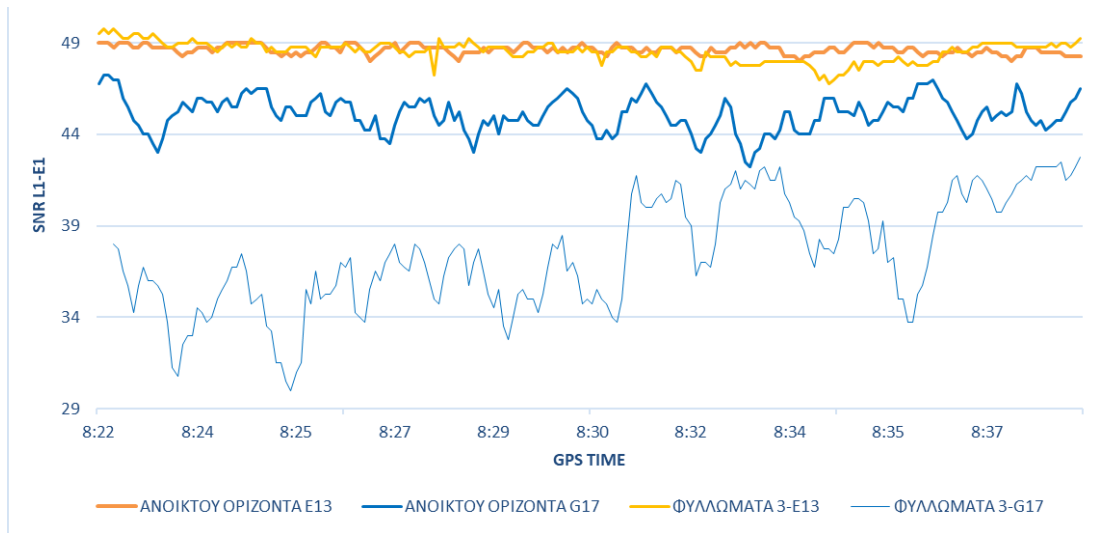
Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 4.5 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Παρακάτω φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 21 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G17 στην L2

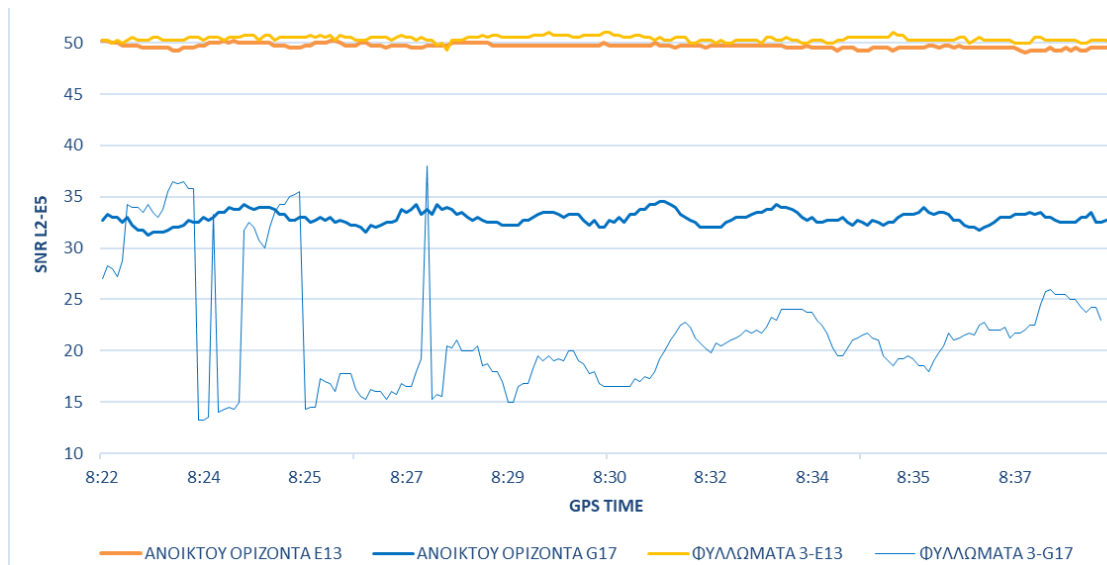
L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3
MIN	31.25	13.25
MAX	34.5	38

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E07-G17.



Εικόνα 4. 58 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G17-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E07-G17.

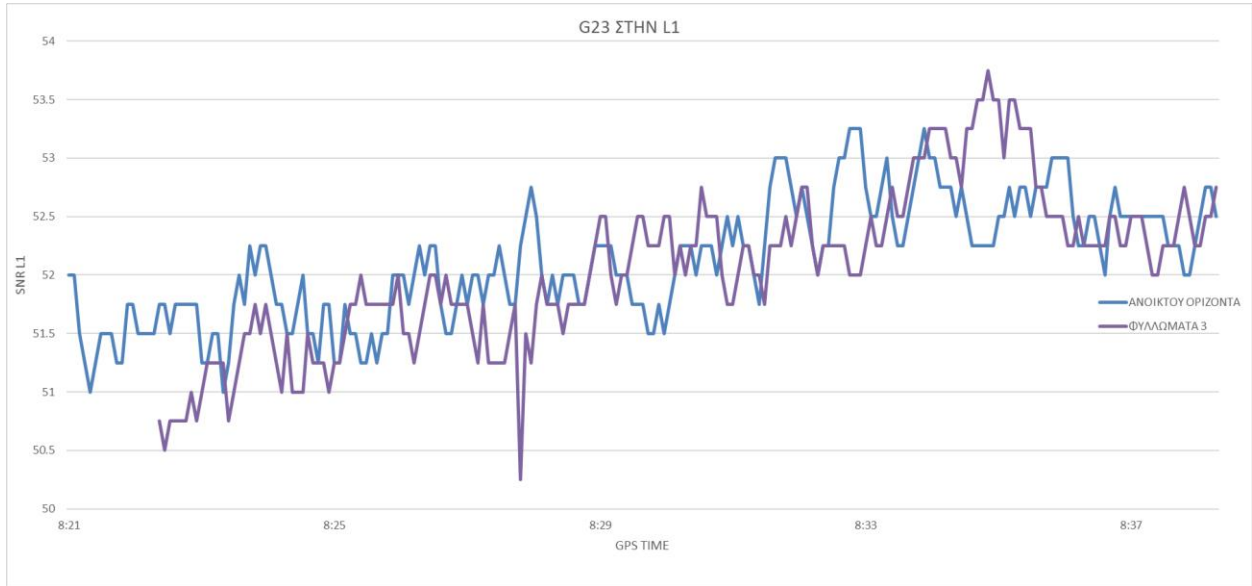


Εικόνα 4. 59 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G17-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται το Galileo να υπερτερεί ελαφρά του GPS σε ότι αφορά την πρώτη συχνότητα (L1-E1) και επιπλέον η συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σε σημαντικά έναντι της συχνότητας L2 του GPS.

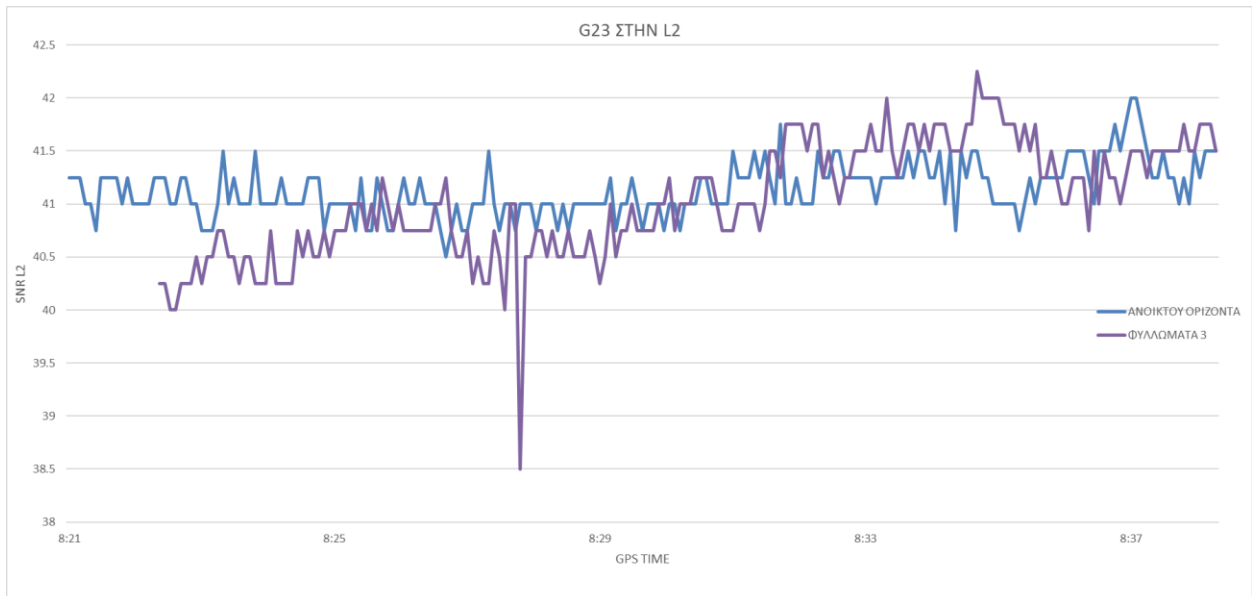
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L1 και L2 : δορυφόρος G23

Στην εικόνα 4.60 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G23.



Εικόνα 4. 60 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Στην εικόνα 4.61 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G23.



Εικόνα 4. 61 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Στον πίνακα 4.22 φαίνεται τι συμβαίνει και με την L1 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 22 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G23 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	51	50.25
MAX	53.25	53.75

Η μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2 dB όπως προκύπτει από το παραπάνω πίνακα.

Στον πίνακα 4.23 φαίνεται τι συμβαίνει και με την L2 όπου έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

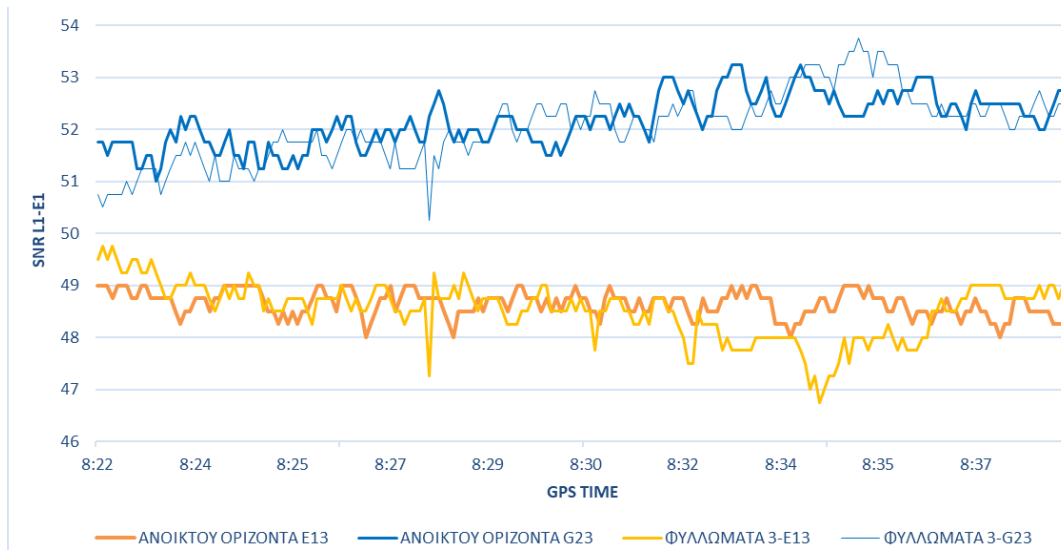
Πίνακας 4. 23 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G23 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1
MIN	40.5	38.5
MAX	42	42.25

H

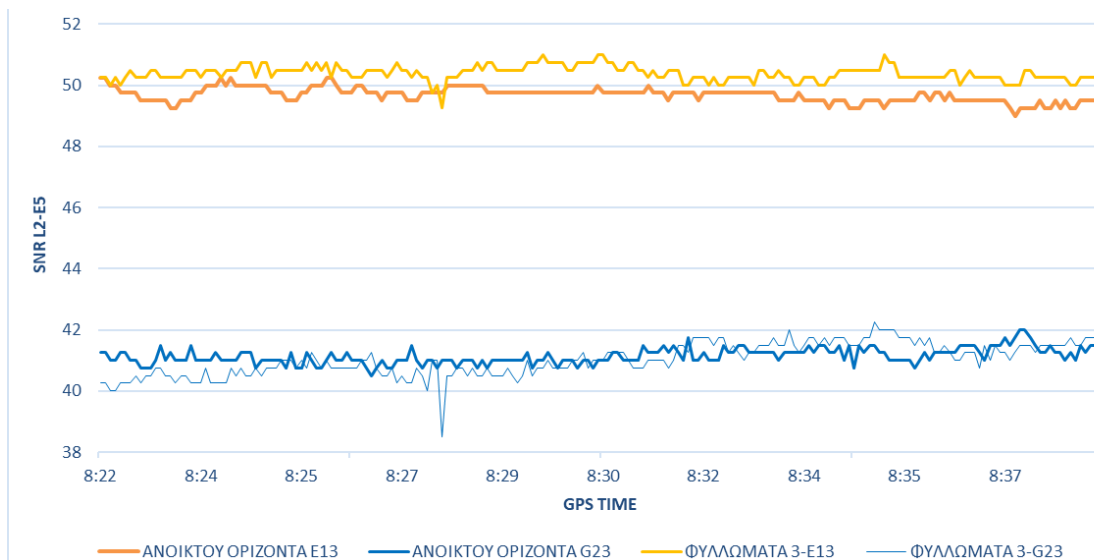
μεγαλύτερη διαφορά που έχουν είναι 2.5 dB όπως προκύπτει από το πίνακα.

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E1-L1 από τους δορυφόρους E13-G23.



Εικόνα 4. 62 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G23-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Παρακάτω ακολουθούν δύο διαγράμματα με όλες τις μετρήσεις για τις συχνότητες E5-L2 από τους δορυφόρους E13-G23.



Εικόνα 4. 63 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G23-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3

Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η συχνότητα L1 του GPS να υπερτερεί της E1 τόσο σε ανοιχτό ορίζοντα, όσο και υπό φυλλώματα, ενώ αντίθετα τη συχνότητα E5 του Galileo υπερτερεί σε μεγαλύτερο βαθμό έναντι της συχνότητας L2 του GPS.

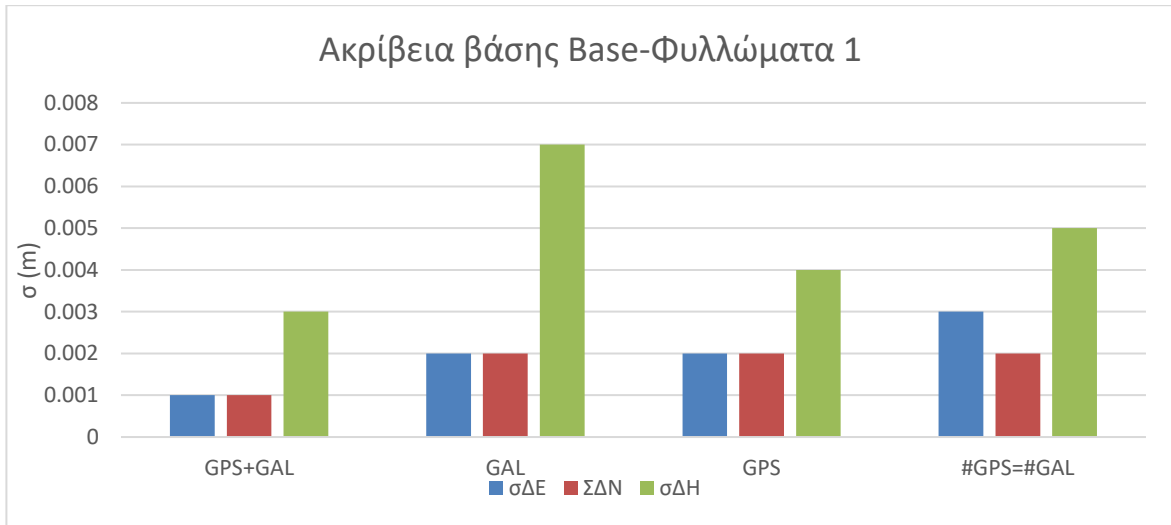
#### 4.1.5 Ανάλυση ακρίβειας επίλυσης βάσεων

Στη παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα συστήματα GPS και Galileo σε συνθήκες λήψης σήματος μέσα από φυλλώματα δέντρων. Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειάστηκε να γίνει επίλυση των βάσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Trimble Business Center και έκδοση 5.2 .

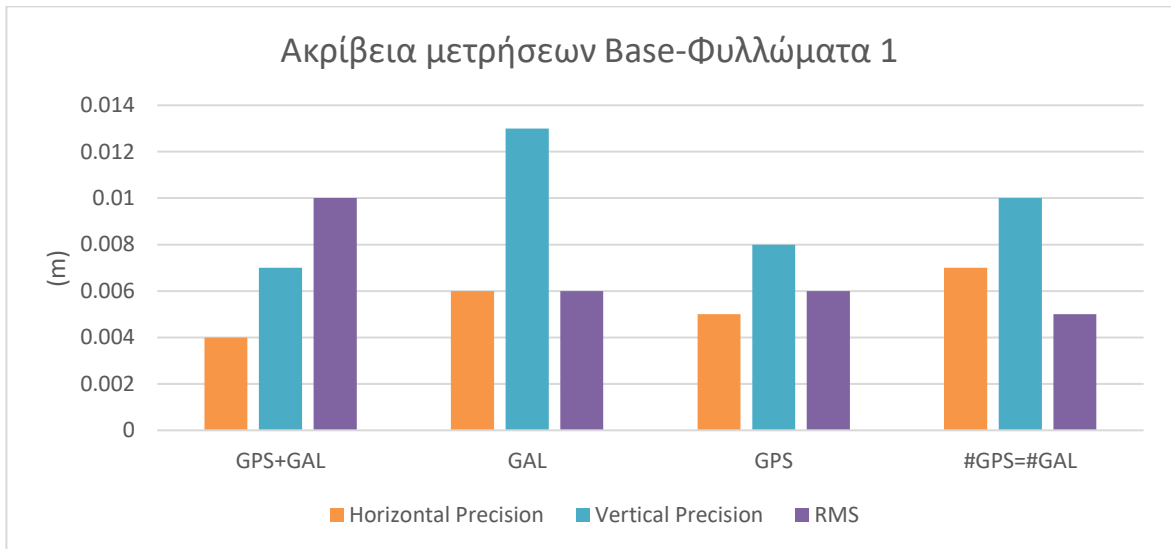
Παρακάτω φαίνεται σε ραβδογράμματα η απεικόνιση των τυπικών αποκλίσεων για τις μετρήσεις. Η επίλυση πραγματοποιήθηκε τέσσερις φορές. Η πρώτη επίλυση με όλους τους δορυφόρους GPS και Galileo, η δεύτερη μόνο με χρήση δορυφόρων του συστήματος Galileo, η τρίτη επίλυση μόνο με χρήση δορυφόρων του συστήματος GPS και η τελευταία με χρήση τόσων δορυφόρων αριθμό GPS όσοι ήταν και οι δορυφόροι Galileo. Η διαδικασία επίλυσης πραγματοποιήθηκε δύο φορές, για τα φυλλώματα 1 και 3. Η στάση με τα φυλλώματα 2 λόγω των έντονων φυλλωμάτων αλλά και της μικρότερης διάρκειας μετρήσεων, δεν λήφθηκε υπόψη καθώς δεν θεωρείται ότι είναι αντιπροσωπευτική για συμπεράσματα και σύγκριση.

Στα ραβδογράμματα των εικόνων 4.64 και 4.66 δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις των συνιστωσών των βάσεων. Στα ραβδογράμματα των εικόνων 4.65 και 4.67 δίνονται η οριζοντιογραφική και υψομετρική ακρίβεια και το RMS των επιλύσεων. Όπως φαίνεται στο ραβδόγραμμα στην εικόνα 4.64 τα αποτελέσματα με την χρήση τόσο των GPS δορυφόρων όσο και των δορυφόρων Galileo δίνουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Προκύπτει ένα αρχικό συμπέρασμα ότι με την χρήση και των δύο συστημάτων έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το ραβδόγραμμα της εικόνας 4.65.

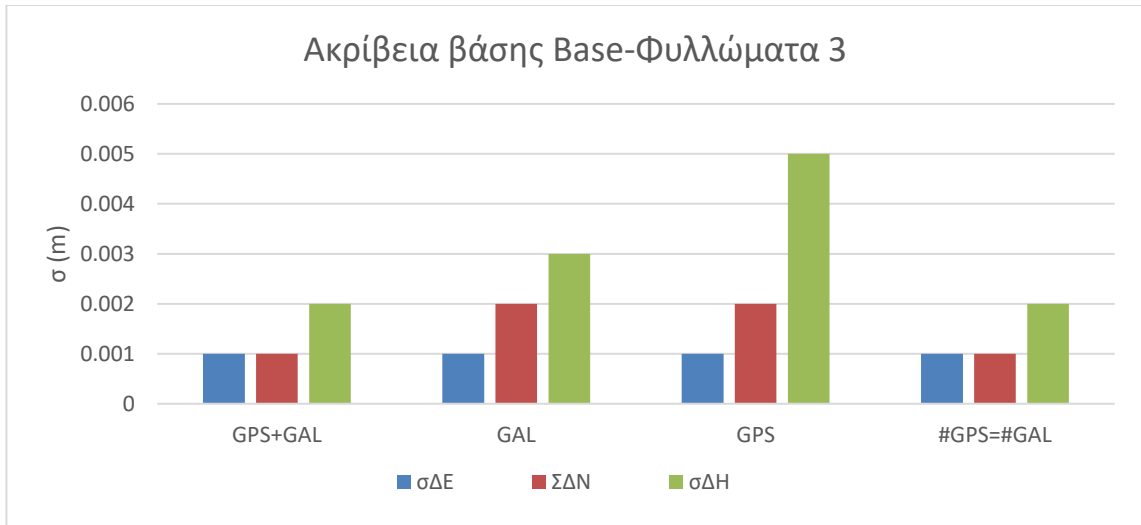
Στη δεύτερη περίπτωση, που αφορά την επίλυση της βάσης με τα φυλλώματα 3 φαίνεται ότι η ακρίβεια βάσης κατά Easting είναι παντού ίδια, ενώ κατά Northing τα καλύτερα αποτελέσματα τα δίνει η επίλυση με όλους τους δορυφόρους GPS και Galileo καθώς και η επίλυση με χρήση αριθμού δορυφόρων GPS ίσου με τον αριθμό των δορυφόρων είχε το σύστημα Galileo.



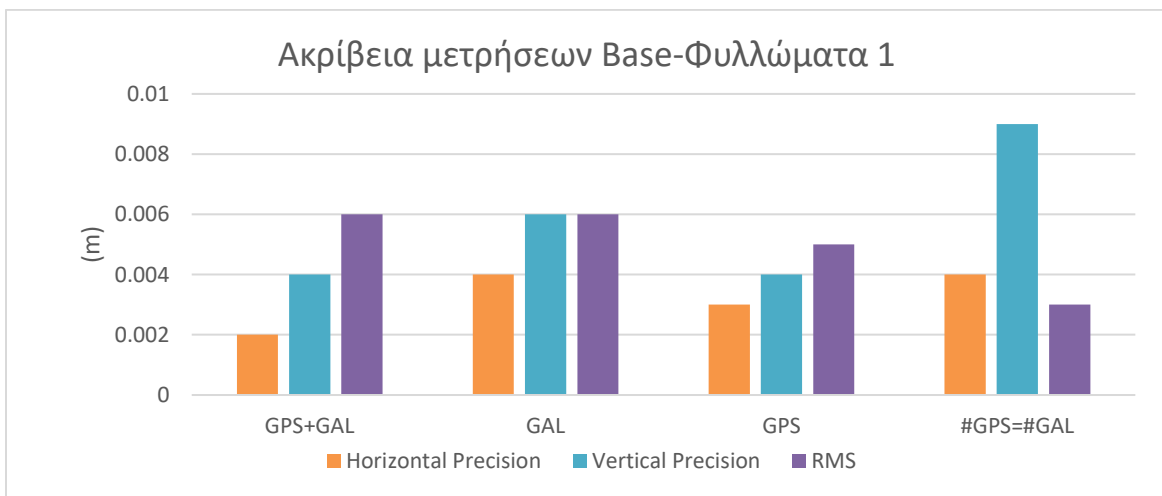
Εικόνα 4. 64 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα



Εικόνα 4. 65 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 1



Εικόνα 4. 66 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 3



Εικόνα 4. 67 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 3

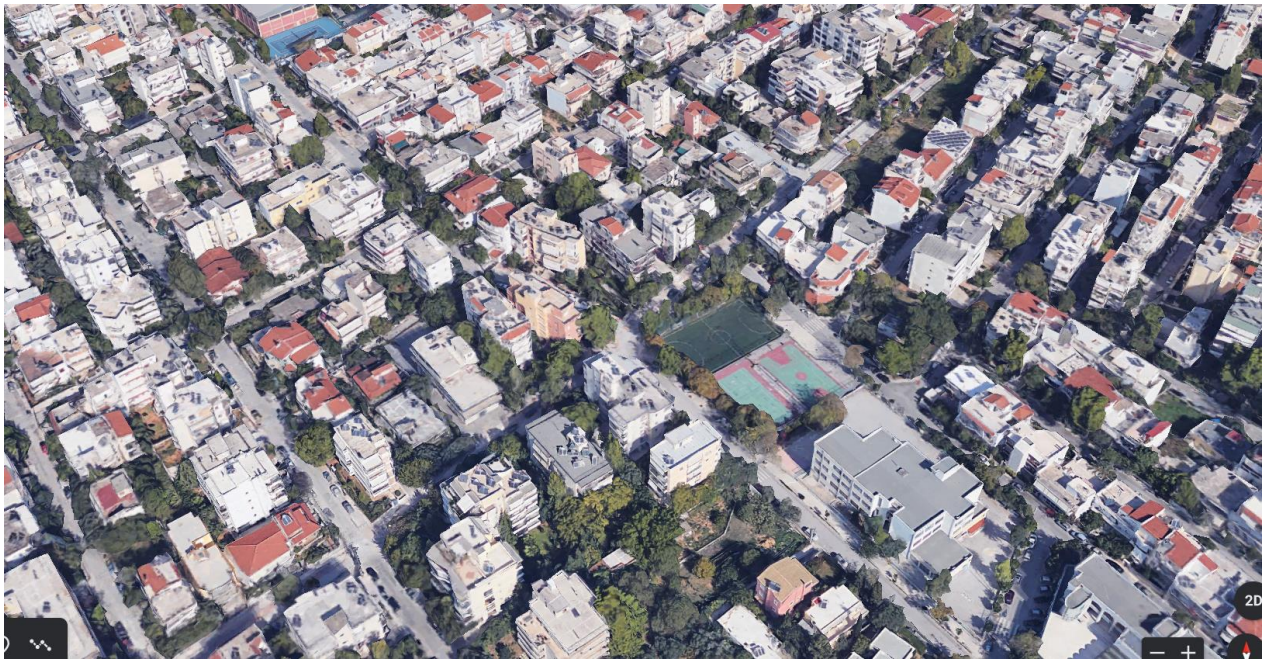


## 4.2 Μετρήσεις στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής

Η δεύτερη μελέτη του συστήματος Galileo για περιοχές με βλάστηση πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής. Ένα σημαντικό στοιχείο των μετρήσεων αυτών είναι ότι έγιναν με δέκτες με δυνατότητα λήψης της L5 και έτσι μπόρεσε να γίνει και σύγκριση E5 και L5.

