

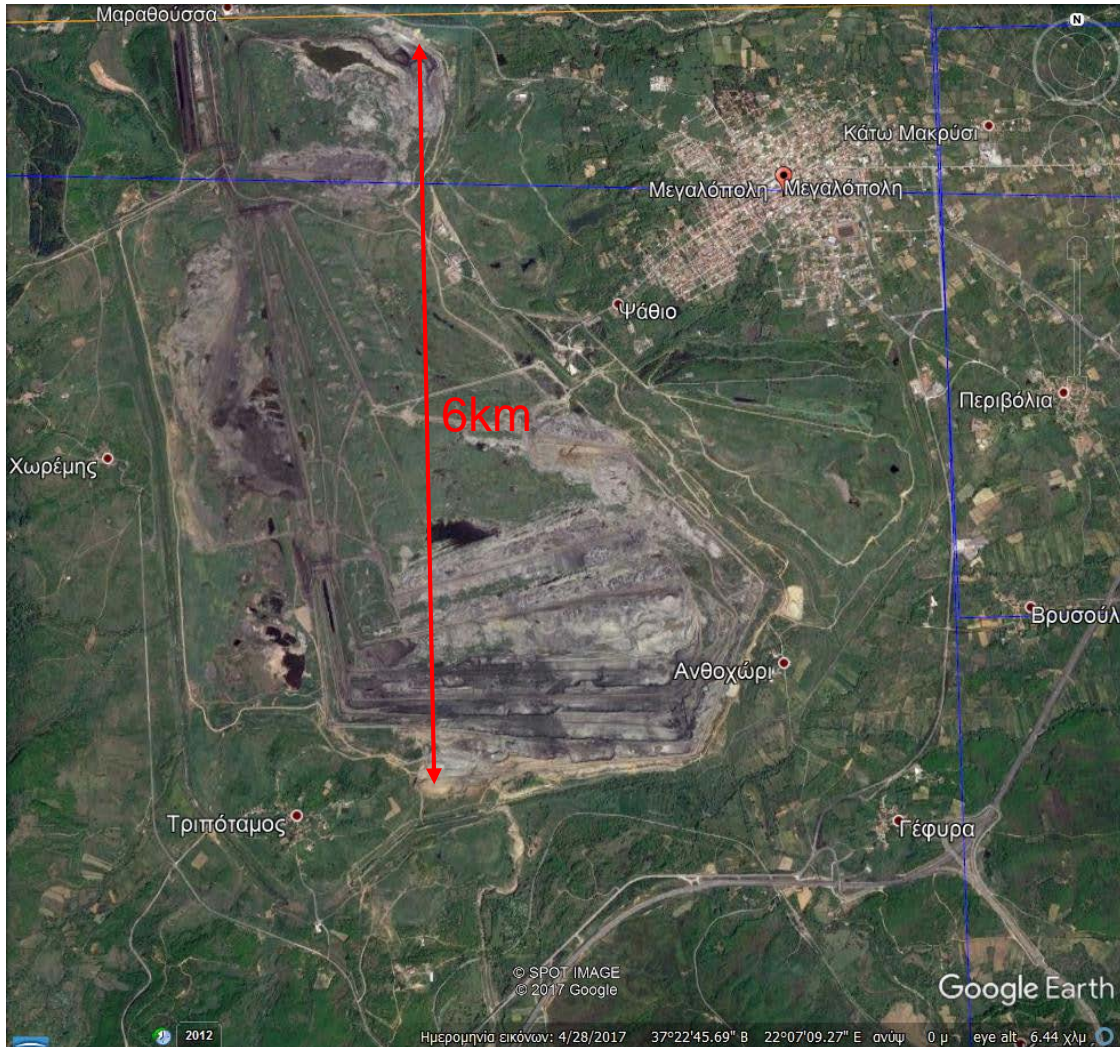
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΙΚΡΟΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ ΠΡΑΝΩΝ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Χ. Ζαχαριάδης¹, Μ. Τσακίρη²

¹. Αγρ. Τοπογράφος Μηχ/κος, τ. υποτομεάρχης ΔΛΚΜ, ΔΕΗ Α.Ε.

². Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχ/κων, ΕΜΠ

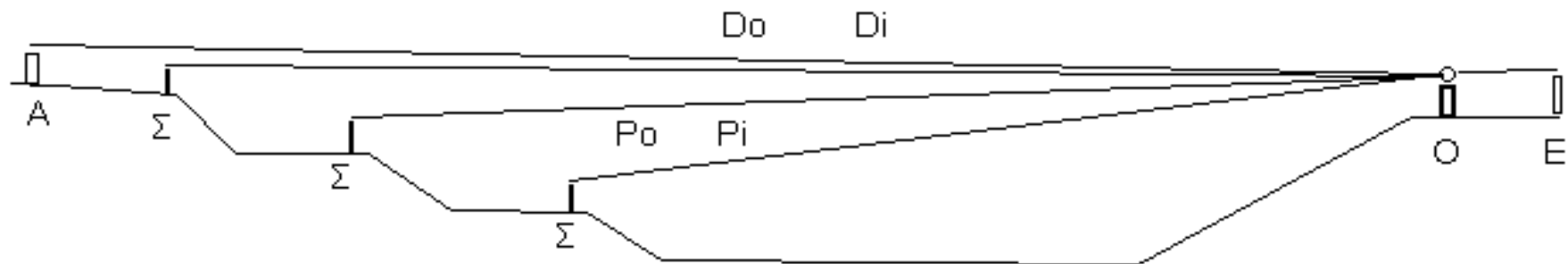
ΑΝΟΙΧΤΑ ΟΡΥΧΕΙΑ ΛΙΓΝΙΤΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ



Απαιτείται παρακολούθηση της μικρομετακίνησής των πρανών μέσω τακτικών πλευρομετρήσεων προκειμένου να υπολογισθεί η ταχύτητά της.

1. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

- Αρχική ημέρα: Μέτρηση D_0 προς βάθρο αναφοράς A
Μέτρηση P_0 προς στόχους Σ
- Τρέχουσα ημέρα: Μέτρηση D_i προς βάθρο αναφοράς A
Μέτρηση P_i προς στόχους Σ
- Συντελεστής διόρθωσης $\alpha = D_0 / D_i$
- Διορθωμένη μέτρηση προς στόχους $P_i^{\text{corr.}} = \alpha \times P_i$
- Διορθωμένη μετακίνηση στόχου $\Delta P = P_0 - P_i^{\text{corr.}}$



ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Κατάσταση πρηνούς (Λεονάρδος, 2003)

Ταχύτητα [mm]	Κατάσταση πρηνούς
0	Σταθερότητα
0 έως 1	Αρχή της κατολίσθησης
1 έως 5	Ελεγχόμενη
6 έως 10	Επιδεινούμενη αλλά ανατάξιμη
11 έως 15	Δυσχερής έλεγχος
16 έως 20	Ελάχιστες δυνατότητες επιτυχούς ελέγχου
άνω των 20	Εκτός ελέγχου. Επικείμενη κατάρρευση

2. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΡΑΝΩΝ & ΕΞΟΡΥΞΗ

- *Τοπογραφικές εργασίες*
Καθημερινές μετρήσεις προς τους στόχους.
Διόρθωση μετρήσεων και υπολογισμός ταχύτητας μετακίνησης.
- *Γεωτεχνικές εργασίες*
Οι επιβλέποντες, μεταλλειολόγος και γεωλόγος, εκτιμούν την επικινδυνότητα και ενημερώνουν αναλόγως τον μεταλλειολόγο μηχανικό της Εκμετάλλευσης ή και την Διοίκηση.
- *Εξορυκτικές εργασίες*
 - Συνεχίζονται βάσει του τρέχοντος σχεδιασμού όταν οι ταχύτητες κρίνονται ασφαλείς.
 - Αλλάζουν ή αναστέλλονται όταν οι ταχύτητες κρίνονται επικίνδυνες.

3. ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

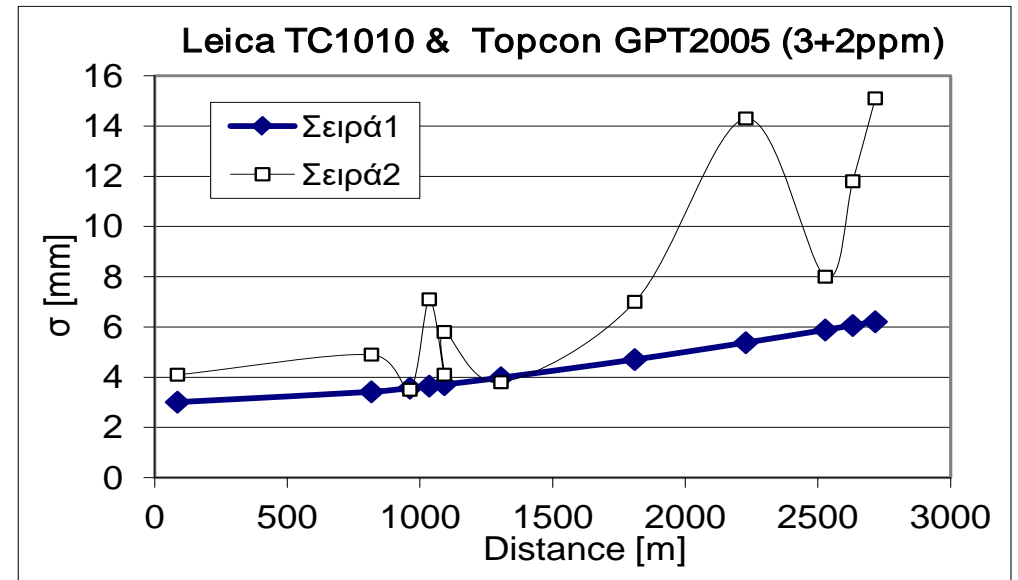
Οι χρησιμοποιηθέντες από τη ΔΛΚΜ (2002 έως 2017), για τις μετρήσεις, γεωδαιτικοί σταθμοί διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες

Ακρίβεια μέτρησης απόστασης [mm]	Γεωδαιτικοί σταθμοί
$\sigma=3+2\text{ppm}$	Leica TC1010, Topcon GPT2005
$\sigma=1+2\text{ppm}$	Leica TCM1800, Leica TC705
$\sigma=0.6+1\text{ppm}$	Leica TM50

3.1 Γεωδαιτικοί σταθμοί ακρίβειας $\sigma=3+2ppm$

Τυπικές αποκλίσεις

Απόσταση [m]	Οργάνου [mm]	Μετρήσεων [mm]	λ
86	3.0	4.1	1.4
817	3.4	4.9	1.4
962	3.6	3.5	1.0
1035	3.6	7.1	1.9
1092	3.7	4.1	1.1
1092	3.7	5.8	1.6
1305	4.0	3.8	1.0
1810	4.7	7.0	1.5
2228	5.4	14.3	2.7
2528	5.9	8.0	1.4
2631	6.1	11.8	1.9
2716	6.2	15.1	2.4
Μέσος όρος:			1.6
Τυπική απόκλιση:			± 0.5



