



Χαράλαμπος Π. Μουζάκης
Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Dr. Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πρώην Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου 15780
Εργαστήριο: +30 210 7721180 Fax: +30 210 7721182
Προσωπικό: +30 210 7721160 Κινητό: +30 6981020370
email: harrismo@central.ntua.gr



**«Μετρήσεις μικροδονήσεων για τον προσδιορισμό της θεμελιώδους και των
ανώτερων ιδιομορφών του Ιερού Ναού του Αγίου Μηνά στη σημερινή του
κατάσταση»**



ΙΟΥΛΙΟΣ 2020



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Ιστορικό	4
2. Εισαγωγή	4
3. Σύντομη περιγραφή του μνημείου	5
4. Σκοπός των μετρήσεων	5
5. Όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις και μέθοδος ανάλυσης	5
6. Αποτελέσματα Μετρήσεων	7
7. Συμπεράσματα	22
8. Βιβλιογραφία	23
[1] https://el.wikipedia.org/wiki	23

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



Το Ερευνητικό Πρόγραμμα «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΙΕΡΟΥ ΝΑΟΥ ΑΓΙΟΥ ΜΗΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ», με Κ.Α. 90100100, πραγματοποιείται με Επιστημονικό Υπεύθυνο τον Καθηγητή κ. Β. Κουμούση.

Η παρούσα τεχνική έκθεση αναφέρεται στις «Μετρήσεις μικροδονήσεων για τον προσδιορισμό της θεμελιώδους και των ανώτερων ιδιομορφών του Ιερού Ναού στη σημερινή του κατάσταση (πριν την εφαρμογή των επεμβάσεων)» και περιγράφει αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των μικροδονήσεων.

2. Εισαγωγή

Η σεισμική συμπεριφορά ενός μνημείου εξαρτάται κύρια από τη σεισμική διέγερση, από τα δυναμικά χαρακτηριστικά του (ιδιοπερίοδοι, ιδιοσχήματα, αποσβέσεις) και από τη σχέση που έχουν οι ιδιοπερίοδοι του με την ή τις δεσπίζουσες περιόδους της σεισμικής δόνησης.

Ο βαθμός βλάβης ενός μνημείου μπορεί να προσδιοριστεί από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ταλαντώσεών της. Ασυνέχεια στην καθ' ύψος ταλάντωση (ασυνέχεια γραμμής παραμόρφωσης και διαφορετικές περίοδοι ταλάντωσης) οφείλεται σε ασυνέχεια της δυσκαμψίας, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλεται σε βλάβη του φέροντα οργανισμού.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι ιδιοπερίοδοι ενός μνημείου από λιθοδομή εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Από τον τρόπο σύνδεσης των φερόντων τοίχων στο επίπεδο και στο χώρο. Καθοριστικό ρόλο έχει η συνεισφορά των ξύλινων μελών αν υπάρχουν στη δυσκαμψία της διαφραγματικής λειτουργίας.
2. Από τις διαστάσεις της κάτοψης του μνημείου και κύρια από το ύψος του.
3. Από τα στοιχεία πλήρωσης του μνημείου.
4. Από το έδαφος και τον τρόπο θεμελίωσης.
5. Από τη σεισμικότητα της περιοχής που βρίσκεται το μνημείο, την διάρκεια ζωής του και το βαθμό των επεμβάσεων σε αυτό.
6. Σε ρηγματωμένα μνημεία, όπου οι ρωγμές διακόπτουν τη συνέχεια των φερόντων τοίχων καθ' ύψος ή στην κάτοψη, το μέγεθος της μεταβολής της δυσκαμψίας και η μεταβολή της δυσκαμψίας καθ' ύψος του μνημείου εξαρτώνται από το μέγεθος, το είδος και τη διασπορά των βλαβών, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σε αυτό.
7. Μετά την επισκευή οι ιδιοπερίοδοι, τα ιδιοσχήματα και οι αντίστοιχες αποσβέσεις εξαρτώνται από το είδος και την έκταση της επισκευής, όπως και από τη μορφή και την έκταση αστοχιών οι οποίες υπάρχουν σε αυτό.
8. Από το πλάτος της ταλάντωσης κατά την απόκριση σε σεισμικές διεγέρσεις, χωρίς όμως αυτό να ισχύει πάντοτε.

Είναι γεγονός ότι όλες οι κατασκευές και το έδαφος επειδή βρίσκονται πάνω στο φλοιό της Γης έχουν μια ταλάντωση. Διέγερση τους είναι οι διάφορες διαταράξεις από το περιβάλλον όπως είναι ο συνηθισμένος άνεμος, τα κύματα της θάλασσας, η επίδραση του ήλιου, οι διάφορες μικροδονήσεις του φλοιού της Γης, η κυκλοφορία και δονήσεις που προέρχονται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου.

Οι δονήσεις αυτές, οι οποίες λέγονται περιβαλλοντικές (ambient vibration), είναι μόνιμες, μικρού πλάτους και το σπουδαιότερο, το πεδίο συχνότητων του φάσματος διέγερσης έχει μεγάλο εύρος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορούν να διεγερθούν πολλές ιδιομορφές του κτιρίου, των οποίων η συχνότητά τους βρίσκεται στο φάσμα αυτό.

3. Σύντομη περιγραφή του μνημείου

Ο Μητροπολιτικός Ναός του Αγίου Μηνά πολιούχου της πόλεως βρίσκεται στο Ηράκλειο της Κρήτης και είναι η έδρα του Αρχιεπίσκοπου Κρήτης. Ο ναός είναι κατασκευασμένος από φέρουσα τοιχοποιία. Ξεκίνησε να χτίζεται στις 25 Μαρτίου 1862, ενώ η κατασκευή του διακόπηκε κατά την Κρητική Επανάσταση του 1866 και τελικά ολοκληρώθηκε στις αρχές του 1895, οπότε τα εγκαίνια πραγματοποιήθηκαν στις 16 Απριλίου 1895. Πρόκειται για σταυροειδή αγγεγραμμένο με τρούλλο ναό και με υψηλό τύμπανο. Εσωτερικά συνδυάζει και στοιχεία τρίκλιτης βασιλικής, με υπερώα στη βόρεια, τη νότια και τη δυτική πλευρά σε σχήμα Π. Ο μεγάλου μεγέθους αυτός ναός έχει επιφάνεια 1350 m² και ύψος τριάντα περίπου μέτρα. Στο ανατολικό του τμήμα έχει δύο καμπαναριά ένα στην βορεινή πλευρά και ένα στη νότια αρκετά ραδινά ύψους περί τα 31m. Το βορεινό από αυτά έχει υποστεί βλάβες και έχει στο παρελθόν επισκευαστεί με την εφαρμογή τεσσάρων κατακόρυφων τενόντων οι οποίοι δεν φτάνουν μέχρι τη θεμελίωση, αλλά διακόπτονται. Υπάρχουν ρηγματώσεις τόσο στο ναό, όσο και στο βόρειο καμπαναριό.

4. Σκοπός των μετρήσεων

Στο μνημείο (κυρίως ναός και καμπαναριά) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μικροδονήσεων στο διάστημα από την 3^η έως την 8^η Ιουλίου 2020, προκειμένου να προσδιοριστούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του και να εξετασθεί κατά πόσο οι διάφοροι τοίχοι που συνθέτουν τον ναό συνεργάζονται μεταξύ τους και πως συμπεριφέρεται η κατασκευή ως σύνολο. Παράλληλα να μετρηθούν τα δυναμικά χαρακτηριστικά των δύο καμπαναριών και να συγκριθούν αυτά μεταξύ τους. Οι μετρήσεις δονήσεων πραγματοποιήθηκαν στο μνημείο όπως αυτό βρίσκεται σήμερα από άποψη ρηγματώσης. Κατά τις ημέρες και ώρες των μετρήσεων ο άνεμος είχε πολλή μικρή ταχύτητα.

Προκειμένου να εκπληρωθεί ο στόχος της διερεύνησης αυτής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε είκοσι θέσεις. Οι ακριβείς θέσεις και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στη συνέχεια.

Οι μετρήσεις και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Δρ. Πολιτικό Μηχανικό Χ. Μουζάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή Ε.Μ.Π. και Διευθυντή του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Π., του Ηλεκτρονικού Μηχανικού Σ. Ασημακόπουλου ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π., και του τεχνίτη Δ. Μουζάκη στα πλαίσια του εν λόγω ερευνητικού προγράμματος.

5. Όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις και μέθοδος ανάλυσης

Για τις μετρήσεις έγινε χρήση δύο τετρακαναλικών συστημάτων, τύπου VSS (Vibration Survey System) της Kinematics με οκτώ συνολικά ηλεκτρομαγνητικούς λήπτες ταχύτητας τύπου SS-1 (Ranger Seismometer) με ιδιαίτερο ενισχυτή σημάτων που έχει κυκλώματα ολοκλήρωσης και διαμόρφωσης με σειρά φίλτρων βαθυπερατών τύπου SC-1 (Signal Conditioner).

Τα σήματα καταγράφονταν ψηφιακά με τη χρήση αναλογικού σε ψηφιακού μετατροπέα ακριβείας 24bit. Το σύστημα καταγραφής και συλλογής δεδομένων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 και διαθέτει 32 κανάλια.

Τα όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι πολύ ευαίσθητα αφού μπορούν και καταγράφουν πολύ μικρές ταχύτητες. Η ευαισθησία αυτή είναι απαραίτητη γιατί μετρήθηκαν κυρίως οι περιβαλλοντικές ταλαντώσεις, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή.

Οι αναλύσεις έγιναν με χρήση κατάλληλων λογισμικών. Υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς και τα φάσματα Fourier σε διάφορες θέσεις.

Οι συντελεστές αναγωγής για κάθε αισθητήρα ανάλογα με το κέρδος που χρησιμοποιείται δίνεται στον Πίνακα 1.



Πίνακας 1. Συντελεστές Αναγωγής από Τάση (V) σε ταχύτητα (mm/sec)

Αισθητήρας	Κέρδος Ενισχυτή (dB)	Συντελεστής
292	54	0.029653
232	54	0.030475
293	54	0.030224
235	54	0.029478
2287	54	0.029788
1265	54	0.030541
1753	54	0.030102
994	54	0.029658



Σχήμα 1. Σύστημα καταγραφής και συλλογής δεδομένων.

6. Αποτελέσματα Μετρήσεων

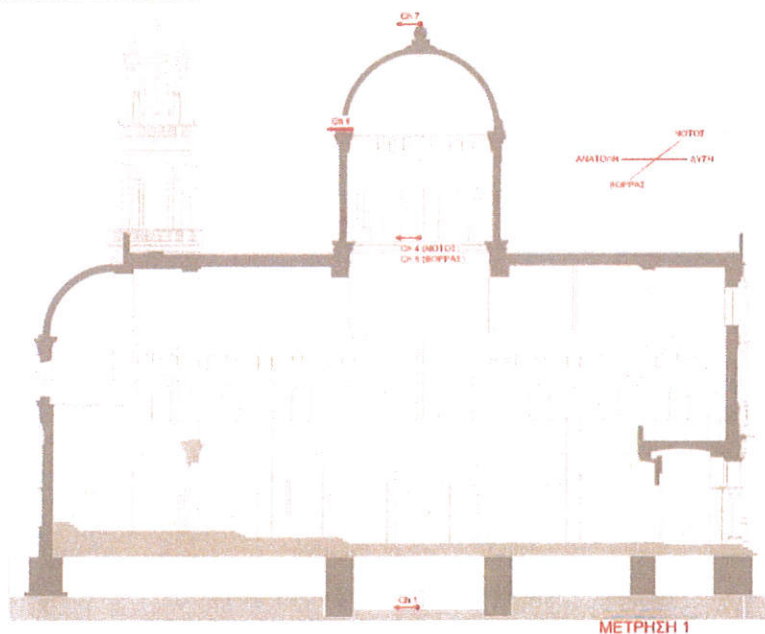
Μετρήσεις στη Θέση 1: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Α-Δ

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Στον Πίνακα 2, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 2. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.