### 4.2.1 Περιοχή μελέτης

Η θέση όπου πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες μετρήσεις, βρίσκεται στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 17/12/2020 και μεταξύ των ωρών GPS 9:38 με 10:36. Στην εικόνα 4.68 φαίνεται η περιοχή μετρήσεων. Στην εικόνα 4.69 φαίνεται η ακριβής τοποθεσία των μετρήσεων.



Εικόνα 4. 68 - Περιοχή μετρήσεων. (Google, 2021)



Εικόνα 4. 69 -Στάσεις μετρήσεων. (Google, 2021)

Στον πίνακα 4.24 φαίνονται οι ώρες με ακρίβεια λήψης των μετρήσεων σε χρόνο GPS, καθώς και η διάρκεια μέτρησης για κάθε στάση. Οι στάσεις όπως θα αναλυθούν στην συνέχεια είναι οι παρακάτω:

- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Πίνακας 4. 24 – Χρόνος μέτρησης για κάθε στάση

	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 6
Ωρα έναρξης	9:38	9:57	10:18
Ωρα λήξης	10:36	10:15	10:28
Διάρκεια μέτρησης (min)	58	18	10

Αρχικά ο ένας από τους δύο δέκτες, τοποθετήθηκε σε μέρος με ανοικτό ορίζοντα και χωρίς επιπλέον εμπόδια που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε πάνω σε ταράτσα. Η στάση αυτή ονομάζεται «ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ» και οι μετρήσεις του χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά για σύγκριση με τις υπόλοιπες, ο δέκτης δηλαδή μέτραγε καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων του rover, ώστε να είναι δυνατή η επίλυση των βάσεων.



Εικόνα 4. 70 - Στάση “Ανοικτού ορίζοντα”

Στη συνέχεια ο δεύτερος δέκτης τοποθετήθηκε κάτω από ψηλό δέντρο με αρκετά φυλλώματα για 18 λεπτά. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε κάτω από ένα πεύκο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.71 ο δέκτης έχει τοποθετηθεί κάτω από το δέντρο αλλά τα φυλλώματα ξεκινάνε σε μεγαλύτερο υψόμετρο από το δέκτη, έτσι ώστε επιτρέπεται η λήψη σήματος σε ορισμένες γωνίες. Η στάση αυτή ονομάζεται «Φυλλώματα 4» .



Εικόνα 4. 71 – Στάση “Φυλλώματα 4”



Εικόνα 4. 72 – Στάση “Φυλλώματα 4” : λεπτομέρεια ουρανού

Συνεχίζοντας ο δέκτης άλλαξε μέρος και τοποθετήθηκε για 10 λεπτά, κάτω από άλλο δέντρο που τα φυλλώματα ξεκινούσαν από το ίδιο υψόμετρο με αυτό που ήταν η κεραία, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.73. Η στάση αυτή ονομάζεται «Φυλλώματα 4».



Εικόνα 4. 73 -Στάση “Φυλλώματα 5”



Εικόνα 4. 74 -Στάσεις “Φυλλώματα 5” : λεπτομέρεια



Εικόνα 4. 75 - Στάση “Φυλλώματα 5” : επιπλέον λεπτομέρεια

## 4.2.2 Εξοπλισμός μετρήσεων

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ένα ζεύγος γεωδαιτικών δεκτών GNSS πρόσφατης κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για δέκτες Trimble R8s.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των δεκτών Trimble R8s που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Συστήματα GPS, Glonass, Galileo, Beidou και SBAS.
- Σήματα L1C/A, L2C, L2E, L5, L1P, L2C/A, L2P, L3, E1, E5A, E5B, B1, B2
- RTK engine για ταχύτερο initialization τυπικά ταχύτερο των 8 sec.
- Ρυθμός καταγραφής 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz ή 20 Hz επιλέξιμος από το χρήστη.
- Ο δέκτης έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας σε PProcessing και RTK μετρήσεις.
- Δυνατότητα συνεχών μετρήσεων ανά 15 sec με χρήση κατά μέσο όρο 14 δορυφόρων.
- Αντοχή σε υγρασία και σκόνη σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα IP67.
- Ενσωματώνει τη δυνατότητα καταγραφής static μετρήσεων με το πάτημα ενός μόνο κουμπιού, χωρίς τη χρήση χειριστηρίου (Power up mode).
- Θερμοκρασίες λειτουργίας -40°C έως +65°C



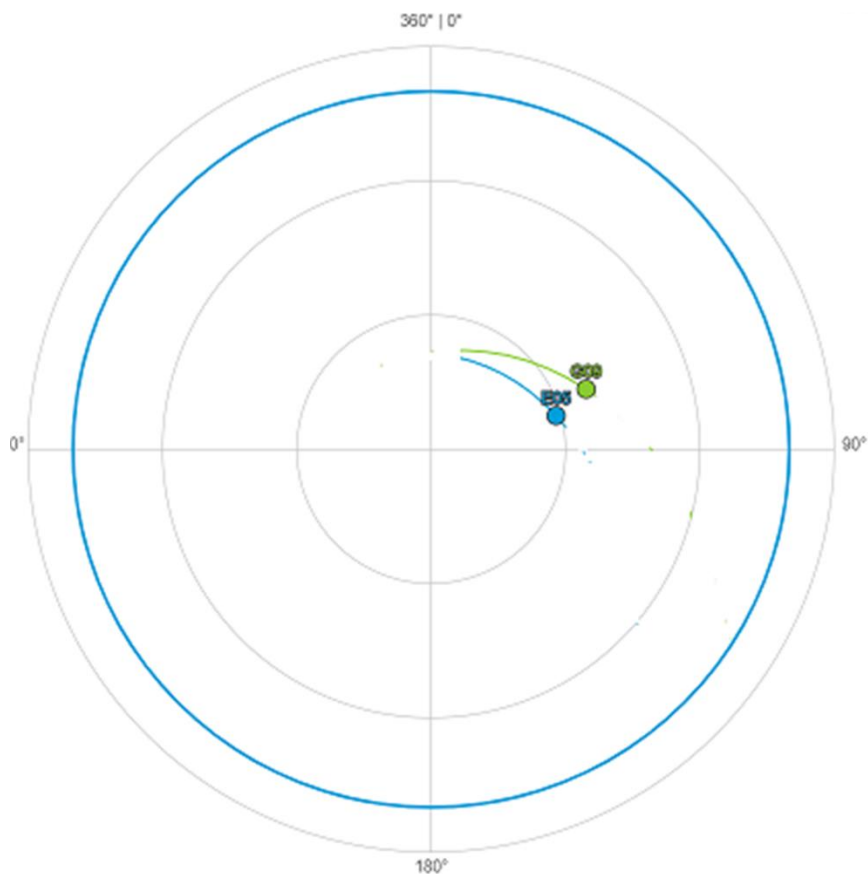
Εικόνα 4. 76 – Δέκτες Trimble R8s. Πηγή: (rimble,



### 4.2.3 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων ανοικτού ορίζοντα

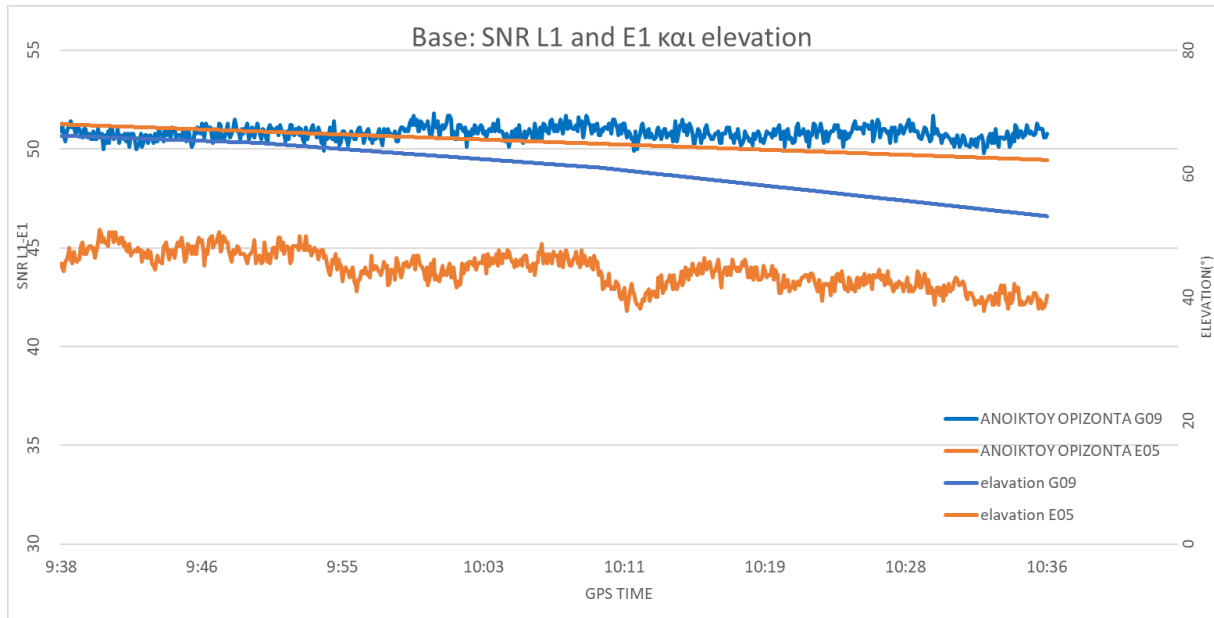
Αρχικά γίνεται σύγκριση του SNR μεταξύ συστημάτων GPS και GALILEO, σε περιβάλλον χωρίς φυλλώματα, όπως στη μελέτη την πρώτη ώστε να αξιολογηθεί η απόδοση του κάθε συστήματος σε φυσιολογικές συνθήκες μέτρησης. Η σύγκριση αυτή πραγματοποιήθηκε 1 φορά. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ φερουσών συχνοτήτων L1-E1, L2-E5 και L5-E5 των συστημάτων. Προκειμένου να γίνει αυτή η σύγκριση επιλέχθηκαν δορυφόροι που είχαν παραπλήσιες γωνίες ανύψωσης και βρίσκονταν στην ίδια περιοχή του ουρανού, αυτό ήταν αναγκαίο να γίνει προκειμένου η επίδραση των φυλλωμάτων να είναι κοινή μεταξύ των υπό σύγκριση δορυφόρων και οι μετρήσεις να είναι συγκρίσιμες.

Στην εικόνα 4.77 φαίνονται οι θέσεις των δύο δορυφόρων από 68 έως 53 μοίρες (G09-E05).



Εικόνα 4. 77 - Διαδρομές δορυφόρων G09 (μπλε γραμμή) και E05 (πράσινη γραμμή)

Στην εικόνα 4.78 παρουσιάζεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν. Όπως φαίνεται ο δορυφόρος του συστήματος GPS σε όλη την περίοδο των μετρήσεων υπερτερεί σε σχέση με τον δορυφόρο του Ευρωπαϊκού συστήματος Galileo.



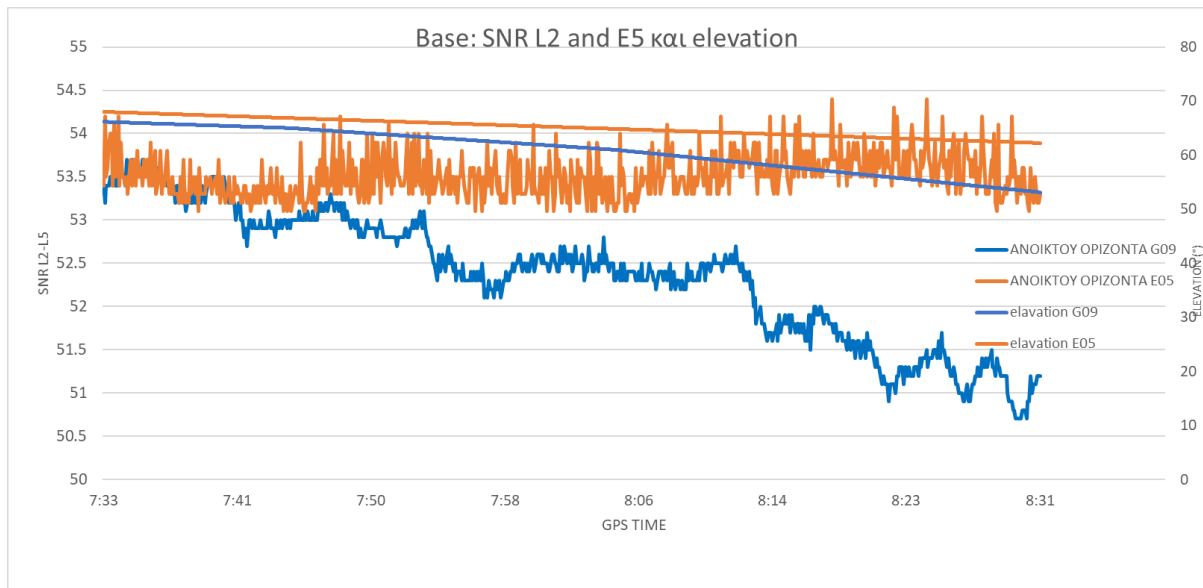
Εικόνα 4. 78 - Σύγκριση SNR L1(G09) και E1(E05) για την στάση ANOIKTOY ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του SNR για τις συχνότητες L1-E1 αντίστοιχα είναι αυτές που απεικονίζονται στον πίνακα 4.25.

Πίνακας 4. 25 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους G03, E08 στην L1-E1

	G09	E05
MIN	49.8	41.8
MAX	51.8	45.8

Ακριβώς το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για την σύγκριση L2-E5. Στην εικόνα 4.79 παρουσιάζεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν.



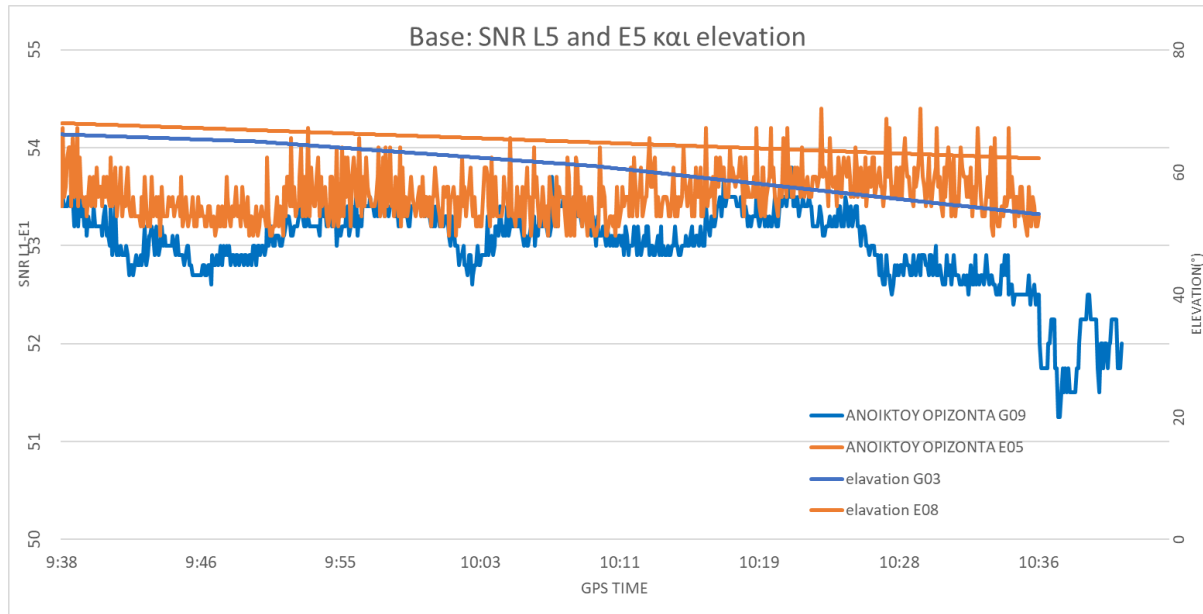
Εικόνα 4. 79 - Σύγκριση SNR L2(G09) και E5(E05) για την στάση ANOIKTOY OPIZONTA, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του SNR για τις συχνότητες L2-E5 αντίστοιχα είναι αυτές που απεικονίζονται στον πίνακα 4.26.

Πίνακας 4. 26 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους G03, E08 στην L1-E1

	G09	E05
MIN	50.7	53.1
MAX	53.7	54.4

Ακριβώς το ίδιο πραγματοποιήθηκε και για την σύγκριση L5-E5. Στην εικόνα 4.80 παρουσιάζεται αναλυτικά το SNR των δύο συχνοτήτων σε σχέση με τη γωνία ανύψωσης που έχουν.



Εικόνα 4. 80 - Σύγκριση SNR L5(G09) και E5(E05) για την στάση ANOIKTOY OPIZONTA, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά)

Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές του SNR για τις συχνότητες L2-E5 αντίστοιχα είναι αυτές που απεικονίζονται στον πίνακα 4.27.

Πίνακας 4. 27 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους GO3, E08 στην L1-E1

	G09	E05
MIN	51.25	53.1
MAX	53.8	53.4

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η συχνότητα L1 του συστήματος GPS υπερτερεί σε σχέση με την E1 του συστήματος Galileo. Αντίθετα όμως η συχνότητα E5 του Ευρωπαϊκού συστήματος υπερτερεί σε σχέση με την L2 αλλά και με την L5 του Αμερικανικού συστήματος.

#### **4.2.4 Ανάλυση ποιότητας μετρήσεων κάτω από φυλλώματα**

Στη παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα συστήματα GPS και Galileo σε συνθήκες λήψης σήματος μέσα από φυλλώματα δέντρων. Τα διαγράμματα που επιλέχθηκαν να συγκριθούν αφορούν δορυφόρους που βρίσκονται σε παραπλήσιες θέσεις στον ουρανό και άρα αντιμετωπίζουν σχεδόν τα ίδια εμπόδια όπως φαίνονται και στα Διαδρομή δορυφόρου. Οι συγκρίσεις θα πραγματοποιηθούν με την παρακάτω σειρά:

- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
- ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Σε όλα τα διαγράμματα θα υπάρχουν και οι μετρήσεις του ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, προκειμένου να γίνεται πιο η επίδραση των εμποδίων για κάθε μια από τις παραπάνω στάσεις.

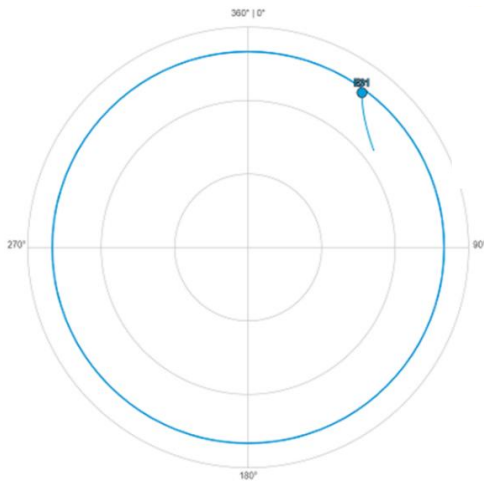
##### **4.2.4.1 Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4**

Η στάση αυτή όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τοποθετήθηκε κάτω ένα πεύκο. Συνεπώς δημιουργεί ένα ομοιογενές εμπόδιο αλλά τα φυλλώματα ξεκινούν σε ψηλότερο σημείο επιτρέποντας στα σήματα δορυφόρων με χαμηλή γωνία ανύψωσης να φθάνουν στο δέκτη χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα σε σχέση με τα σήματα δορυφόρων που βρίσκονται σε μεγάλες γωνίες ανύψωσης και κοντά στο ζενίθ. Η σύγκριση για αυτή την στάση πραγματοποιήθηκε με τρία ζεύγη δορυφόρων. Τρεις ευρωπαϊκούς, με τρεις αμερικανικούς. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε σύγκριση με βάση τα Διαδρομή δορυφόρου, τα ζεύγη είναι:

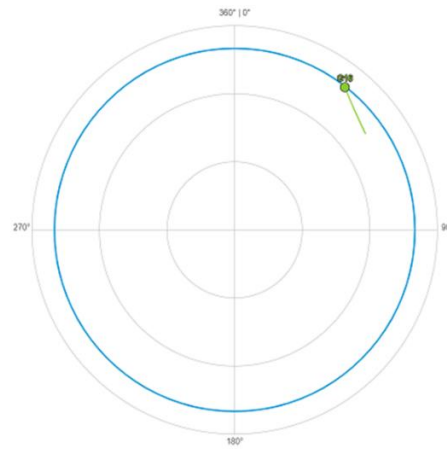
- E31 με G16
- E09 με G04
- E05 με G09

## Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και L1 : δορυφόρος E31 και G16

Στις παρακάτω εικόνες 4.81 και 4.82, φαίνονται τα δύο Διαδρομή δορυφόρου των δορυφόρων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση στην στάση αυτή. Όλα τα sky plot δείχνουν τις καμπύλες από 9:30-10:40 και το στίγμα με το όνομα του δορυφόρου 10:40.

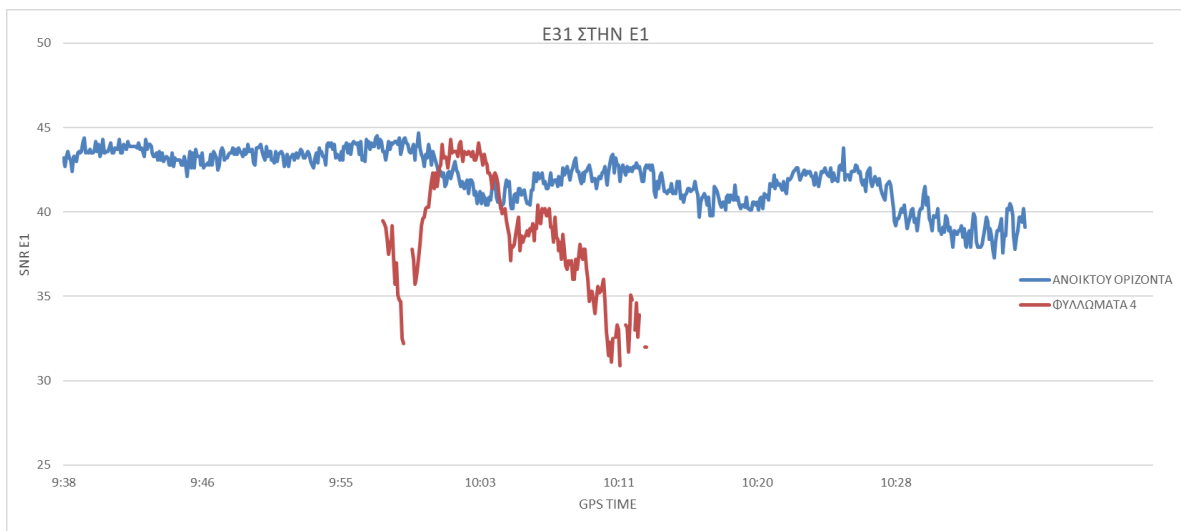


Εικόνα 4. 81 - Διαδρομή δορυφόρου E31



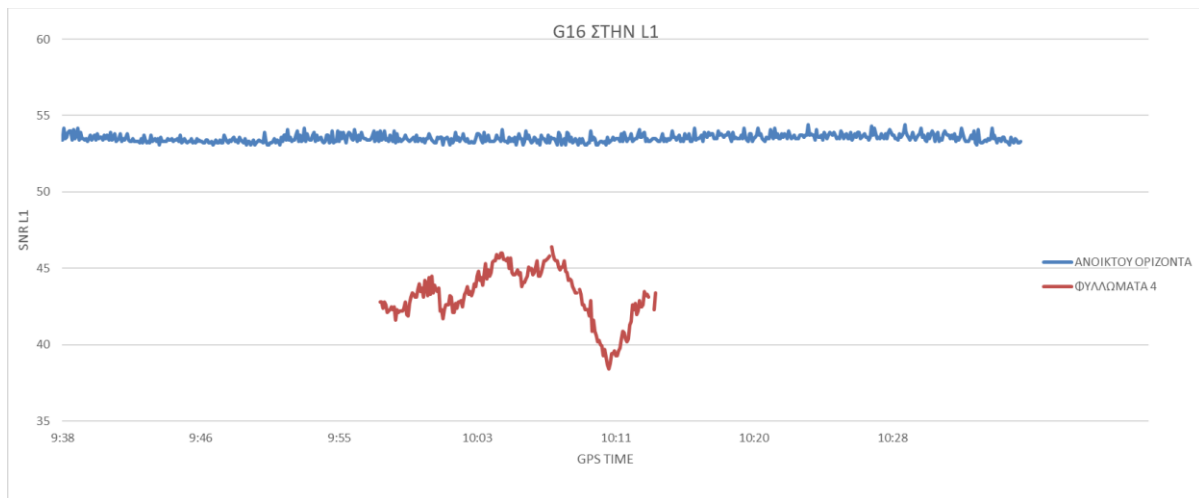
Εικόνα 4. 82 - Διαδρομή δορυφόρου G16

Στην εικόνα 4.83 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E31.



