

**Διερεύνηση των ακουστικών συνθηκών, στον χώρο της Εκκλησίας του Δήμου,
στην αρχαία Πνύκα στην Αθήνα, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές
συνθήκες.**

Καραμπατζάκης Παναγιώτης
Αρχιτέκτων Μηχανικός – Σύμβουλος ακουστικής, Επιστημονικός συνεργάτης
εργαστηρίου Αρχιτεκτονικής Τεχνολογίας ΑΠΘ
info@nestos.net, pkar38@arch.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία παρουσιάζει την διαδικασία ανάλυσης και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την πρόγνωση ακουστικών παραμέτρων (κυρίως του STI), κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες, του χώρου της Πνύκας στο λόφο του Φιλοπάππου στην Αθήνα, κατά, τις τρεις φάσεις κατασκευής της (I, II και III φάσεις). Πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια διεπιστημονικής συνεργασίας, για την κατασκευή χώρου εικονικής, επαυξημένης, πραγματικότητας για εκπαιδευτικούς λόγους, στο τμήμα Rhetoric του Department of Writing Studies, του University of Minnesota-Twin Cities των Η.Π.Α. και αφορούσε την επαφή των φοιτητών με την διαδικασία της ρητορικής, μπροστά σε κοινό, κάτω από διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες και διαφορετική πληρότητα, κατά τα τρία στάδια κατασκευής της Πνύκας.

Εξετάστηκαν 3 διαφορετικές καιρικές καταστάσεις και έγινε σύνδεση των καιρικών συνθηκών (κυρίως του ανέμου) με τον θόρυβο βάθους που καθοριζόταν από αυτές. Η ακουστική ανάλυση των χώρων, έγινε, με το λογισμικό Catt V9/Tuct2 σε 3διάστατα μοντέλα HY. Εξετάστηκε η παράμετρος STI [2], επηρεαζόμενη από τον θόρυβο βάθους ο οποίος καθορίστηκε με μία προσεγγιστική αντιστοίχιση με τις καιρικές συνθήκες, σε δύο καταστάσεις πηγής, μία παράλληλη του διανύσματος aim point της πηγής, προς τον κύριο άξονα του χώρου και μία σε αυτή του διανύσματος aim point κάθετου στον κύριο άξονα του χώρου. Οι ενδιάμεσες γωνίες του διανύσματος aim προέκυψαν από εσωτερική παρεμβολή των δύο ακραίων καταστάσεων.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων, απεικονίστηκαν σε χάρτες STI, βαθμολογημένα σε 5 κατηγορίες κατά τα σχετικά πρότυπα [2].

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, πέραν των ακουστικών συμπερασμάτων, προέκυψαν και συμπεράσματα που άπτονται της «στρατηγικής» συμπεριφοράς ενός ρήτορα, στο βήμα και των δυνατικών επιπτώσεων της «στρατηγικής» αυτής, στην πολιτική ή/και την δικαιοσύνη, της περιόδου λειτουργίας της, στην αρχαία εποχή.

Study of the acoustic conditions in the "Ekklesia tou Dimou" area at the ancient Pnyka Hill in Athens, with a focus on the prevailing weather conditions.

ABSTRACT

The present study presents the processing methodology followed and the conclusions derived from the prediction of acoustic parameters (mainly the STI) under special conditions of the Pnyka site on Filopappos Hill in Athens during the three phases of its construction in the ancient era (I, II, and III phases).

It was part of an interdisciplinary collaboration to create a virtual, augmented reality model for educational purposes in the Rhetoric Department of the Department of Writing Studies, University of Minnesota-Twin Cities, USA. It was related to the student's interaction with the rhetoric process in front of an audience under different weather conditions and different audience sizes.

Three (3) different types of weather conditions were examined, and a connection has been established between the various weather conditions (mainly wind speed) and their corresponding background noise.

The acoustic analysis used Catt V9/Tuct2 software in 3D computer models.

The STI parameter has been examined in relation to background noise; the latter has been determined by an approximate correlation with weather conditions for two different source scenarios: in the first case, the source's aim vector is parallel to the central axis of the space, and in the second case, it is perpendicular to the central axis of the space. The results of the intermediate angles of the aim vector were obtained by internal interpolation of the two extremes.

The analysis results were presented on STI maps and graded into five categories according to the relevant standards.

The analysis of the results, in addition to the acoustics-related conclusions, also provided findings related to the "strategic" behaviour of an orator on the stage and the potential effects of this "strategy" in politics and/or justice during the period of its implementation, i.e., during the ancient era.

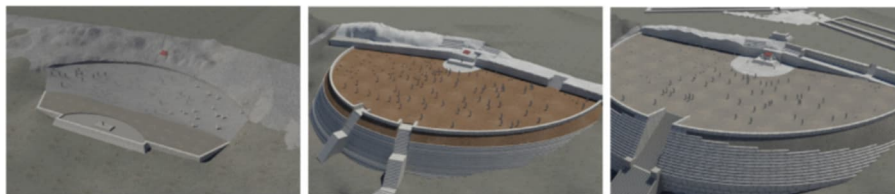
1. Ιστορικά στοιχεία

Η Πνύκα (λόφος Φιλοπάππου), ένας χαρακτηριστικό και σημαντικό τοπόσημο στην αρχαία Αθήνα, χρησιμοποιήθηκε ως κρίσιμος χώρος για τη συνέλευση των πολιτών στην εποχή της αρχαίας Αθηναϊκής Δημοκρατίας, αντανακλώντας την πολιτική και ρητορική δυναμική της κλασικής Αθήνας.

Οικοδομικά η Πνύκα εξελίχθηκε σε 3 ξεχωριστές φάσεις την Ιη (γύρω στα 500π.χ.) την Ιη (γύρω στα 400π.χ.) και την ΙΙη (γύρω στα 330π.χ.)