Σχήμα 2. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 1

Πίνακας 3. Μετρήσεις στη Θέση 1.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-4	2,44	3,91		8,89	12,69	12,98
1-5	2,44	3,91	5,37	8,20	12,01	
1-7	2,44	3,91	5,66	8,89		15,52
1-8	2,44	3,91	5,66		11,52	
Στροφική συμπεριφορά		3,91	5,37	8,20	12,01	



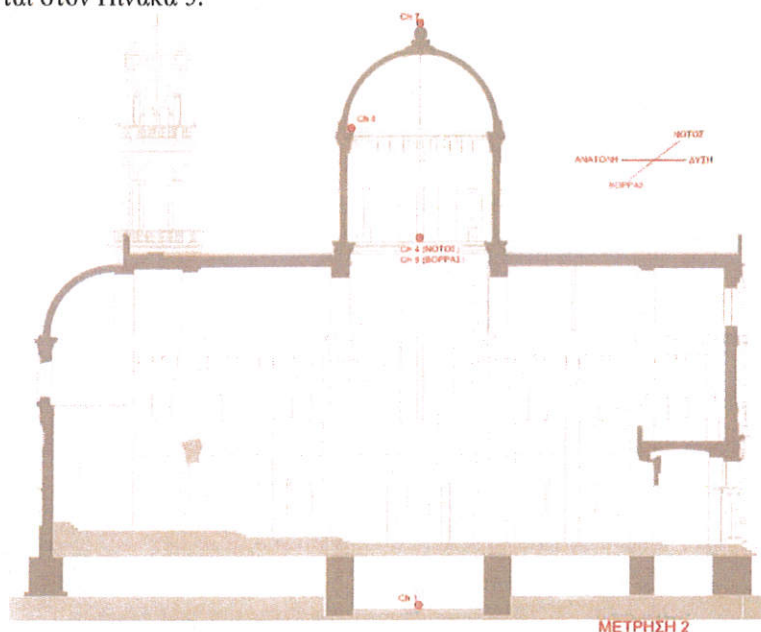
Μετρήσεις στη Θέση 2: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Β-Ν

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 3. Στον Πίνακα 4, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 4. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθμωπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 2). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.



Σχήμα 3. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 2.

Πίνακας 5. Μετρήσεις στη Θέση 2.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
	2,34	3,32	3,52		10,54	11,04
1-4	2,34	3,32	3,52		10,54	11,04
1-5	2,34	3,32	3,52	8,20	10,93	11,38
1-7	2,34	3,32	3,52	6,05	10,54	11,04
1-8	2,34	3,32	3,52	6,05	10,25	11,13



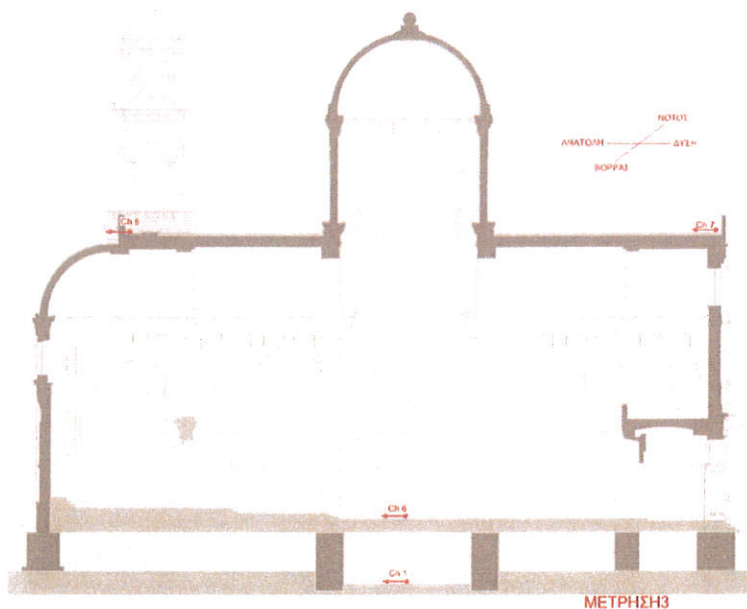
Μετρήσεις στη Θέση 3: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Α-Δ

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Στον Πίνακα 6, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 6. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 3). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.



Σχήμα 4. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 3.

Πίνακας 7. Μετρήσεις στη Θέση 3.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
	2,34	3,32	3,52		10,54	11,04
1-6	2,34	3,32	3,52		10,54	11,04
1-7	2,34	3,32	3,52	6,05	10,54	11,04
1-8	2,34	3,32	3,52	6,05	10,25	11,13



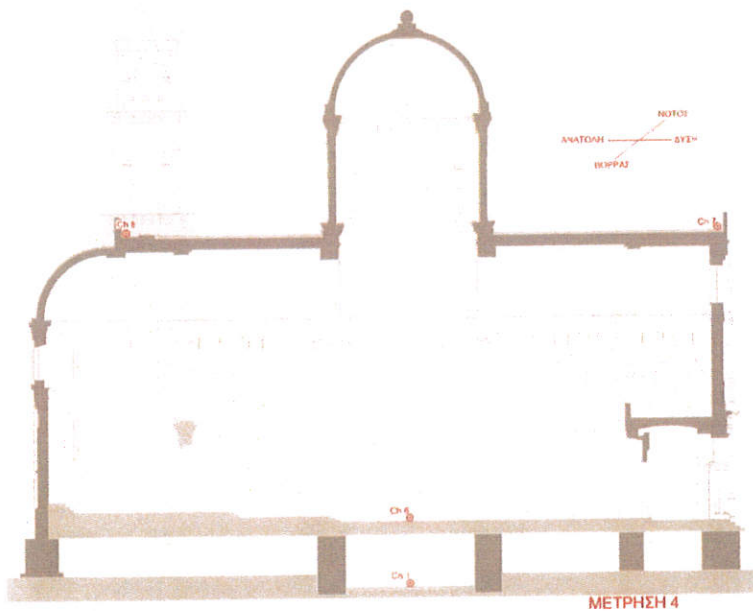
Μετρήσεις στη Θέση 4: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Β-Ν

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Στον Πίνακα 8, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 8. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 4). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.



Σχήμα 5. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 4.

Πίνακας 9. Μετρήσεις στη Θέση 4.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχρότητα (Hz)					
1-6	1,36	2,34				
1-7		2,44	3,90			
1-8		2,44	3,90	5,85	6,15	6,64

Μετρήσεις στη Θέση 5: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Β-Ν

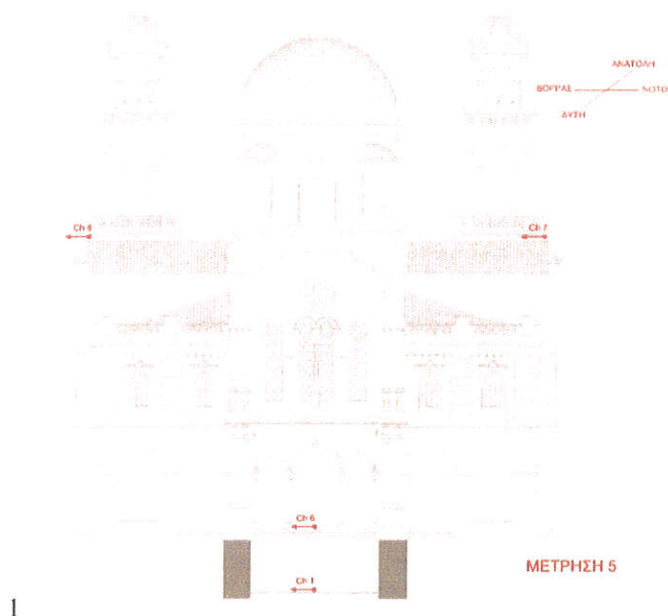
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Στον Πίνακα 10, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 10. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 5). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 11.



Σχήμα 6. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 5.

Πίνακας 11. Μετρήσεις στη Θέση 5.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-7	2,34	3,32	5,37			
1-8	2,34	3,32	5,37			



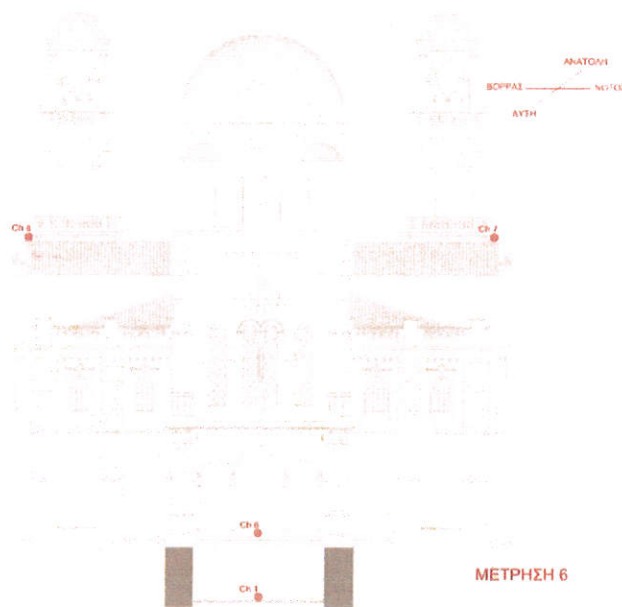
Μετρήσεις στη Θέση 6: Κυρίως Ιερός Ναός Διεύθυνση Α-Δ

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 7. Στον Πίνακα 12, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 12. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 6). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.



Σχήμα 7. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 6.

Πίνακας 13. Μετρήσεις στη Θέση 6.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-7	2,44	3,90	8,78			
1-8	2,44	3,90	9,08			

Μετρήσεις στη Θέση 7: Βόρειο Καμπαναριό Διεύθυνση Α-Δ

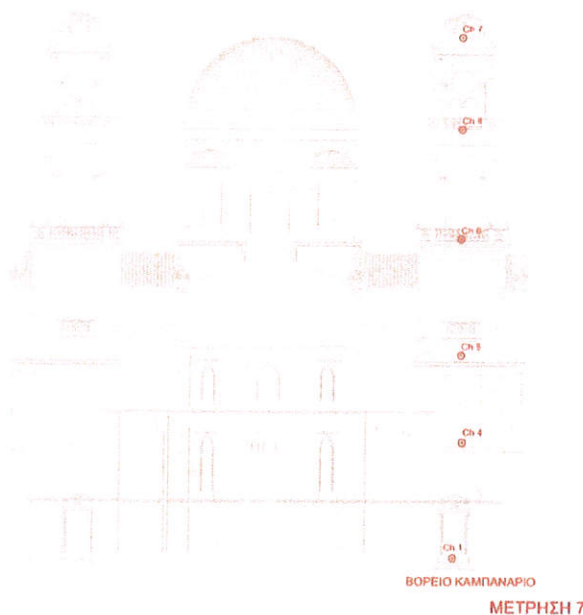
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 8. Στον Πίνακα 14, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 14. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθμπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 15.



Σχήμα 8. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 7
Πίνακας 15. Μετρήσεις στη Θέση 7.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
	0,29	2,44	2,83	3,91	5,85	
1-4	0,29	2,44		3,91	5,85	
1-5	0,29	2,44	2,83	3,91	5,85	
1-6	0,29	2,44	2,83	3,91		
1-7	0,29	2,44	2,83	3,91		
1-8	0,29	2,44	2,83	3,91		



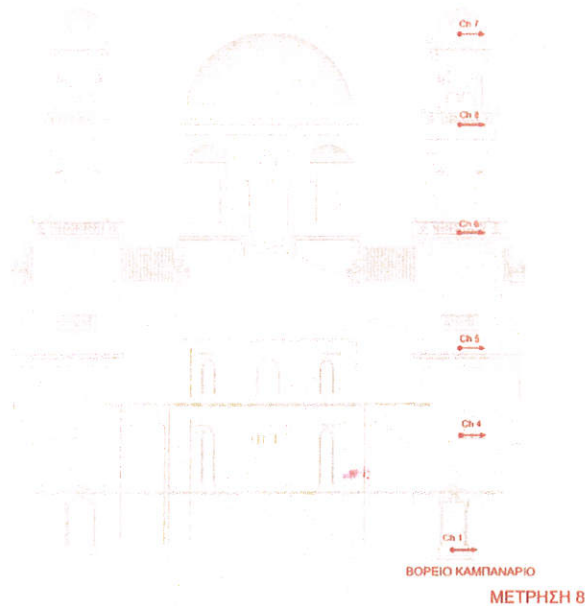
Μετρήσεις στη Θέση 8: Βόρειο Καμπαναριό Διεύθυνση Β-Ν

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 9. Στον Πίνακα 16, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 16. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 17.