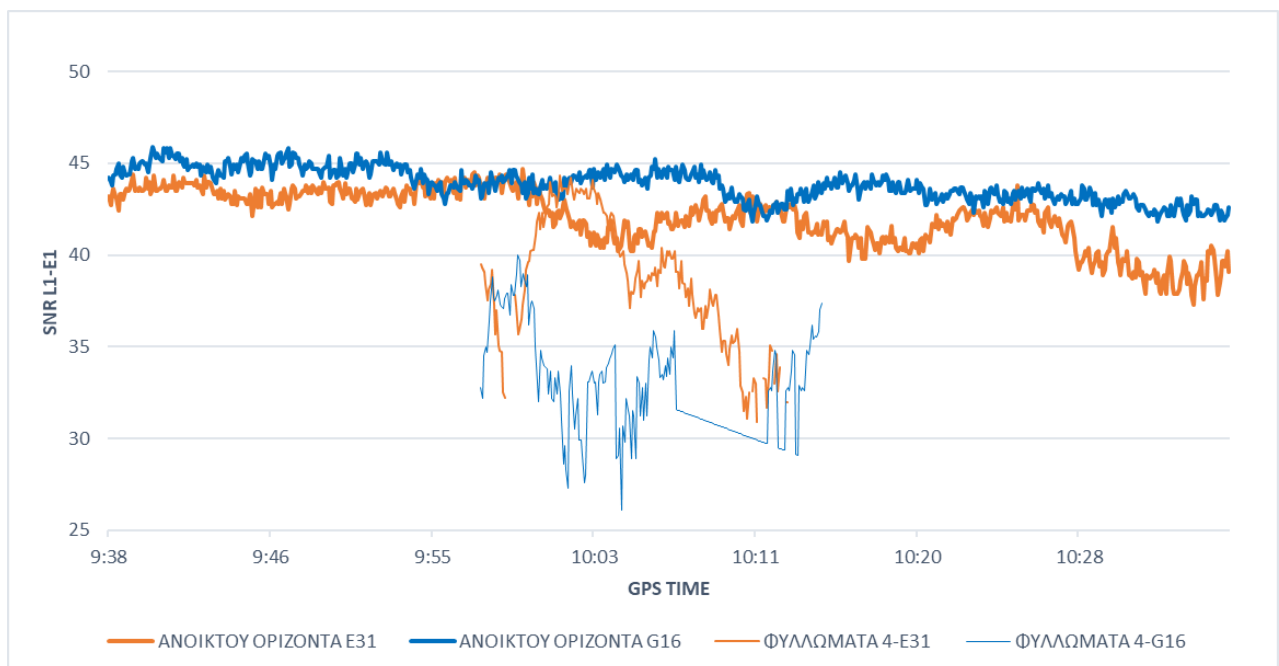
Εικόνα 4. 83 - SNR E1, του δορυφόρου E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Στην εικόνα 4.84 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G16.



Εικόνα 4. 84 - SNR L1, του δορυφόρου G16 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Παρακάτω στην εικόνα 4.85 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους.



Εικόνα 4. 85 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G16-E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E31, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 28 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E31 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	37.3	30.4
MAX	43.8	44.3

Ο Αμερικανικός δορυφόρος E31, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 29 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G16 στην L1

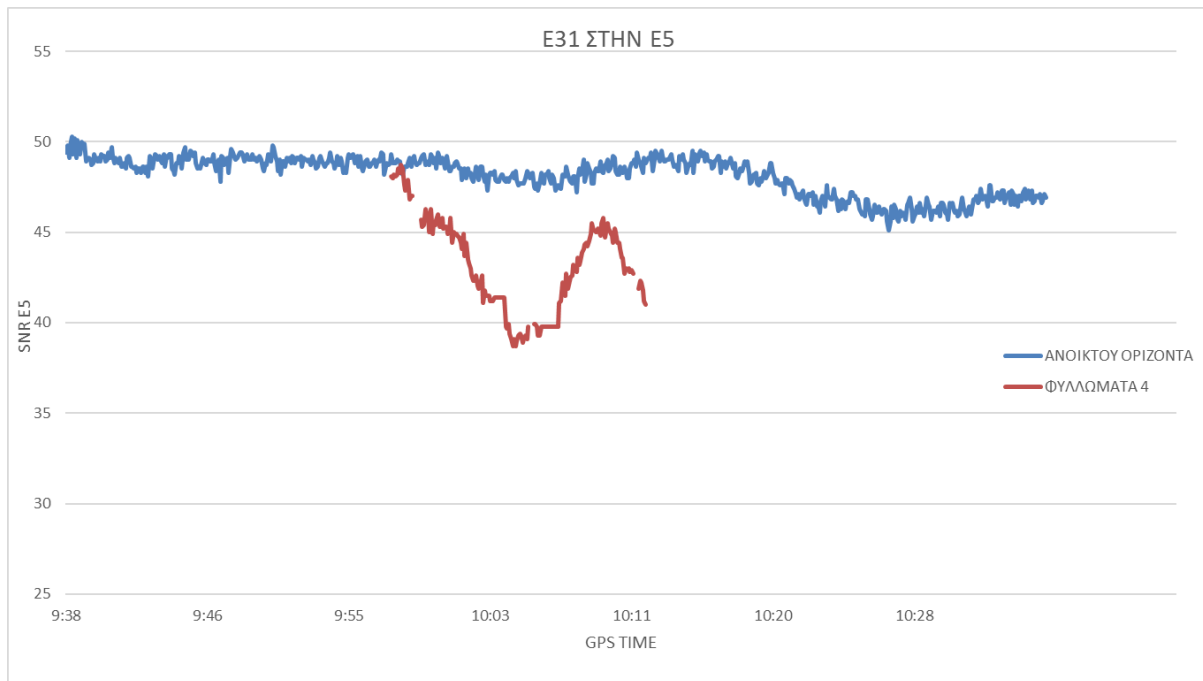
L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	41.8	37.3
MAX	44.5	43.8

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E31 και G16, η λήψη στην E1-L1 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 υπερισχύει για αρκετά σημαντική περίοδο σε σχέση με την E1. Αντίθετα όμως για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 φαίνεται ότι υπερισχύει σημαντικά η E1 σε σχέση με την L1.



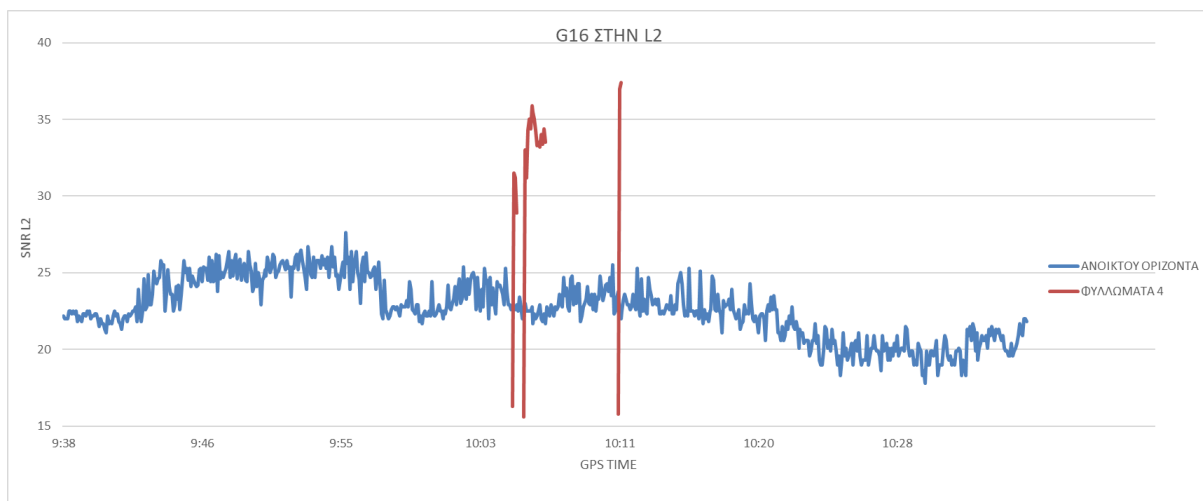
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E5 και L2 : δορυφόροι E31 και G16

Στην εικόνα 4.86 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E31



Εικόνα 4. 86 - SNR E5, του δορυφόρου E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

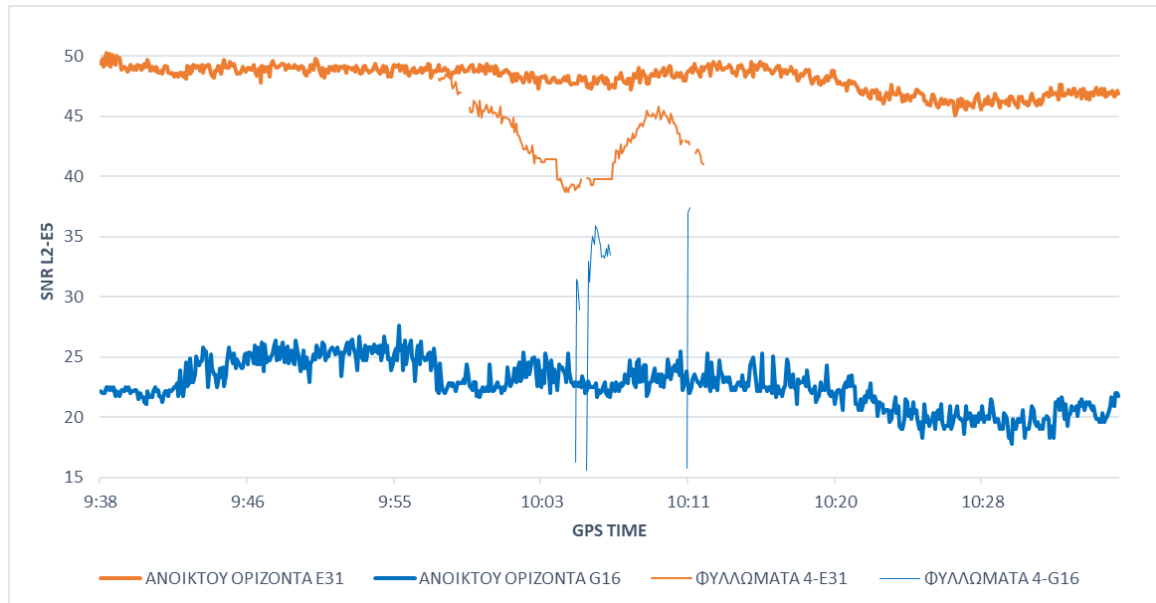
Στην εικόνα 4.87 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G16.



Εικόνα 4. 87 - SNR L2, του δορυφόρου G16 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα. Ειδικότερα κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης την περισσότερη ώρα δεν μπορεί καν να λάβει την L2, ενώ την E5 μπορεί και τη λαμβάνει καθόλη σχεδόν τη διάρκεια των μετρήσεων.

Παρακάτω στην εικόνα 4.88 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους.



Εικόνα 4. 88 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G16-E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E31, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 30 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E31 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	47.2	38.7
MAX	49.5	48.7

Ο Αμερικανικός δορυφόρος E31, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

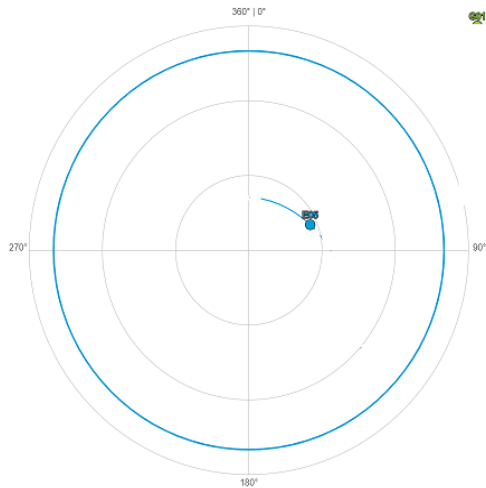
Πίνακας 4. 31– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G16 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	21.1	ΔΕΝ ΠΙΑΝΕΙ
MAX	27.6	

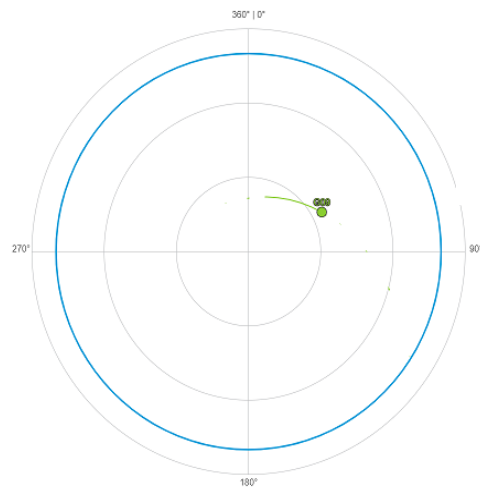
Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E31 και G16, η λήψη στην E5-L2 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η E5 υπερσχύει αρκετά σε σχέση με την L2. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 υπερσχύει σημαντικά η E5 αφού ο G16 δεν έχει καταφέρει να πάρει λήψη στην L2 .

## Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και L1 : δορυφόρος E05 και G09

Στις παρακάτω εικόνες 4.89 και 4.90, φαίνονται τα δύο Διαδρομή δορυφόρου των δορυφόρων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση στην στάση αυτή. Όλα τα Διαδρομή δορυφόρου δείχνουν τις καμπύλες από 9:30-10:40 και το στίγμα με το όνομα του δορυφόρου 10:40.

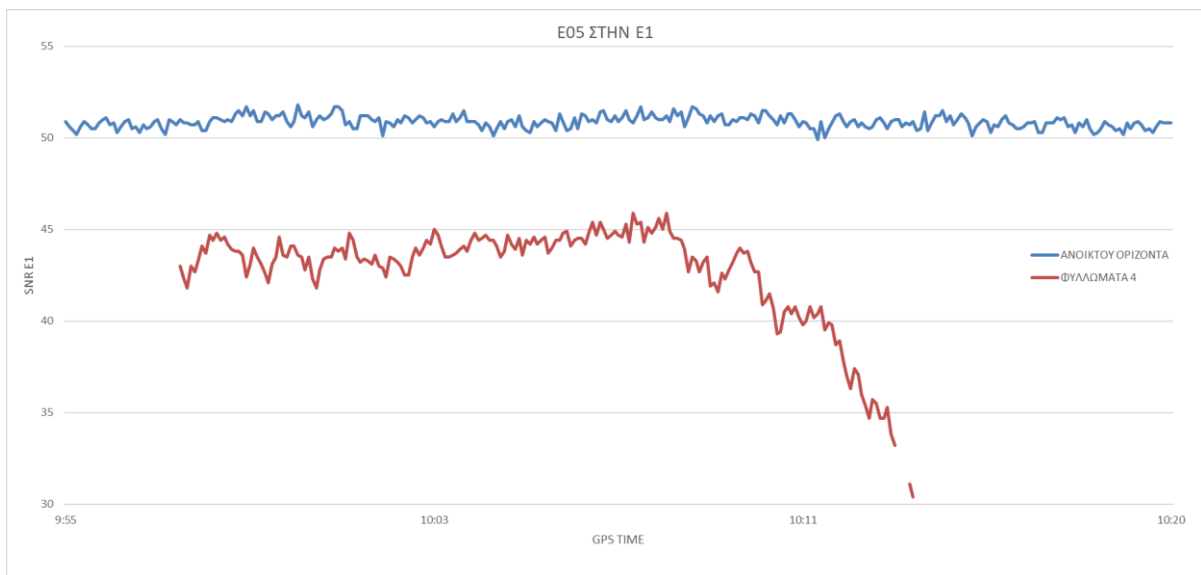


Εικόνα 4. 89 - Διαδρομή δορυφόρου E31



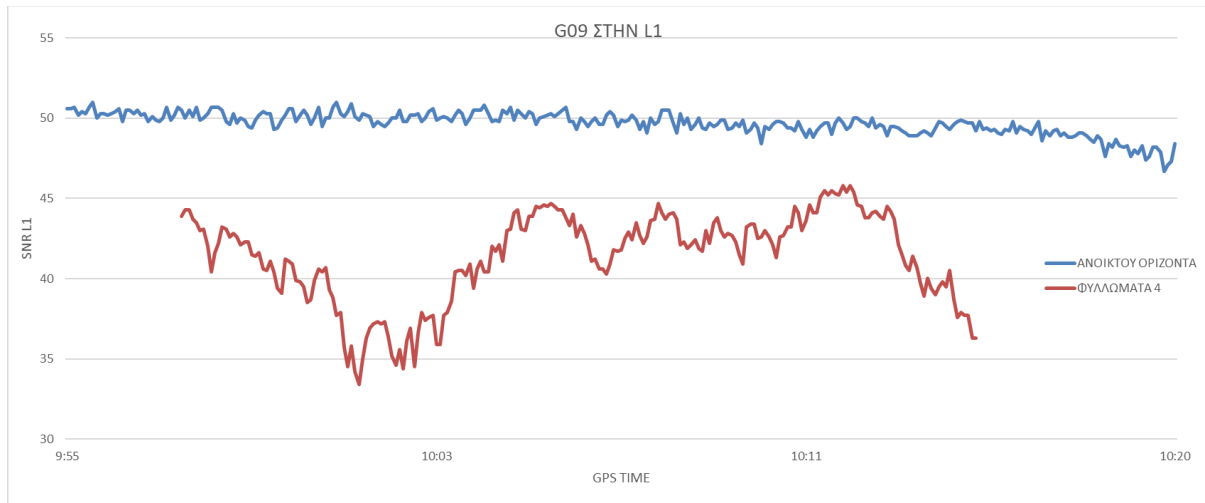
Εικόνα 4. 90 – Διαδρομή δορυφόρου G16

Στην εικόνα 4.91 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E05.



Εικόνα 4. 91 - SNR E1, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

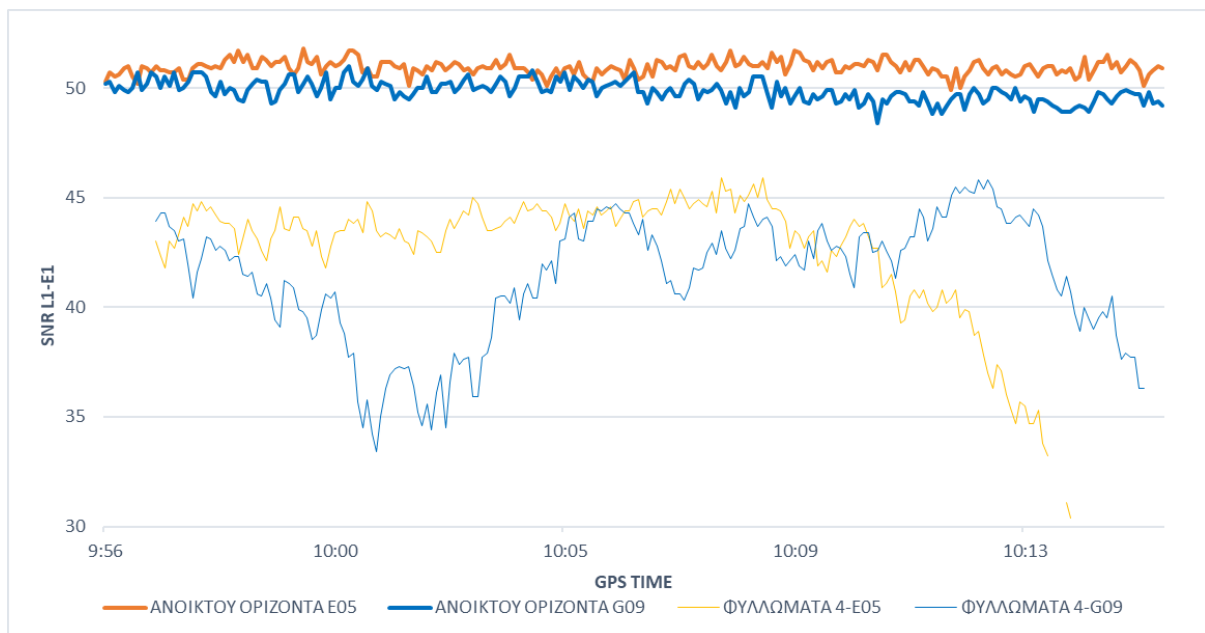
Στην εικόνα 4.92 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 92 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Υπάρχει μια μικρή υπεροχή της E1 έναντι της L1 για τη λήψη σε ανοιχτό ουρανό. Επιπλέον κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης χάνει από τη λήψη της L1 πάνω από 5dB, ενώ την E1 μπορεί και τη λαμβάνει με μικρότερες αποκλίσεις μέχρι το σήμα να αρχίσει να έχει καθοδική τάση περίπου 10:09, που αρχίζει ο δορυφόρος να χάνεται από το πεδίο μετρήσεων.

Παρακάτω στην εικόνα 4.93 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους.



Εικόνα 4. 93 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 32 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	49.9	30.4
MAX	51.8	45.9

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

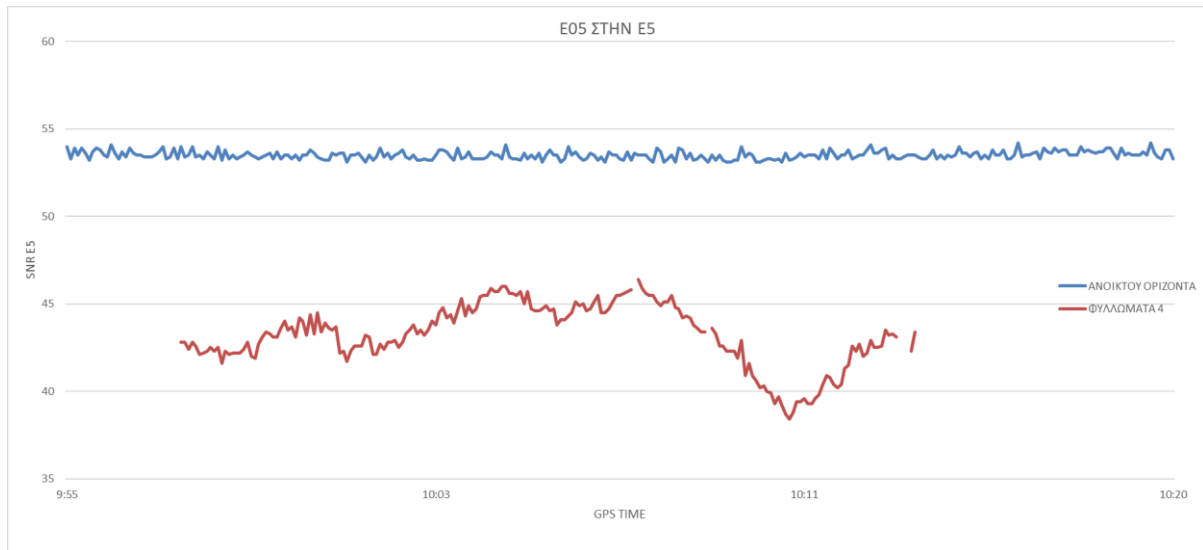
Πίνακας 4. 33 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	46.7	33.4
MAX	51	45.8

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E1-L1 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 και η E1 έχουν αρκετά κοντινές τιμές όπως και για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.