Η σημασία της, υπογραμμίζεται από τον ρόλο του ως τόπου διεξαγωγής της «Εκκλησίας του Δήμου» (Αθηναϊκής Συνέλευσης), όπου οι πολίτες πολλές φορές τον χρόνο, συγκεντρώνονταν για να συζητήσουν και να αποφασίσουν για ζητήματα της Πόλης-Κράτους των Αθηνών και άλλες φορές, στην ίδια τοποθεσία για την συνεδρίαση της Ηλιαίας, προκειμένου να αποδώσει δικαιοσύνη κ.α.

Ο πληθυσμός που συγκεντρωνόταν, ανέρχονταν κατά τις πηγές από 500 μέχρι και 15000.



Εικόνα 1.1 οι 3 φάσεις της Πνύκας φάση I 5^ο αιώνας π.Χ. , φάση II ~404π.Χ. , φάση III 2^ο μισό 4^ο αιώνα. [3]

Τα αρχαιολογικά ευρήματα αποκάλυψαν ότι η Πνύκα δεν ήταν μόνο ένας πολιτικός χώρος αλλά και ένας τόπος τελετουργικής, θρησκευτικής (Katz, 1984) και κοινοτικής ενασχόλησης. Ο λόφος συνδέθηκε με διάφορες αστικές λειτουργίες και χρησίμευε ως χώρος συγκέντρωσης που ενθάρρυνε τη δημόσια ζωή στην Αθήνα . Αυτή η σύνδεση με τις κοινοτικές δραστηριότητες τονίζεται περαιτέρω από την παρουσία συστημάτων διαχείρισης νερού, τα οποία ανακαλύφθηκαν κατά τις ανασκαφές. [7] Η ενσωμάτωση των φυσικών πόρων στο αστικό τοπίο της Αθήνας, ιδιαίτερα στην Πνύκα, απεικονίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ του περιβάλλοντος και της αστικής ζωής στην αρχαία Ελλάδα.

Η Πνύκα, παράλληλα με την Αγορά, αντιπροσώπευε την καρδιά της έννοιας της εμπλοκής των πολιτών, όπου λάμβανε χώρα ο δημόσιος λόγος και η λήψη αποφάσεων.

Αυτή η δυαδικότητα της Πνύκας τόσο ως πολιτικού όσο και ως κοινωνικού χώρου υπογραμμίζει τη σημασία της στην ανάπτυξη δημοκρατικών ιδεωδών, τα οποία είχαν μόνιμες επιπτώσεις στους δημόσιους χώρους σε σύγχρονα πλαίσια.

Συνοπτικά, η Πνύκα αποτελεί μαρτυρία των δημοκρατικών πρακτικών της αρχαίας Αθήνας, που χαρακτηρίζεται από τα αρχιτεκτονικά της χαρακτηριστικά που υποστήριζαν τη δημόσια ρητορική, τον ρόλο της στις κοινοτικές διεργασίες και τη σημασία της ως «τόπος συμμετοχής» των πολιτών. [8]

Τα αρχαιολογικά στοιχεία και τα ιστορικά κείμενα δείχνουν πώς ο συγκεκριμένος λόφος ήταν κεντρικός στον πολιτικό και κοινωνικό ιστό της αθηναϊκής ζωής, διαμορφώνοντας την κουλτούρα που θα επηρέαζε τη δημοκρατική σκέψη για τους επόμενους αιώνες. [9]

2. Σχετικά με το project «BEMA».

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η παρούσα έρευνα αποτελεί ένα μικρό τμήμα της συνολικής έρευνας / ανάπτυξης του «ψηφιακού εργαλείου», «BEMA» [5] στα πλαίσια διεπιστημονικής, διαπανεπιστημιακής, συνεργασίας, για την κατασκευή χώρου εικονικής ή/και επαυξημένης, πραγματικότητας για εκπαιδευτικούς λόγους, στο τμήμα Rhetoric του Department of Writing Studies, του University of Minnesota-Twin Cities των Η.Π.Α. και αφορούσε την επαφή των φοιτητών με την διαδικασία της ρητορικής, μπροστά σε κοινό, με μαθηματικούς αλγόριθμους πλήρωσης, επιλογή αρχιτεκτονικής φάσης, κλιματολογικών συνθηκών (3 επίπεδα ανέμου, Calm – light air, Moderate breeze, Strong breeze)¹.

Η συμμετοχή του συγγραφέα του παρόντος άρθρου, συνέβη κατά την 2^η από τις 3 φάσεις του προγράμματος “BEMA”.



Εικόνα 2.1 και 2.2 ο ομιλητής βλέπει την απεικόνιση του χώρου STI και Εικόνα 2.2 Ο ομιλητής βλέπει το κοινό. Κατά την ομιλία του ομιλητή, καταγράφεται το ποσοστό (σε χρόνο και σε μέσο όρο) των ακροατών που άκουσαν την ομιλία στα 5 επίπεδα STI [3]

Ένα από τα ζητούμενα της εφαρμογής «BEMA» ήταν η χαρτογράφηση της καταληπτότητας που αντιστοιχεί στις περιοχές ακρόασης ενώ ο ομιλητής κινείται στο βήμα ή στρέφει τους 3 άξονες της κεφαλής του (συνολικά 6 βαθμοί ελευθερίας της κεφαλής), σε ανάλογες κατευθύνσεις.

Κατά τον χειρισμό του “BEMA” ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις 3 φάσεις κατασκευής του χώρου, τον πληθυσμό (με διαφορετικά μοντέλα πλήρωσης και τις καιρικές συνθήκες).