ΕΙΚΟΝΑ 1

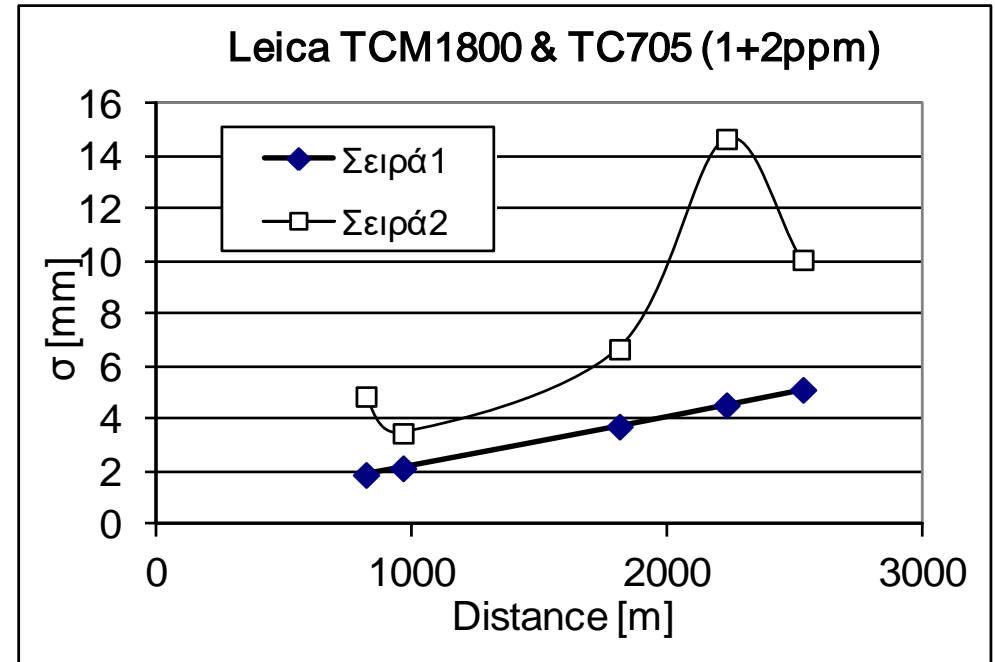
Τυπικές αποκλίσεις οργάνου και μετρήσεων

3.2 Γεωδαιτικοί σταθμοί ακρίβειας $\sigma=1+2ppm$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Τυπικές αποκλίσεις οργάνου, μετρήσεων και λόγος (λ =μετρήσεις/όργανο)

Απόσταση [m]	Οργάνου [mm]	Μετρήσεων [mm]	λ
817	1.9	4.9	2.6
962	2.2	3.5	1.6
1810	3.8	6.7	1.8
2228	4.6	14.7	3.2
2528	5.2	10.1	2.0
Μέσος όρος: 2.2 Τυπική απόκλιση: ± 0.7			



ΕΙΚΟΝΑ 2

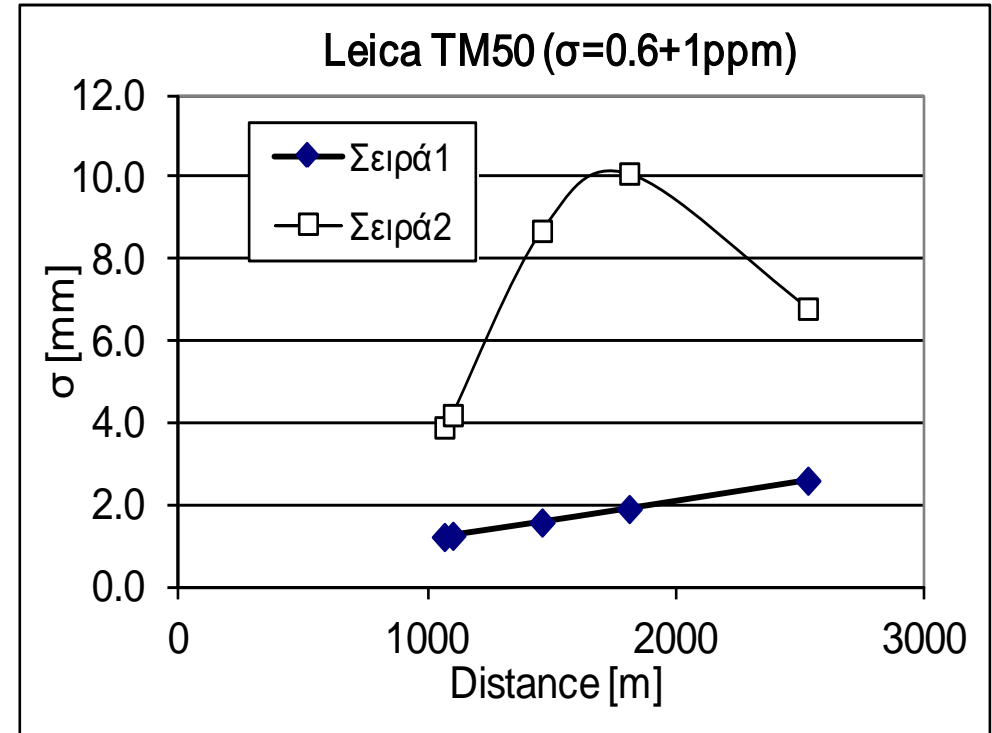
Τυπικές αποκλίσεις οργάνου και μετρήσεων

3.3 Γεωδαιτικός σταθμός ακρίβειας $\sigma=0.6+1\text{ppm}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Τυπικές αποκλίσεις οργάνου, μετρήσεων και λόγος (λ =μετρήσεις/όργανο)