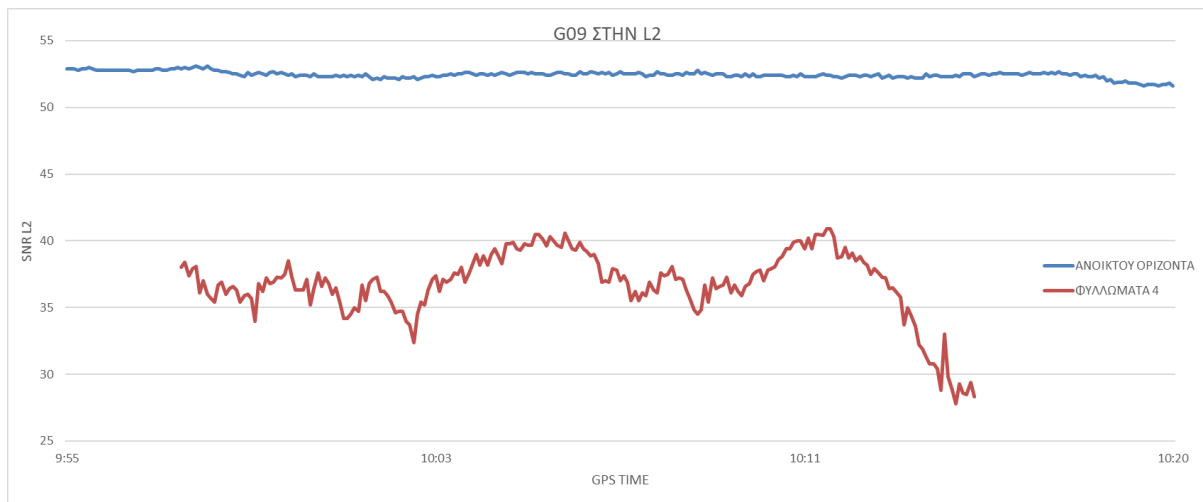
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E5 και L2 : δορυφόρος E05 και G09

Στην εικόνα 4.94 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E05.



Εικόνα 4. 94 - SNR E5, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

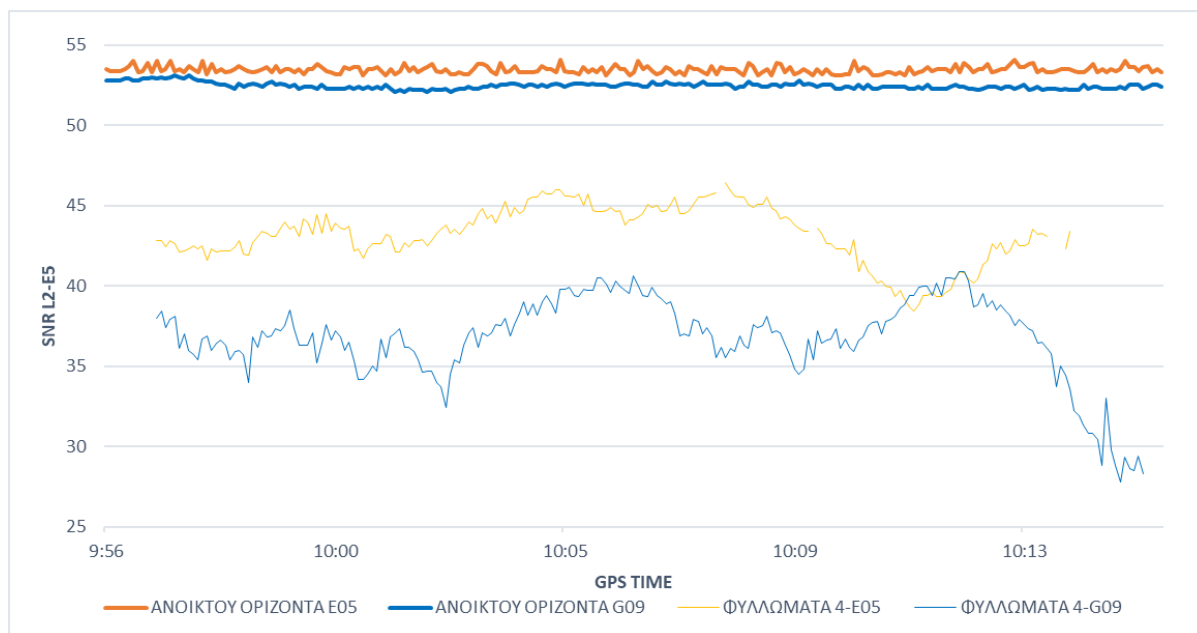
Στην εικόνα 4.95 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 95 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα. Ειδικότερα κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης χάνει από τη λήψη της L2 πάνω από 5dB σε σχέση με την E5.

Παρακάτω στην εικόνα 4.96 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους.



Εικόνα 4. 96 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 34 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	53.1	38.4
MAX	54.2	46.4

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

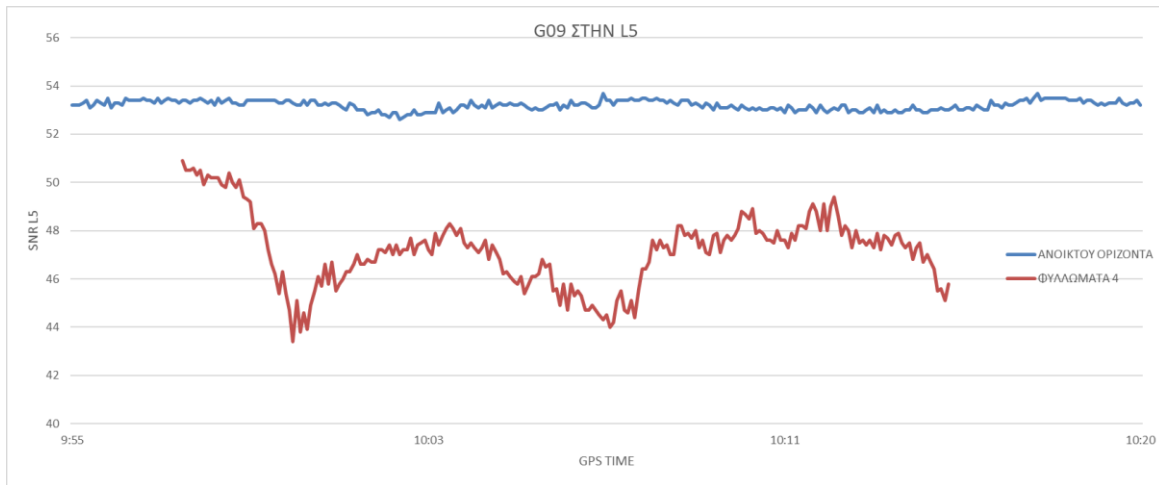
Πίνακας 4. 35 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	51.6	27.8
MAX	53.1	40.9

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E5-L2 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η E5 υπερισχύει σε σχέση με την L2. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 υπερισχύει σημαντικά η E5 σε σχέση με την L2 .

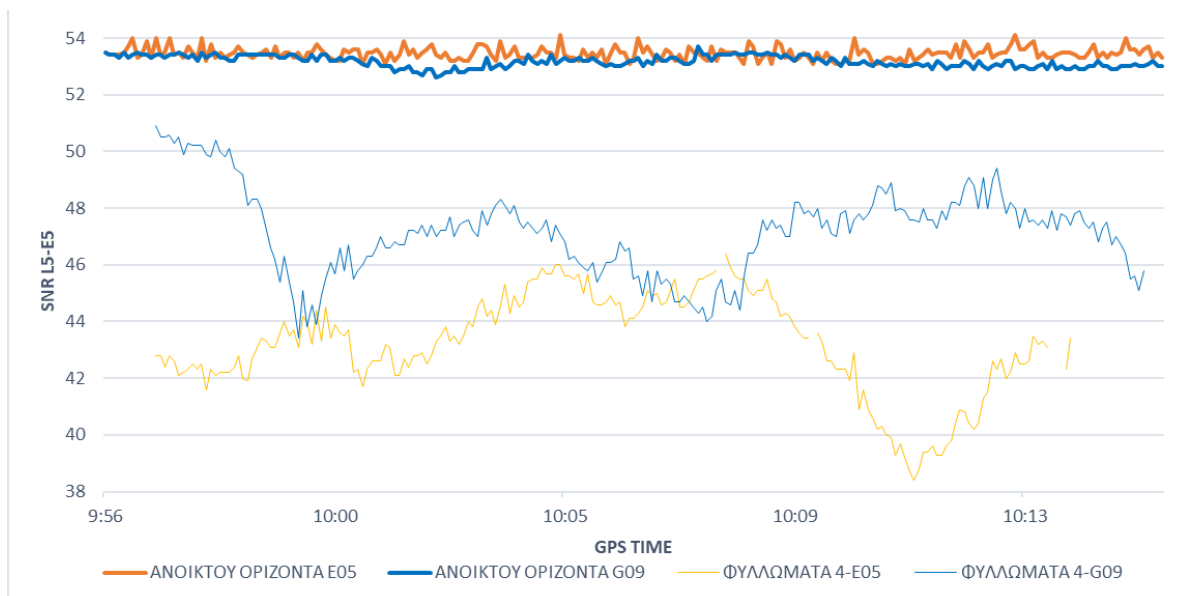
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L5 : δορυφόρος G09

Στην εικόνα 4.97 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L5 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 97 - SNR L5, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Παρακάτω στην εικόνα 4.98 ακολουθεί διάγραμμα με τις συχνότητες L5 και E5 με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Το διάγραμμα της εικόνας 4.98 έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί επιτρέπει την άμεση σύγκριση της συχνότητας E5 με την L5, που είναι η αντίστοιχη της E5. Στις συγκρίσεις που έγιναν στις θέσεις ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1-3 δεν ήταν δυνατόν να γίνει αυτό καθώς οι δέκτες εκείνοι δεν είχαν δυνατότητα λήψης L5. Από το διάγραμμα φαίνεται μια μικρή υπεροχή της L5 έναντι της E5a.



Εικόνα 4. 98 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4



Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 36– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	53.1	38.4
MAX	54.2	46.4

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

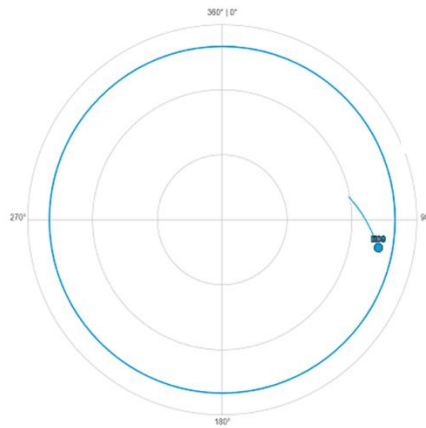
Πίνακας 4. 37 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	52.6	43.4
MAX	53.7	50.9

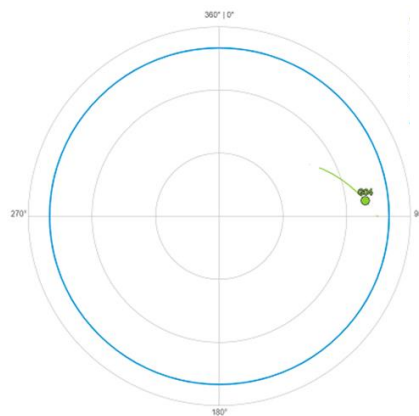
Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E5-L5 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L5 και E5 έχουν σχετικά ίδιες τιμές. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 υπερσχύει η L5 σε σχέση με την E5 .

Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και L1 : δορυφόρος E09 και G04

Στις παρακάτω εικόνες 4.99 και 4.100, φαίνονται τα δύο Διαδρομή δορυφόρου των δορυφόρων που θα χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση στην στάση αυτή. Όλα τα Διαδρομή δορυφόρου δείχνουν τις καμπύλες από 9:30-10:40 και το στίγμα με το όνομα του δορυφόρου 10:40.

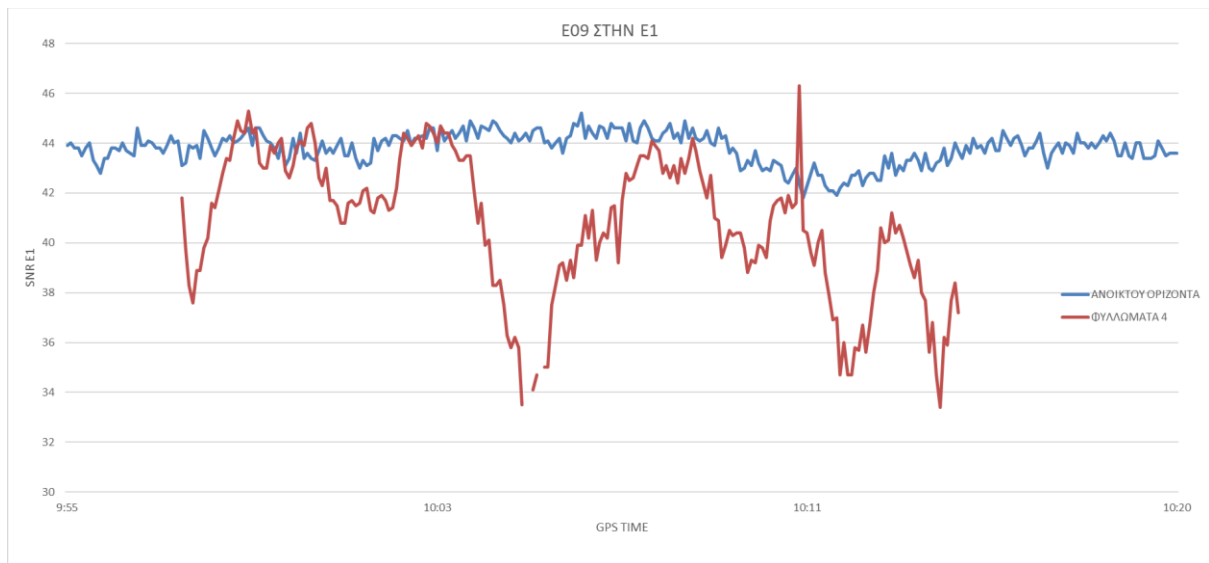


Εικόνα 4. 99 - Διαδρομή δορυφόρου E31



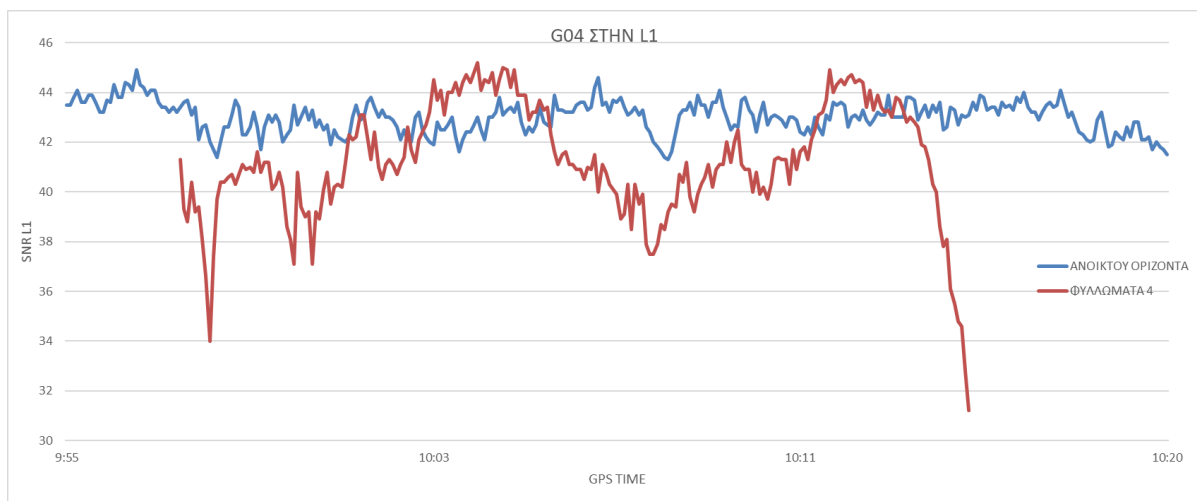
Εικόνα 4. 100 - Διαδρομή δορυφόρου G16

Στην εικόνα 4.101 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E09



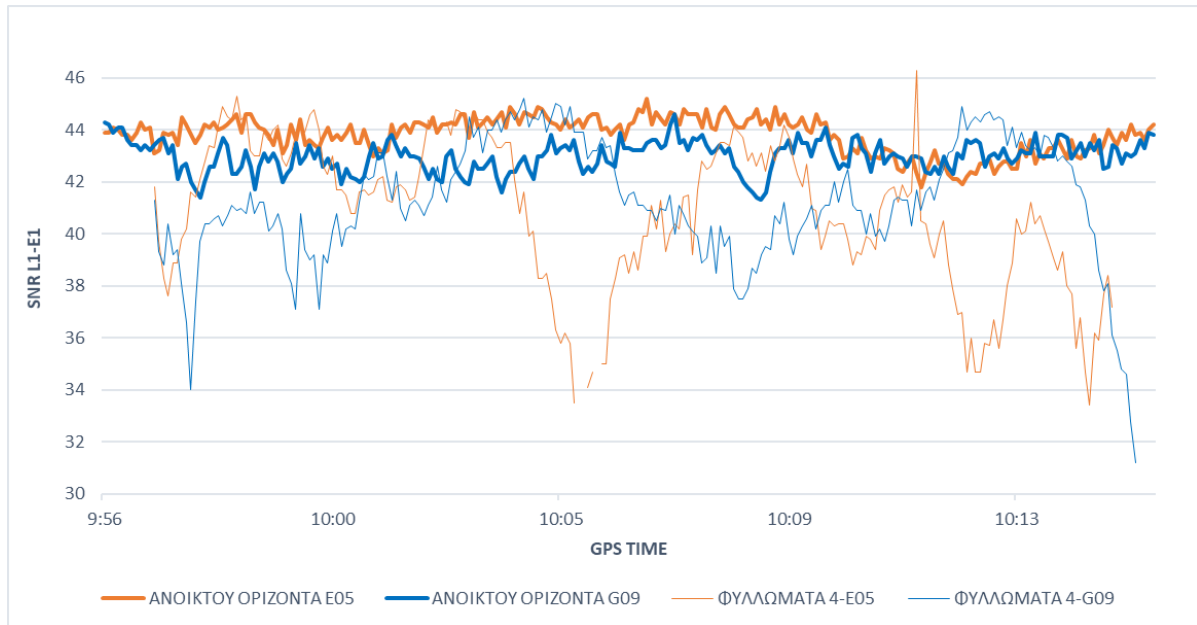
Εικόνα 4. 101 - SNR E1, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Στην εικόνα 4.102 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G04.



Εικόνα 4. 102 - SNR L1, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Παρακάτω στην εικόνα 4.103 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής μια μικρή υπεροχή της E1 έναντι της L1, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 103 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 38 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	41.8	33.4
MAX	45.2	46.3

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

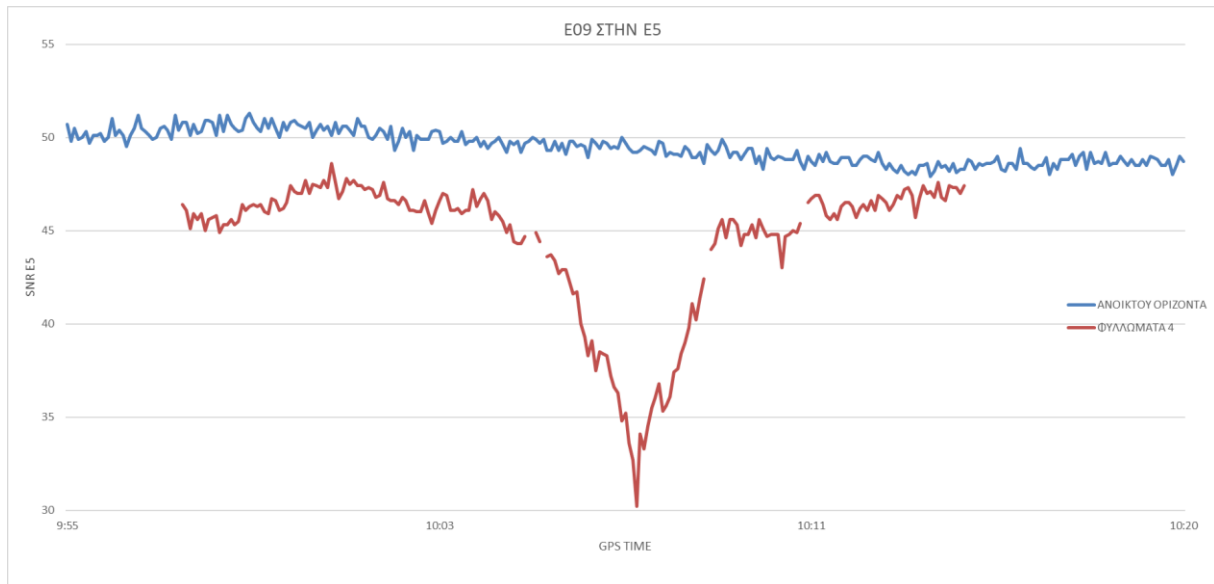
Πίνακας 4. 39 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	41.3	31.2
MAX	44.9	45.2

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E1-L1 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 και η E1 έχουν αρκετά κοντινές τιμές όπως και για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 με μια μικρή υπεροχή της E1.

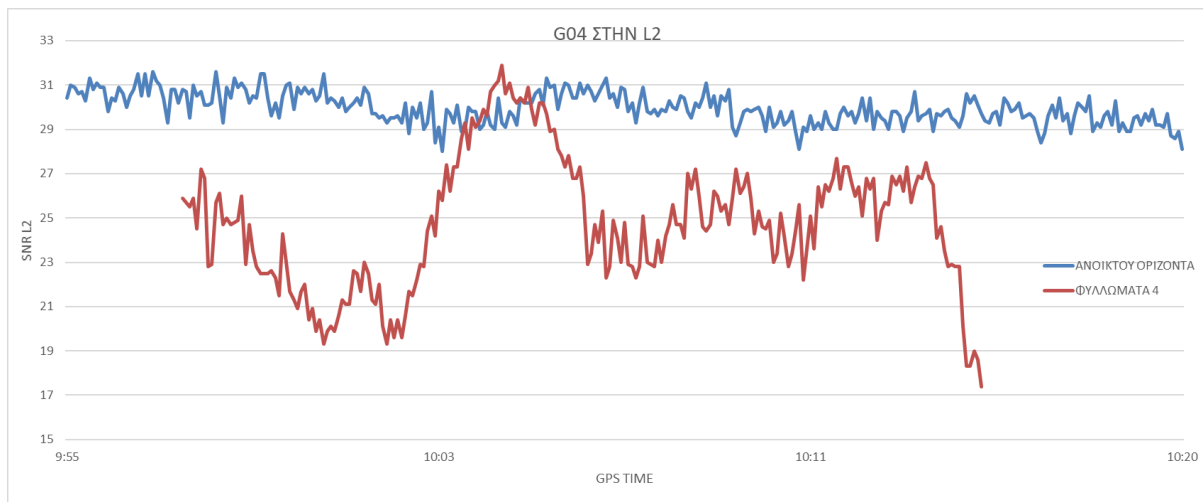
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E5 και L2 : δορυφόρος E09 και G04

Στην εικόνα 4.104 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E09.



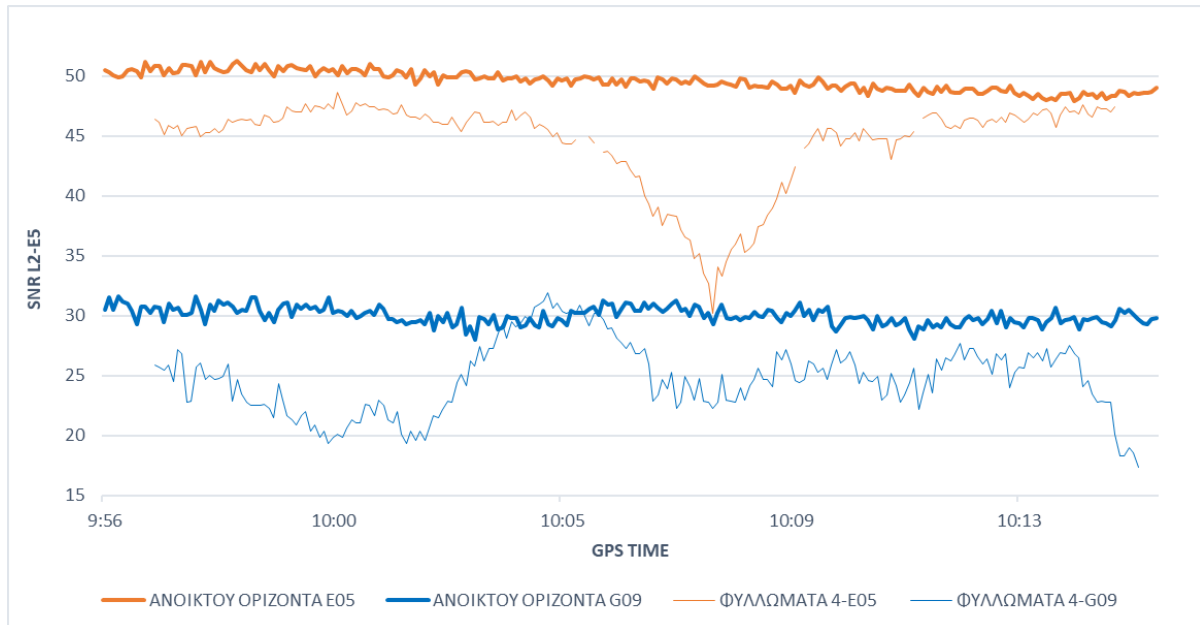
Εικόνα 4. 104 - SNR E5, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Στην εικόνα 4.105 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G04



Εικόνα 4. 105 - SNR L2, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Παρακάτω στην εικόνα 4.106 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 106 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G04-E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 40 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	47.9	30.2
MAX	51.3	48.6

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

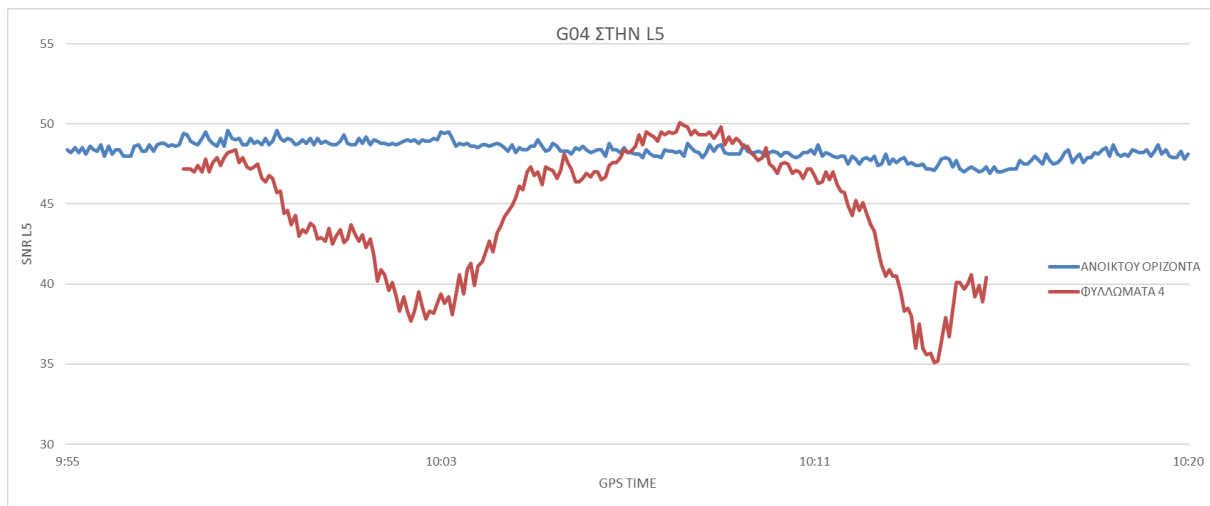
Πίνακας 4. 41 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	28	17.4
MAX	31.6	31.9

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E5-L2 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η E5 υπερισχύει αρκετά σε σχέση με την L2. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 υπερισχύει σημαντικά η E5 σε σχέση με την L2.