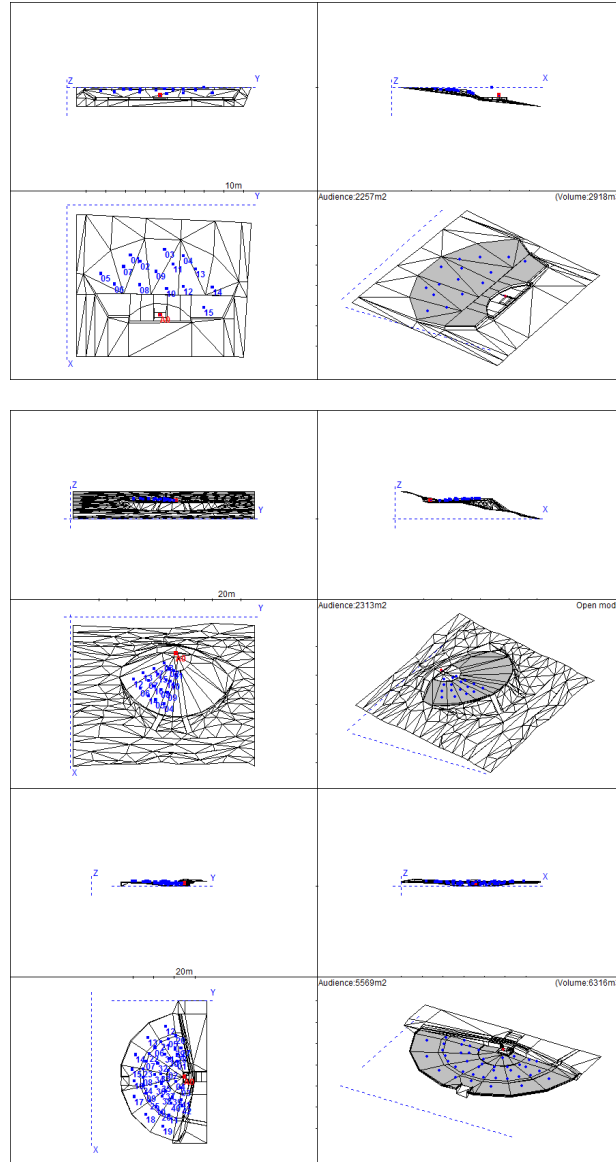
Από τους υπολογισμούς του τρισδιάστατου μοντέλου προέκυψαν τιμές σε κάναβο 1x1m για όλη την πλατεία ακρόασης της Πνύκας για τις δύο γωνίες πηγής. Οι υπολογισμοί που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη αφορούν όλο τον χώρο της πλατείας, γεμάτο, από ακροατές (1.04 άτομα/m²).

Η εκπαιδευτική αποστολή του έργου «BHEMA» είναι να δώσει στους φοιτητές την εμπειρία της αγόρευσης μπροστά σε μεγάλο κοινό, για μεγάλα χρονικά διαστήματα (πχ 30 λεπτών ή μίας ώρας) και τις δυσκολίες ή τα κέρδη που μπορεί να προκύψουν κατά την διαδικασία. [10].

3. Το υπολογιστικό μοντέλο της ακουστικής

3.1 Σχετικά με το μοντέλο

Αρχικά σχεδιάστηκαν τα μοντέλα των 3^{ων} φάσεων κατασκευής της Πνύκας, κατά το πρωτόκολλο που απαιτεί το λογισμικό Catt/Tuct [6] και εξήχθησαν τα 3 ακουστικά γεωμετρικά μοντέλα (GA). Για τον σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οι σχεδιαστικές προτάσεις που προκύπτουν από στοιχεία της αρχαιολογικής έρευνας και δυναμικά, ίσχυαν κατά τον χρόνο και την φάση λειτουργίας του χώρου. Τα στοιχεία αυτά προτείνουν δεδομένα τα οποία διαφέρουν από την σημερινή γεωμετρία του χώρου. Ο σχεδιασμός των τριών φάσεων βασίστηκε στα στοιχεία αυτά.



Εικόνα 3.1 το μοντέλο της φάσης I, II και III

Τα υλικά και οι συντελεστές α (ανά 1/3 οκτάβας, 125Hz-4KHz) που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

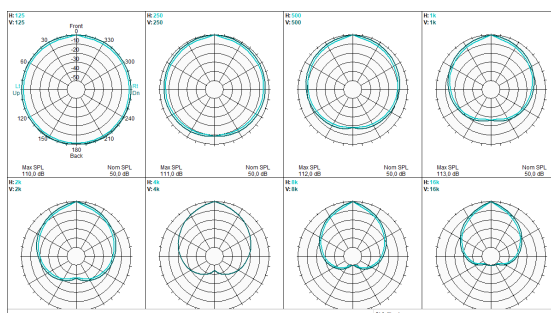
	125	250	500	1K	2K	4K
Λαξευμένο Μάρμαρο	3	3	3	5	7	5
Χώμα ²	15	25	40	55	60	60

Ακατέργαστος βράχος	2	3	4	5	4	3
Ακροατήριο (1.04άτομα/m ²) [1]	16	29	55	80	92	90
Χτισμένη πέτρα	3	3	3	5	7	5

Οι τρεις παραπάνω φάσεις I, II, και III επεξεργάστηκαν, με 0% και με 100% πληρότητα, με την πλατεία του χώρου να υπολογίζεται έχοντας την ακουστική απορρόφηση ακροατηρίου ή/και χώματος. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται ο χώρος υπολογισμένος πλήρες από ακροατήριο.

Σημειώνεται ότι οι συντελεστές απορρόφησης α του χώματος πλησιάζουν αυτές του ακροατηρίου. (Evans, 1940)

Η πηγή που χρησιμοποιήθηκε ήταν κατευθυντική και εξομοίωσε στην εκπομπή ανθρώπου που ομιλεί παράλληλα με το έδαφος κειτόντας μπροστά.



Εικόνα 3.2 Τα πολικά γραφήματα της πηγής σε οριζώντια και κατακόρυφη κατανομή, ανά συχνότητα.