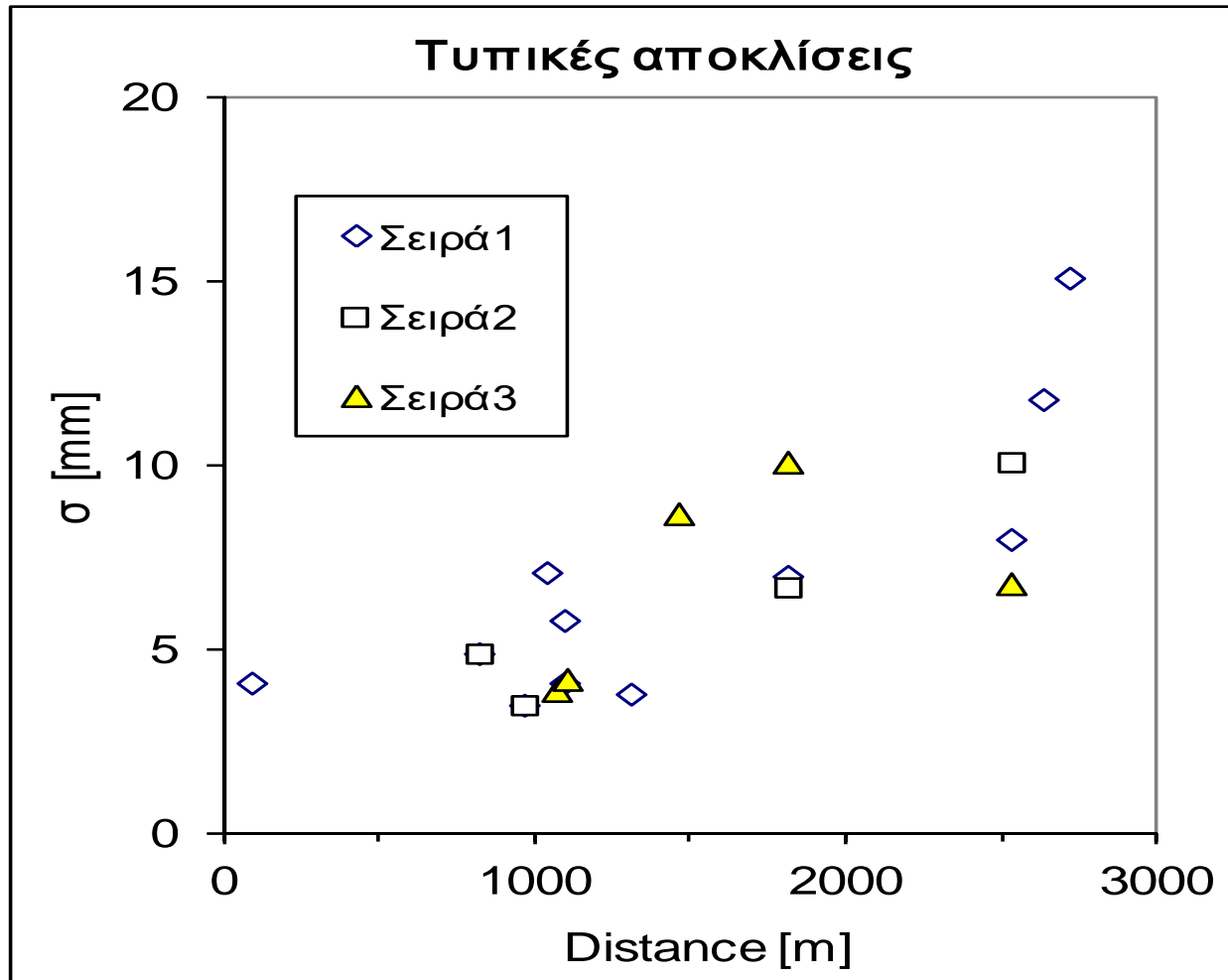
Απόσταση [m]	Οργάνου [mm]	Μετρήσεων [mm]	λ
1066	1.2	3.9	3.2
1100	1.3	4.2	3.4
1459	1.6	8.7	5.5
1809	1.9	10.1	5.3
2528	2.6	6.8	2.6
Μέσος όρος: 4.0 Τυπική απόκλιση: ± 1.3			



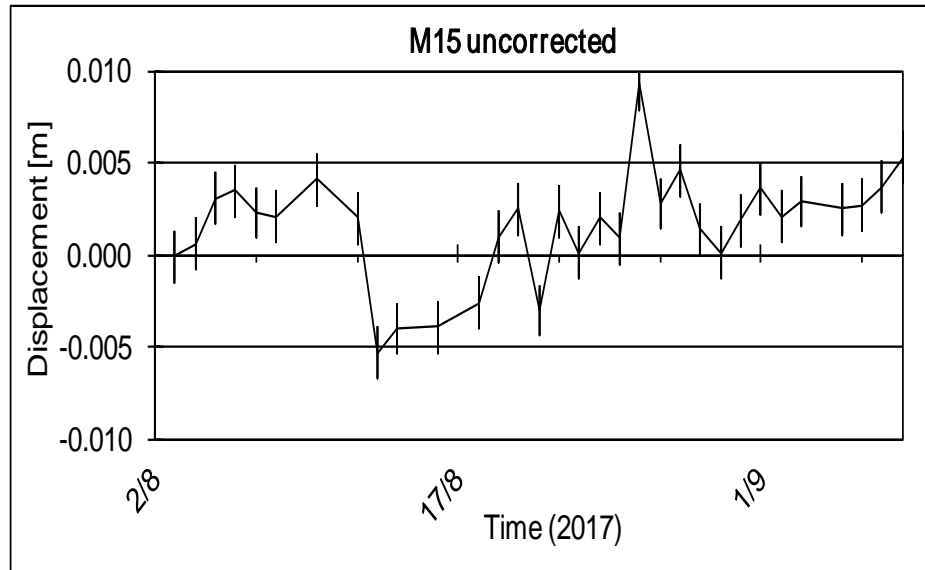
ΕΙΚΟΝΑ 3

Τυπικές αποκλίσεις οργάνου και μετρήσεων

3.4 Σύγκριση τυπικών αποκλίσεων μετρήσεων για τις τρεις ομάδες γεωδαιτικών σταθμών