#### Επίδραση φυλλωμάτων σε L5 : δορυφόρος G04

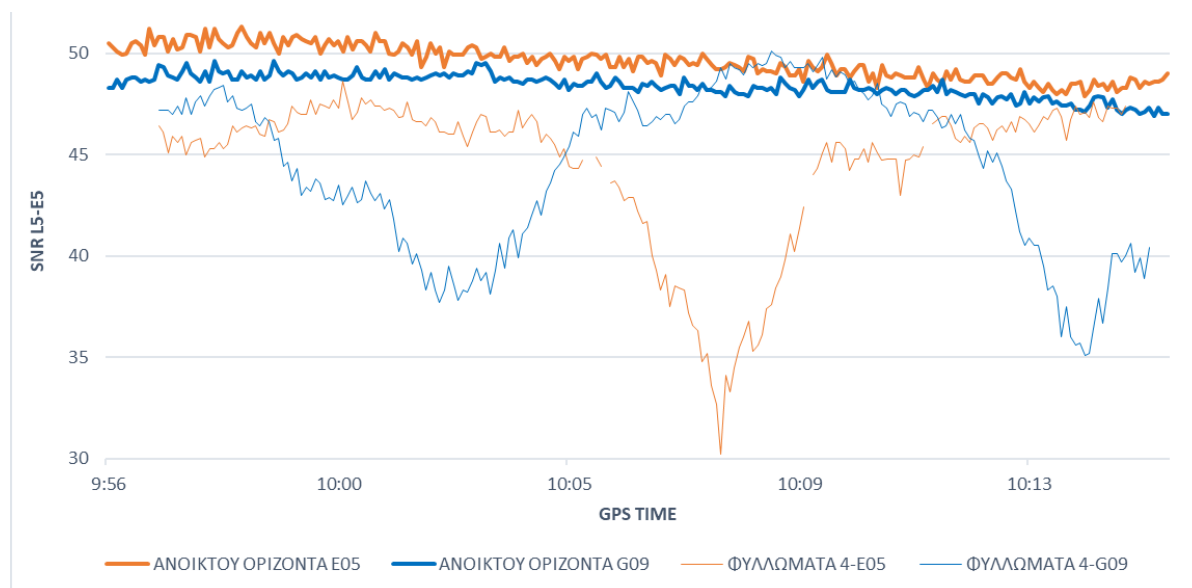
Στην εικόνα 4.107 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L5 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 107 - SNR L5, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L5, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα. Ειδικότερα κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης την περισσότερη ώρα δεν μπορεί καν να λάβει την L2, ενώ την E5 μπορεί και τη λαμβάνει καθόλη σχεδόν τη διάρκεια των μετρήσεων.

Παρακάτω στην εικόνα 4.108 ακολουθεί διάγραμμα με τις συχνότητες L5 και E5 με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L5, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 108 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 42 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	47.9	30.2
MAX	51.3	48.6

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 43 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4
MIN	46.9	35.1
MAX	49.6	50.1

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E5-L5 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L5 και E5 έχουν σχετικά ίδιες τιμές με μια μικρή υπερίσχυση της E5. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 υπερισχύει η L5 σε σχέση με την E5 .



#### 4.2.4.2 Ανάλυση σημάτων στη θέση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

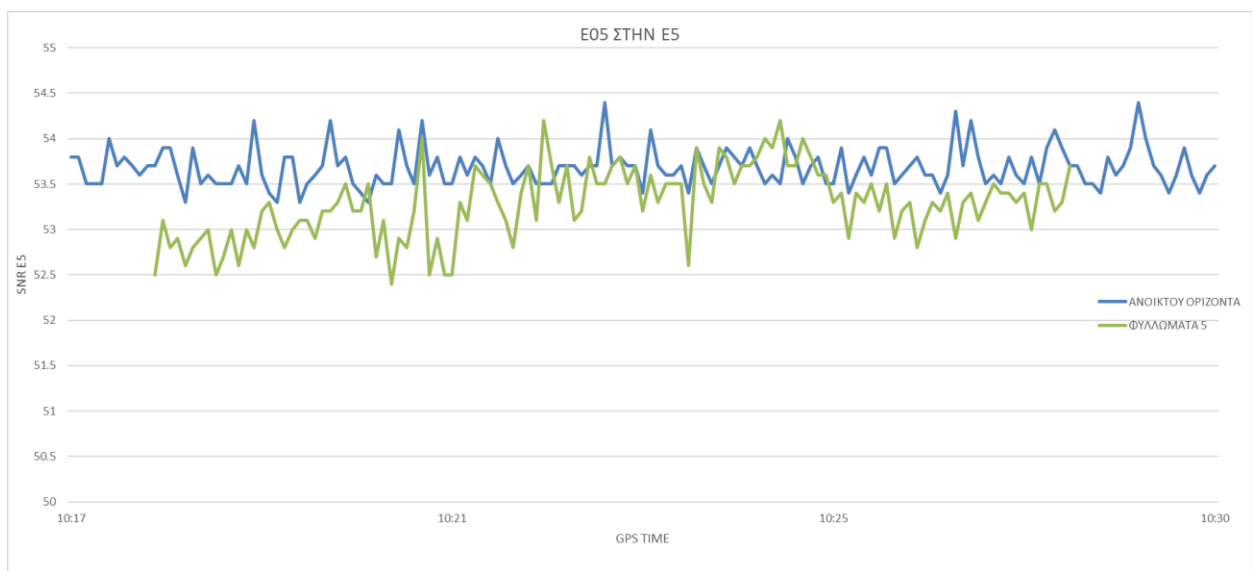
Η στάση αυτή όπως ήδη έχει προαναφερθεί, τοποθετήθηκε κάτω ένα βραχυχίτωνά. Συνεπώς δημιουργεί ένα ομοιογενές εμπόδιο με τα φυλλώματα να ξεκινούν σε σημείο σχεδόν ίδιο με το ύψος του δέκτη, δημιουργώντας εμπόδια σε όλο το εύρος λήψης. Η σύγκριση για αυτή την στάση πραγματοποιήθηκε με δύο ζεύγη δορυφόρων. Δύο ευρωπαϊκούς, με δύο αμερικανικούς. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε σύγκριση με βάση τα Διαδρομή δορυφόρου, τα ζεύγη είναι:

- E09 με G04
- E05 με G09

#### Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και L1 : δορυφόρος E05 και G09

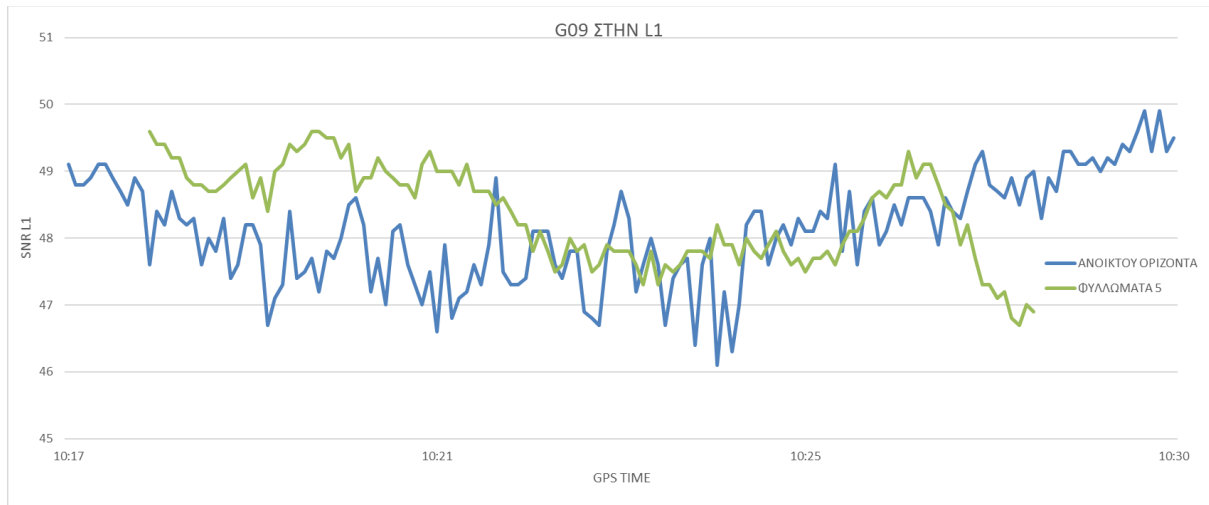
Τα δύο Διαδρομή δορυφόρου των δορυφόρων μπορεί κανείς να τα βρει στις εικόνες 4.74 και 4.75.

Στην εικόνα 4.109 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E05.



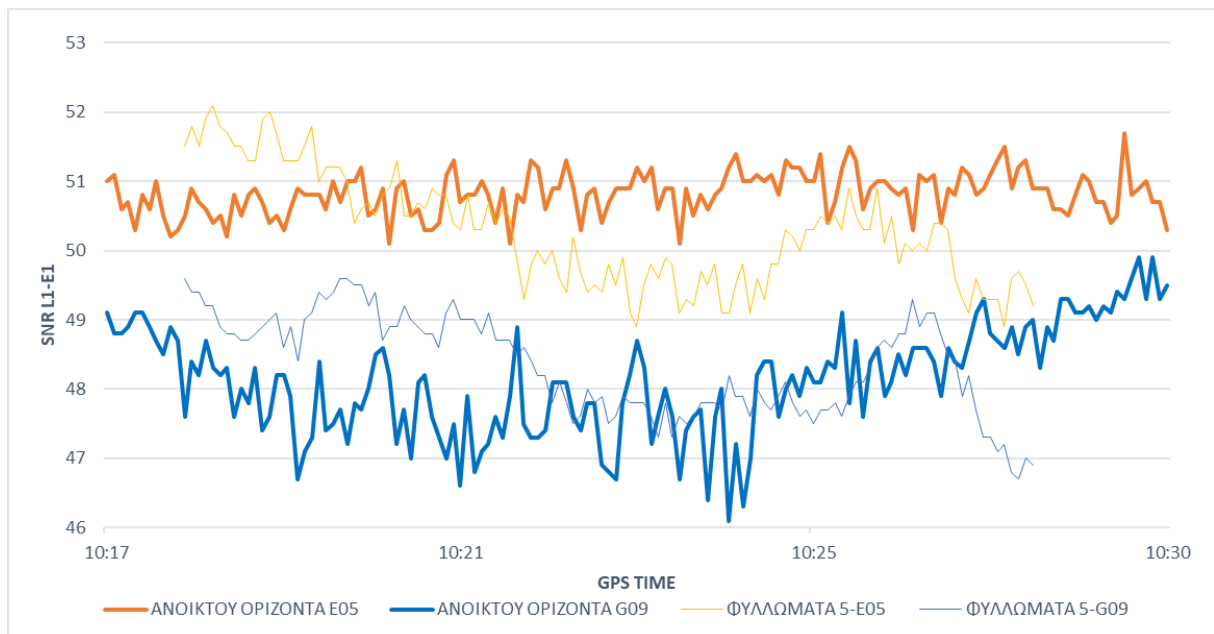
Εικόνα 4. 109 - SNR E1, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Στην εικόνα 4.110 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 110 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Παρακάτω στην εικόνα 4.111 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E1 έναντι της L1, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 111 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 44 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	53.3	48.9
MAX	54.4	52.1

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

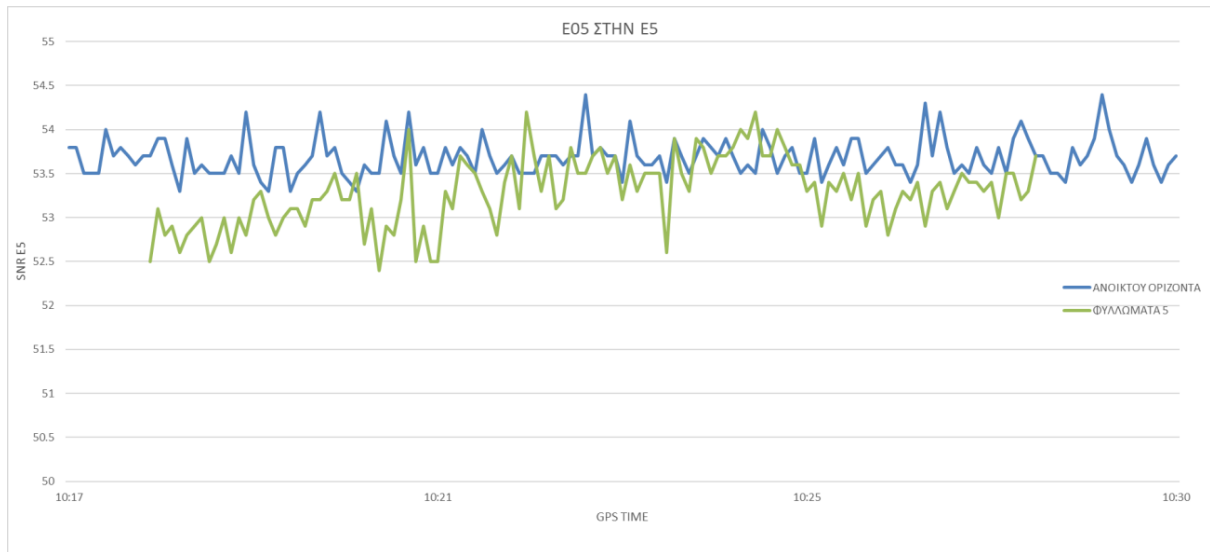
Πίνακας 4. 45 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	52.5	46.7
MAX	53.7	49.6

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E1-L1 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 και η E1 έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Αντίθετα για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 υπερισχύει η E5.

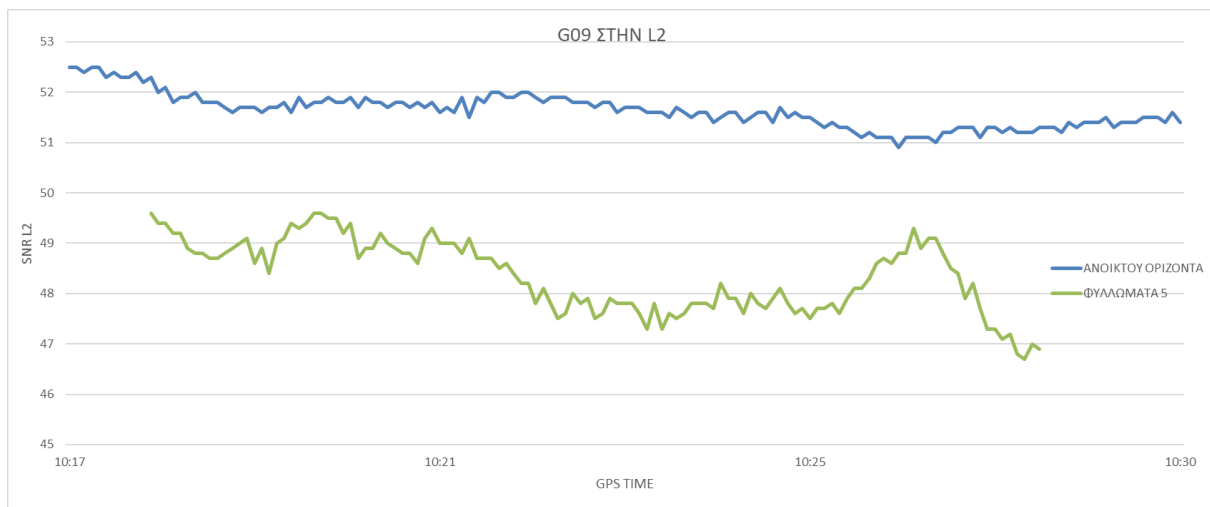
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E5 και L2 : δορυφόρος E05 και G09

Στην εικόνα 4.112 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E05.



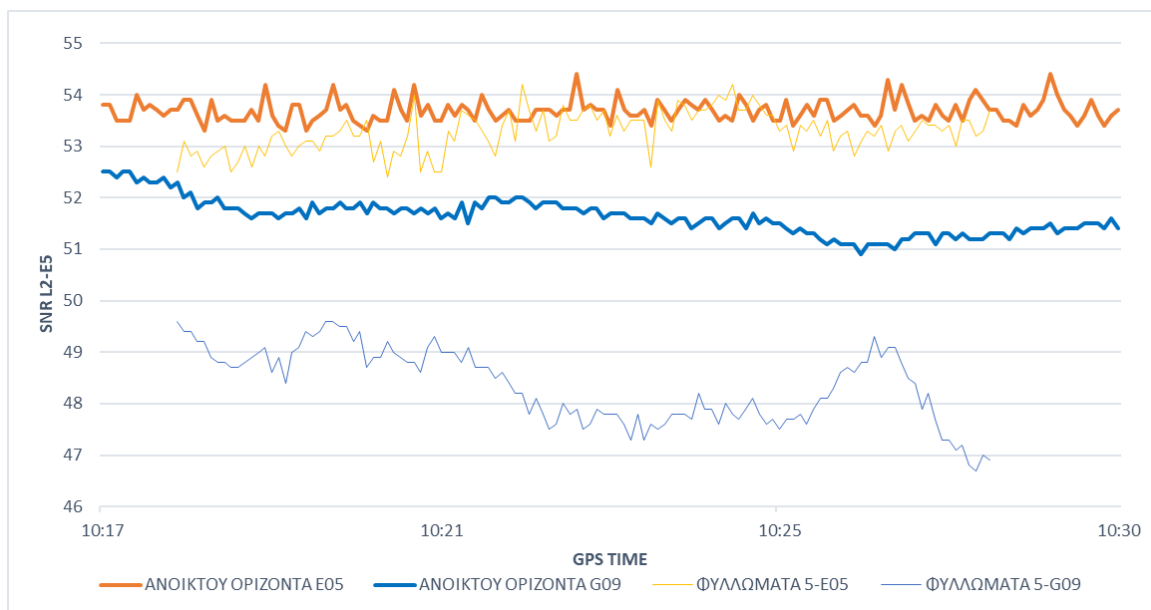
Εικόνα 4. 112 - SNR E5, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Στην εικόνα 4.113 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 113 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Παρακάτω στην εικόνα 4.114 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 114 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 46 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	53.3	52.4
MAX	54.4	54.2

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

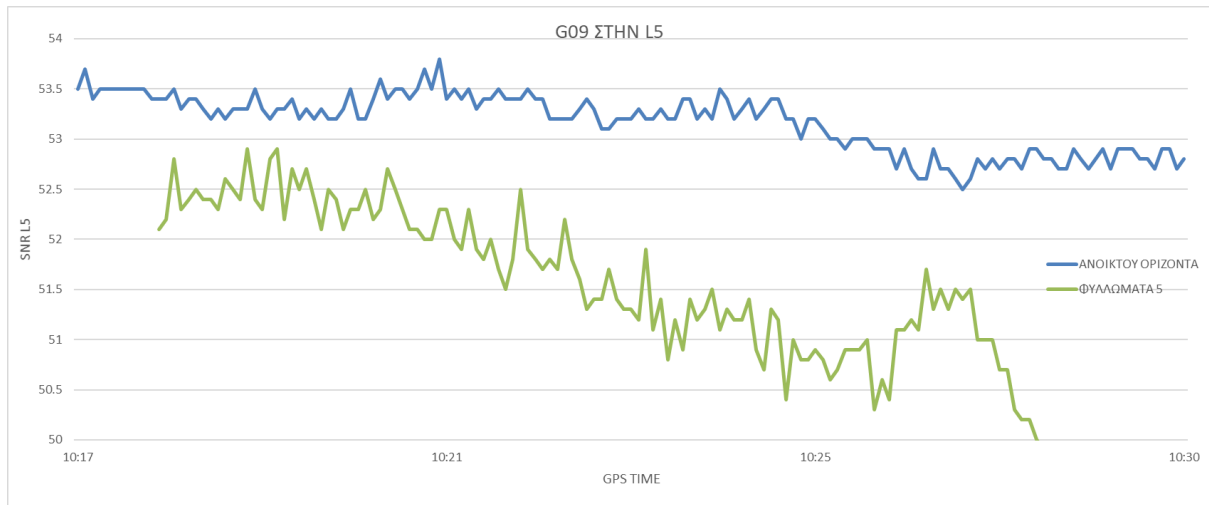
Πίνακας 4. 47 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	52.5	46.7
MAX	53.7	49.6

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E5-L2 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 και η E1 έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Αντίθετα για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 υπερισχύει η E5 με μεγάλη διαφορά.

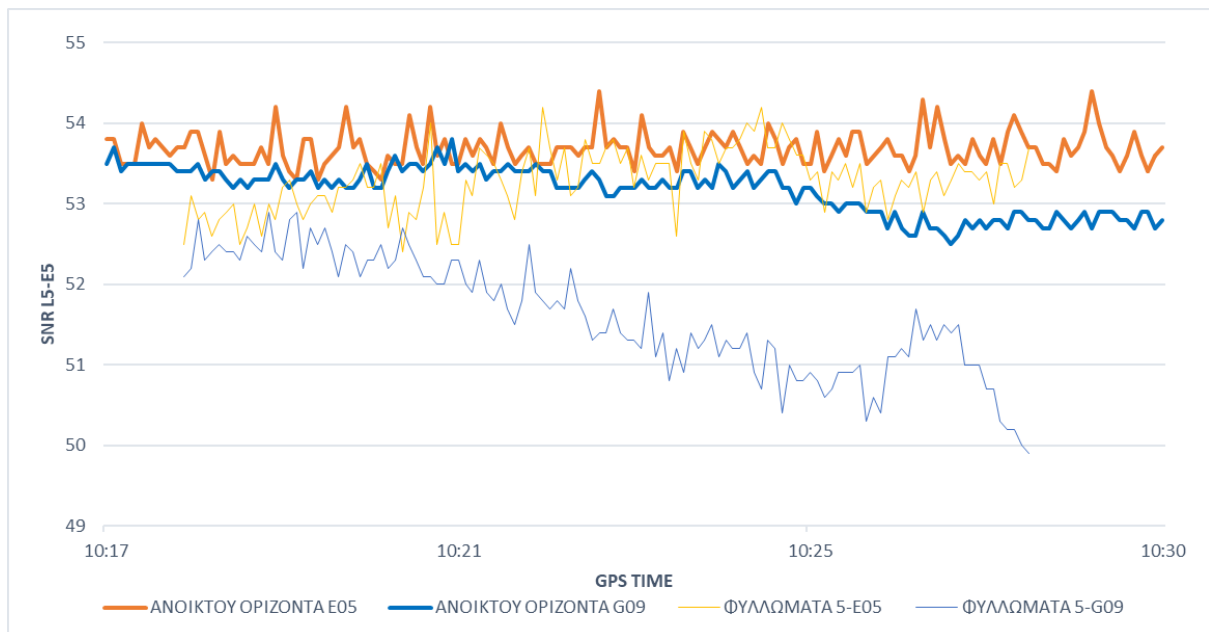
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L5 : δορυφόρος G09

Στην εικόνα 4.115 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L5 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 115 - SNR L5, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Παρακάτω στην εικόνα 4.116 ακολουθεί διάγραμμα με τις συχνότητες L5 και E5 με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L5, τόσο σε ανοιχτό ουρανό όσο και κάτω από φυλλώματα.