Σχήμα 9. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 8
Πίνακας 17. Μετρήσεις στη Θέση 8.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-4	0,29	2,44		3,91	5,85	
1-5	0,29	2,44	2,83	3,91	5,85	
1-6	0,29	2,44	2,83	3,91		
1-7	0,29	2,44	2,83	3,91		
1-8	0,29	2,44	2,83	3,91		

Μετρήσεις στη Θέση 9: Βόρειο Καμπαναριό Διεύθυνση Β-Ν

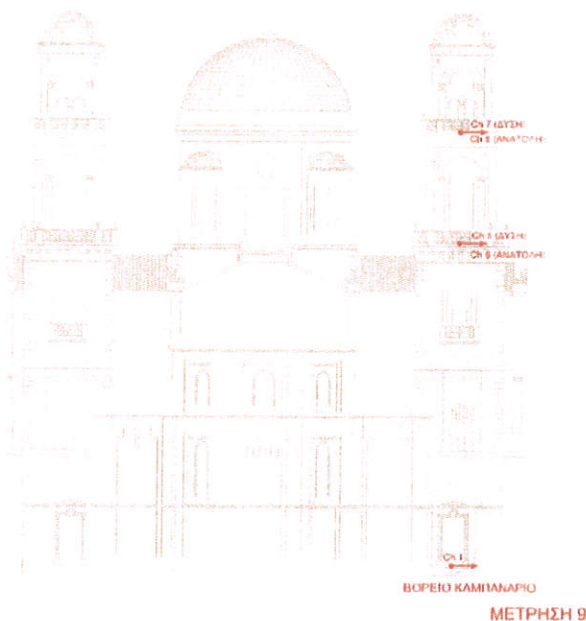
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 10. Στον Πίνακα 18, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 18. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθμπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	942
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια (7- 8) και (6-5) για να βρεθούν οι στροφικές ταλαντώσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.



Σχήμα 10. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 9

Πίνακας 19. Μετρήσεις στη Θέση 9.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-(7-8)	2.44	2.83	7,32			
1-(6-5)	2.44	2.83	7,32			



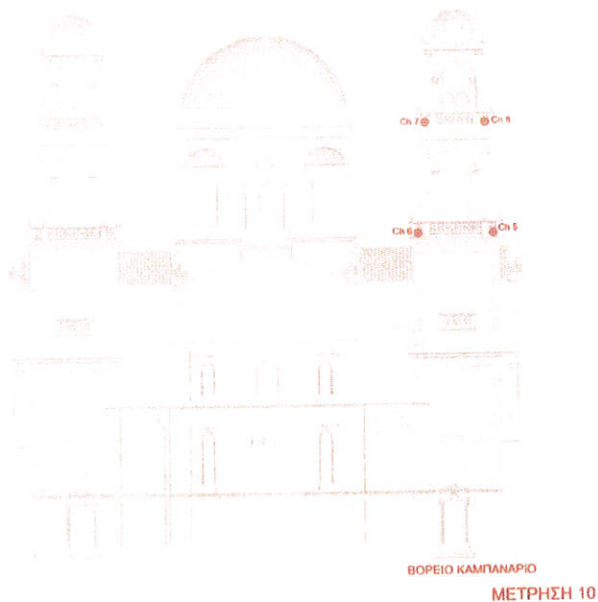
Μετρήσεις στη Θέση 10: Βόρειο Καμπαναριό Διεύθυνση Α-Δ

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 11. Στον Πίνακα 20, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 20. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια (7- 8) και (6-5) για να βρεθούν οι στροφικές ταλαντώσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 21.



Σχήμα 11. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 10

Πίνακας 21. Μετρήσεις στη Θέση 10.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-(7-8)	2.44	2.83	3,32			
1-(6-5)	2.44	2.83	3,32			

Μετρήσεις στη Θέση 11: Νότιο Καμπαναριό Διεύθυνση Α-Δ

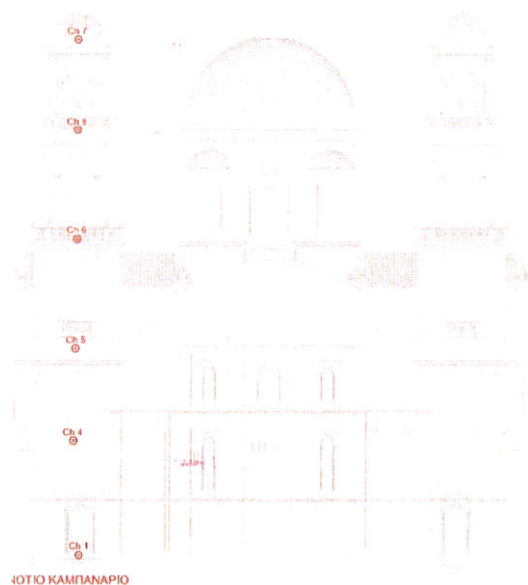
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 12. Στον Πίνακα 22, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 22. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 23.



ΝΟΤΙΟ ΚΑΜΠΑΝΑΡΙΟ

ΜΕΤΡΗΣΗ 11

Σχήμα 12. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 11

Πίνακας 23. Μετρήσεις στη Θέση 11.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-4	2,44	2,83	3,91			
1-5	2,44	2,83	3,91			
1-6	2,44	2,83	3,91			
1-7	2,44	2,83	3,91			
1-8	2,44	2,83	3,91			



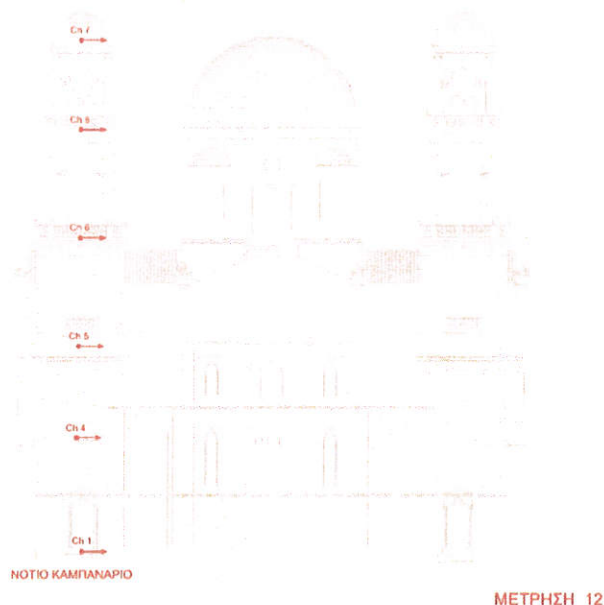
Μετρήσεις στη Θέση 12: Νότιο Καμπαναριό Διεύθυνση Β-Ν

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 13. Στον Πίνακα 24, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 24. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια 4,5,6,7 και 8. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 25.



Σχήμα 13. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 12
Πίνακας 25. Μετρήσεις στη Θέση 12.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-4	2,44		3,32	4,98		
1-5	2,44	2,83		4,98		
1-6	2,44	2,83		4,98		
1-7	2,44			4,98		
1-8	2,44		3,32	4,98		

Μετρήσεις στη Θέση 13: Νότιο Καμπαναριό Διεύθυνση Β-Ν

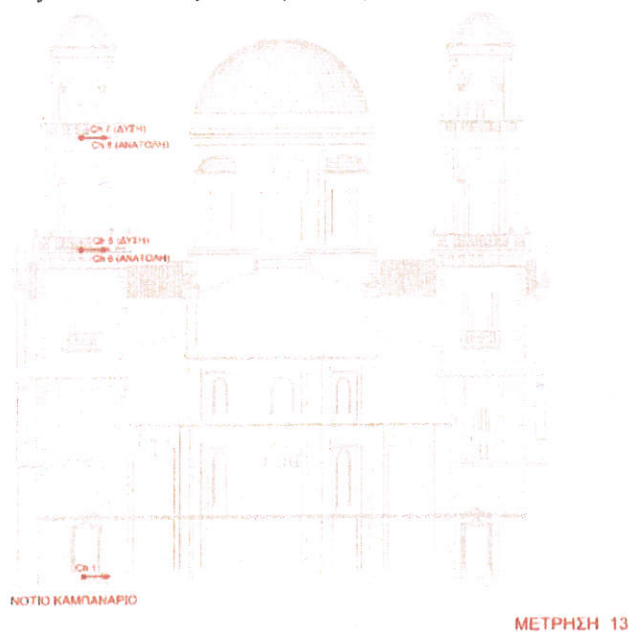
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 14. Στον Πίνακα 26, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 26. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	A-Δ	292	30	42
2	A-Δ	232	30	942
3	A-Δ	293	30	42
4	A-Δ	235	30	42
5	A-Δ	2287	30	42
6	A-Δ	1265	30	42
7	A-Δ	1753	30	42
8	A-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Β-Ν, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια (7- 8) και (6-5) για να βρεθούν οι στροφικές ταλαντώσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 27.



Σχήμα 14. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 13
Πίνακας 27. Μετρήσεις στη Θέση 13.

Διεύθυνση Β-Ν	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-(7-8)	2,34	2,73				
1-(6-5)	2,34	2,73				



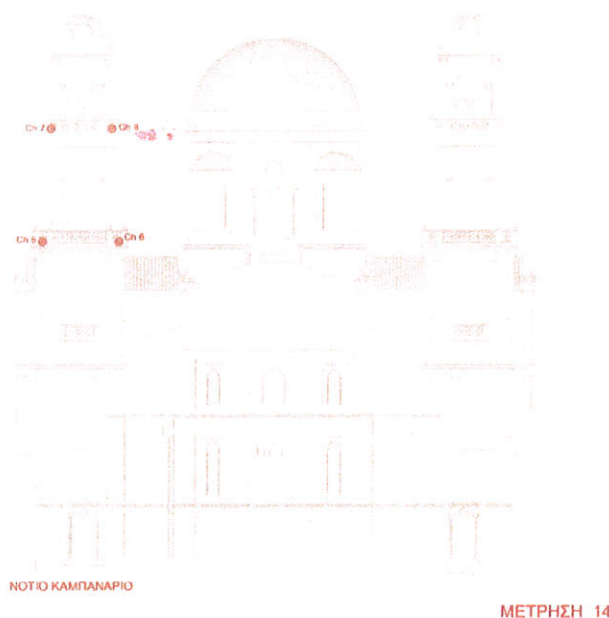
Μετρήσεις στη Θέση 14: Νότιο Καμπαναριό Διεύθυνση Α-Δ

Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 15. Στον Πίνακα 28, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.

Πίνακας 28. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	Α-Δ	292	30	42
2	Α-Δ	232	30	42
3	Α-Δ	293	30	42
4	Α-Δ	235	30	42
5	Α-Δ	2287	30	42
6	Α-Δ	1265	30	42
7	Α-Δ	1753	30	42
8	Α-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 1). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος τα Κανάλια (7- 8) και (6-5) για να βρεθούν οι στροφικές ταλαντώσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.



Σχήμα 15. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 14
Πίνακας 29. Μετρήσεις στη Θέση 14.

Διεύθυνση Α-Δ	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
1-(7-8)	2,44	2,83				
1-(6-5)	2,44	2,73				

Μετρήσεις στη Θέση 15: Γυναικωνίτης

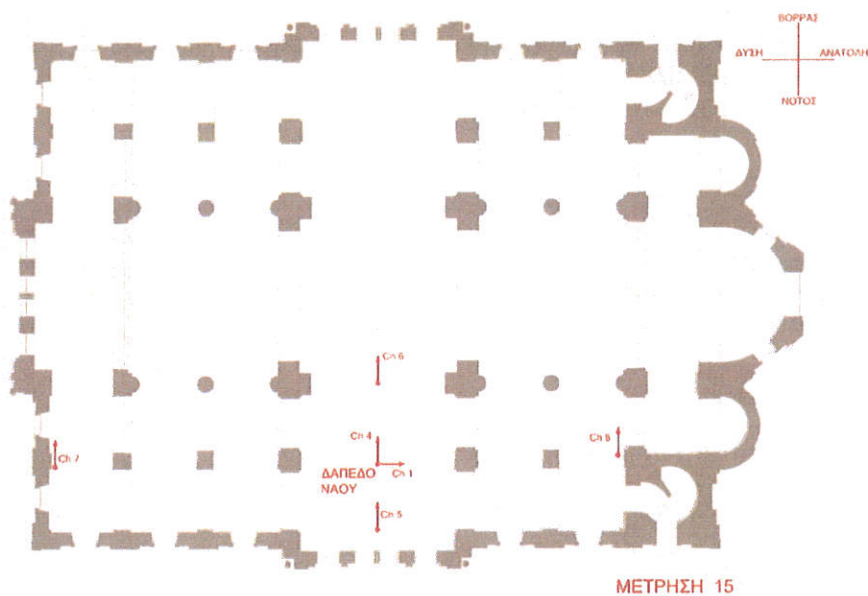
Κατά τις μετρήσεις αυτές τα όργανα τοποθετήθηκαν στη θέση όπως φαίνεται στο Σχήμα 16. Στον Πίνακα 30, δίνονται οι σχετικές πληροφορίες για την βαθμονόμησή τους.



Πίνακας 30. Θέσεις Οργάνων

Κανάλι	Διεύθυνση	Αρ. Οργάνου	Βαθυπερατό Φίλτρο (Hz)	Κέρδος (dB)
1	A-Δ	292	30	42
2	A-Δ	232	30	42
3	A-Δ	293	30	42
4	A-Δ	235	30	42
5	A-Δ	2287	30	42
6	A-Δ	1265	30	42
7	A-Δ	1753	30	42
8	A-Δ	994	30	42

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συναρτήσεις μεταφοράς, οι οποίες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α (Θέση 15). Για τη θέση αυτή και για τη διεύθυνση Α-Δ, ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 1 και ως έξοδος το κανάλι 5 και για τη διεύθυνση Β-Ν ως είσοδος χρησιμοποιήθηκε το Κανάλι 4 και ως έξοδος το κανάλι 5. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 31.



ΜΕΤΡΗΣΗ 15

Σχήμα 16. Τοποθέτηση οργάνων στη Θέση 15

Πίνακας 31. Μετρήσεις στη Θέση 15.

Διεύθυνση	Ιδιοσυχνότητα (Hz)					
A-Δ 1-5	2,44					
B-N 4-5	2,34					



7. Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των μετρήσεων προκύπτουν τα ακόλουθα:

Κυρίως Ναός Διεύθυνση Α-Δ

Ο κυρίως ναός τα καμπαναριά και ο γυναικωνίτης αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο με ιδιοσυχνότητα στη διεύθυνση αυτή 2,44Hz.

Διεύθυνση Β-Ν

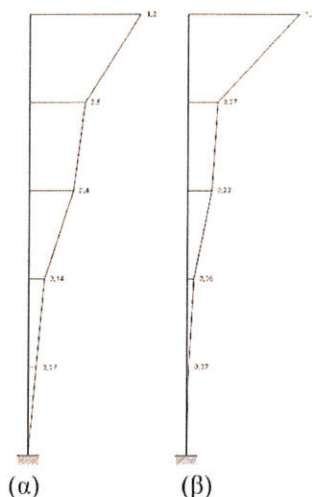
Ο κυρίως ναός τα καμπαναριά και ο γυναικωνίτης αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο με ιδιοσυχνότητα στη διεύθυνση αυτή 2,34Hz.

Στροφική Συμπεριφορά περί κατακόρυφο άξονα

Στη βάση του τυμπάνου του τρούλου αναπτύσσεται στροφική απόκριση με ιδιοσυχνότητα 3,91Hz η οποία συναντάται και στον τρούλο. Θα αναμενόταν λόγω της συμμετρίας του τυμπάνου και του τρούλου να μην αναπτυσσόταν αυτή η στροφική διεύθυνση. Θα πρέπει να διερευνηθεί από την ανάλυση αν αυτή η στροφή αναπτύσσεται κατά τις σεισμικές διεγέρσεις.

Βόρειο Καμπαναριό

Τόσο στη διεύθυνση Β-Ν όσο και στην Α-Δ εμφανίζεται σε όλες τις στάθμες μια πολύ μικρή συχνότητα των 0,29 Hz. Η ιδιομορφή αυτή καθόσον συναντάται και στις δύο διευθύνσεις δεν σημαίνει ότι είναι στρεπτικής μορφής, αλλά προέρχεται από μια ταλάντωση κατά τη διαγώνια οριζόντια διεύθυνση του καμπαναριού. Η ιδιοσυχνότητα αυτή δεν εμφανίζεται σε άλλα σημεία στο κυρίως κτίριο, ούτε στο νότιο καμπαναριό, οπότε επειδή υπάρχουν εμφανείς βλάβες στο βόρειο καμπαναριό θα μπορούσε να αποδοθεί σε αυτές. Επειδή στην βορεινή πλευρά του ναού υπάρχει τοίχος αντιστήριξης θα μπορούσαν να εμφανιστούν φαινόμενα αλληλεπίδρασης θεμελίων και εδάφους, τα οποία όμως δεν θα δικαιολογούσαν τη χαμηλή αυτή συχνότητα. Η συχνότητα αυτή μπορεί σε ισχυρό σεισμό να έχει ως συνέπεια να μην αναπτυχθούν μεγάλες σεισμικές επιταχύνσεις από αυτήν, αλλά υπάρχουν και όλες οι υπόλοιπες ιδιοσυχνότητες. Επιπλέον παρατηρώντας τις κανονικές μορφές του Σχήματος 17 φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στη τελευταία στάθμη του καμπαναριού, γεγονός το οποίο μπορεί να αποδοθεί στις υπάρχουσες βλάβες στη στάθμη αυτή ή στη συγκέντρωση μάζας. Επίσης η δεύτερη ιδιοσυχνότητα 2,44 Hz εμφανίζεται και στις δύο διευθύνσεις Β-Ν και Α-Δ και είναι στροφική ιδιομορφή περί κατακόρυφο άξονα.



Σχήμα 17. Ιδιομορφές Βόρειου Καμπαναριού $f=0,29\text{Hz}$ α) Α-Δ β) Β-Ν



Νότιο Καμπαναριό

Τόσο στη διεύθυνση Β-Ν όσο και στην Α-Δ εμφανίζεται η συχνότητα των 2,44 Hz η οποία είναι στροφική. Η ιδιοσυχνότητα 2,83Hz αναπτύσσει και μεταφορική και στροφική απόκριση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ιδιοσυχνότητα 2,44Hz είναι μεταφορική για τον κυρίως ναό, ενώ η διαφορά της δυσκαμψίας μεταξύ της δυτικής και της ανατολικής όψης του ναού μπορεί να δημιουργεί τις στροφικές αυτές ιδιομορφές στα καμπαναριά.

Γυναικωνίτης

Ο Γυναικωνίτης αποτελεί ένα ενιαίο σύνολο με την υπόλοιπη κατασκευή.

Δάπεδο ναού σε σχέση με δάπεδο δεξαμενής

Από τις μετρήσεις 5 και 6 παρατηρείται ενίσχυση της τάξης του 1,5 από το δάπεδο της Δεξαμενής στο δάπεδο του Κυρίως Ναού για τη θεμελιώδη ιδιοσυχνότητα του ναού.

8. Βιβλιογραφία

- [1] <https://el.wikipedia.org/wiki>
- [2] Bendat, J. S., & Piersol, A. G. (2000). *Random Data: Analysis and Measurement Procedures* (3rd edition). Prentice Hall.
- [3] Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting* (2nd ed.). Springer - Verlag.
- [4] Ewins, D. J. (1995). *Modal Testing: Theory and Practice*. John Wiley & Sons Ltd.
- [5] Fu, Z., & He, J. (2001). *Modal Analysis* (1st ed.). Butterworth-Heinemann.
- [6] Manolakis, D. G., Manolakis, D., Ingle, V. K., & Kogon, S. M. (2005). *Statistical and Adaptive Signal Processing: Spectral Estimation, Signal Modeling, Adaptive Filtering and Array Processing* (Artech House Signal Processing Library). Norwood.
- [7] Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W., & Buck, J. R. (1999). *Discrete-Time Signal Processing*. Pearson.
- [8] Piersol, A., & Paez, T. (2009). *Harris' Shock and Vibration Handbook* (McGraw-Hill Handbooks) (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Αθήνα 16 Δεκεμβρίου 2020

Ο Συντάξας

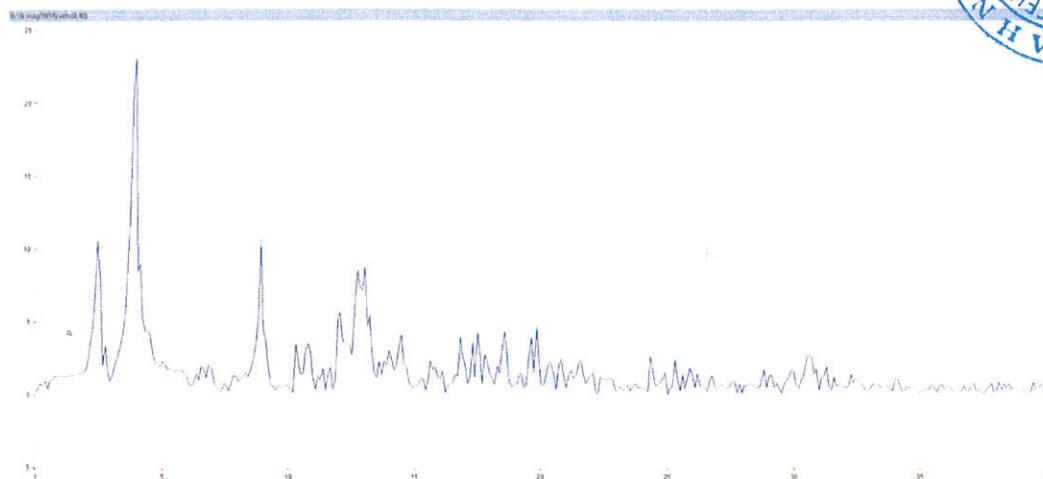
Χ. Μουζάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.



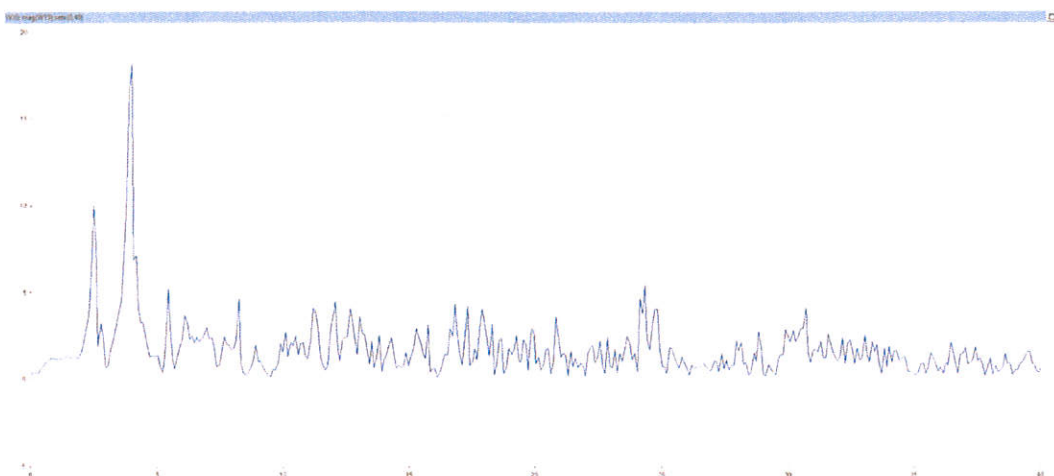
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΙΕΡΟ ΝΑΟ
ΑΓΙΟΥ ΜΗΝΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ



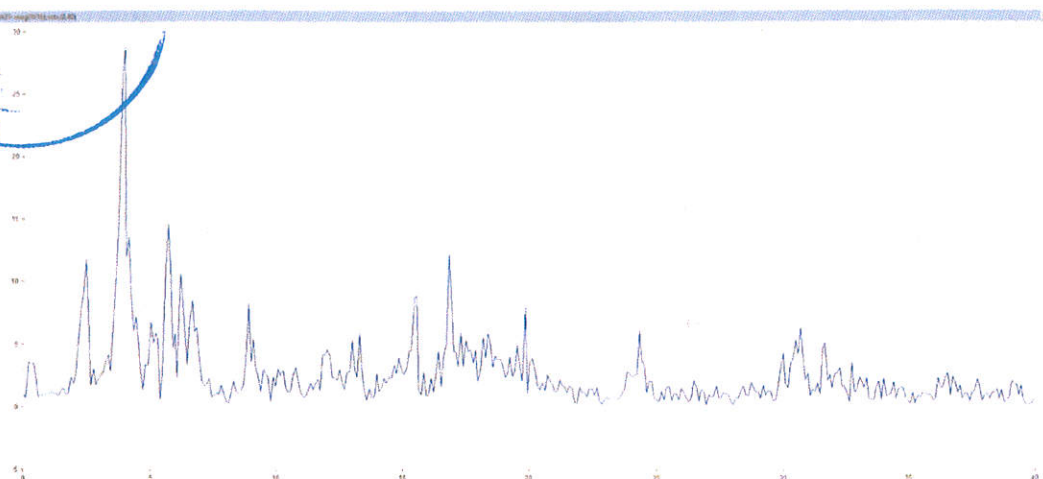
ΘΕΣΗ 1



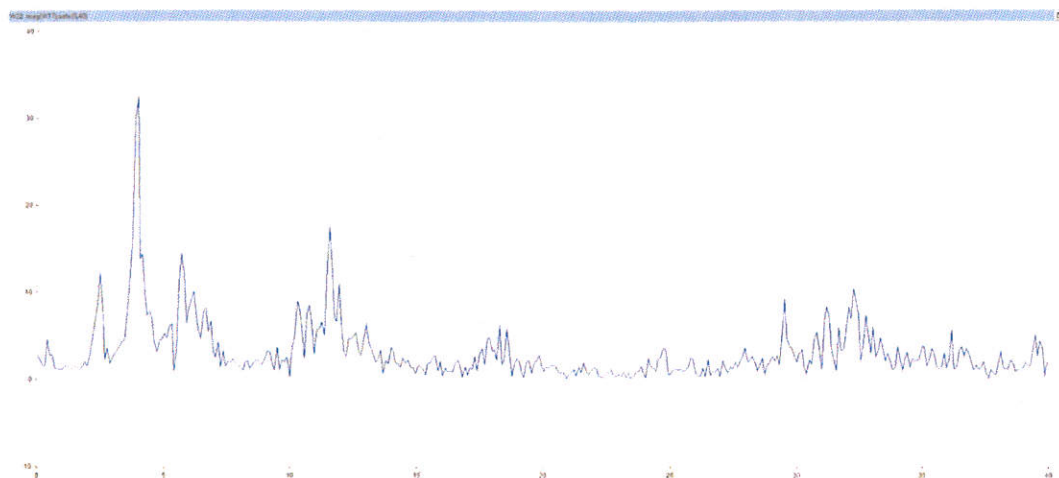
Σχήμα 1 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 4.



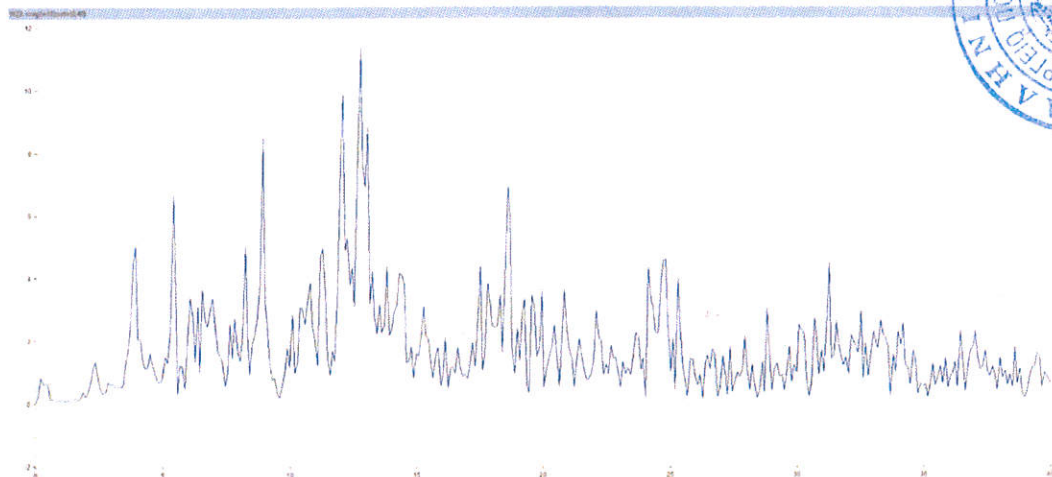
Σχήμα 2 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 5.



Σχήμα 3 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



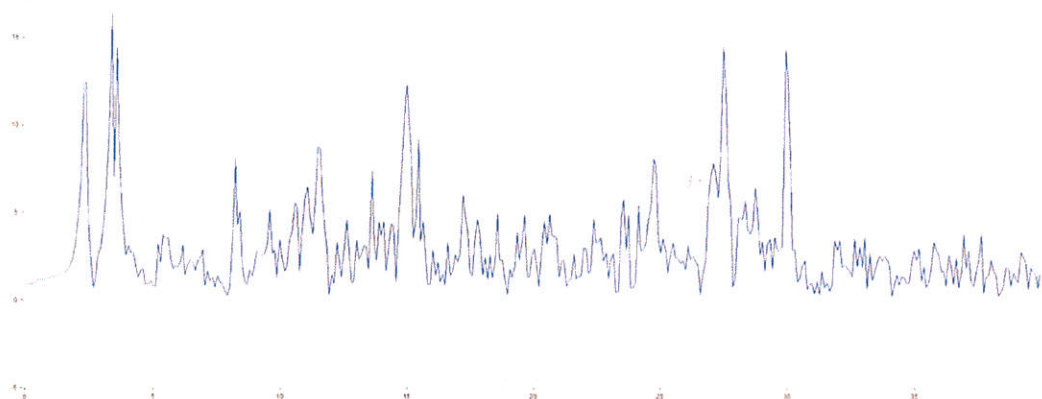
Σχήμα 4 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 8.



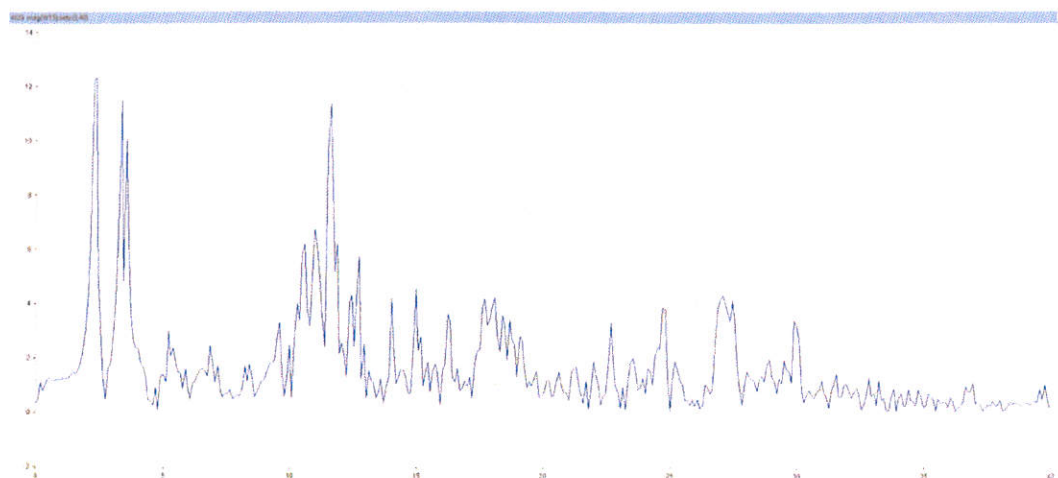
Σχήμα 5 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 4 μείον Κανάλι 5.



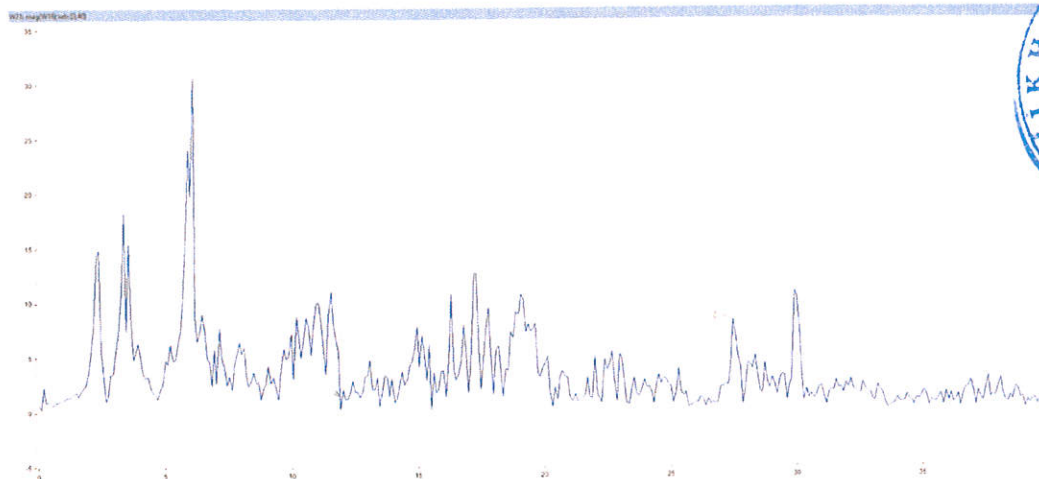
ΘΕΣΗ 2



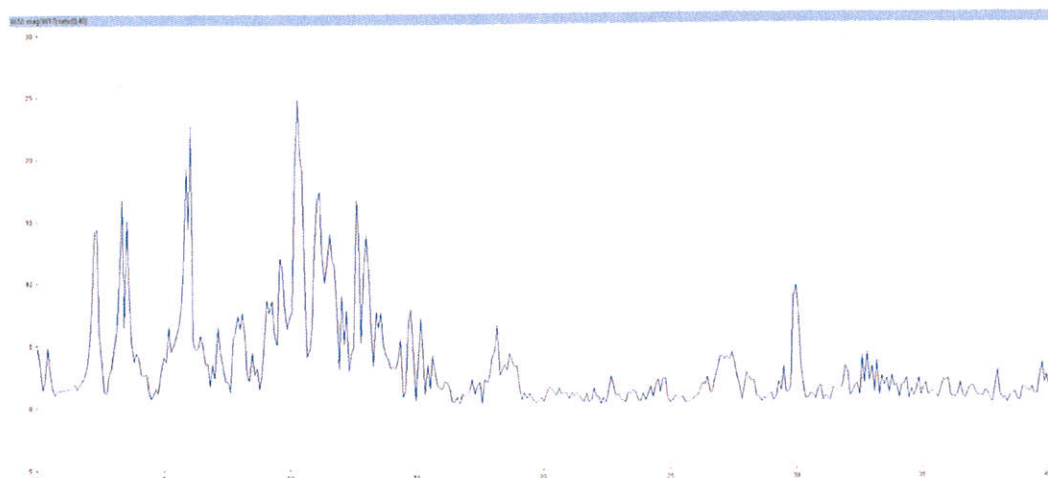
Σχήμα 6 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 4.



Σχήμα 7 Μετρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 5.



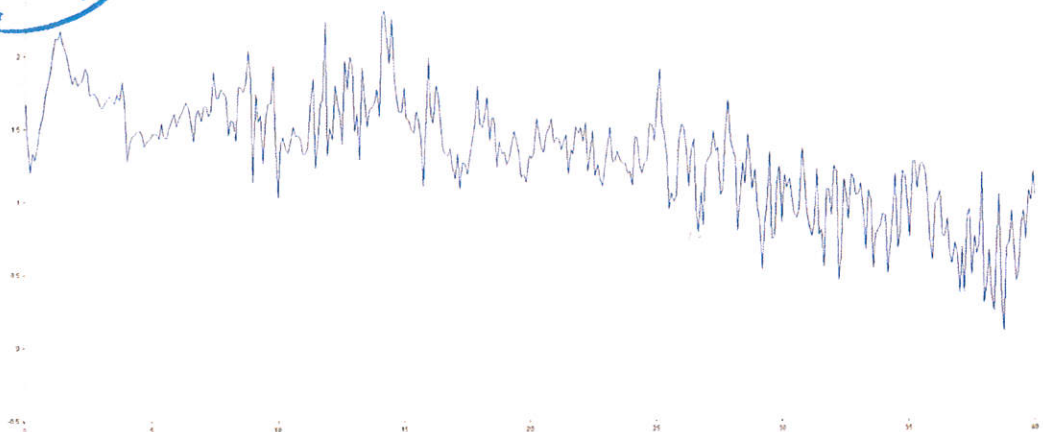
Σχήμα 8 Μειρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



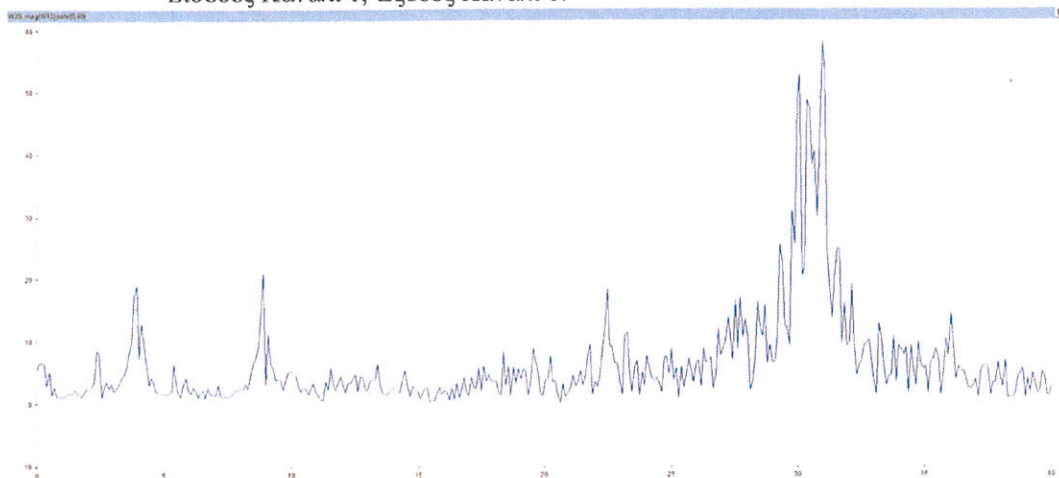
Σχήμα 9 Μειρήσεις στη Θέση 1. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 8.



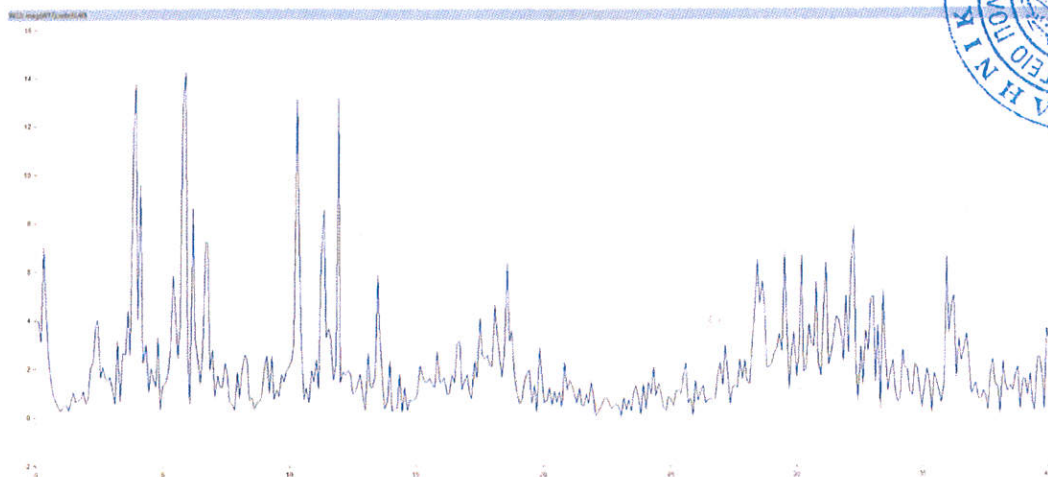
ΘΕΣΗ 3



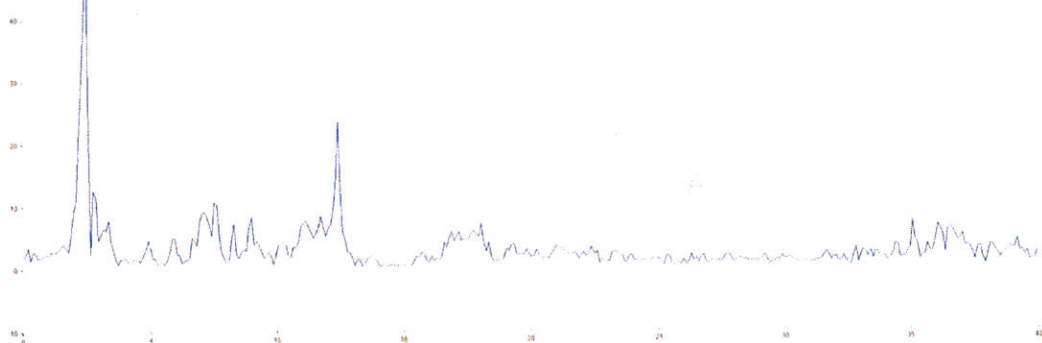
Σχήμα 10 Μετρήσεις στη Θέση 3. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6.



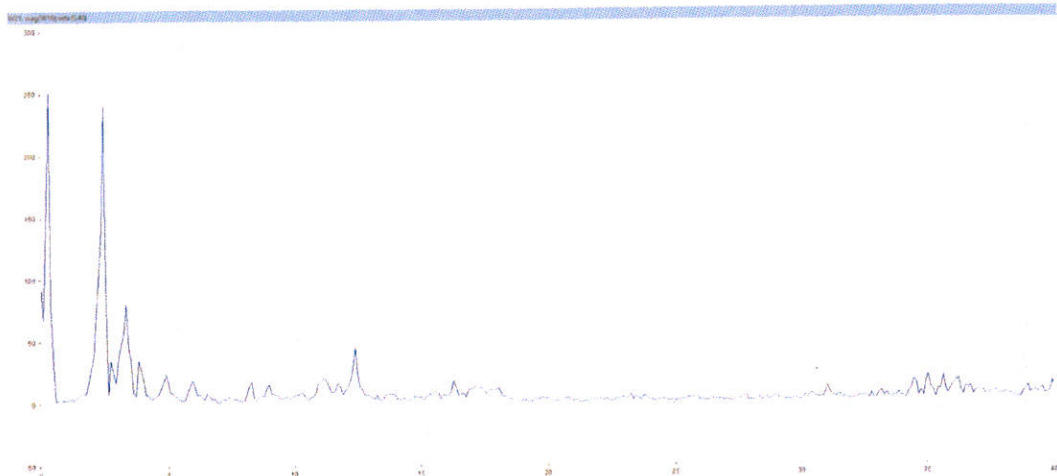
Σχήμα 11 Μετρήσεις στη Θέση 3. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



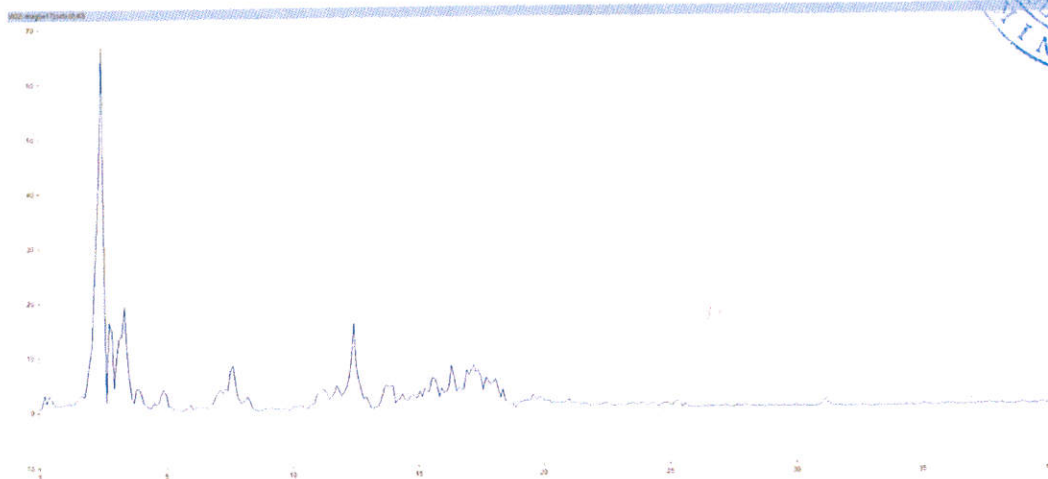
Σχήμα 12 Μετρήσεις στη Θέση 3. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 8.



Σχήμα 27 Μετρήσεις στη Θέση 8. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6.



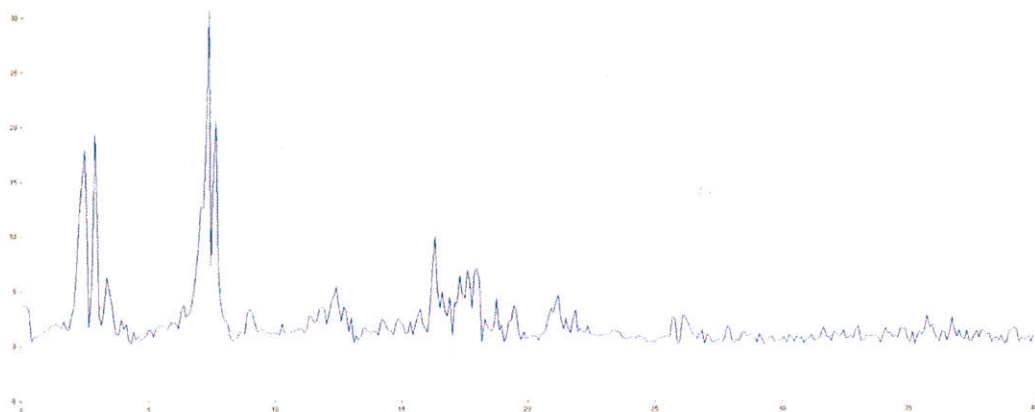
Σχήμα 28 Μετρήσεις στη Θέση 8. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



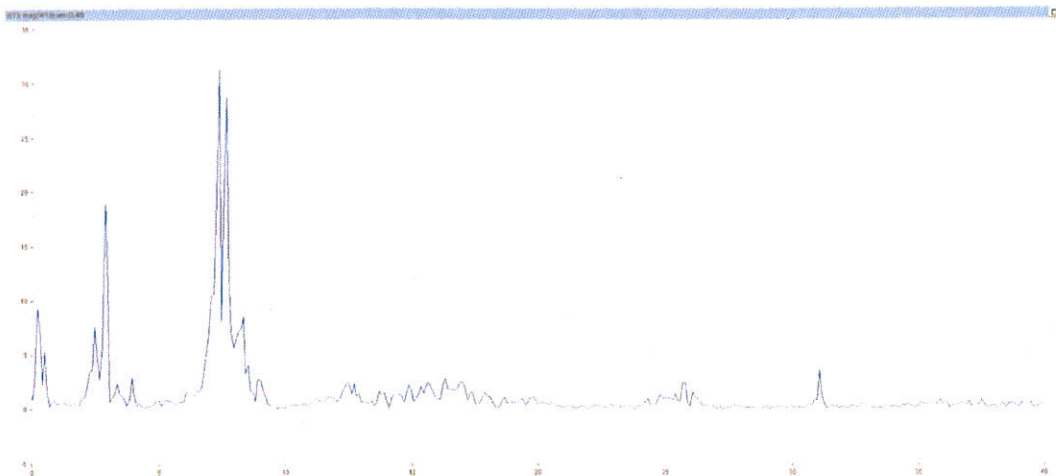
Σχήμα 29 Μετρήσεις στη Θέση 8. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 8.



ΘΕΣΗ 9



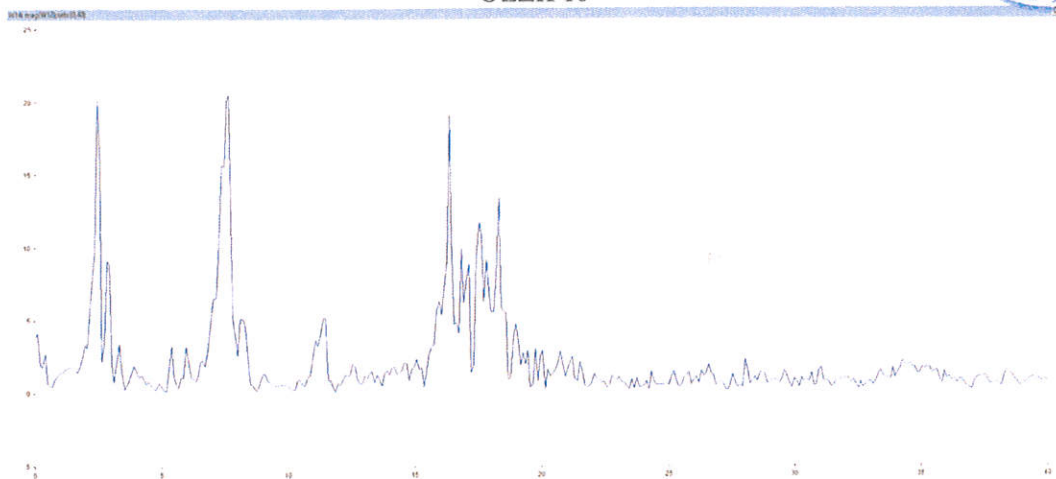
Σχήμα 30 Μετρήσεις στη Θέση 9. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7 μείον Κανάλι 8.



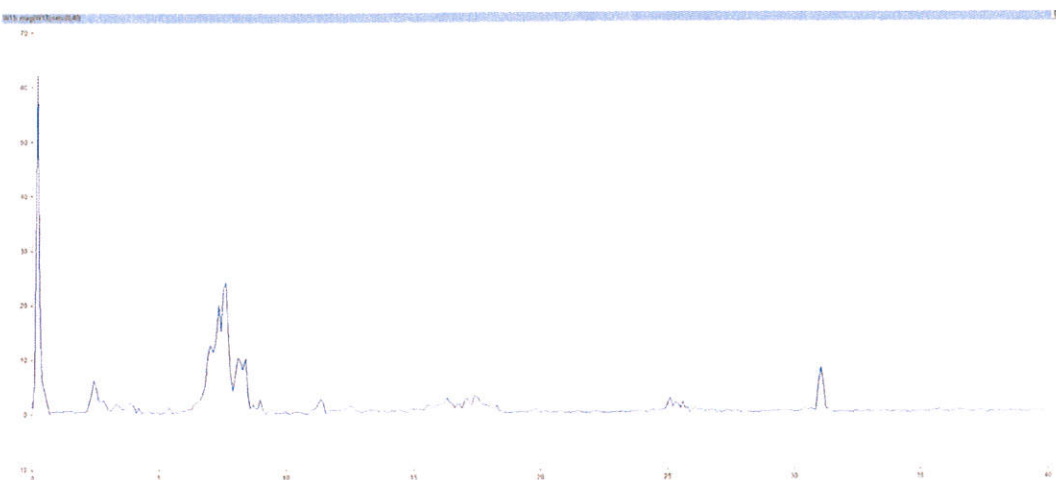
Σχήμα 31 Μετρήσεις στη Θέση 9. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6 μείον Κανάλι 5.



ΘΕΣΗ 10



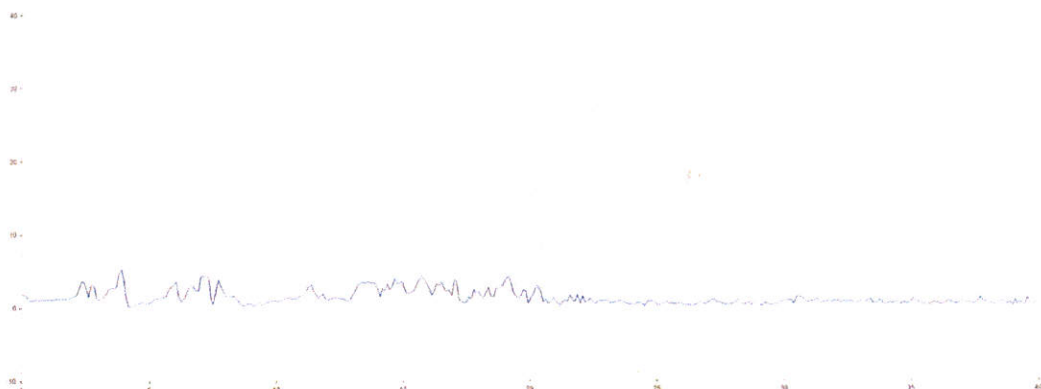
Σχήμα 32 Μετρήσεις στη Θέση 10. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7 μείον Κανάλι 8.



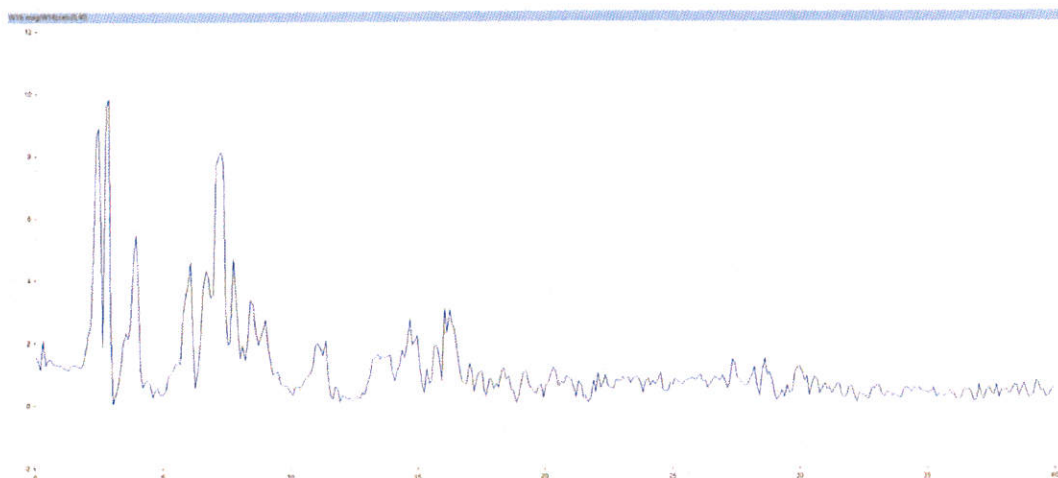
Σχήμα 33 Μετρήσεις στη Θέση 10. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6 μείον Κανάλι 5.



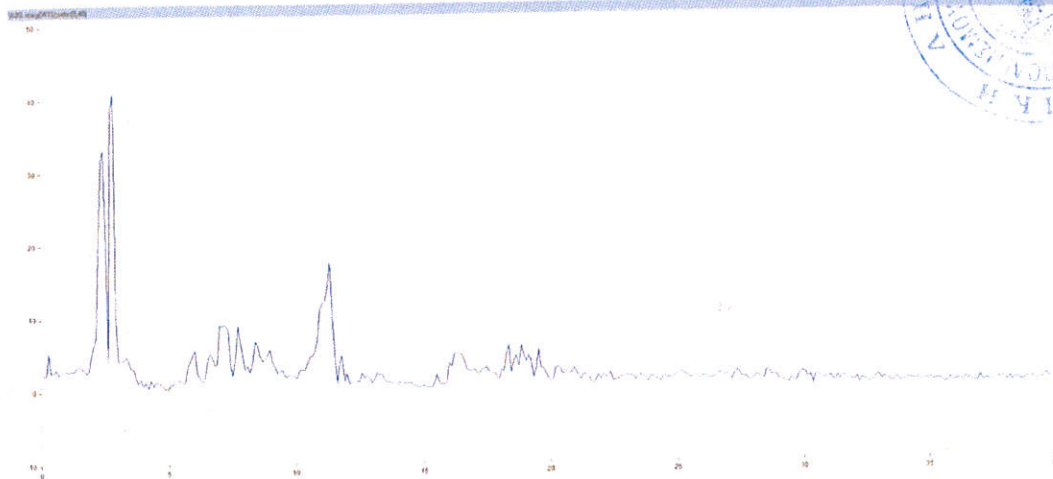
ΘΕΣΗ 11



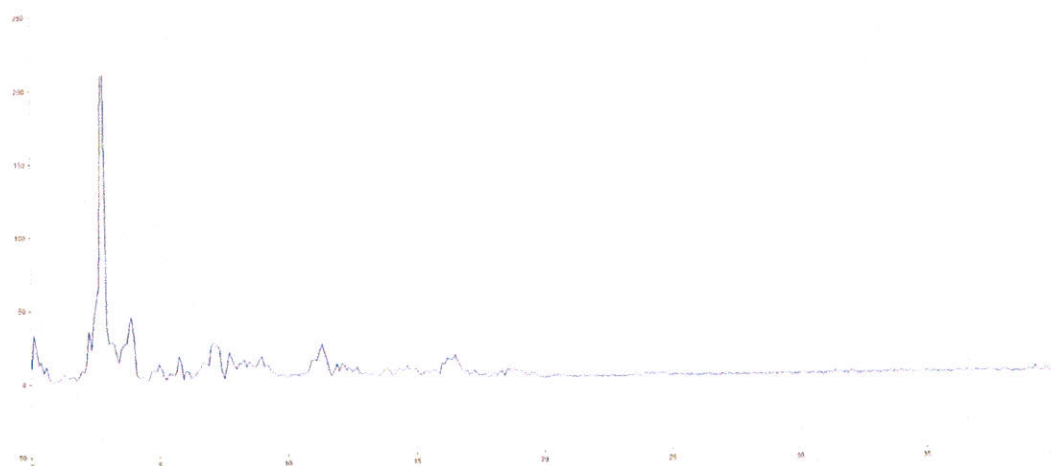
Σχήμα 20 Μετρήσεις στη Θέση 11. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 4.



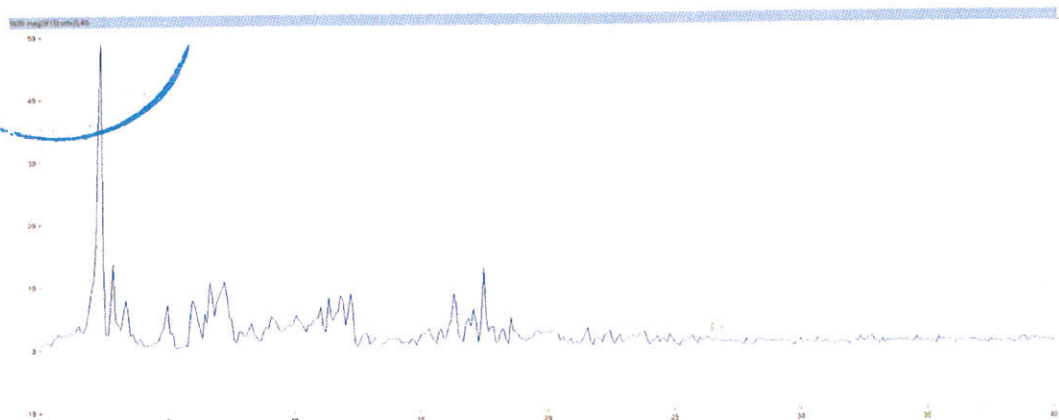
Σχήμα 21 Μετρήσεις στη Θέση 11. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 5.



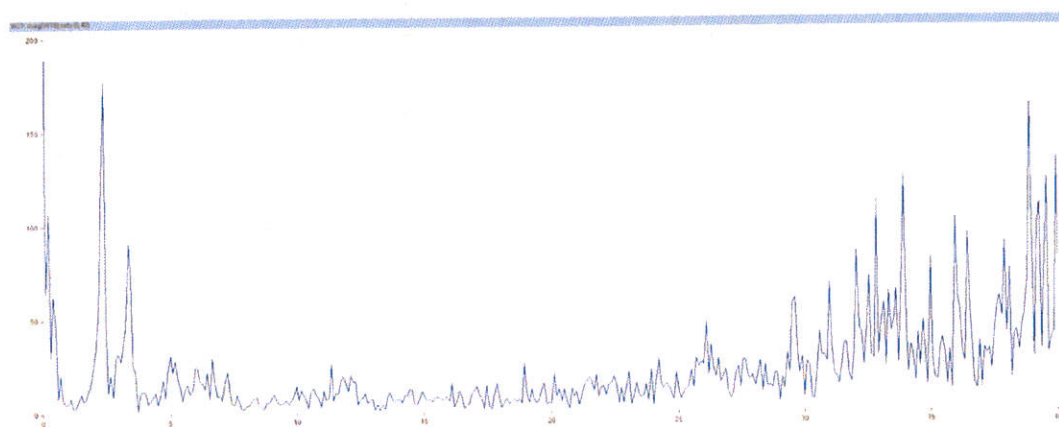
Σχήμα 22 Μετρήσεις στη Θέση 11. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6.



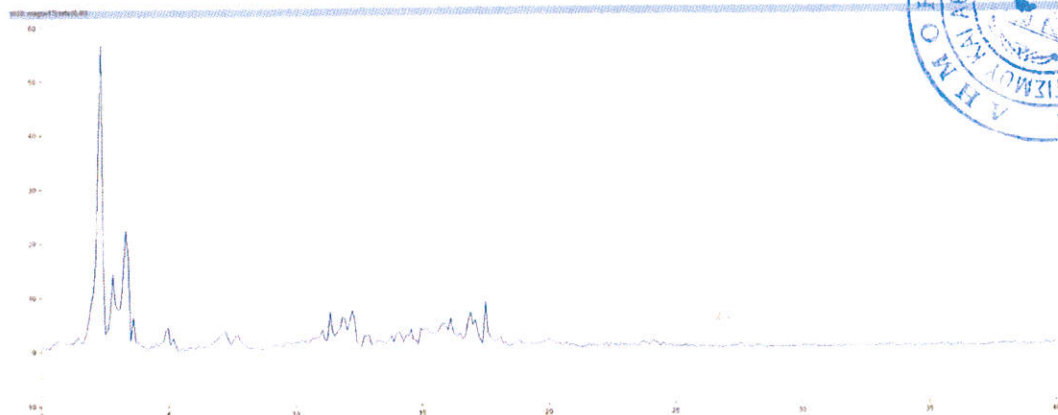
Σχήμα 23 Μετρήσεις στη Θέση 11. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



Σχήμα 27 Μετρήσεις στη Θέση 12. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6.



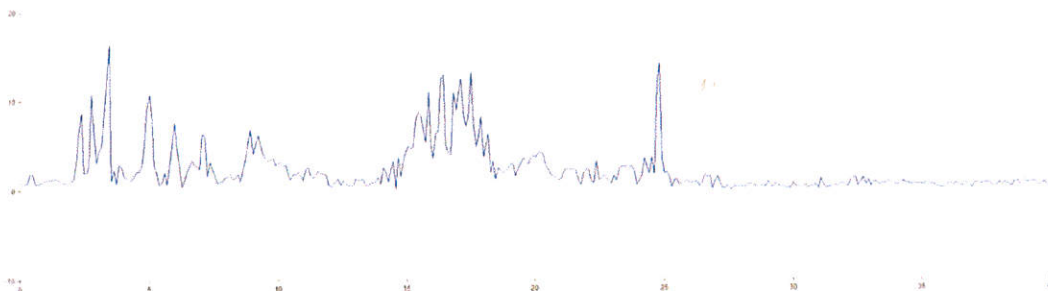
Σχήμα 28 Μετρήσεις στη Θέση 12. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7.



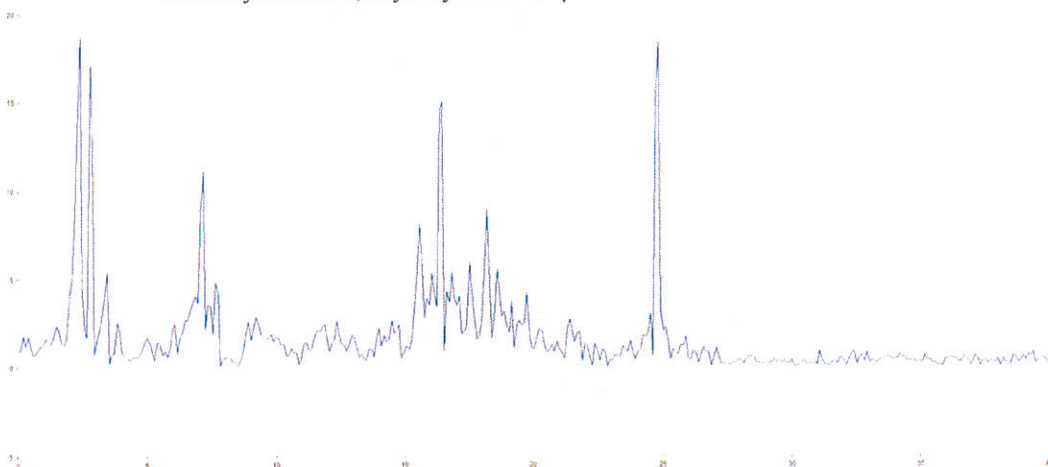
Σχήμα 29 Μετρήσεις στη Θέση 12. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 8.



ΘΕΣΗ 13



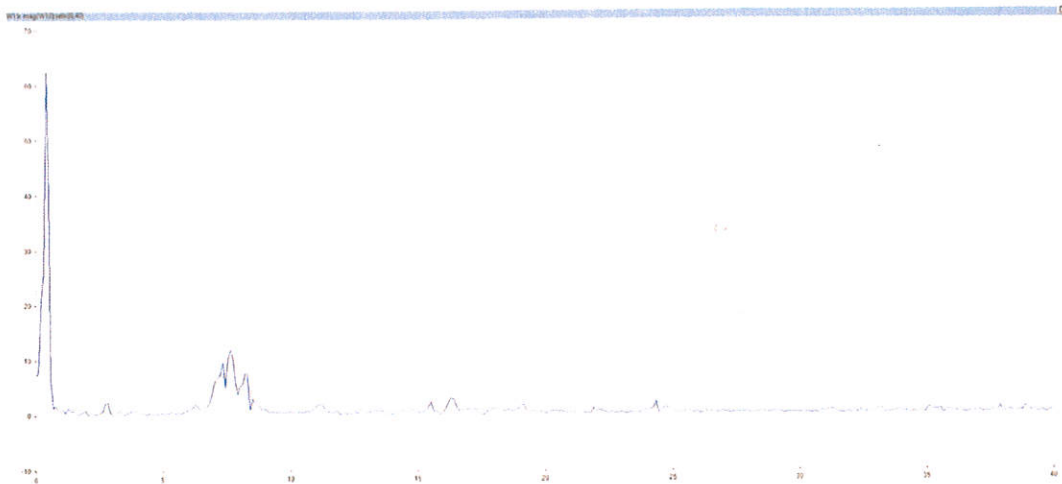
Σχήμα 30 Μετρήσεις στη Θέση 13. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7 μείον Κανάλι 8.



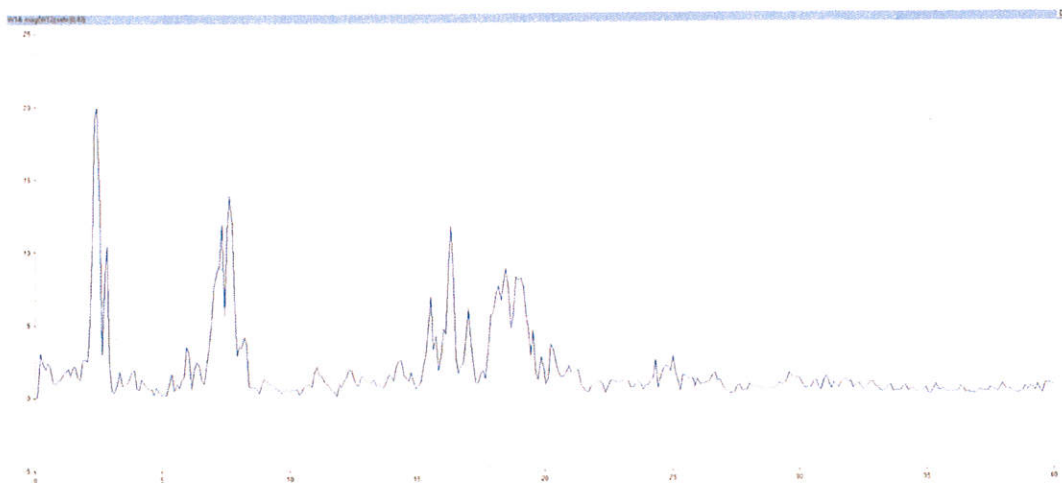
Σχήμα 31 Μετρήσεις στη Θέση 13. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6 μείον Κανάλι 5.



ΘΕΣΗ 14



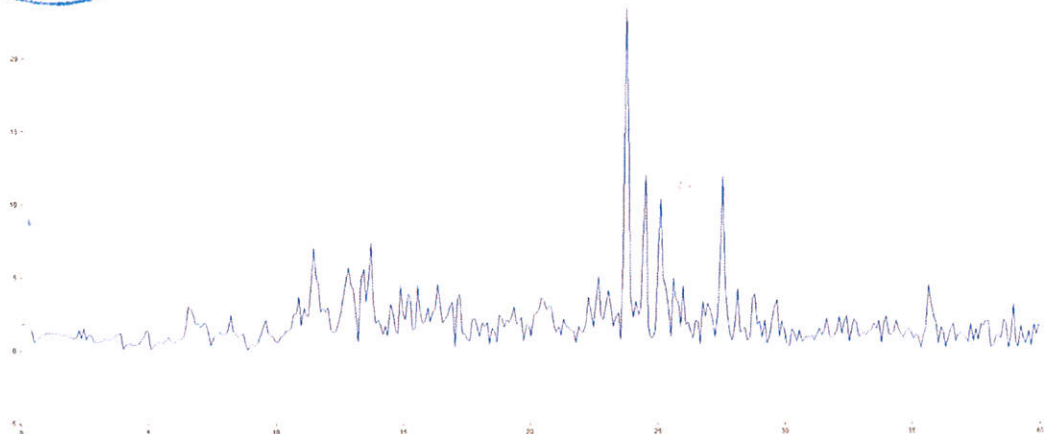
Σχήμα 32 Μετρήσεις στη Θέση 14. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 7 μείον Κανάλι 8.



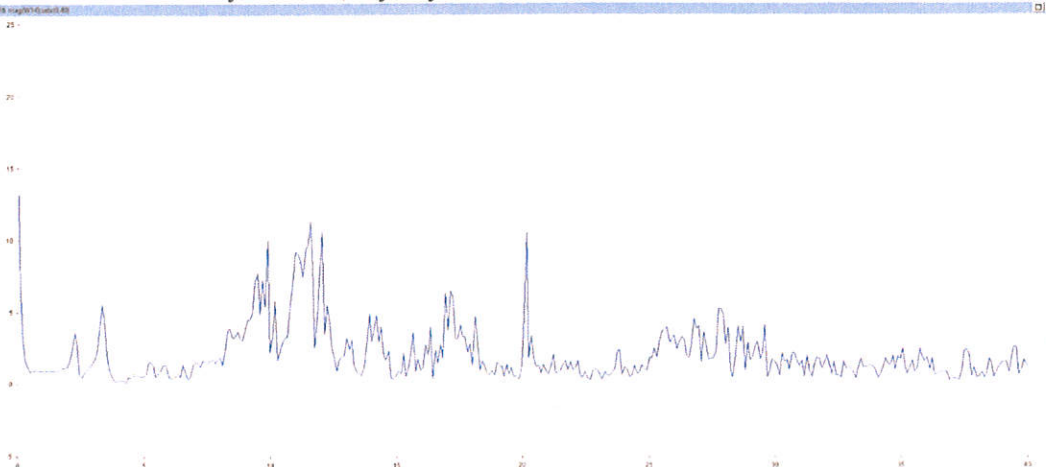
Σχήμα 33 Μετρήσεις στη Θέση 14. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 6 μείον Κανάλι 5.



ΘΕΣΗ 15



Σχήμα 32 Μετρήσεις στη Θέση 15. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 1, Έξοδος Κανάλι 5.



Σχήμα 33 Μετρήσεις στη Θέση 15. Συνάρτηση Απόκρισης Συχνότητας Στροφικής περί κατακόρυφο άξονα συμπεριφοράς.
Είσοδος Κανάλι 4, Έξοδος Κανάλι 5.

Το παρόν σχέδιο συνοδεύει
την με αριθ. πρωτ. 334848/12-7-22
ΥΠ.ΠΟ.Α./ΓΔΑΜΤΕ/ΔΑΒΜΜ...../.....
Απόφαση.