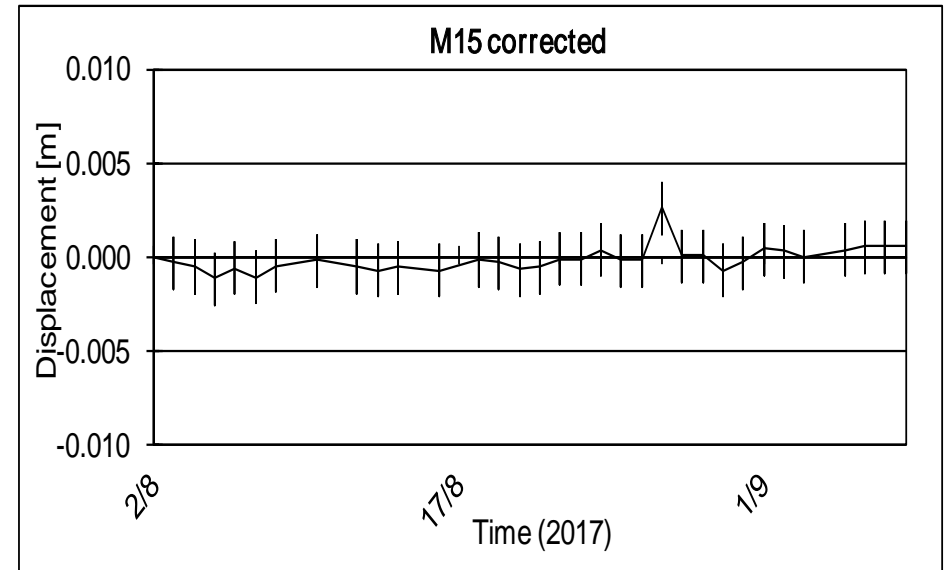
4.1 Μετρήσεις στόχου μεσαίας απόστασης M15 (1287 από όργανο)



ΕΙΚΟΝΑ 5

Μη διορθωμένη μετακίνηση του στόχου M15.

$$\sigma_{\text{uncorr.}} = \pm 2.9 \text{ mm}$$



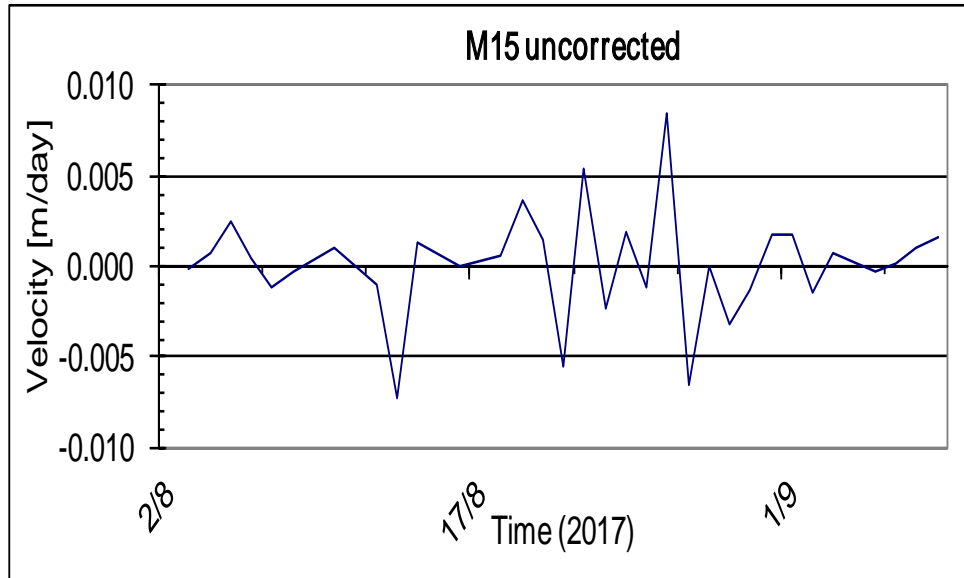
ΕΙΚΟΝΑ 6

Διορθωμένη μετακίνηση του στόχου M15.

$$\lambda = 4.8$$

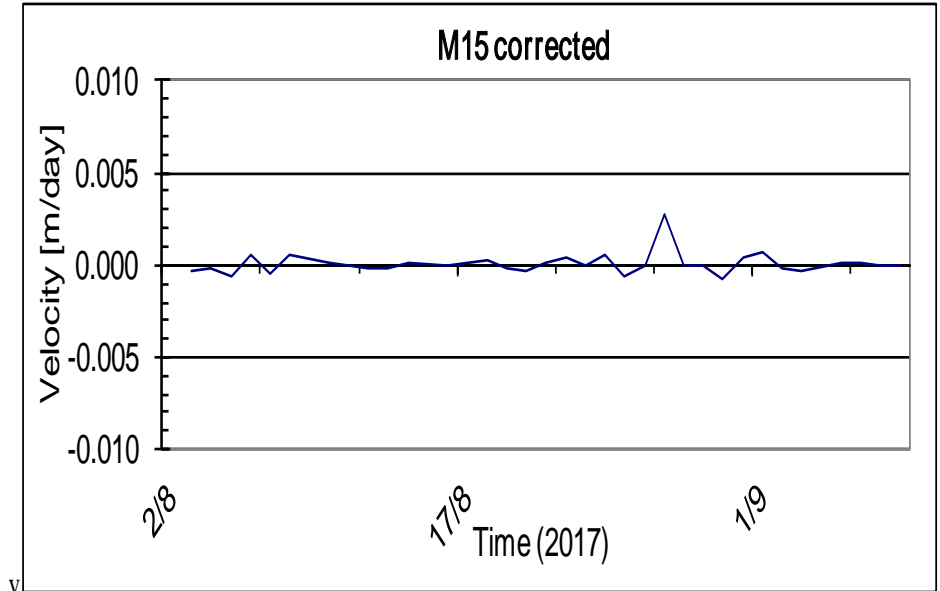
$$\sigma_{\text{corr.}} = \pm 0.6 \text{ mm}$$

4.2 Ταχύτητες στόχου μεσαίας απόστασης M15 (1287 από όργανο)



ΕΙΚΟΝΑ 7

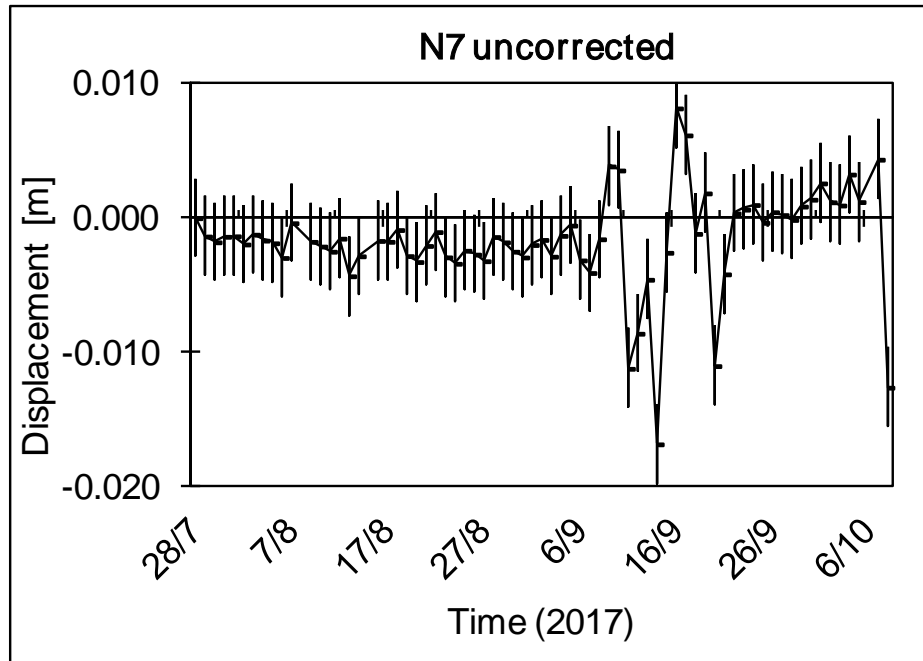
Ταχύτητα μη διορθωμένων μετακινήσεων
του στόχου M15.



ΕΙΚΟΝΑ 8

Ταχύτητα διορθωμένων μετακινήσεων
του στόχου M15.

4.2α Μετρήσεις στόχου μεγάλης απόστασης N7 (2789m από όργανο)

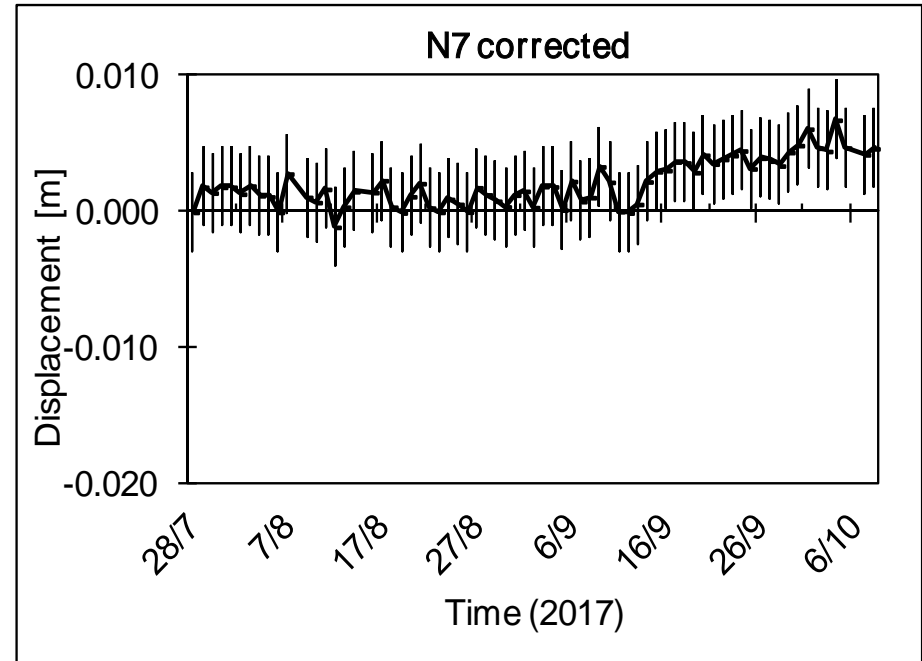


ΕΙΚΟΝΑ 9

Μη διορθωμένη μετακίνηση του στόχου N7.

$$\sigma_{\text{uncorr.}} = \pm 3.7 \text{ mm}$$

$$\lambda = 3.1$$

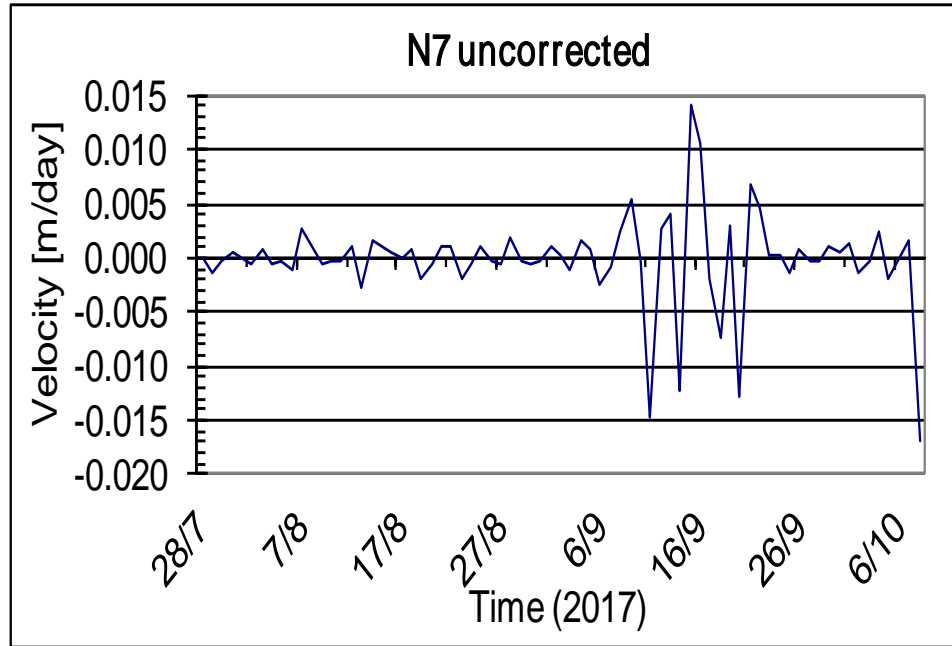


ΕΙΚΟΝΑ 10

Διορθωμένη μετακίνηση του στόχου N7.

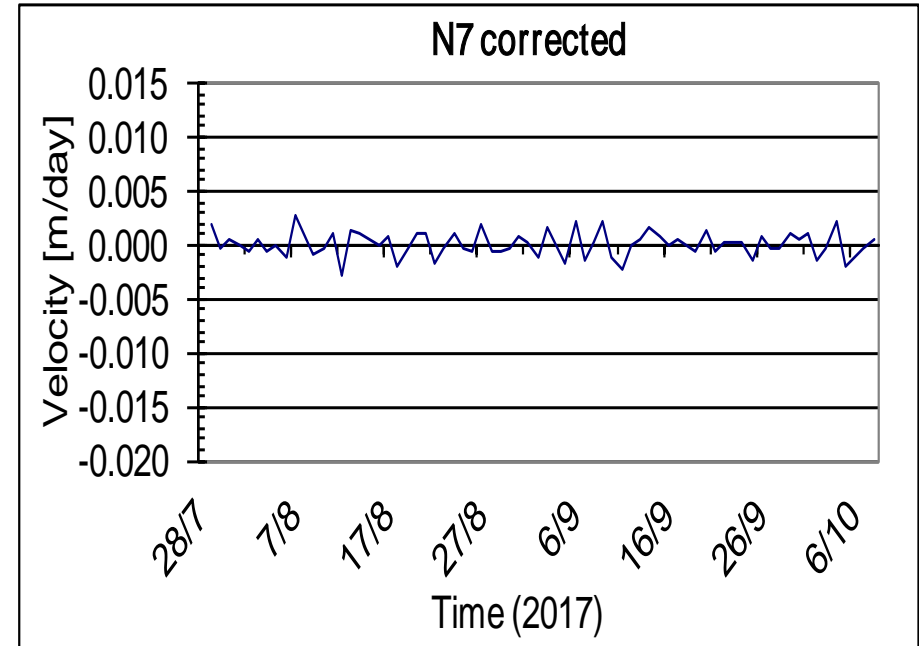
$$\sigma_{\text{corr.}} = \pm 1.2 \text{ mm}$$

4.2β Ταχύτητες στόχου μεγάλης απόστασης N7 (2789m από όργανο)



ΕΙΚΟΝΑ 11

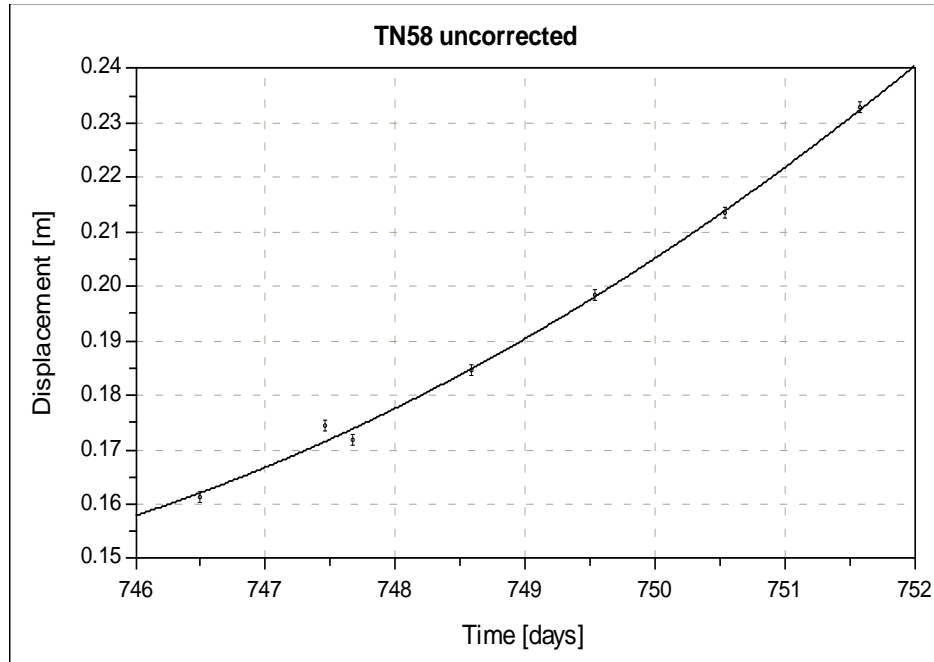
Ταχύτητα μη διορθωμένης μετακίνησης του στόχου N7



ΕΙΚΟΝΑ 12

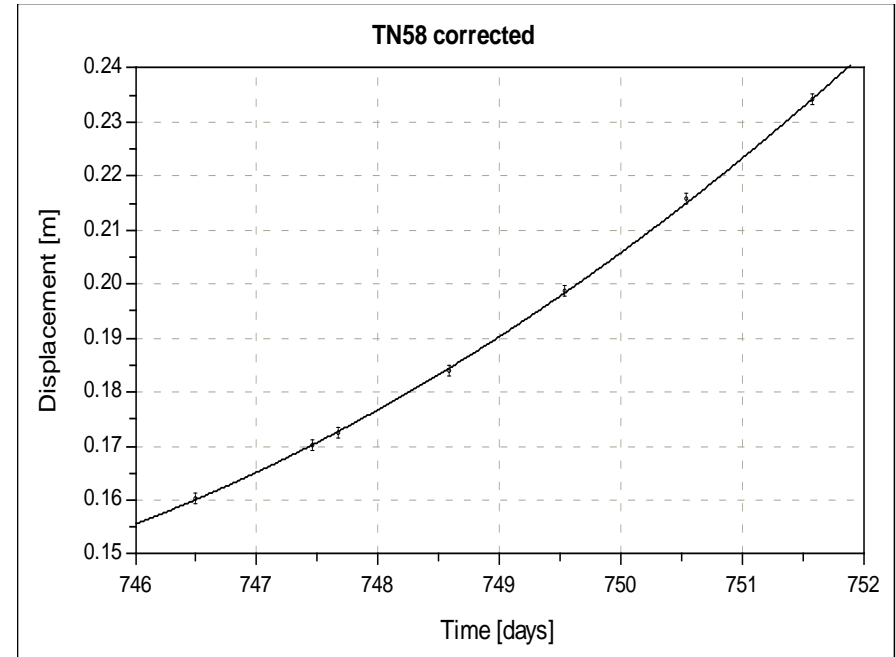
Ταχύτητα διορθωμένης μετακίνησης του στόχου N7

4.3α Προσαρμογή παραβολής $y=a+b(x-c)^2$ ΣΤΟΧΟΣ TN58 (1338m από όργανο)



ΕΙΚΟΝΑ 13

Προσαρμογή παραβολής σε μη διορθωμένες μετακινήσεις του στόχου TN58



ΕΙΚΟΝΑ 14

Προσαρμογή παραβολής σε διορθωμένες μετακινήσεις του στόχου TN58

4.3β Τυπικό σφάλμα (Standard Error) Ταχύτητα και τυπική απόκλιση

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Τυπικό σφάλμα μετρήσεων
(Standard Error)

Στόχος	Μη διορθωμένη	λ	Διορθωμένη
	[m]		[m]
TN40	0.00204	6.0	0.00034
TN44	0.00217	5.7	0.00038
TN46	0.00204	5.4	0.00038
TN51	0.00241	3.4	0.00071
TN58	0.00186	3.7	0.00050
TN59	0.00194	4.0	0.00048
TN61	0.00243	3.7	0.00065
TN64	0.00272	5.2	0.00052
TN65	0.00226	3.0	0.00075
M.O.	0.0022	4.5	0.0005
Τυπ.Απ.	0.0003	1.1	0.0001
Μεγ.	0.0027	6.0	0.0008
Ελαχ.	0.0019	3.0	0.0003

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Ταχύτητα και τυπική απόκλιση αυτής
(21.09.17, 14:20)

Στόχος	Μη διορθωμένη		λ (σ_v)	Διορθωμένη	
	V	σ_v		V	σ_v
	[m/day]	[m/day]		[m/day]	[m/day]
TN40	0.0080	0.00565	5.4	0.0086	0.00104
TN44	0.0145	0.00530	5.4	0.0152	0.00099
TN46	0.0170	0.00524	5.0	0.0175	0.00105
TN51	0.0090	0.00726	3.0	0.0098	0.00239
TN58	0.0188	0.00559	3.6	0.0196	0.00156
TN59	0.0156	0.00390	3.8	0.0157	0.00103
TN61	0.0130	0.00694	3.4	0.0137	0.00203
TN64	0.0078	0.00716	4.4	0.0085	0.00162
TN65	0.0123	0.00798	2.9	0.0133	0.00280
M.O.	0.0129	0.0061	4.1	0.0135	0.0016
Τυπ. Απ.	0.0040	0.0013	1.0	0.0039	0.0007
Μεγ.	0.0188	0.0080	5.4	0.0196	0.0028
Ελαχ.	0.0078	0.0039	2.9	0.0085	0.0010

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Είναι απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση των πρανών και η διόρθωση των μετρήσεων.
- Για τις μετρήσεις αρκεί ένας γεωδαιτικός σταθμός τρέχουσας ακρίβειας.
- Η βελτίωση της ακρίβειας των διορθωμένων τιμών είναι τέσσερις φορές καλύτερη των μη διορθωμένων.
- Η διορθωμένη ταχύτητα ακρίβειας της τάξης $\sigma_v = \pm 1.6 \text{ mm/day}$ κατηγοριοποιείται ευχερώς στον Πίνακα Κατάστασης Πρανούς για ενδεχόμενη λήψη μέτρων.