Εικόνα 4. 116 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 48– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	53.3	52.4
MAX	54.4	54.2

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 49 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

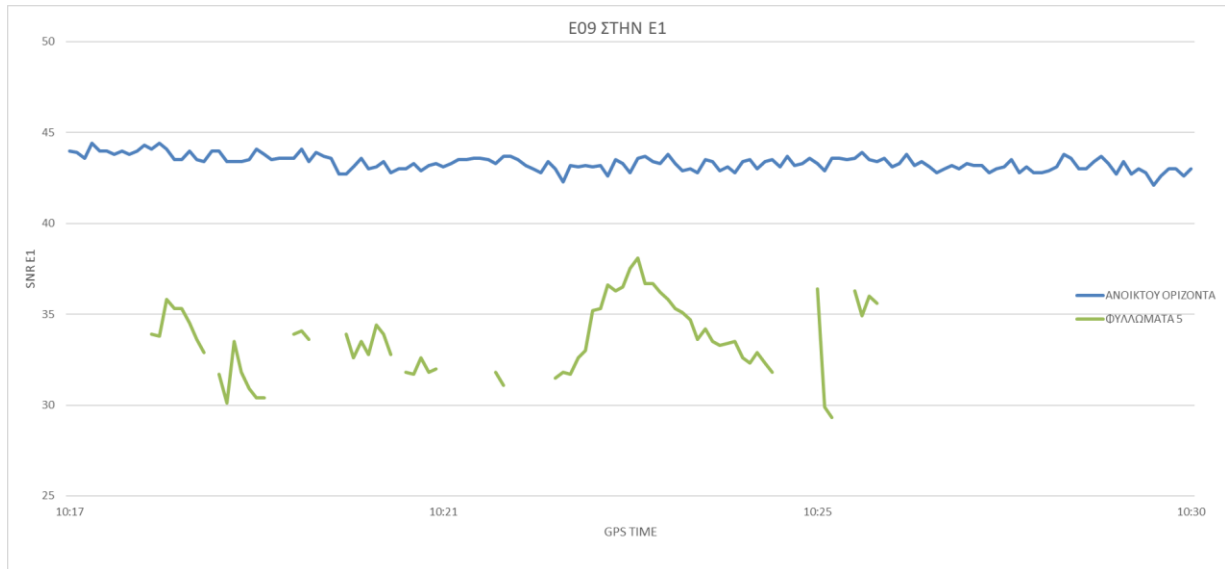
L5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	52.5	49.9
MAX	53.7	52.9

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E05 και G09, η λήψη στην E5-L5 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L5 και E5 έχουν σχετικά ίδιες τιμές. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 υπερισχύει η E5 σε σχέση με την L5.

## Επίδραση φυλλωμάτων σε E1 και L1 : δορυφόρος E09 και G04

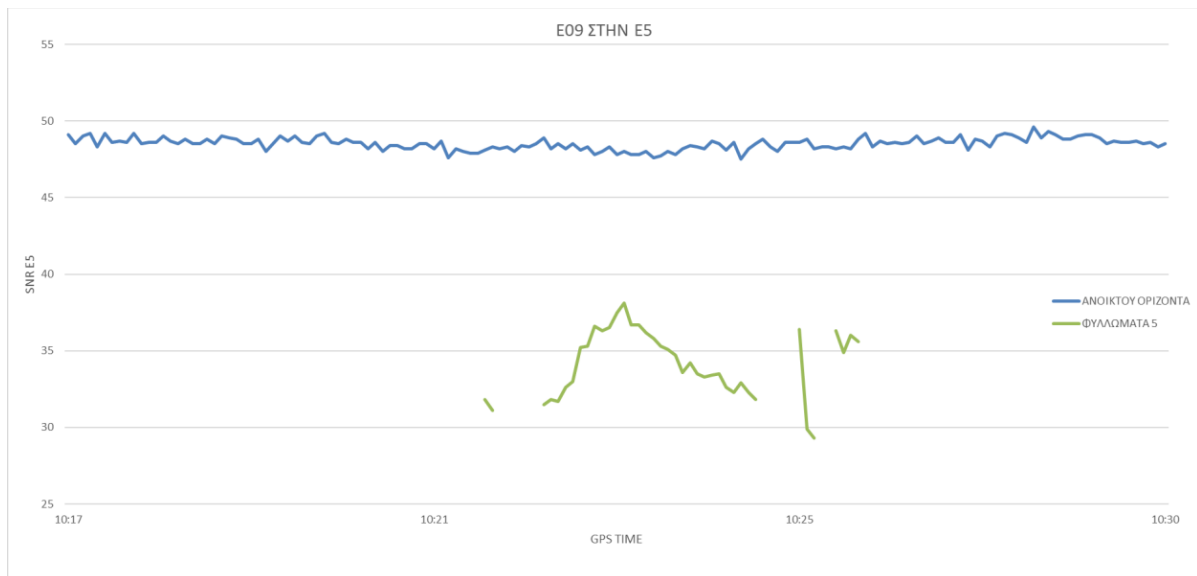
Τα δύο Διαδρομή δορυφόρου των δορυφόρων μπορεί κανείς να τα βρει στις εικόνες 4.83 και 4.84.

Στην εικόνα 4.117 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E1 για τον δορυφόρο E09.



Εικόνα 4. 117 - SNR E1, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

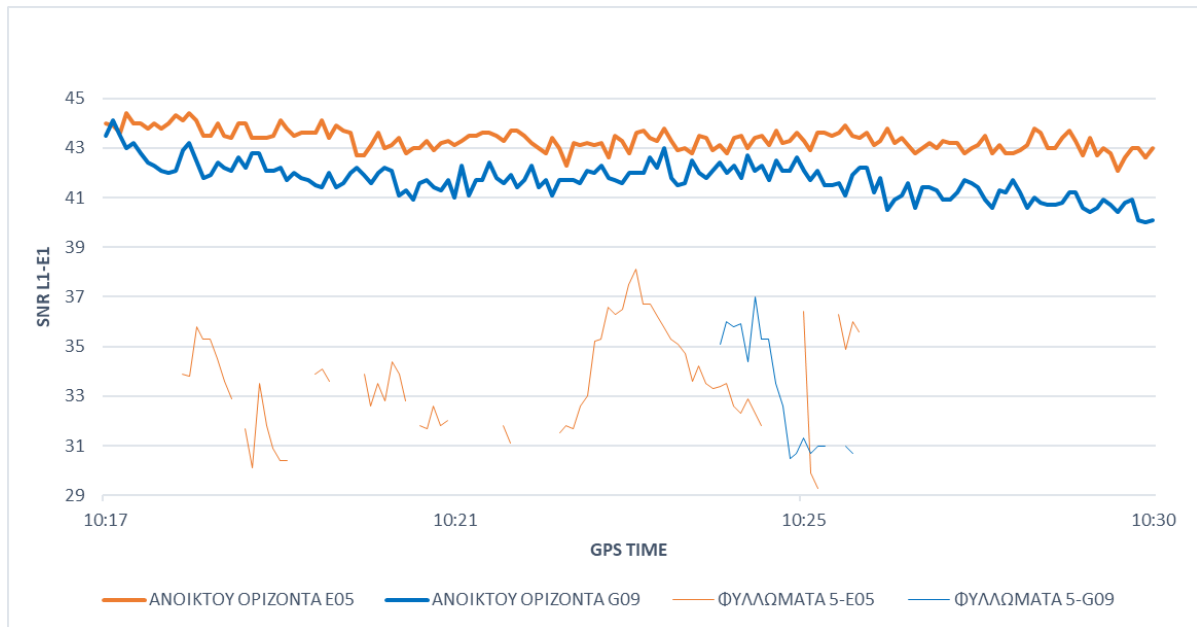
Στην εικόνα 4.118 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L1 για τον δορυφόρο G04.



Εικόνα 4. 118 - SNR L1, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5



Παρακάτω στην εικόνα 4.119 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2 σε ανοιχτό ουρανό. Επιπλέον κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης την περισσότερη ώρα δεν μπορεί καν να λάβει την L1, ενώ την E1 μπορεί και τη λαμβάνει, αλλά με εμφανή δυσκολία.



Εικόνα 4. 119 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 50 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1

E1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	42.1	29.3
MAX	44.4	38.1

Ο

Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L1 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

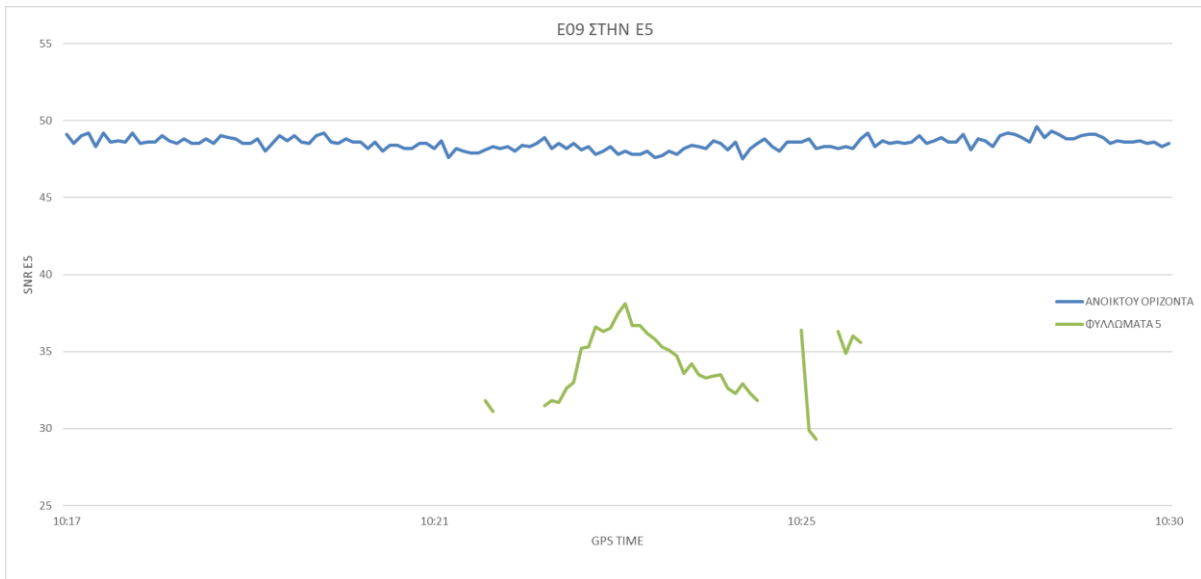
Πίνακας 4. 51 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1

L1	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	40	30.5
MAX	44.9	37

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E1-L1 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L1 και η E1 έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ και οι δύο συχνότητες δείχνουν να επηρεάζονται πάρα πολύ έντονα.

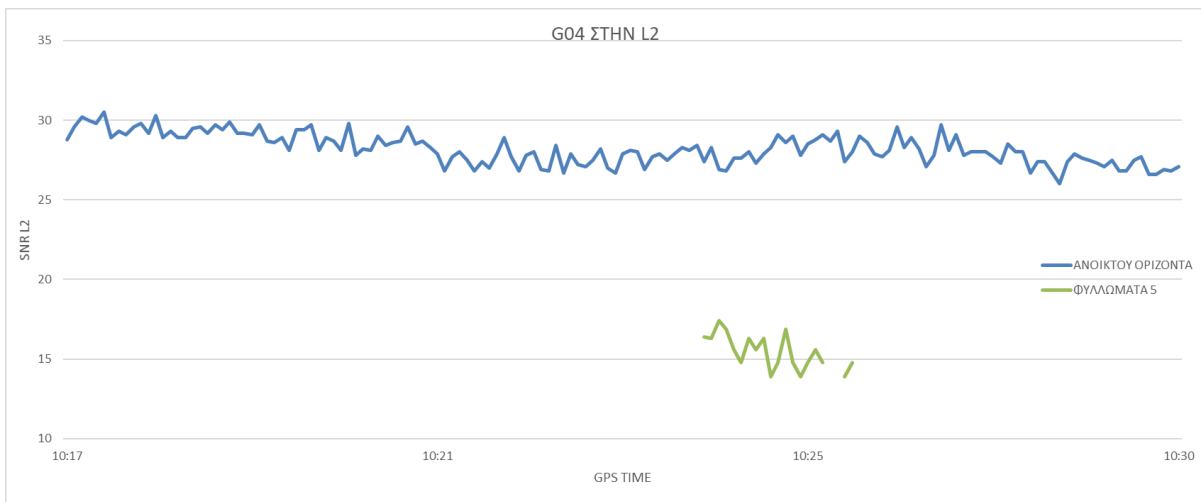
## Επίδραση φυλλωμάτων σε E5 και L2 : δορυφόρος E09 και G04

Στην εικόνα 4.120 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας E5 για τον δορυφόρο E09.



Εικόνα 4. 120 - SNR E5, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

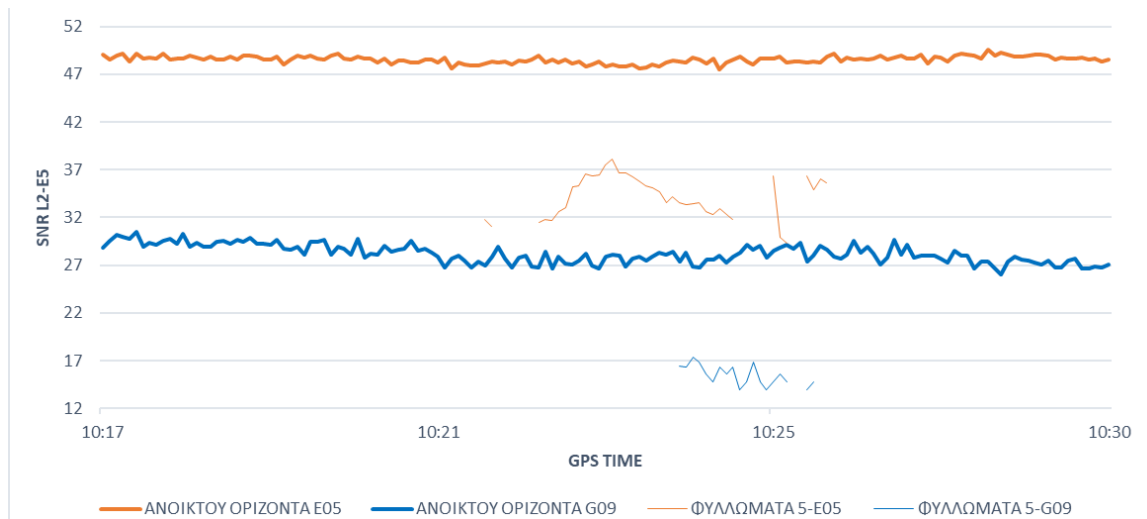
Στην εικόνα 4.121 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L2 για τον δορυφόρο G04.



Εικόνα 4. 121 - SNR L2, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Παρακάτω στην εικόνα 4.122 ακολουθεί διάγραμμα και με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L2 σε ανοιχτό ουρανό. Επιπλέον κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης την περισσότερη ώρα δεν μπορεί καν να

λάβει την L2 αλλά ούτε την E5, που παρόλα αυτά είναι εμφανής ότι υπερτερεί αρκετά στην ώρα που κατάφερε να κάνει λήψη.



Εικόνα 4. 122 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G04-E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 52 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	42.1	29.3
MAX	44.4	38.1

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

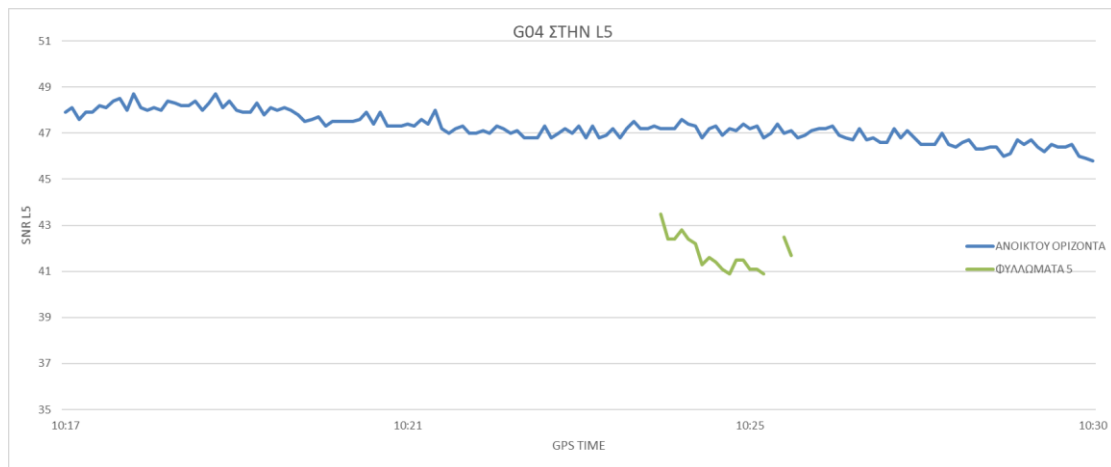
Πίνακας 4. 53 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L2	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	40	13.9
MAX	44.9	17.4

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E5-L2 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η E5 με την L2 έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 υπερσχύει σημαντικά η E5 αφού η L2 επηρεάζεται τόσο έντονα που σχεδόν χάνει την λήψη της.

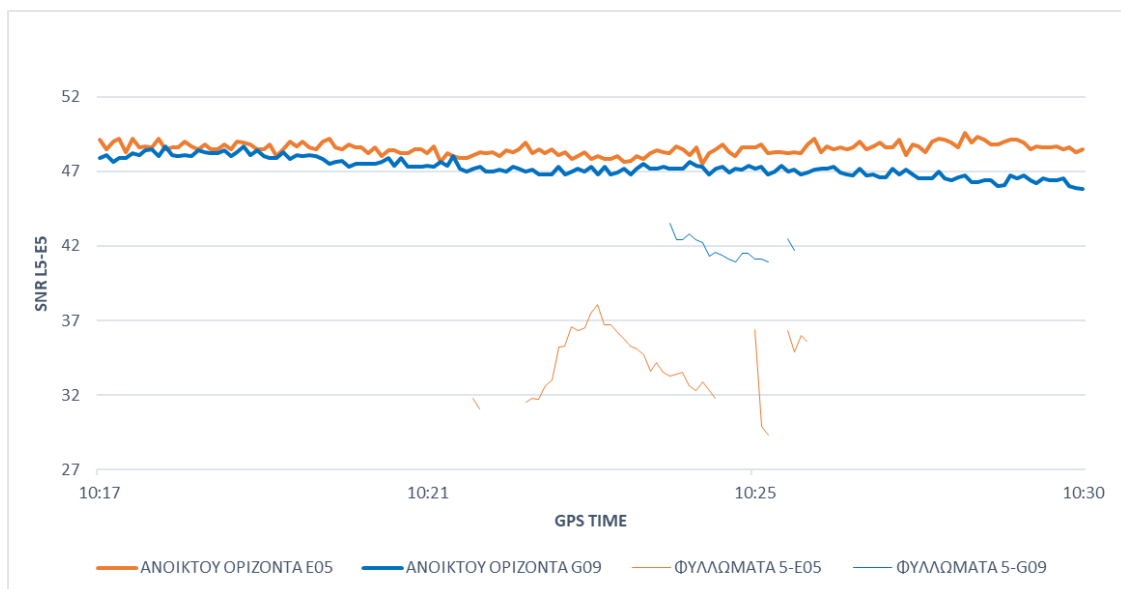
## Επίδραση φυλλωμάτων σε L5 : δορυφόρος G04

Στην εικόνα 4.123 απεικονίζεται το SNR της συχνότητας L5 για τον δορυφόρο G09.



Εικόνα 4. 123 - SNR L5, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Παρακάτω στην εικόνα 4.124 ακολουθεί διάγραμμα με τις συχνότητες L5 και E5 με όλες τις μετρήσεις προκειμένου να είναι πιο αντιληπτή η διαφορά τους. Είναι σαφής η υπεροχή της E5 έναντι της L5 σε ανοιχτό ουρανό. Επιπλέον κάτω από τα φυλλώματα ο δέκτης την περισσότερη ώρα δεν μπορεί καν να λάβει την L2, ενώ την E2 μπορεί και τη λαμβάνει, αλλά με εμφανή δυσκολία σε ορισμένο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 4. 124 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5

Ο Ευρωπαϊκός δορυφόρος E05, στην E5 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 54– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5

E5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	42.1	29.3
MAX	44.4	38.1

Ο Αμερικανικός δορυφόρος G09, στην L2 έχει τις παρακάτω μέγιστες και ελάχιστες τιμές:

Πίνακας 4. 55 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2

L5	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ	ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5
MIN	40	40.9
MAX	44.9	43.5

Συνεπώς για την σύγκριση των δορυφόρων E09 και G04, η λήψη στην E5-L5 για τον ανοιχτό ορίζοντα δείχνει πως η L5 και E5 έχουν σχετικά ίδιες τιμές με μια μικρή υπέρσχυση της E5. Για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 υπερισχύει σε αριθμό η L5 σε σχέση με την E5 αλλά έχει χάσει σχεδόν όλη την λήψη σε αντίθεση με την E5.

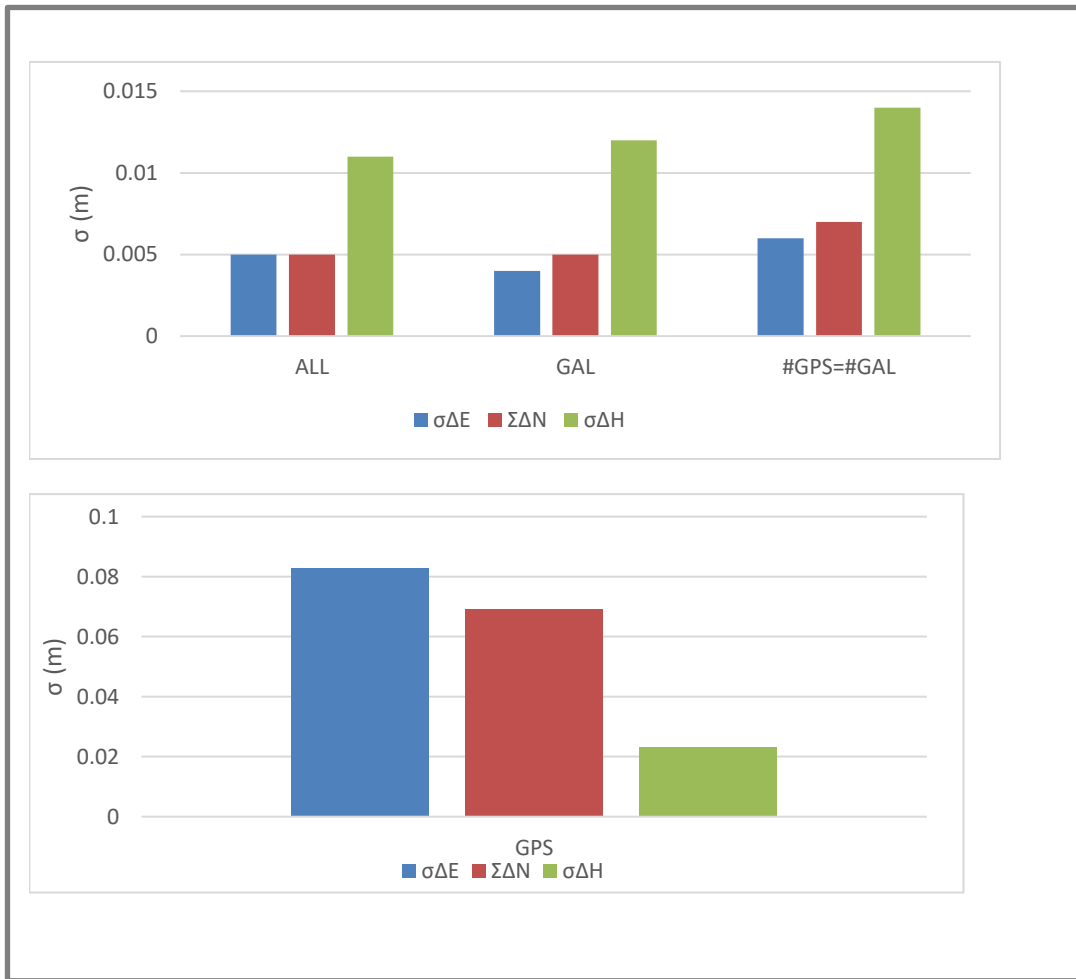
#### 4.2.5 Ανάλυση ακρίβειας επίλυσης βάσεων

Στη παράγραφο αυτή συγκρίνονται τα συστήματα GPS και Galileo σε συνθήκες λήψης σήματος μέσα από φυλλώματα δέντρων. Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειάστηκε να γίνει αρχική επίλυση των βάσεων. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Trimble Business Center και έκδοση 5.2 .

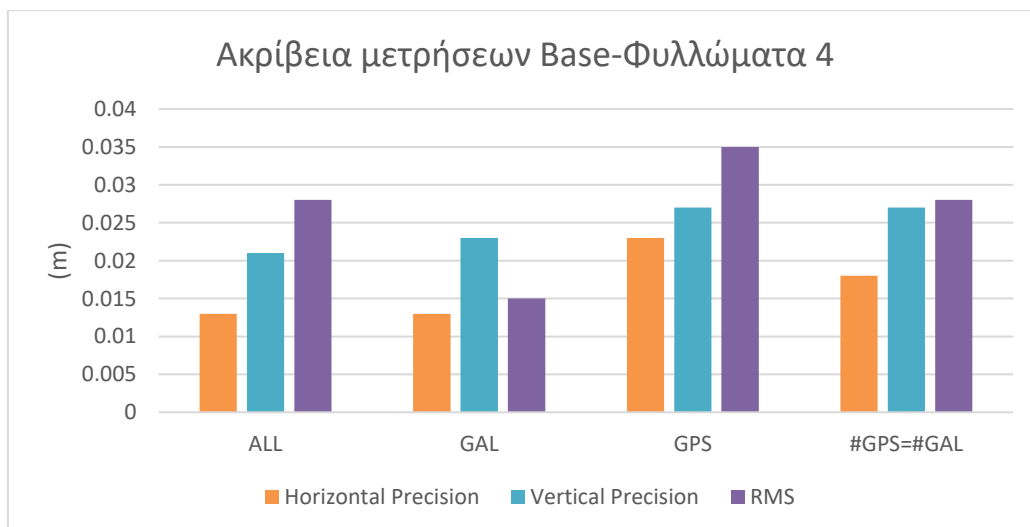
Παρακάτω φαίνονται σε ραβδογράμματα η απεικόνιση των τυπικών αποκλίσεων για τις μετρήσεις. Η επίλυση πραγματοποιήθηκε τέσσερις φορές. Η πρώτη επίλυση με όλους τους δορυφόρους, η δεύτερη μόνο με χρήση δορυφόρων του συστήματος Galileo, η τρίτη επίλυση μόνο με χρήση δορυφόρων του συστήματος GPS και η τελευταία μόνο με χρήση GPS με ίσο αριθμό δορυφόρων με εκείνων που έκανε λήψη το σύστημα Galileo. Η διαδικασία απεικόνισης πραγματοποιήθηκε δύο φορές, για τα φυλλώματα 4 και 5.