Η στάθμη της πηγής καθορίστηκε στην κατάσταση Natural, Loud κατά τις οδηγίες του ANSI S3.5 δηλαδή σε στάθμες L_{p1m_a} : 58,0 64,0 70,3 70,7 65,9 59,9 48,9 37,8 dB(A) (125-16k Hz).

Εξετάστηκε η παράμετρος STI [2] και ταξινομήθηκε σε 5 χαρακτηριστικές περιοχές (Excellent, Good, Fair, Poor, Bad) κατά το πρότυπο και τα αποτελέσματα προέκυψαν σε μορφή χάρτη κατανομής, πίνακα (που αντιστοιχεί σε χωρική κατανομή κανάβου 1x1m) και γραφήματος στατιστικής κατανομής.

3.2 Σχετικά με τις συνθήκες περιβάλλοντος των υπολογισμών.

Η παράμετρος STI επηρεάζεται καθοριστικά από τον θόρυβο βάθους, και υποδεικνύει την καταληπτότητα σε κάποιο δέκτη, συνυπολογίζοντας τον θόρυβο βάθους της περιοχής

Προκειμένου να αναλυθούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες που δυνητικά επικρατούσαν κατά την χρήση του χώρου της Πνύκας, έγιναν οι παρακάτω παραδοχές.

Ως καθοριστικότερο καιρικό στοιχείο, που ταυτόχρονα επιτρέπει την χρήση του χώρου, θεωρήθηκε ο άνεμος.

Από την εμπειρία είναι γνωστό πως οι στάθμες θορύβου που προκύπτουν από τις ριπές του ανέμου σε ελεύθερο φυσικό περιβάλλον, προέρχονται, κυρίως από την διάδραση των ριπών με τα στοιχεία του περιβάλλοντος παρά από τις ίδιες τις ριπές του ανέμου και στις περισσότερες περιπτώσεις, καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά

πρόσπτωσης στον τελικό αισθητήρα (π.χ. αυτί ή μικρόφωνο). Για τον παραπάνω λόγο, μία γενική σχέση της έντασης ή της ταχύτητας του ανέμου είναι πολύ δύσκολο, αν όχι ακατόρθωτο, να συνδεθεί απόλυτα, με την στάθμη θορύβου που παράγει, μιας και η στάθμη θορύβου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του χώρου όπως π.χ. η γεωμετρία, τα υλικά, η βλάβιση, το ανάγλυφο κλπ αλλά και από τα χαρακτηριστικά των ριπών.

Για να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα, υιοθετήθηκε μία εμπειρική γενικότητα η οποία δέχεται τρεις στάθμες ανέμου [4], α) Calm – light air (0-2 Beaufort), β) Moderate breeze (4-5 Beaufort), γ) Strong breeze (>6 Beaufort), συνδεδεμένες (εμπειρικά) με τρεις στάθμες θορύβου, για την ένταση ανέμου α) <30dB(A), για την β) <43dB(A) και για την γ) <50dB(A). Η παραπάνω αντιστοίχιση ενδεχόμενα να διαφέρει αν μετρηθεί σε διαφορετικά σημεία, αλλά σε κάθε περίπτωση δίνει μία κλίμακα εντάσεων η οποία είναι πρόσφορη για συγκριτικά συμπεράσματα.

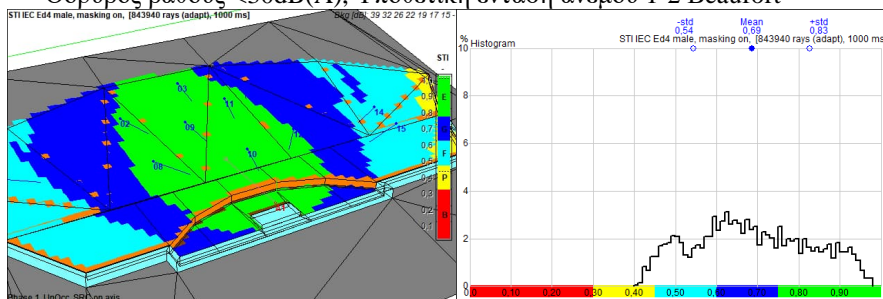
Εξαιτίας του τεράστιου όγκου αποτελεσμάτων, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται χαρακτηριστικά δείγματα.

4. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης.

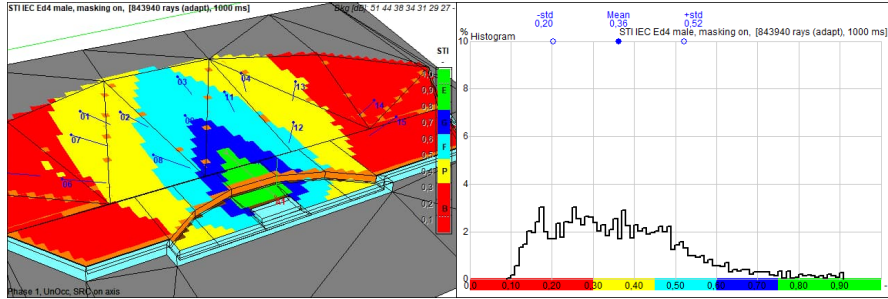
Μετά από την επεξεργασία των 3^{ων} ακουστικών γεωμετρικών μοντέλων μέρος των αποτελεσμάτων παρουσιάζετε παρακάτω. Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται, στους μέν χάρτες η κατανομή των τιμών STI στον χώρο της πλατείας κάθε φάσης και ακριβώς δίπλα η στατιστική κατανομή των τιμών STI.

Φάση I (πληθυσμός 2400 άτομα, μέγιστος έως 4800 άτομα)³
 Κατεύθυνση πηγής πάνω στον κύριο άξονα.

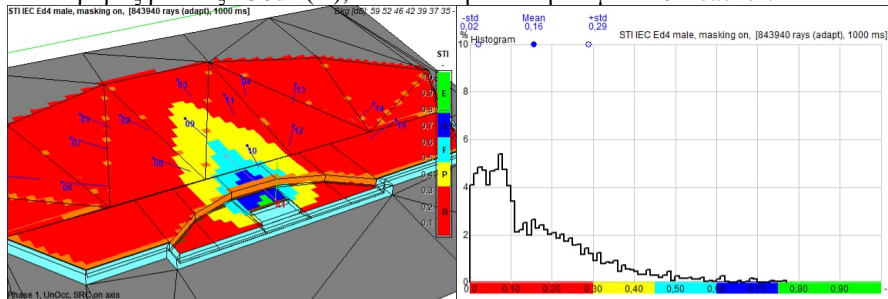
Θόρυβος βάθους <30dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort



Θόρυβος βάθους <math><43\text{dB(A)}</math>, Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort

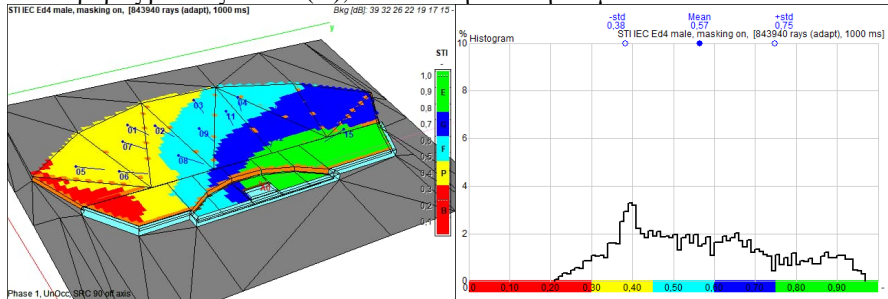


Θόρυβος βάθους $\le 50\text{dB(A)}$, Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort

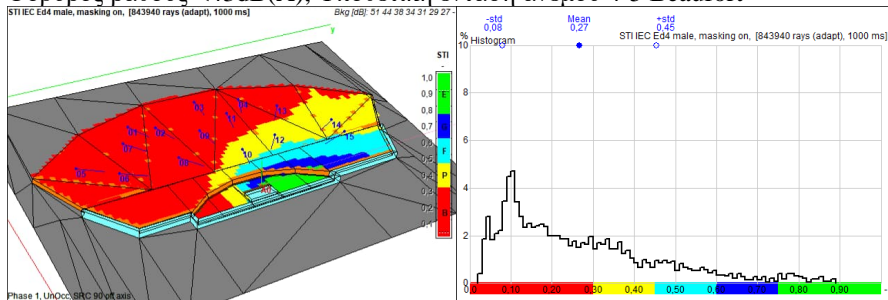


Κατεύθυνση πηγής 90° από τον κύριο άξονα.

Θόρυβος βάθους $\le 30\text{dB(A)}$, Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort

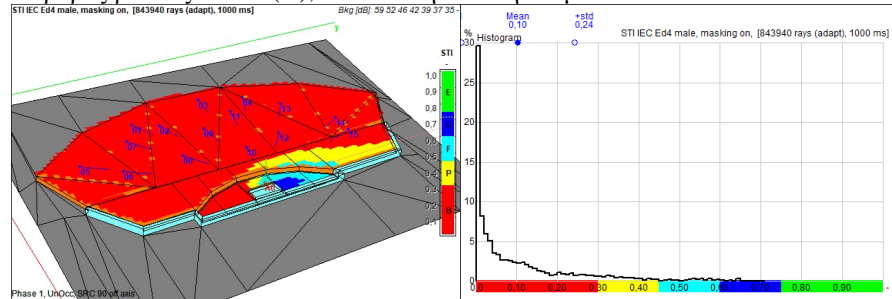


Θόρυβος βάθους $\le 50\text{dB(A)}$, Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort



Θόρυβος βάθους $\le 50\text{dB(A)}$, Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort

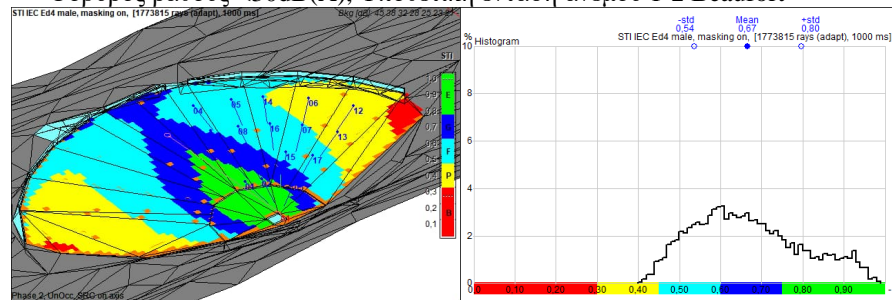
Θόρυβος βάθους <50dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort



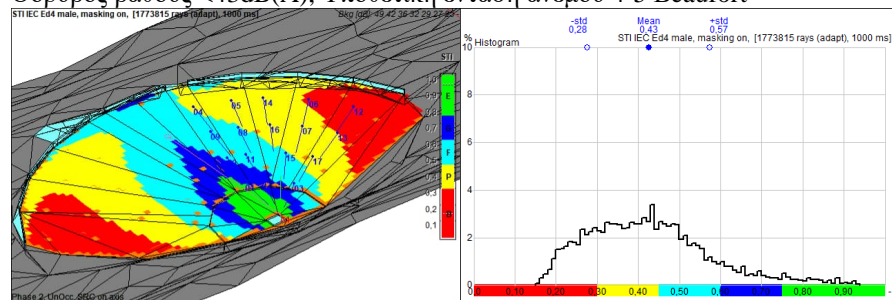
Φάση II (πληθυσμός 2500 άτομα, μέγιστος έως 5000 άτομα)²

Κατεύθυνση πηγής πάνω στον κύριο άξονα.

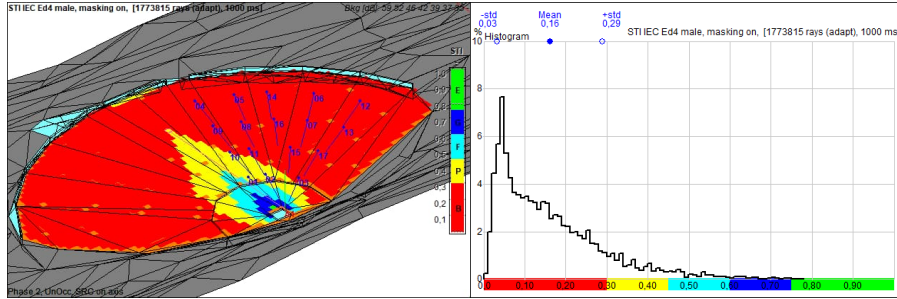
Θόρυβος βάθους <30dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort



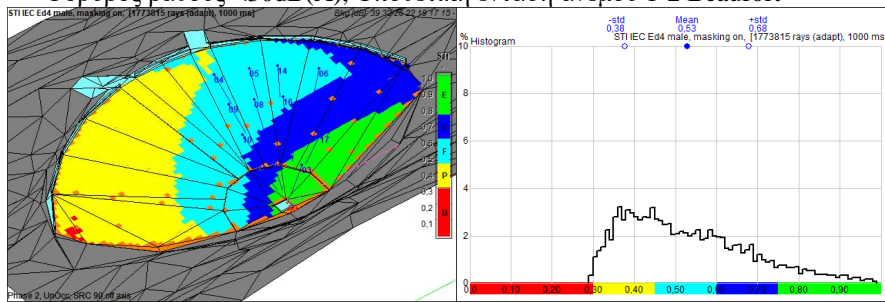
Θόρυβος βάθους <43dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort



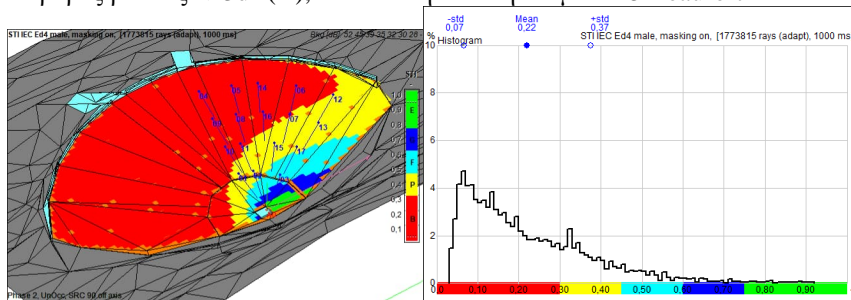
Θόρυβος βάθους <50dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort



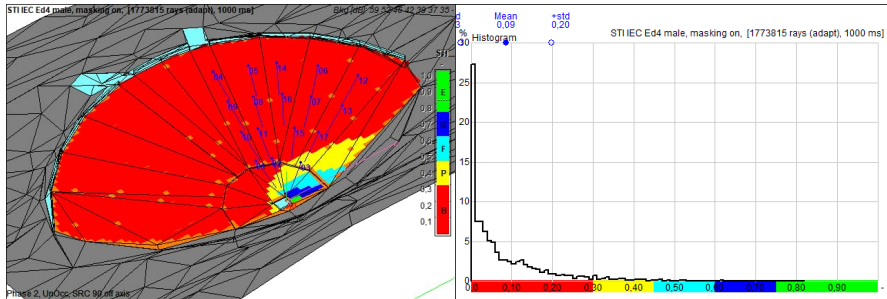
Κατεύθυνση πηγής 90° από τον κύριο άξονα.
Θόρυβος βάθους <30dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort



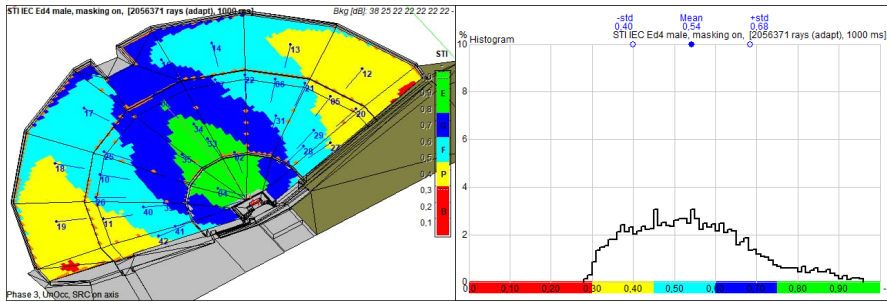
Θόρυβος βάθους <43dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort



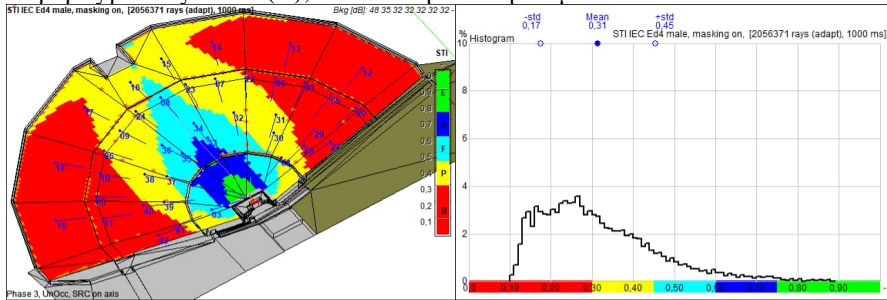
Θόρυβος βάθους <50dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort



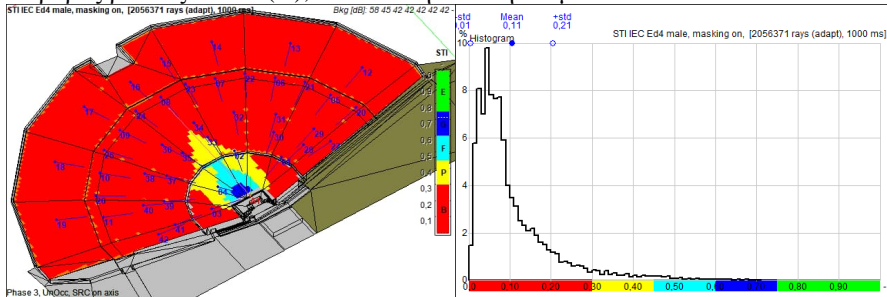
Φάση III (πληθυσμός 5500 άτομα, μέγιστος έως 11000 άτομα)²
 Κατεύθυνση πηγής πάνω στον κύριο άξονα.
 Θόρυβος βάθους <30dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort



Θόρυβος βάθους <43dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort

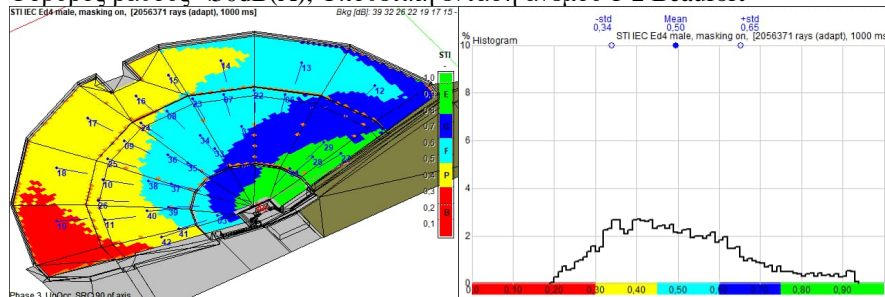


Θόρυβος βάθους <50dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort

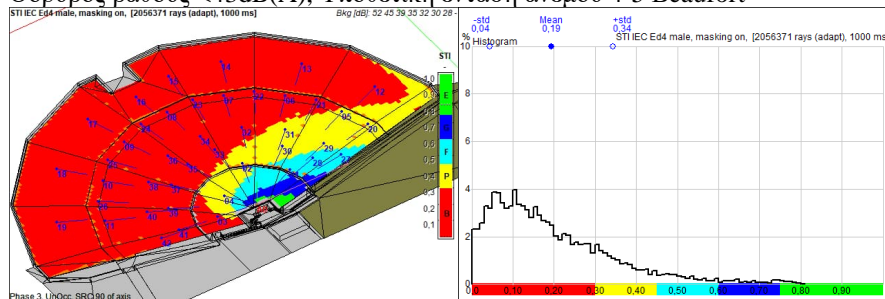


Κατεύθυνση πηγής 90° από τον κύριο άξονα.

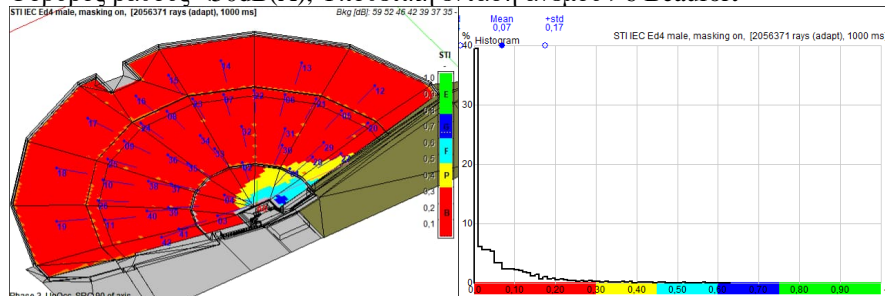
Θόρυβος βάθους <30dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 1-2 Beaufort



Θόρυβος βάθους <43dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου 4-5 Beaufort



Θόρυβος βάθους <50dB(A), Υποθετική ένταση ανέμου >6 Beaufort



5. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Στην περίπτωση της Φάσης I, όπου ο μακρύτερα ευρισκόμενος ακροατής βρίσκεται περίπου στα 40m, σε περίπτωση θορύβου βάθους <30dB(A) φαίνεται από τα αποτελέσματα ότι το STI θα κινηθεί σε επίπεδα άνω του 0,50 (σαν συνολικό ποσοστό ταξινόμηση ως Excellent, Good, Fair, κατά IEC to 60268-16) σε ποσοστό των ακροατών περίπου 82%, ενώ για την περίπτωση του θορύβου βάθους με τιμές <43dB(A) το ποσοστό μειώνεται σε περίπου 6%. Στην περίπτωση του θορύβου βάθους <50dB(A) το ίδιο ποσοστό μειώνεται δραματικά στα 0,4% και με βεβαιότητα

είναι φανερό πως ο χώρος είναι ακατάλληλος για ομιλία πέραν ελάχιστης περιοχής γύρω από τον ομιλητή.

Στις περιπτώσεις με θόρυβο βάθους 43 η 50 dB(A) είναι βέβαιο ότι για να συμμετέχει όλο το ακροατήριο με συνθήκες αποδεκτής καταληπτότητας πρέπει να γίνει χρήση κηρύκων η εργαλείων στοιχειώδους φυσικής ενίσχυσης (πχ χωνιά κλπ.)

Στην περίπτωση της Φάσης II όπου ο μακρύτερα ευρισκόμενος ακροατής βρίσκεται σε απόσταση περίπου 55m, στην περίπτωση της πηγής πάνω στον άξονα και με θόρυβο βάθους <30dB(A), υπολογίζεται STI >0,50 σε 91% των ακροατών. Κατά όμοιο τρόπο με την προηγούμενη περίπτωση, το STI μειώνεται δραματικά στις περιπτώσεις θορύβου βάθους <43 και <50dB(A) για STI<60% σε ποσοστό περίπου 27% και 2.2% αντίστοιχα)

Στην περίπτωση της Φάσης III όπου ο μακρύτερα ευρισκόμενος ακροατής βρίσκεται σε απόσταση περίπου 65m, στην περίπτωση της πηγής πάνω στον άξονα και με θόρυβο βάθους <30dB(A), υπολογίζεται STI >0,50 σε περίπου 59% των ακροατών. Κατά όμοιο τρόπο με την προηγούμενη περίπτωση, το STI μειώνεται δραματικά στις περιπτώσεις θορύβου βάθους <43 και <50dB(A) για STI<60% σε ποσοστό περίπου 6% και 0.7% αντίστοιχα.

Για την περίπτωση του ομιλητή που είναι στραμμένος 90° σε σχέση με τον άξονα τα ποσοστά του STI που είναι >0,60 είναι (Αnon., χ.χ.)δυσμενέστερα.

Φάση I: Για την περίπτωση του θορύβου βάθους <30dB(A) είναι περίπου 57%, για την περίπτωση θορύβου βάθους <43dB(A) είναι περίπου 17% και για την περίπτωση θορύβου βάθους <50dB(A), είναι 3%

Φάση II: Για την περίπτωση του θορύβου βάθους <30dB(A) είναι περίπου 51%, για την περίπτωση θορύβου βάθους <43dB(A) είναι περίπου 5.4% και για την περίπτωση θορύβου βάθους <50dB(A), είναι 0,6%

Φάση III: Για την περίπτωση του θορύβου βάθους <30dB(A) είναι περίπου 45%, για την περίπτωση θορύβου βάθους <43dB(A) είναι περίπου 5% και για την περίπτωση θορύβου βάθους <50dB(A), είναι 1,1%.

Ποσοστό (%) STI > 0.5 ανά θέση	Φάση		
	Φάση I	Φάση II	Φάση III
On axis BG<30dB(A)	81,6	91	58,8
On axis BG<43dB(A)	5,9	27	5,6
On axis BG<50dB(A)	0,4	2,2	0,7
90 off axis BG<30dB(A)	56,9	50,6	44,6
90 off axis BG<43dB(A)	17,3	5,4	4,8
90 off axis BG<50dB(A)	3	0,6	1,1

Μέγιστη απόσταση Πηγής δέκτη σε m	40	55	65

Τέλος θα μπορούσε να ειπωθεί ότι οι ακουστικές αδυναμίες του χώρου της Πνύκας, σε όλες τις οικοδομικές φάσεις της, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τους ομιλητές, ώστε περιοχές με μεγάλη ακουστική δυσμείνεια να συμμετέχουν «παθητικά» ή «κατευθυνόμενα». Επίσης μπορεί να ειπωθεί (κάτι που είναι γνωστό

και από αρχαιολογικές πηγές) ότι οι «σύεδροι» γνωρίζοντας τις «ακουστικές» αδυναμίες του χώρου. Λάμβαναν θέσεις τέτοιες ώστε, τα δρόμενα στην Πνύκα, να μην τους αγγίζουν. Άλλωστε είναι γνωστό ότι πολλοί από αυτούς, λαμβάναν μέρος είτε μετά από «παρότρυνση» (ας θυμηθούμε τους φύλακες με τα σκοινιά βουτηγμένα σε κόκκινη μπογιά), είτε για να εξασφαλίσουν το ημερομίσθιο, είτε να για να βρεθούν με τους φίλους τους, ώστε να παίξουν τρίλιζα, σε κάποια από τις πολλές χαραγμένες που έχουν βρεθεί στον χώρο.

Αναφορές

Αναφορές

- [1] Evans, G W C Kaye and E J. «The sound-absorbing properties of some common out-door materials.» Proc. Phys. Soc. 52 371, 1940.
- [2] «IEC 60268-16 - Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.» *International Electrotechnical Commission*. International Electrotechnical Commission, 2020.
- [3] Bret , Jackson, και συν. «Bema: A Multimodal Interface for Expert Experiential Analysis of Political.» IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI) , 2015.
- [4] Katz, Eli Joel. «A note on indirect wind speed measurements from ambient noise.» Στο *Geophysical Research Letters*. AGU, 1984.
- [5] Kyungyoon Kim, Bret Jackson, Ioannis Karamouzas, Moses Adeagbo, Stephen J. Guy, Richard Graff, Daniel F. Keefe. «Bema: A Multimodal Interface for Expert Experiential Analysis of Political Assemblies at the Pnyx in Ancient Greece.» DOI:10.1109/3DUI.2015.7131720, 2015.
- [6] Manual, Catt Acoustics - CATT/TUCT User. «www.catt.se.» 1996-2024. www.catt.se.
- [7] Olga Dakoura Vogiatzoglou, Maria Dourou. *Searching for Water in the Sanctuaries of the Western Hills of Athens*. Archeologys Mediterraneennes, 2019.
- [8] Serafim, A. *EVISITING THE HILL OF PNYX: THE PHYSICAL, RHETORICAL, AND SOCIOCULTURAL CONTEXTS*. DOI: 10.51204/Anali_PFBU_23101A, 2023.
- [9] Υπουργείο Πολιτισμού, *Οδυσέας*. 2012.
http://odysseus.culture.gr/h/3/gh352.jsp?obj_id=2580. (Graff, et al. 2017)
- [10] Graff R., Jackson B., Kyungyoon K., Keefe D., Karampatzakis P. Johnstone C., Digital Modeling, Interactive Visualization, and the Oratorical Performance Spaces of Ancient Greece. DH2017, Carleton Minneapolis USA, 2017.

¹ Calm – light air (0-2 Beaufort), Moderate breeze (4-5 Beaufort), Strong breeze (>6 Beaufort):

² Η υποθετική διάθρωση είναι Μαλακό χώμα 10cm πάνω από συμπαγές έδαφος. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης με χώμα δεν παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

³ Προκύπτει από την σχέση 2άτομα/m²