Αρχικά για την επίλυση της βάσης μεταξύ ‘Ανοιχτού ορίζοντα-Φυλλώματα 4’ που φαίνεται στα ραβδογράμματα στις εικόνες 4.125 και 4.128 τα αποτελέσματα με την χρήση των δορυφόρων Galileo δίνουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Αντίθετα με την χρήση μόνο όλων των δορυφόρων GPS, οι τυπικές αποκλίσεις είναι τόσο μεγάλες που χρειάστηκε η απεικόνιση τους σε ξεχωριστό διάγραμμα με άλλες κλίμακες. Για παράδειγμα στην τυπική απόκλιση  $\sigma_{\Delta Easting}$  το σύστημα Galileo έχει 0.004 ενώ το σύστημα GPS έχει 0.083, δηλαδή είναι μια λήψη που δεν μπορεί να ληφθεί σοβαρά υπόψη.

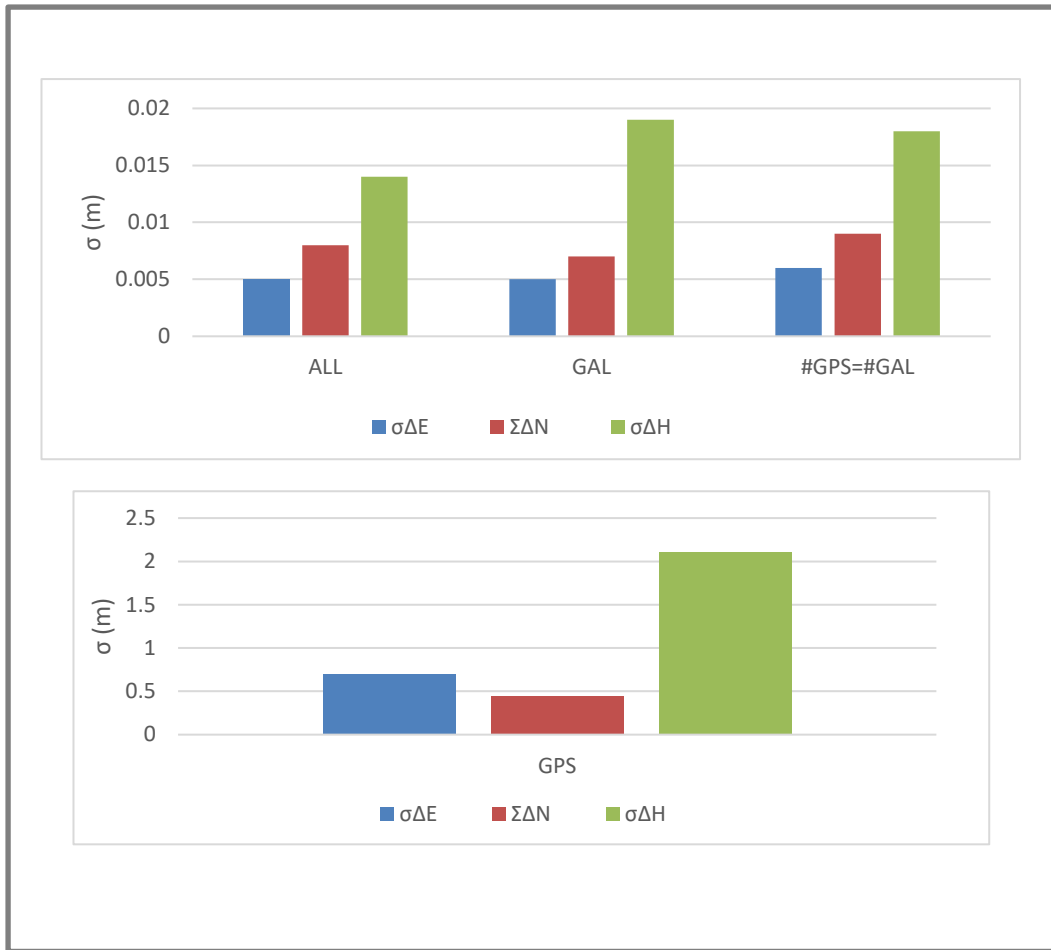
Στη δεύτερη περίπτωση που αφορά τις μετρήσεις κάτω από τα Φυλλώματα 5, τα καλύτερα αποτελέσματα τα δίνουν οι επιλύσεις μόνο με όλους τους δορυφόρους και στην συνέχεια η επίλυση με τους δορυφόρους του συστήματος Galileo. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι με την επίλυση μόνο με την χρήση δορυφόρων του συστήματος GPS η επίλυση είναι float, δηλαδή δεν κατάφερε να λύσει και αυτό φαίνεται και παρακάτω όπου θα παρουσιαστούν οι διαφορές των συντεταγμένων. Για την περίπτωση αυτή φαίνονται πάνω στα διαγράμματα με κόκκινο ακριβώς η τιμές τις επίλυσης.



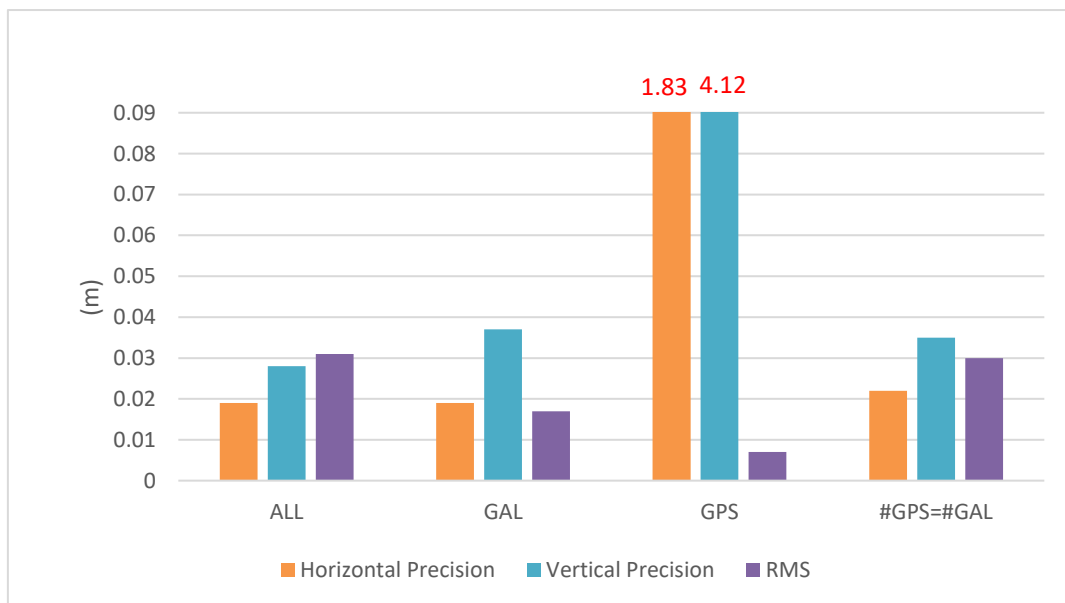
Εικόνα 4. 125 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 4



Εικόνα 4. 126 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 1



Εικόνα 4. 127 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 5

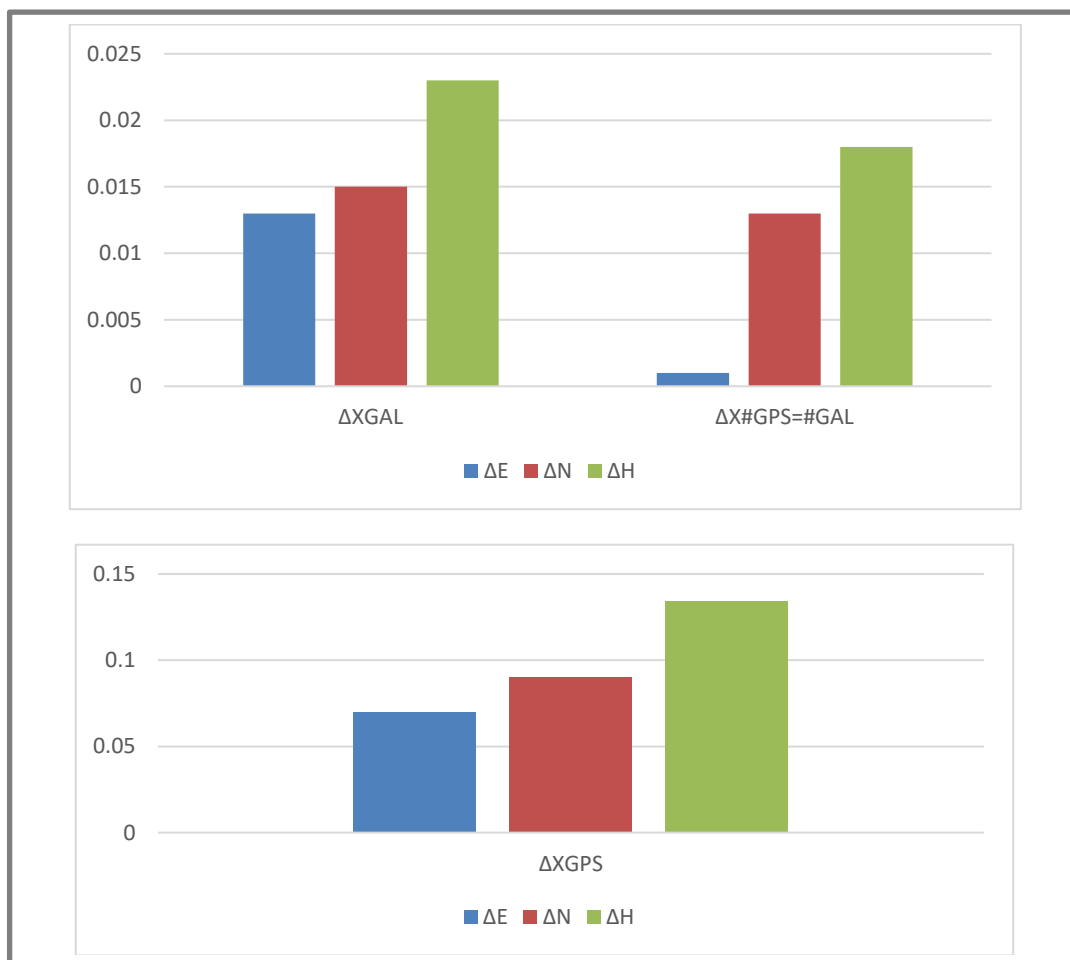


Εικόνα 4. 128 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 3

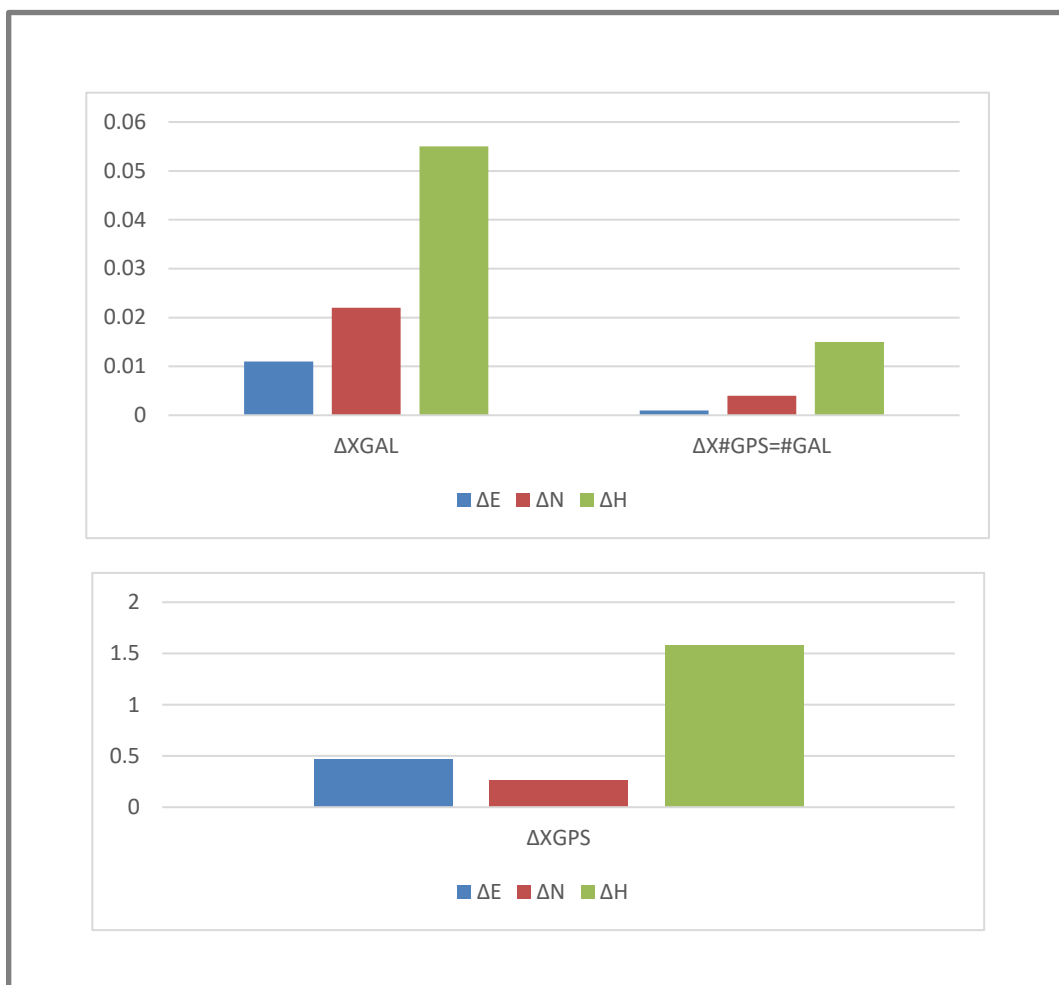


Στη συνέχεια έγινε ανάλυση των αποτελεσμάτων όσο αφορά τις συντεταγμένες. Συγκεκριμένα θεωρήθηκαν ως σωστές οι συντεταγμένες και συντεταγμένες αναφοράς, εκείνες με την χρήση όλων των δορυφόρων και στην συνέχεια βρέθηκαν οι διαφορές τους. Αρχικά βρέθηκαν οι διαφορές των συντεταγμένων αναφοράς με εκείνες με την επίλυση με την χρήση του συστήματος Galileo, στην συνέχεια με χρήση δορυφόρων GPS με ίσο αριθμό δορυφόρων με το Galileo. Τέλος βρέθηκαν οι διαφορές των συντεταγμένων αναφοράς με εκείνων με την χρήση όλων των δορυφόρων Galileo.

Όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα τόσο στα Φυλλάματα 4 όσο και στα Φυλλάματα 5, οι επιλύσεις με την χρήση δορυφόρων Galileo, αλλά και με την χρήση ίσο αριθμό δορυφόρων με εκείνων που έκανε λήψη το σύστημα Galileo, δίνουν καλά αποτελέσματα, με την δεύτερη περίπτωση να υπερτερεί. Αντίθετα, όσο αφορά την επίλυση με την χρήση όλων των δορυφόρων GPS και στις δύο περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι με αρκετά μεγάλες διαφορές με την δεύτερη περίπτωση να ξεπερνάει ακόμα και το 1.5 μέτρο.



Εικόνα 4. 129 - Ακρίβεια συντεταγμένων Φυλλάματα 4



Εικόνα 4. 130 - Ακρίβεια συντεταγμένων Φυλλάματα 5

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω, για τις μετρήσεις κάτω από Φυλλάματα, είναι τα αποτελέσματα τόσο με την χρήση του συστήματος Galileo όσο και με την χρήση όλων των δορυφόρων δίνουν αρκετά καλές ακρίβειες, με το σύστημα Galileo να υπερτερεί σε ορισμένες περιπτώσεις. Επιπλέον όσο αφορά τις συντεταγμένες, αν θεωρηθούν οι πιο σωστές επιλύσεις εκείνες με όλους τους δορυφόρους τότε τα αμέσως καλύτερα αποτελέσματα είναι εκείνα με την χρήση δορυφόρων GPS με ίσο αριθμό με εκείνων του Galileo και ακολουθούν τα αποτελέσματα με την χρήση δορυφόρων Galileo. Τέλος τα αποτελέσματα με την χρήση δορυφόρων GPS, δεν μπορούν να ληφθούν σοβαρά υπόψη καθώς και στις δύο περιπτώσεις δίνουν μεγάλες διαφορές, με την μια από τις δύο περιπτώσεις να ξεπερνάει και το 1.5 μέτρα.

## Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα

Ο σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνηθεί το Ευρωπαϊκό Σύστημα Galileo για μετρήσεις σε περιοχές με βλάστηση. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μελέτη σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα μετρήσεων και εξετάστηκε η λήψη σήματος κάτω από φυλλώματα δέντρων. Στην πρώτη μελέτη η θέση όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν στην περιοχή του Αιγάλεω και συγκεκριμένα στο νότιο χώρο στάθμευσης της Πανεπιστημιούπολης 1. Εκεί δημιουργήθηκε μια στάση, όπου το όργανο τοποθετήθηκε σε σημείο με ανοιχτό ορίζοντα και στη συνέχεια ο δεύτερος δέκτης τοποθετήθηκε σε τρεις στάσεις, με τρεις διαφορετικές περιπτώσεις φυλλωμάτων. Η δεύτερη μελέτη, πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία. Δηλαδή τοποθετήθηκε το όργανο σε θέση ανοιχτού ορίζοντα και στη συνέχεια σε δυο διαφορετικές περιπτώσεις φυλλωμάτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύονται παρακάτω.

Αρχικά είναι ήδη γνωστό ότι κάτω από φυλλώματα δέντρων δεν είναι εφικτή η ακέραιη λήψη σήματος, διότι υπάρχει η παρεμβολή των φυλλωμάτων. Ανάλογα το φύλλωμα, σε άλλες περιπτώσεις υπήρχε καλύτερη λήψη, σε άλλες πολύ κακή. Ανεξαρτήτως συστήματος λήψης και χρησιμοποιώντας τις πρωταρχικές συχνότητες, φάνηκε ότι όσο ανέβαινε το ποσοστό επικάλυψης με φυλλώματα τόσο το σήμα επηρεαζόταν, όπως μπορεί κανείς να δει και στον πίνακα 5.1. Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο αφορά την στάση φυλλώματα 3 με 65% κάλυψη φυλλωμάτων που έχει ελάχιστο SNR 30 dB, ενώ τα φυλλώματα 4 έχουν 30.2 dB με κάλυψη 75%, αυτό συμβαίνει επειδή πάντα εξετάζονται οι δορυφόροι όπου βρισκόντουσαν στην περιοχή εμποδίου.

Πίνακας 5. 1. Ποσοστό κάλυψης φυλλωμάτων σε σχέση με το SNR

ΣΤΑΣΗ	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΩΜΑΤΩΝ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ SNR(dB)
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1	60%	32.75
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2	50%	46.5
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3	65%	30
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4	75%	30.2
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5	90%	29.3

Στη συνέχεια παρατηρήθηκε το γεγονός ότι το σύστημα Galileo είχε σχεδόν πάντα πιο αδύναμη λήψη στην πρωταρχική συχνότητα E1 σε σχέση με την L1 του συστήματος Galileo, ενώ αντίθετα τις περισσότερες φορές υπερερούσε σημαντικά στην E5 έναντι της L2, ενώ η σύγκριση για την E5 με την L5 που εξετάστηκε για τις δύο τελευταίες περιπτώσεις, φαίνεται πως υπερερεί ελαφρά η δεύτερη. Τα παρακάτω φαίνονται στον πίνακα 5.2 και 5.3. Για παράδειγμα φαίνεται ότι για την στάση Φυλλώματα 4 η χειρότερη περίπτωση ήταν η L2 να μην καταφέρει να κάνει λήψη, ενώ η χειρότερη λήψη της E1 ήταν τα 30.4 dB. Οι παρακάτω πίνακες έχουν δημιουργηθεί με δεδομένα από όλους τους δορυφόρους σε κάθε μια από τις στάσεις και μια στήλη δεν αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο δορυφόρο.

Πίνακας 5. 2 Ελάχιστα SNR σε E1-E5 και L1-L2-L5

ΣΤΑΣΗ	MIN-E1	MIN-E5	MIN-L1	MIN-L2	MIN-L5
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1	45.5	48.25	32.75	17.5	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2	51.25	49.75	46.5	38	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3	46.75	49.15	30	13.25	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4	30.4	46.4	31.2	ΔΕΝ ΠΙΑΝΕΙ	49.5
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5	29.3	29.3	30.5	13.9	40.9

Πίνακας 5. 3 Μέγιστα SNR σε E1-E5 και L1-L2-L5

ΣΤΑΣΗ	MAX-E1	MAX-E5	MAX-L1	MAX-L2	MAX-L5
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1	49.5	49.75	50.75	45.75	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2	52.5	50.75	53	45	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3	49.75	51	53.75	43.5	
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4	45.9	48.7	43.8	45.8	50.9
ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5	52.1	54.2	49.6	49.6	52.9

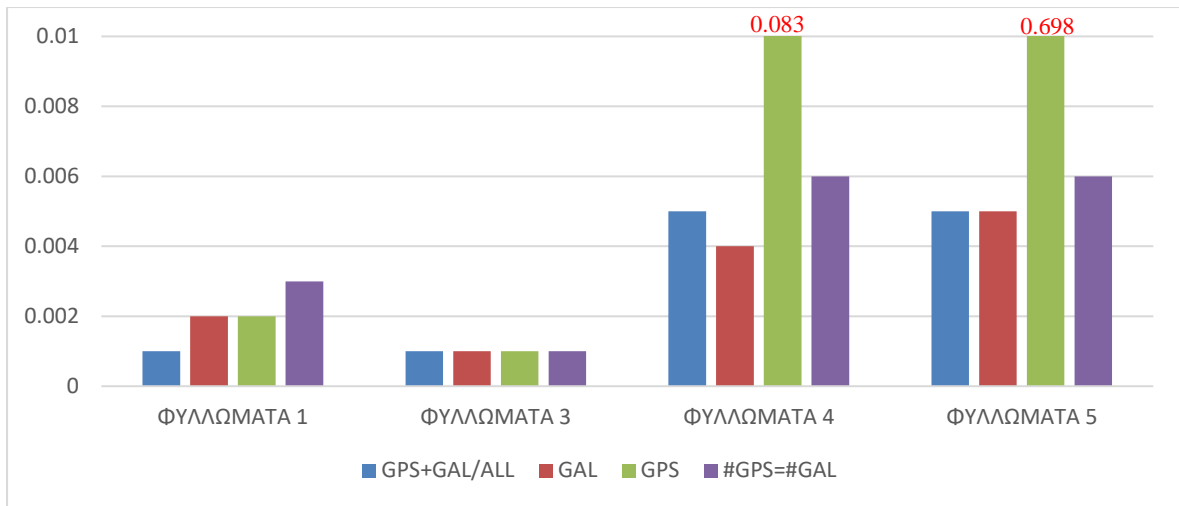
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το σύστημα Galileo φαίνεται να είναι πιο αξιόπιστο κάτω από φυλλώματα δέντρων. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι, επηρεάζεται το σήμα μεν αλλά δεν χάνεται δε, όπως στην περίπτωση φυλλώματα 4 της L2. Σε μελλοντικό στάδιο θα ήταν ενδιαφέρον να ξαναγίνει αντίστοιχη διερεύνηση όταν θα εκπέμπουν όλοι οι δορυφόροι GPS την L5.

Τέλος όσο αφορά τις ακρίβειες των συντεταγμένων, που ενδιαφέρουν τους τοπογράφους αλλά και γενικότερα αρκετές επιστήμες που ασχολούνται με τις μετρήσεις αρχικά έγινε μελέτη για τις τυπικές αποκλίσεις. Όπως φαίνεται στις εικόνες 5.1, 5.2 και 5.3, οι επιλύσεις με τους δορυφόρους GPS δεν μπορούν να ληφθούν σοβαρά υπόψη, καθώς υπήρχαν λύσεις float και τα σφάλματα είναι κατά συνέπεια πάρα πολύ μεγάλα.

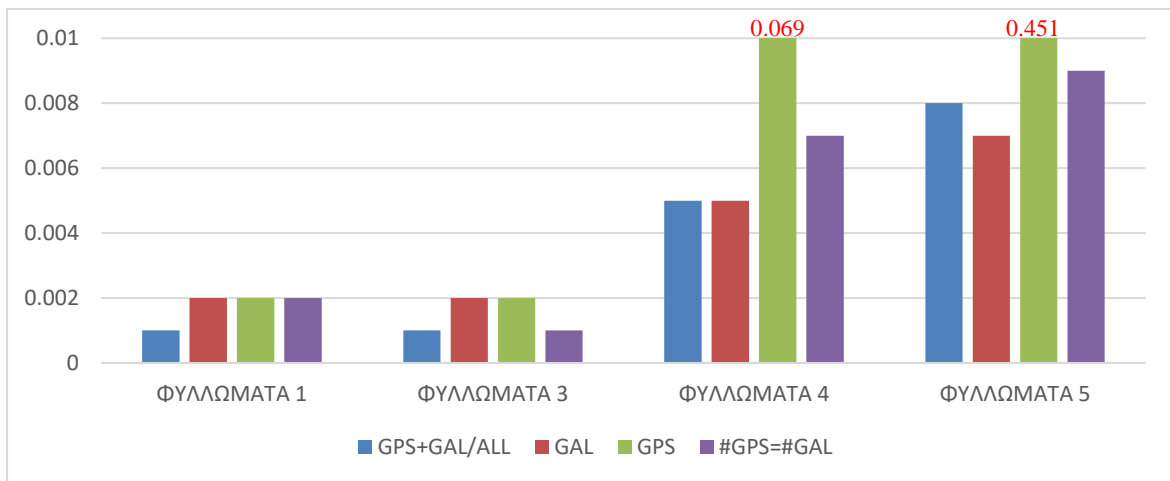
Όσο αφορά το σύστημα Galileo, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, έχει αρκετά καλά αποτελέσματα αφού οι λύσεις ήταν πάντα fixed και τις περισσότερες φορές δίνουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Από όλα αυτά προκύπτει ότι το σύστημα Galileo, είναι αξιόπιστο για μετρήσεις κάτω από φυλλώματα δέντρων σε σχέση με το σύστημα GPS.

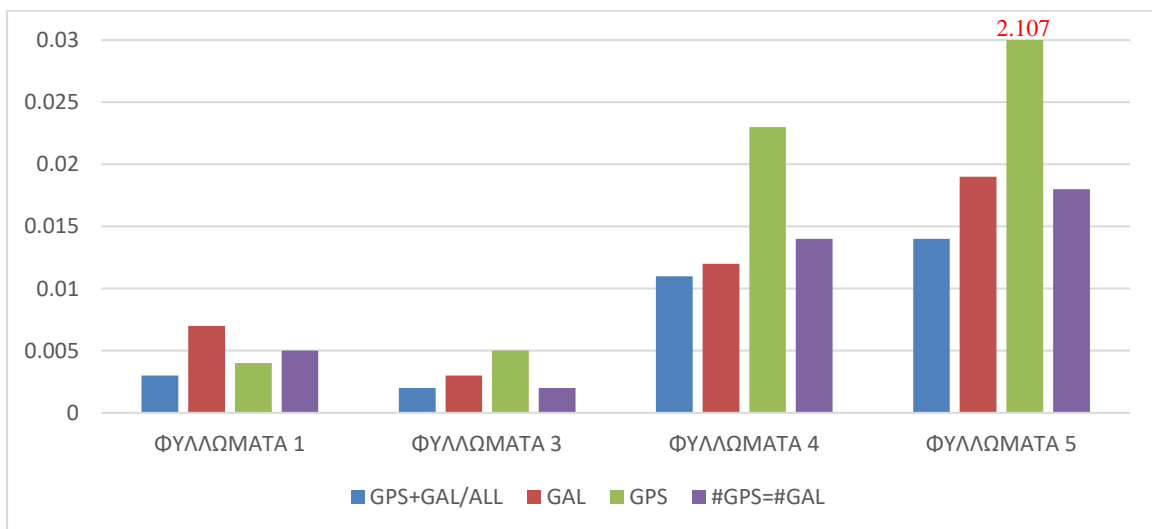
Τα παρακάτω διαγράμματα έχουν δημιουργηθεί σύμφωνα με αυτά που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4. Επομένως όσο αφορά την μπλε γραμμή, για τα Φυλλώματα 1-3, πρόκειται για επίλυση με δορυφόρους GPS και Galileo, ενώ για τα Φυλλώματα 4 και 5, πρόκειται για επίλυση με όλους τους ορατούς δορυφόρους.



Εικόνα 5. 1 - Τυπική απόκλιση σΔΕ για όλες τις περιπτώσεις



Εικόνα 5. 2 - Τυπική απόκλιση σΔΝ για όλες τις περιπτώσεις



Εικόνα 5. 3 - Τυπική απόκλιση σΔΗ για όλες τις περιπτώσεις

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν όσο αφορά τις συντεταγμένες στις στάσεις ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 και ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5, όπου έγινε και η περαιτέρω μελέτη τους, οι επιλύσεις με την χρήση δορυφόρων Galileo, αλλά και με τη χρήση με ίσο αριθμό δορυφόρων με εκείνων που έκανε λήψη το σύστημα Galileo, δίνουν καλά αποτελέσματα, με την δεύτερη περίπτωση να υπερτερεί. Αντίθετα, όσο αφορά την επίλυση με την χρήση όλων των δορυφόρων GPS και στις δύο περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι με αρκετά μεγάλες διαφορές με την δεύτερη περίπτωση να ξεπερνάει ακόμα και το 1.5 μέτρο.

Τα τελικά συμπεράσματα έδειξαν ότι για μετρήσεις κάτω από φυλλώματα, τόσο με την χρήση του συστήματος Galileo όσο και με την χρήση όλων των δορυφόρων προκύπτουν αρκετά καλές ακρίβειες, με το σύστημα Galileo να υπερτερεί σε ορισμένες περιπτώσεις. Αντίθετα το σύστημα GPS υπό ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες δεν μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο του, καθώς προκύπτουν λύσεις float και τα σφάλματα είναι μεγάλα.

Μελλοντικά, όπου το σύστημα Galileo θα έχει ολοκληρωθεί με συνολικά 30 δορυφόρους, οι λήψεις κάτω από φυλλώματα μόνο με την χρήση του θα μπορούν πιθανότατα να δίνουν ένα πολύ καλύτερο αποτέλεσμα από το σημερινό.

# Κεφάλαιο 6 – Ευρετήριο εικόνων και πινάκων

## Ευρετήριο Εικόνων

### Κεφάλαιο 1

Εικόνα 1. 1 - Συστήματα GPS (NASA, 2020).....	10
Εικόνα 1. 2 - Δορυφόροι συστήματος GLONASS (Glonass, 2021). ....	11
Εικόνα 1. 3 - Σύστημα beidou (Beidou, 2020). ....	11
Εικόνα 1. 4 - Σύστημα NAVIC (geospatialworld, 2019). ....	12
Εικόνα 1. 5 - Σύστημα QZSS (Navipedia, 2018).....	12

### Κεφάλαιο 2

Εικόνα 2. 1- Σύστημα Galileo (eoPortal, 2002).....	14
Εικόνα 2. 2 - Δορυφόρος Galileo (eoPortal, 2002). ....	15
Εικόνα 2. 3 - Ανατομία δορυφορου Galileo (navipedia, 2011).....	16
Εικόνα 2. 4 - Το δορυφορικό σήμα (EU, 2021, p. 3). ....	19
Εικόνα 2. 5 Ελάχιστα και μέγιστα λαμβανόμενα επίπεδα ισχύος στο έδαφος (EU, 2021, p. 11).....	20
Εικόνα 2. 6 - Το σύστημα LFSR (EU, 2021).....	23
Εικόνα 2. 7 - Η αρχιτεκτονική ενός δέκτη Galileo (navipedia, 2011). ....	25

### Κεφάλαιο 3

Εικόνα 3. 1 - Υπηρεσίες διάσωσης του Galileo (Maritime, 2020). ....	27
Εικόνα 3. 2 - Επιστημονικές εφαρμογές των GNSS (eoPortal, 2002). ....	28
Εικόνα 3. 3 - Εφαρμογές στην γεωργία (esa, 2017). ....	29
Εικόνα 3. 4 - Εφαρμογές στην αλιεία (esa, 2015).....	30

### Κεφάλαιο 4

Εικόνα 4. 1 - Περιοχή μετρήσεων. (Google, 2021) .....	32
Εικόνα 4. 2 – Σημεία μετρήσεων. (Google, 2021) .....	32
Εικόνα 4. 3 - Στάση “Ανοικτού ορίζοντα” .....	33
Εικόνα 4. 4 – Στάση “Φυλλώματα 1” .....	34
Εικόνα 4. 5 – “Στάση Φυλλώματα 1”: λεπτομέρεια ουρανού.....	34
Εικόνα 4. 6 – Στάση “Φυλλώματα 2” .....	35
Εικόνα 4. 7 – Στάση “Φυλλώματα 3” .....	35
Εικόνα 4. 8 – Δέκτες. Πηγή: (Javad, 2020) .....	36
Εικόνα 4. 9 - Διαδρομές δορυφόρων G03 (μπλε γραμμή) και E08 (πράσινη γραμμή) .....	38
Εικόνα 4. 10 - Σύγκριση SNR L1 (G03) και E1 (E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	39
Εικόνα 4. 11 - Σύγκριση SNR L2 (G03) και E5 (E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	39
Εικόνα 4. 12 - Διαδρομές δορυφόρων G01 (πράσινη γραμμή) και E15 (μπλε γραμμή) .....	40



Εικόνα 4. 13 - Σύγκριση SNR L1( G01) και E1( E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	41
Εικόνα 4. 14 - Σύγκριση SNR L2( G01) και E5( E08) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	41
Εικόνα 4. 15 – Διαδρομή δορυφόρου E03.....	43
Εικόνα 4. 16 – Διαδρομή δορυφόρου G22 Εικόνα 4. 17 – Διαδρομή δορυφόρου G31 Εικόνα 4. 18 – Διαδρομή δορυφόρου G14.....	43
Εικόνα 4. 19 - SNR E1, του δορυφόρου E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	44
Εικόνα 4. 20 - SNR E5, του δορυφόρου E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	44
Εικόνα 4. 21 - SNR L1, του δορυφόρου G22 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	46
Εικόνα 4. 22 - SNR L2, του δορυφόρου G22 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	46
Εικόνα 4. 23 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G22-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	48
Εικόνα 4. 24 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G22-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	48
Εικόνα 4. 25 - SNR L1, του δορυφόρου G31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	50
Εικόνα 4. 26 - SNR L2, του δορυφόρου G31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	50
Εικόνα 4. 27 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G31-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	52
Εικόνα 4. 28 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G31-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	52
Εικόνα 4. 29 - SNR L1, του δορυφόρου G14 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	53
Εικόνα 4. 30 - SNR L2, του δορυφόρου G14 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	53
Εικόνα 4. 31 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G14-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	55
Εικόνα 4. 32 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G14-E03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 1.....	55
Εικόνα 4. 33 - Διαδρομή δορυφόρου E08 .....	56
Εικόνα 4. 34 - Διαδρομή δορυφόρου G03 Εικόνα 4. 35 - Διαδρομή δορυφόρου G23 ...	56
Εικόνα 4. 36 - SNR E1, του δορυφόρου E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	57
Εικόνα 4. 37 - SNR E5, του δορυφόρου E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	57
Εικόνα 4. 38 - SNR L1, του δορυφόρου G03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	59
Εικόνα 4. 39 - SNR L2, του δορυφόρου G03 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	59
Εικόνα 4. 40 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G14-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	61
Εικόνα 4. 41 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G14-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	61
Εικόνα 4. 42 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	62
Εικόνα 4. 43 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	62
Εικόνα 4. 44 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G23-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	64
Εικόνα 4. 45 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G23-E08 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 2.....	64
Εικόνα 4. 46 - Διαδρομή δορυφόρου E13 .....	65
Εικόνα 4. 47 - Διαδρομή δορυφόρου G09 Εικόνα 4. 48 - Διαδρομή δορυφόρου G17 Εικόνα 4. 49 - Διαδρομή δορυφόρου G23.....	65
Εικόνα 4. 50 - SNR E1, του δορυφόρου E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	66
Εικόνα 4. 51 - SNR E5, του δορυφόρου E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	66
Εικόνα 4. 52 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	68
Εικόνα 4. 53 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	68
Εικόνα 4. 54 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	70
Εικόνα 4. 55 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	70
Εικόνα 4. 56 - SNR L1, του δορυφόρου G17 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	71
Εικόνα 4. 57 - SNR L2, του δορυφόρου G17 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	71
Εικόνα 4. 58 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G17-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	73
Εικόνα 4. 59 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G17-E07 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	73
Εικόνα 4. 60 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	74
Εικόνα 4. 61 - SNR L1, του δορυφόρου G23 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	74
Εικόνα 4. 62 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G23-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	76

Εικόνα 4. 63 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G23-E13 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 3.....	76
Εικόνα 4. 64 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα .....	78
Εικόνα 4. 65 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 1 .....	78
Εικόνα 4. 66 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 3 .....	79
Εικόνα 4. 67 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 3 .....	79
Εικόνα 4. 68 - Περιοχή μετρήσεων. (Google, 2021) .....	80
Εικόνα 4. 69 -Στάσεις μετρήσεων. (Google, 2021) .....	81
Εικόνα 4. 70 - Στάση “Ανοικτού ορίζοντα” .....	82
Εικόνα 4. 71 – Στάση “Φυλλώματα 4” .....	83
Εικόνα 4. 72 – Στάση “Φυλλώματα 4” : λεπτομέρεια ουρανού.....	84
Εικόνα 4. 73 -Στάση “Φυλλώματα 5” .....	85
Εικόνα 4. 74 -Στάσεις “Φυλλώματα 5” : λεπτομέρεια .....	86
Εικόνα 4. 75 - Στάση “Φυλλώματα 5” : επιπλέον λεπτομέρεια .....	86
Εικόνα 4. 76 – Δέκτες Trimble R8s. Πηγή: (rimble, 2021).....	87
Εικόνα 4. 77 - Διαδρομές δορυφόρων G09 (μπλε γραμμή) και E05 (πράσινη γραμμή) .....	88
Εικόνα 4. 78 - Σύγκριση SNR L1(G09) και E1(E05) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	89
Εικόνα 4. 79 - Σύγκριση SNR L2(G09) και E5(E05) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	90
Εικόνα 4. 80 - Σύγκριση SNR L5(G09) και E5(E05) για την στάση ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, δίνονται επίσης οι γωνίες ανύψωσης (προσεγγιστικά) .....	91
Εικόνα 4. 81 - Διαδρομή δορυφόρου E31	Εικόνα 4. 82 - Διαδρομή δορυφόρου G16.....
Εικόνα 4. 83 - SNR E1, του δορυφόρου E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	93
Εικόνα 4. 84 - SNR L1, του δορυφόρου G16 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	94
Εικόνα 4. 85 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G16-E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	94
Εικόνα 4. 86 - SNR E5, του δορυφόρου E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 .....	96
Εικόνα 4. 87 - SNR L2, του δορυφόρου G16 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	96
Εικόνα 4. 88 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G16-E31 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	97
Εικόνα 4. 89 - Διαδρομή δορυφόρου E31	Εικόνα 4. 90 – Διαδρομή δορυφόρου G16 .....
Εικόνα 4. 91 - SNR E1, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	98
Εικόνα 4. 92 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	99
Εικόνα 4. 93 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	99
Εικόνα 4. 94 - SNR E5, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 .....	101
Εικόνα 4. 95 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	101
Εικόνα 4. 96 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	102
Εικόνα 4. 97 - SNR L5, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	103
Εικόνα 4. 98 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	103
Εικόνα 4. 99 - Διαδρομή δορυφόρου E31 .....	105
Εικόνα 4. 100 - Διαδρομή δορυφόρου G16 .....	105
Εικόνα 4. 101 - SNR E1, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	106
Εικόνα 4. 102 - SNR L1, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	106
Εικόνα 4. 103 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	107
Εικόνα 4. 104 - SNR E5, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4 .....	108
Εικόνα 4. 105 - SNR L2, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	108
Εικόνα 4. 106 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G04-E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	109
Εικόνα 4. 107 - SNR L5, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	110
Εικόνα 4. 108 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 4.....	111
Εικόνα 4. 109 - SNR E1, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 .....	112
Εικόνα 4. 110 - SNR L1, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	113

Εικόνα 4. 111 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	113
Εικόνα 4. 112 - SNR E5, του δορυφόρου E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 .....	115
Εικόνα 4. 113 - SNR L2, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	115
Εικόνα 4. 114 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	116
Εικόνα 4. 115 - SNR L5, του δορυφόρου G09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	117
Εικόνα 4. 116 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	117
Εικόνα 4. 117 - SNR E1, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 .....	119
Εικόνα 4. 118 - SNR L1, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	119
Εικόνα 4. 119 - SNR L1-E1, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	120
Εικόνα 4. 120 - SNR E5, του δορυφόρου E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5 .....	121
Εικόνα 4. 121 - SNR L2, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	121
Εικόνα 4. 122 - SNR L2-E5, των δορυφόρων G04-E09 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	122
Εικόνα 4. 123 - SNR L5, του δορυφόρου G04 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	123
Εικόνα 4. 124 - SNR L5-E5, των δορυφόρων G09-E05 για την στάση ΦΥΛΛΩΜΑΤΑ 5.....	123
Εικόνα 4. 125 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 4 .....	126
Εικόνα 4. 126 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 1 .....	126
Εικόνα 4. 127 - Τυπικές αποκλίσεις βάσης Base-Φυλλώματα 5 .....	127
Εικόνα 4. 128 - Ακρίβεια μετρήσεων Base-Φυλλώματα 3 .....	127
Εικόνα 4. 129 - Ακρίβεια συντεταγμένων Φυλλώματα 4 .....	128
Εικόνα 4. 130 - Ακρίβεια συντεταγμένων Φυλλώματα 5 .....	129

## Κεφάλαιο 5

Εικόνα 5. 1 - Τυπική απόκλιση σΔΕ για όλες τις περιπτώσεις.....	133
Εικόνα 5. 2 - Τυπική απόκλιση σΔΝ για όλες τις περιπτώσεις .....	133
Εικόνα 5. 3 - Τυπική απόκλιση σΔΗ για όλες τις περιπτώσεις .....	133

# Ευρετήριο Πινάκων

## Κεφάλαιο 1

Πίνακας 1. 1 Οι φέρουσες συχνότητες του GPS. (Penttinen, 2015).....	10
---	----

## Κεφάλαιο 2

Πίνακας 2. 1 - Φέρουσες συχνότητες .....	19
Πίνακας 2. 2 - Οι πρωτογενείς κώδικες.....	23

## Κεφάλαιο 4

Πίνακας 4. 1 – Χρόνος μέτρησης για κάθε στάση .....	33
Πίνακας 4. 2 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E03 στην E1 .....	45
Πίνακας 4. 3 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E03 στην E5 .....	45
Πίνακας 4. 4 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G22 στην L1 .....	47
Πίνακας 4. 5 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G22 στην L2 .....	47
Πίνακας 4. 6 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G31 στην L1 .....	51
Πίνακας 4. 7– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G31 στην L2.....	51
Πίνακας 4. 8 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G14 στην L1.....	54
Πίνακας 4. 9 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G14 στην L2.....	54
Πίνακας 4. 10 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E08 στην E1 .....	58
Πίνακας 4. 11 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E08 στην E5 .....	58
Πίνακας 4. 12 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L1.....	60
Πίνακας 4. 13 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L2.....	60
Πίνακας 4. 14 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L1.....	63
Πίνακας 4. 15 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G03 στην L2.....	63
Πίνακας 4. 16 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E13 στην E1 .....	67
Πίνακας 4. 17 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E13 στην E5 .....	67
Πίνακας 4. 18 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1.....	69
Πίνακας 4. 19 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2.....	69
Πίνακας 4. 20 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1.....	72
Πίνακας 4. 21 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G17 στην L2.....	72
Πίνακας 4. 22 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G23 στην L1.....	75
Πίνακας 4. 23 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G23 στην L2.....	75
Πίνακας 4. 24 – Χρόνος μέτρησης για κάθε στάση .....	81
Πίνακας 4. 25 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους G03, E08 στην L1-E1 .....	89
Πίνακας 4. 26 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους G03, E08 στην L1-E1 .....	90
Πίνακας 4. 27 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον τους G03, E08 στην L1-E1 .....	91
Πίνακας 4. 28 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E31 στην E1 .....	95
Πίνακας 4. 29 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G16 στην L1.....	95
Πίνακας 4. 30 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E31 στην E5 .....	97
Πίνακας 4. 31– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G16 στην L2.....	97
Πίνακας 4. 32 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1 .....	100
Πίνακας 4. 33 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1.....	100
Πίνακας 4. 34 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	102
Πίνακας 4. 35 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2.....	102
Πίνακας 4. 36– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	104
Πίνακας 4. 37 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2.....	104

Πίνακας 4. 38 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1 .....	107
Πίνακας 4. 39 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1 .....	107
Πίνακας 4. 40 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	109
Πίνακας 4. 41 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	109
Πίνακας 4. 42– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	111
Πίνακας 4. 43 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	111
Πίνακας 4. 44 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1 .....	114
Πίνακας 4. 45 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1 .....	114
Πίνακας 4. 46 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	116
Πίνακας 4. 47 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	116
Πίνακας 4. 48– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	118
Πίνακας 4. 49 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	118
Πίνακας 4. 50 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E1 .....	120
Πίνακας 4. 51 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L1 .....	120
Πίνακας 4. 52 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	122
Πίνακας 4. 53 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	122
Πίνακας 4. 54– Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον E05 στην E5 .....	124
Πίνακας 4. 55 – Μέγιστες και ελάχιστες τιμές SNR για τον G09 στην L2 .....	124

## Κεφάλαιο 5

Πίνακας 5. 1. Ποσοστό κάλυψης φυλλωμάτων σε σχέση με το SNR .....	130
Πίνακας 5. 2 Ελάχιστα SNR σε E1-E5 και L1-L2-L5 .....	131
Πίνακας 5. 3 Μέγιστα SNR σε E1-E5 και L1-L2-L5 .....	131

## **Κεφάλαιο 7 – Βιβλιογραφία – Πηγές**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

Φωτίου Α. και Πικρίδας Χ. (2012): «GPS και ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Έκδοση 2<sup>η</sup>, ISBN: 978-960-456-346-3.

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

Benson D. (2006): «GPS L1 C/A Signal Acquisition Analysis», The MITRE Corporation  
[https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/06\\_1183.pdf](https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/06_1183.pdf).

European Space Agency (2021): «European GNSS (Galileo) Open Service, Signal-in-Space Interface Control Document».

Navstar GPS Joint Program Office (2004): « Navstar Global Positioning System - Interface Specification IS-GPS-200 Revision D – 7 December 2004 Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces».

Penttinen J. (2015): «The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems», Εκδόσεις WILEY.

### **Διαδικτυακές πηγές**

Beidou (2020): «Beidou Navigation Satellite System», [beidou.gov.cn/](http://beidou.gov.cn/).

European Space Agency - eoPortal Directory (2020): «Sharing Earth Observation Resources. (Topography Experiment/Poseidon)», <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/t/topex-poseidon>.

European Space Agency (2020): «Earth Observation information discovery platform», [earth.esa.int](http://earth.esa.int).

European Space Agency – Navipedia (2019): «Galileo Space Segment»,  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Space\\_Segment](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment).

European Space Agency (2018): «Linking space to user needs»,  
<https://www.gsa.europa.eu/galileo/applications#:~:text=A%20global%20navigation%20satellite%20system,and%20the%20current%20system%20time>.

European Space Agency (2018): «Applications», <https://www.gsa.europa.eu/galileo/applications>.

European Space Agency (2011): «File: ArchitectureGalileoReceiver.PNG»,  
<https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/File:ArchitectureGalileoReceiver.PNG>

European Union (2015): «MARITIME GNSS MARKET REPORT»,  
[https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/Maritime\\_0.pdf](https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/Maritime_0.pdf).

European Union (2017): «GNSS at the center of a revolution in agriculture»,  
<https://www.gsa.europa.eu/newsroom/news/gnss-centre-revolution-agriculture>.

European Union (2021): «European GNSS (Galileo) initial services», [https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/Galileo\\_OS\\_SDD\\_V1.0\\_final.pdf](https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/Galileo_OS_SDD_V1.0_final.pdf).

INFORMATION AND ANALYSIS CENTER FOR POSITIONING, NAVIGATION AND TIMING  
(2020), <https://www.glonass-iac.ru>.

Google (2021): «google earth», <https://earth.google.com/>.

geospatialworld (2016): «Know all about navigation – The world of GNSS»,  
<https://www.geospatialworld.net/videos/know-navigation-world-gnss/>.

Javad (2020): «Javad Triumph-1», <http://www.javad.com>.

Spirent (2014): «Positioning Application: Why is the GPS minimum received power level -130dBm and not -128.5dBm as per the IS-GPS-200?»,  
[https://support.spirent.com/SpirentCSC/SC\\_KnowledgeView?id=FAQ14116&printer=true#:~:text=Spirents%20GPS%20simulators%20were%20designed,a%20higher%20transmit%20power%20level](https://support.spirent.com/SpirentCSC/SC_KnowledgeView?id=FAQ14116&printer=true#:~:text=Spirents%20GPS%20simulators%20were%20designed,a%20higher%20transmit%20power%20level).

Maritime (2020): «Galileo & Return Link Rescue Solutions»,  
<https://www.oroлиamaritime.com/solutions/galileo-returnlink-rescue/>.

NASA (2020): «Global Positioning System»,  
<https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>.

Trimble (2017): «Trimble R8s Datasheet»,  
<https://geospatial.trimble.com/sites/geospatial.trimble.com/files/2020-10/Datasheet%20-%20Trimble%20R8s%20GNSS%20-%20English%20US%20-%20Screen.pdf> .

United Nations Office for Outer Space (2021): «Global Navigation Satellite Systems (GNSS)»,  
<http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/gnss/gnss.html>.

Wikipedia (2021): «Signal to noise ratio», [https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise\\_ratio](https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio).