

THE WIND AS A MUSICAL MAPPING TOOL OF THE URBAN ENVIRONMENT IN THE MEDITERRANEAN AREA. THE EXAMPLE OF THE CITY OF THESSALONIKI, GREECE

Dimitra Sideridou
George Sideridis

Introduction

The subject of the present work is the establishment of a relation between the urban environment within the city of Thessaloniki and the wind. Thessaloniki is a mediterranean city and one of the main features of the mediterranean climate is the wind. The urban area of Thessaloniki is affected by a particular northwest wind which appears when some particular climatological conditions are present in the greater area, i.e. a high atmospheric pressure in the southern part of the Balkan Peninsula in relation to the Aegean Sea region. This particular wind is named "Vardaris" and it usually lasts for 1 or 2 days. It may reappear after a short period. On some very rare occasions, it may blow continuously for 3 or 4 days [1]. The wind may be associated with the production of sound, an effect that can be achieved using appropriate installations outdoors. Several sound installations can be found in the mediterranean area, taking advantage of the wind coming from the Mediterranean Sea. Two typical examples are the Arpa Eolica di Mazzano in Verona, Italy [2] and a Salvador Dali's project near the Quermancó castle in Figueras, Spain. The Aeolian harp is a widespread sound producing structure. It is a musical instrument stimulated by the wind that was first built in ancient Greece [3]. Thus, the relationship between wind and the organized production of sound (i.e. a set of frequencies with specific relations between them) in the mediterranean area attracted attention from ancient times. The art which deals essentially with the relationship between sound frequencies within the human hearing range, is music. Although there is intense activity in the exploitation of the wind energy in many cities and regions located mainly in the mediterranean islands, several mediterranean urban centers can be identified where there has been no consideration of the wind in the configuration of their architecture. It is noted in Thessaloniki that such a persistent wind like Vardaris, has not been taken into account at any stage of the design of its urban environment. Urban and regional planning regulatory studies have been conducted starting from the large urban restructuring that took place in Thessaloniki after the end of the Ottoman era in 1912 and especially, after its destruction by fire in 1917. This great fire which broke out on the northwest side of the city burned 120 hectares of the most important part of the city center and eliminated permanently the traditional structure of Thessaloniki, as 9500 buildings were completely destroyed. The reasons for the very fast spread of the fire were reported as follows: summer drought, water scarcity, lack of organized

fire protection, the town planning itself, building materials and finally, (and perhaps the most important reason), the blowing of the characteristic northwest wind Vardaris [4]. However, this important wind was not taken into account at all in the large-scale redesign of the city environment which followed this major disaster.

In the present work the relationship of the aforementioned particular northwest wind to the urban environment of Thessaloniki is considered, through a process of determining certain wind quantities that are affected by the modern form of the urban web. The objective is to define a correlation between sound frequencies produced by the movement of wind Vardaris around specific buildings in the city of Thessaloniki. The wind frequency was calculated for the buildings selected using empirical rules derived from certain basic flow experiments reported in the literature. Reference to the art of music was then made, aiming at defining a relationship between the urban environment of Thessaloniki and the wind Vardaris using music theory.

Selection of case studies

Monuments that are landmarks in Thessaloniki and have morphological features that allow them to interact with the wind and produce periodic flow structures were selected for case studies. These monuments are: the White Tower, the OTE tower, the Faculty of Education Building at the Aristotle University and the Aristotle Square (Fig. 1).

The White Tower is what remains of the destroyed Ottoman fortification of the city and is considered a characteristic landmark. The construction date of the monument is placed around 1450, a few years after the conquest of Thessaloniki by the Turks in 1430 and it is one of the earliest Ottoman fortification samples mindful of artillery. It is a cylindrical structure with a height of 33.9 meters and it has six floors, which

communicate with internal staircase (Fig. 1a) [5] [6].

The OTE tower is a telecommunications tower with an overall height of 76 meters. It is located in central Thessaloniki, on the site of the International Fair of Thessaloniki. Designed by the architect A. Anastasiadis and constructed in 1970, it was used for several years as an exhibition center of the Greek Telecommunications Organization in the International Fair. Its interior was renovated in 2005 and today it is used by a mobile phone network (Fig. 1b).

The Faculty of Education Building at the Aristotle University of Thessaloniki is a cylindrical, ten-storey building with teaching rooms, offices and the faculty library. As the Aristotle University campus was the first large scale construction of architectural modernism in Greece, it offers a variety of 20th century architectural specimens, one of which is the Faculty of Education Building (Fig. 1c) [7].

The elongated cylindrical shape of all the aforementioned buildings allows the assumption for an aerodynamic behavior similar to the well-known aerodynamic behavior of a cylinder in cross-flow [8].

Aristotle Square is one of the largest and busiest squares in Thessaloniki. It is operated by the Municipality of Thessaloniki as a multiuse space for artistic, political and social events. Aristotle Square was established during the reconstruction of Thessaloniki, after the devastating fire of 1917. It was formed by two squares connected by an avenue perpendicular to the sea front, allowing the view of mount Olympus from within the city (Fig. 1d) [4]. The morphological features of the Aristotle Square allow the assumption for an aerodynamic behavior similar to that of a rectangular cavity [8].

The wind Vardaris starts from highlands in the greater Skopje area, it follows the valley of river Axios and enters the Greek territory through the

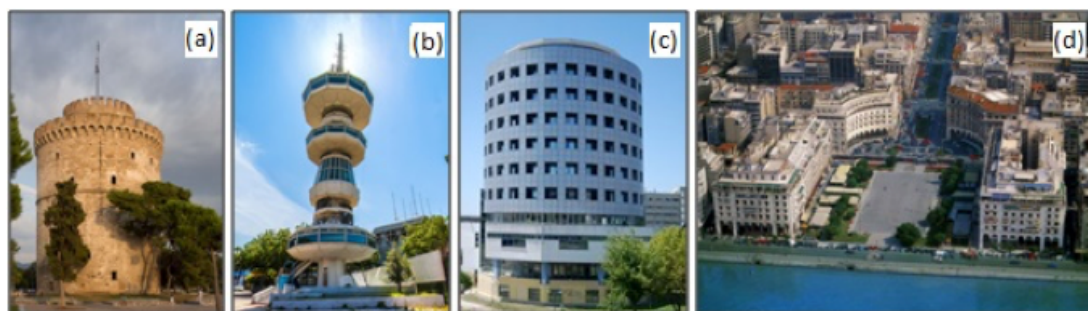


Fig. 1 - The monuments selected for the present study: (a) the White Tower, (b) the OTE Tower, (c) the Faculty of Education Building, (d) the Aristotle Square.

opening between the mountains Paiko and Belles. It reaches the Thessaloniki area as a fierce and dry northwest wind with an average speed of 30knots. It appears for about 40 days a year and it is not rare for its speed to reach 40-50knots [9].

Frequency calculations

For the calculation of the frequencies generated by the movement of wind Vardaris around the selected buildings of Thessaloniki, the following procedure was implemented. Initially, the Reynolds number (Re) was calculated, a dimensionless quantity which can predict the formation of similar flow structures in different flow conditions. It is defined by the relation:

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad (1)$$

where:
 ν = kinematic viscosity of air at the temperature of the flow being studied
 U = air velocity
 L = a characteristic length (in the present case, the building diameter)
 Then, the Strouhal number St, defined by the relation:

$$St = fL/U \quad (2)$$

As all monuments under review in the present work are within the atmospheric boundary layer (the thickness of which is estimated at about 100m), the air velocity in the above calculations was assumed at half of the monuments' average height. At that level, the air velocity is about half of the wind velocity, as shown in Fig. 3. Therefore, at a wind velocity of 38knots (U_{wind} in Fig. 3), the

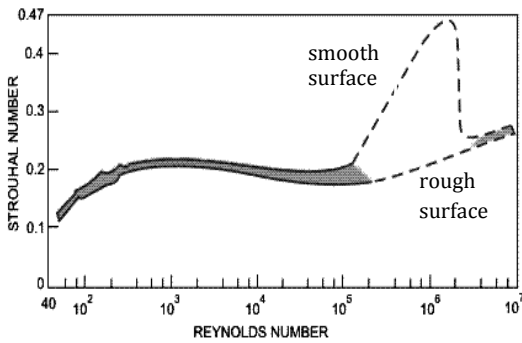


Fig. 2 - The relation between Re and St for a cylinder in cross-flow [8].

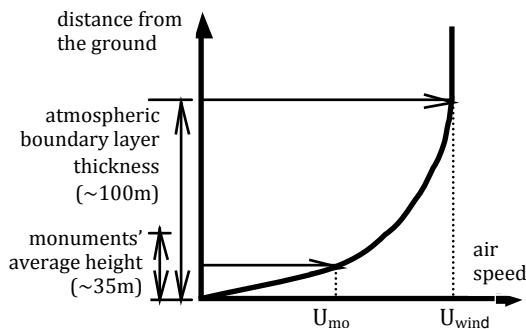


Fig. 3 - Typical boundary layer velocity profile.

air velocity at half the height of the monuments was taken equal to 19knots (U_{mon} in Fig. 3). For the cylindrical monuments selected, namely the White Tower, the OTE Tower and the Faculty of Education Building, their diameter was chosen as the characteristic length L in the calculation of the Reynolds number. For the Aristotle Square, its width was chosen as the characteristic length L, at two locations, one nearest to the sea front where the width is maximum and one at the opposite side, where the width is minimum. For the cylindrical buildings, the Strouhal number was obtained from Fig. 2 [8], whereas for the Aristotle Square which resembles a rectangular cavity, the Strouhal number was assumed to be constant and equal to 0,95 [10]. Table 1 shows values of the characteristic lengths, the Reynolds and Strouhal numbers and the flow frequency.

It is noted that the range of frequencies produced by the wind is from 0,086 to 2,3 Hz. As the human audible range of frequencies extends roughly from 20 to 20000 Hz, the wind frequencies were multiplied by 1000. This action also carries the wind frequencies within the range of common musical instruments. The results are shown in Table 2.

These frequencies were matched with musical sounds as shown in Table 3.

Analysis of musical notes

The numerical index of each letter in Table 3 indicates the octave of each musical note. The relation between the frequencies produced by the buildings and between the resulting musical notes remains the same after the multiplication. A change of the multiplication factor 1000 would result in a change of pitch, i.e. of the musical scale of the whole group of musical intervals created. This fact allows a specific musical analysis based on the classical harmony rules which organize the sequence of consonant relations between musical notes [11]. Three methods of analysis were selected, based on these classic rules.

A specific sequence of musical notes was determined in order to form a pattern, defined by C. Walton as a small melodic passage [12]. The musical notes were placed in a successive time order avoiding consonance (Fig. 4). Alternatively, the whole of the resulting musical notes can be treated as a single consonant unit, as defined by D. Athanasiadis and P. Papamoschos [13] (Fig. 5).

Another approach was to form a particular succession of chords [13] that would be the same in any musical scale (Fig. 6). In this case, there was no consonance, as results were unique for

	White Tower	OTE Tower	Faculty of Educ. Building	Aristotle Square (max. width)	Aristotle Square (min. width)
L	22,7m	10m	30m	90 m	32 m
Re	1,5 x10 ⁷	0,67 x10 ⁷	2 x10 ⁷	6,1 x10 ⁷	2,16 x10 ⁷
St	0,25	0,23	0,26	0,95	0,95
f	0,11 Hz	2,3 Hz	0,086 Hz	0,1 Hz	0,31 Hz

Tab. 1 - Calculation results of the Reynolds number, the Strouhal number and the flow frequency.

	White Tower	OTE Tower	Faculty of Educ. Building	Aristotle Square (max. width)	Aristotle Square (min. width)
Freq. [Hz]	110	2300	86	100	310

Tab. 2 - The values of the flow frequencies placed within the human audio range.

	White Tower	OTE Tower	Faculty of Educ. Building	Aristotle Square (max. width)	Aristotle Square (min. width)
Musical notes	A 2	D 7	F 2	G 2	D# 4 / Eb 4

Tab. 3 - The musical notes resulted for the monuments selected.

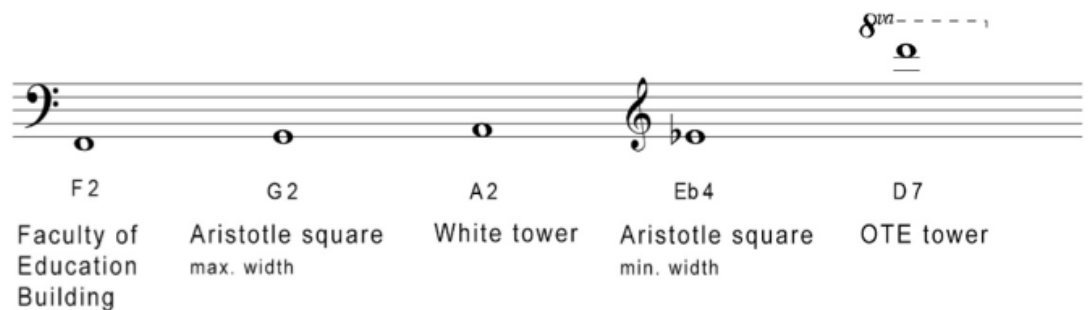


Fig. 4 - Placement of the musical notes in sequential order from the lowest to the highest tones and pairing them with the buildings considered.

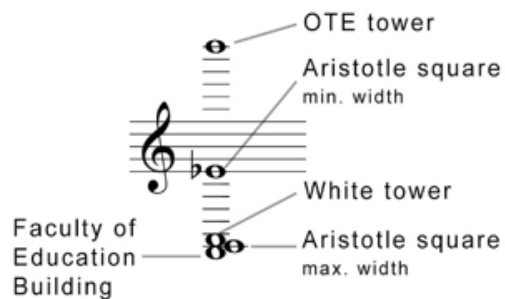


Fig. 5 - The whole set of musical notes in a state of consonance, creating a chord.

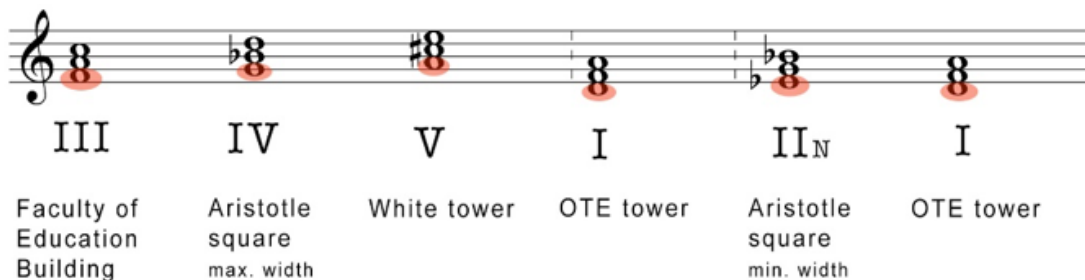


Fig. 6 - The succession of chords and creation of triads. The coloured notes refer to the monuments shown. The indices III, IV, V, II_N, and I indicate the third, fourth, fifth, second and the basis chord of D minor, respectively.

each building. Consequently, each musical note obtained was considered as the basic note of each chord. According to the precise functional role conferred on the succession of chords by the laws of classical harmonic writing [14], the aforementioned specific progression was proposed, shown in Fig.6, which serves to consolidate a certain musical scale, D minor. Of the homonymous sound notes D# and Eb, Eb was chosen as most relevant to the tonal scale defined. At this point it should be mentioned that the treatment of the results and their musical analysis was based on the functional structures of the harmonic writing that finalized after the second season of pluralism (ars nova) [13]. The previous contrapuntal writing was quite restrictive, so that all musical notes could not be integrated in a single operational structure. On the other hand, the later modern atonal handling of musical analysis is quite abstract and it would not lead to a clear outcome.

Conclusions

In the present work, the interaction of the wind Vardaris with four monuments of Thessaloniki was analyzed. Frequencies in the air flow created by this interaction according to the aerodynamic rules were found and transferred to the human acoustic range. Eventually, these frequencies were matched with musical notes. The results were evaluated using basic rules of music theory and harmonic analysis. Initially a melodic passage was formed, then all musical notes were structured so as to create a chord and finally, the same musical notes were used to form a chord sequence. In that way, three musical results were created which are associated in all musical scales with the frequencies created by the buildings considered. All three results share the same tonality and there is clear consolidation of the musical scale. Therefore, the modern urban area of Thessaloniki has been mapped with a melody, a chord and a harmonic structure, which can be transferred to any tonality. A particular set of musical elements has been formulated which gives in a very specific way the musical identity of the city of Thessaloniki, completely dependent on the wind Vardaris. It would be interesting to implement the procedure presented in this work in any mediterranean city characterized by similar climatic conditions.

REFERENCES

[1] Π. Μαχαίρας, Χ. Μπαλαφούτης, "Γενική Κλιματολογία με στοιχεία Μετεωρολογίας", University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1997.

- [2] C. Madinelli, "Ecco l'arpa eolica, suona con il vento e ricorda i caduti", L' Arena giornale di Verona, 9 novembre 2015.
- [3] La harpe éolienne: Scores at the International Music Score Library Project
- [4] Α. Καραδήμου Γερόλυμπου, "Η Θεσσαλονίκη, πριν και μετά από τον Ερνέστο Εμπράρ", Τμήμα Αρχιτεκτόνων Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- [5] Μ. Biris, Μ. Kardamitsi-Adami, "Neoclassical Architecture in Greece", 14 March 2005, J. Paul Getty Museum, p. 188.
- [6] J. D. Tracy, "City Walls: The Urban Enceinte in Global Perspective", University of Minnesota, Center for Early Modern History, Cambridge University Press 2009.
- [7] <https://www.auth.gr/bld27>
- [8] Α. Γούλας, "Μηχανική Ρευστών", Γιαχούδης και Σια, 1986.
- [9] Α. Φλόκας, "Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας", Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1992.
- [10] V. Sarohia, "Experimental and Analytical Investigation of Oscillations in Flows over Cavities", PhD Thesis, California Institute of Technology, 1975.
- [11] Α. Schönberg, "Δομικές λειτουργίες της αρμονίας", Αθήνα, 1992.
- [12] C. Walton, "Basic Forms In Music", Orpheus editions, Αθήνα.
- [13] Δ. Αθανασιάδης, Π. Παπαμόσχος, "Θεωρητικές Βάσεις της Παραδοσιακής Αρμονίας", Έκδοση Μακεδονικού Ωδείου, Θεσσαλονίκη, 1992.
- [14] Α. Schönberg, "Θεωρητική αρμονία", Αθήνα, 1992.

Ο ΑΝΕΜΟΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία το αντικείμενο ενδιαφέροντος είναι η σχέση του ανέμου με το αστικό περιβάλλον της Θεσσαλονίκης, καθώς αυτή είναι μία μεσογειακή πόλη και κύριο χαρακτηριστικό του μεσογειακού κλίματος είναι ο άνεμος. Ο αστικός χώρος της Θεσσαλονίκης επηρεάζεται από έναν συγκεκριμένο βορειοδυτικό άνεμο, ο οποίος εμφανίζεται όταν δημιουργούνται οι κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή δηλαδή, υψηλή ατμοσφαιρική πίεση στα νότια της Βαλκανικής Χερσονήσου σε σχέση με την περιοχή του Αιγαίου. Ο άνεμος αυτός είναι γνωστός με την ονομασία «Βαρδάρης» και συνήθως διαρκεί 1-2 μέρες. Είναι δυνατόν να εμφανιστεί πάλι μετά από σύντομο χρονικό διάστημα. Σε μερικές σπάνιες περιπτώσεις, μπορεί να πνέει για 3-4 μέρες συνεχόμενα [1]. Ο άνεμος μπορεί να σχετιστεί με την παραγωγή ήχου, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με τη χρήση υπαίθριων εγκαταστάσεων. Στην περιοχή της Μεσογείου συναντώνται αρκετές ηχητικές εγκαταστάσεις εκμεταλλευόμενες τον αέρα που έρχεται από τη θάλασσα της Μεσογείου, όπως η Αιολική Άρπα του Mazzapo στη Βερόνα της Ιταλίας [2] και μία κατασκευή του Νταλί κοντά στο κάστρο του Querqmançó στις Φιγκουέρες της Ισπανίας. Η αιολική άρπα είναι μία πολύ διαδεδομένη

ηχητική κατασκευή. Πρόκειται για ένα μουσικό όργανο που διεγείρεται από τον άνεμο και πρωτοκατασκευάστηκε στην αρχαία Ελλάδα [3]. Έτσι, η σχέση μεταξύ ανέμου και παραγωγής οργανωμένου ήχου (ο οποίος είναι ένα σύνολο από συχνότητες με συγκεκριμένες σχέσεις μεταξύ τους) είχε επισημανθεί στο Μεσογειακό χώρο από τα χρόνια της αρχαιότητας. Η τέχνη η οποία πραγματεύεται τη σχέση ηχητικών συχνοτήτων εντός του ανθρώπινου ακουστικού φάσματος, είναι η μουσική. Αν και υπάρχει έντονη κινητικότητα στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε πολλές πόλεις και περιοχές που βρίσκονται κυρίως στα νησιά της Μεσογείου, μπορούν να εντοπιστούν μεσογειακά αστικά κέντρα στα οποία δεν διαφαίνεται πουθενά η θεώρηση του ανέμου στη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής των. Στη Θεσσαλονίκη παρατηρείται πως ο ισχυρός άνεμος Βαρδάρης δεν έχει ληφθεί υπόψη σε κανένα στάδιο του σχεδιασμού του αστικού περιβάλλοντος. Οι πολεοδομικές και χωροταξικές ρυθμιστικές μελέτες έγιναν με αφετηρία την μεγάλη πολεοδομική αναδιοργάνωση που έγινε στην Θεσσαλονίκη μετά το τέλος της Οθωμανικής περιόδου το 1912 και ιδίως, μετά την καταστροφή της από πυρκαγιά το 1917. Η πυρκαγιά που εκδηλώθηκε στην βορειοδυτική πλευρά της πόλης, κατέκαυσε 120 εκτάρια του σημαντικότερου τμήματος του κέντρου και εξαφάνισε οριστικά την παραδοσιακή διάρθρωση της Θεσσαλονίκης, καθώς 9.500 κτίσματα καταστράφηκαν ολοσχερώς. Ως αίτια για την ταχύτατη εξάπλωση της φωτιάς έχουν αναφερθεί: η ανομβρία λόγω του καλοκαιριού, η λιψυδρία, η απουσία οργανωμένης πυροπροστασίας, η ρυμοτομία της, τα οικοδομικά υλικά και τέλος, η σημαντικότερη αιτία ίσως, ο χαρακτηριστικός ισχυρός βορειοδυτικός άνεμος που φυσούσε, ο Βαρδάρης [4]. Ωστόσο, ο σημαντικός αυτός άνεμος δεν ελήφθη καθόλου υπόψη στη μεγάλη κλίμακα επανασχεδίαση του αστικού περιβάλλοντος που ακολούθησε αυτή τη μεγάλη καταστροφή. Στην εργασία αυτή εξετάζεται η σχέση του συγκεκριμένου βορειοδυτικού χαρακτηριστικού ανέμου με το αστικό περιβάλλον της Θεσσαλονίκης, μέσω μίας διαδικασίας υπολογισμού συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του που επηρεάζονται από τη σύγχρονη μορφή του αστικού ιστού. Στόχος της εργασίας είναι να βρεθεί ένας συσχετισμός μεταξύ ηχητικών συχνοτήτων που παράγονται από την κίνηση του ανέμου αυτού γύρω από χαρακτηριστικά κτίρια της Θεσσαλονίκης. Ο υπολογισμός των συχνοτήτων βασίστηκε σε εμπειρικούς κανόνες από πειράματα βασικών ροών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, έγινε αναφορά στην τέχνη της μουσικής γιατί παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η συνάφειά της με το φαινόμενο που μελετάται. Ο στόχος ήταν ο προσδιορισμός μιας σχέσης μεταξύ του αστικού περιβάλλοντος της Θεσσαλονίκης και του ανέμου Βαρδάρη, χρησιμοποιώντας τη μουσική θεωρία.

Επιλογή αντικειμένων μελέτης

Μνημεία που αποτελούν τοπόσημα της Θεσσαλονίκης και διαθέτουν μορφολογικά χαρακτηριστικά που επιτρέπουν την κατάλληλη αλληλεπίδραση τους με τον άνεμο ώστε να παράγουν περιοδικά εμφανιζόμενες ροϊκές δομές επιλέχθηκαν για την παρούσα εργασία. Τα μνημεία αυτά

είναι: ο Λευκός Πύργος, ο πύργος του ΟΤΕ, ο πύργος της Παιδαγωγικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και η Πλατεία Αριστοτέλους (σχήμα 1). Ο Λευκός Πύργος αποτελεί ό,τι έχει διασωθεί από την οθωμανική οχύρωση και θεωρείται χαρακτηριστικό τοπόσημο της πόλης. Η χρονολογία κατασκευής του μνημείου τοποθετείται περί το 1450 με 1470, λίγα χρόνια μετά την άλωση της Θεσσαλονίκης από τους Τούρκους το 1430 και πρόκειται για ένα από τα πρώιμα δείγματα οθωμανικής οχυρωματικής με πρόβλεψη για το πυροβολικό. Ο Λευκός Πύργος είναι κυλινδρική κατασκευή με ύψος 33,9 μέτρα. Έχει έξι ορόφους, οι οποίοι επικοινωνούν με εσωτερικό κλιμακοστάσιο (σχήμα 1α) [5] [6].

Ο Πύργος του ΟΤΕ είναι πύργος τηλεπικοινωνιών ύψους 76 μέτρων. Βρίσκεται στην κεντρική Θεσσαλονίκη, στο χώρο της Διεθνούς Έκθεσης Θεσσαλονίκης. Κατασκευάστηκε το 1970 με σχέδια του αρχιτέκτονα Αλ. Αναστασιάδη, και χρησιμοποιήθηκε για αρκετά χρόνια ως περίπτερο του Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών της Ελλάδας στη Διεθνή Έκθεση. Ανακαινίστηκε εσωτερικά το 2005. Σήμερα χρησιμοποιείται από δίκτυο κινητής τηλεφωνίας (σχήμα 1β).

Ο Πύργος της Παιδαγωγικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης αποτελεί ένα κυλινδρικό, δεκαόροφο κτίσμα. Ολόκληρο το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο αποτελεί αρχιτεκτονικό μνημείο, αφού ήταν το πρώτο μεγάλης κλίμακας έργο αρχιτεκτονικού μοντερνισμού στη χώρα, και προσφέρει ποικίλα παραδείγματα ελληνικής αρχιτεκτονικής του 20ου αιώνα, μεταξύ των οποίων είναι ο Πύργος της Παιδαγωγικής Σχολής (σχήμα 1γ) [7].

Χαρακτηριστικό όλων των ανωτέρω κτιρίων είναι το κυλινδρικό επίμηκες σχήμα τους που επιτρέπει την παραδοχή αεροδυναμικής συμπεριφοράς όμοιας με κυλίνδρου σε εγκάρσια ροή [8].

Η πλατεία Αριστοτέλους είναι μία από τις μεγαλύτερες και πιο πολυσύχναστες πλατείες της Θεσσαλονίκης και χρησιμοποιείται από τον Δήμο ως πολυχρηστικός χώρος εγκαταστάσεων για καλλιτεχνικές, πολιτικές και κοινωνικές εκδηλώσεις. Δημιουργήθηκε κατά της ανοικοδόμηση της Θεσσαλονίκης μετά την καταστροφική πυρκαγιά του 1917. Διαμορφώθηκε από δύο πλατείες συνδεδεμένες με μια λεωφόρο κάθετη προς τη θάλασσα, που αφήνει ελεύθερη τη θέα προς τον Ολυμπο από το εσωτερικό της πόλης (σχήμα 1δ) [4]. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της πλατείας Αριστοτέλους επιτρέπουν την παραδοχή αεροδυναμικής συμπεριφοράς όμοιας με κοιλότητα ορθογωνικής διατομής [8].

Ο άνεμος Βαρδάρης αρχίζει από τα υψίπεδα της περιοχής των Σκοπίων, ακολουθεί την κοιλάδα του ποταμού Αξιού και εισέρχεται στον ελλαδικό χώρο από το άνοιγμα μεταξύ των ορέων Πάικου και Μπέλες. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης φθάνει ως σφοδρός και ξηρός βορειοδυτικός άνεμος με μέση ταχύτητα 30 κόμβων περίπου. Εμφανίζεται περίπου 40 μέρες το χρόνο και πολλές φορές η ταχύτητά του φτάνει τους 40-50 κόμβους [9].

Υπολογισμός συχνότητων

Για τον υπολογισμό των συχνότητων που παράγονται από την κίνηση του ανέμου Βαρδάρη γύρω από τα επιλεγμένα κτίρια της Θεσσαλονίκης, εφαρμόστηκε μία διαδικασία που περιλάμβανε τον υπολογισμό ορισμένων αδιάστατων χαρακτηριστικών μεγεθών της ροής του. Αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός Reynolds (Re), μία αδιάστατη ποσότητα για την πρόβλεψη όμοιων δομών ροής σε διαφορετικές συνθήκες. Ορίζεται από την (1), όπου v : κινηματικό ιξώδες αέρα στη θερμοκρασία της ροής που μελετάται, U : ταχύτητα του αέρα, L : ένα χαρακτηριστικό μήκος (στην παρούσα περίπτωση, η διάμετρος των κτιρίων).

Έπειτα, για δεδομένο αριθμό Re, ο αριθμός Strouhal (St) που ορίζεται από την (2) υπολογιζόταν βάσει του διαγράμματος του σχήματος 2. Στην (2), f είναι η συχνότητα διακυμάνσεων ροής.

Γνωρίζοντας τον αριθμό St, η τιμή της συχνότητας f υπολογιζόταν από την (2).

Καθώς τα υπό μελέτη κτίρια βρίσκονται εντός του οριακού στρώματος της ατμόσφαιρας, το πάχος του οποίου εκτιμάται στα 100m, η ταχύτητα του αέρα στους παραπάνω υπολογισμούς θεωρήθηκε στο ήμισυ του μέσου ύψους των κτιρίων. Στο επίπεδο αυτό, η ταχύτητα του αέρα είναι περίπου μισή της ταχύτητας του ανέμου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Έτσι, για μια ενδεικτική ταχύτητα ανέμου 38 κόμβων, η ταχύτητα που χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς είναι 19 κόμβοι.

Για τα κυλινδρικά κτίρια που επιλέχθηκαν να μελετηθούν, δηλαδή για τον Λευκό Πύργο, τον Πύργο του ΟΤΕ και τον Πύργο της Παιδαγωγικής σχολής, επιλέχθηκαν οι διάμετροί τους ως χαρακτηριστικά μήκη στον υπολογισμό του αριθμού Reynolds. Ειδικά για την πλατεία Αριστοτέλους, ως χαρακτηριστικό μήκος της επιλέχθηκε το πλάτος της σε δύο θέσεις, στην πλησιέστερη προς στη θάλασσα όπου το πλάτος είναι μέγιστο και στην κορυφή της, όπου παρουσιάζει στένωση. Στις περιπτώσεις των κυλινδρικών κτιρίων, ο αριθμός St λαμβάνεται συναρτήσει του Re από το σχήμα 1 [8] ενώ για την πλατεία Αριστοτέλους που ομοιάζει με κοιλότητα ορθογωνικής διατομής, ο αριθμός St θεωρείται ότι έχει σταθερή τιμή ίση με 0,95. Τα χαρακτηριστικά μήκη, οι αριθμοί Re και St και η συχνότητα f παρουσιάζονται στον πίνακα 1 [10].

Παρατηρείται ότι το εύρος συχνότητων που παράγονται κατά την κίνηση του ανέμου γύρω από τα κτίρια είναι από 0,086 έως 2,3 Hz. Καθώς το ακουστό φάσμα συχνότητων στους ανθρώπους εκτείνεται κατά προσέγγιση από 20 Hz έως 20000 Hz, οι ροϊκές συχνότητες πολλαπλασιάστηκαν επί 1000. Αυτή η ενέργεια μετέφερε επίσης τις ροϊκές συχνότητες εντός του εύρους συχνότητων που χρησιμοποιείται από συνήθη μουσικά όργανα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Οι συχνότητες που προέκυψαν αντιστοιχίζονται κατά προσέγγιση με μουσικούς φθόγγους, όπως δείχνει ο πίνακας 3.

Ανάλυση μουσικών φθόγγων

Ο αριθμητικός δείκτης του κάθε γράμματος του πίνακα 3 δηλώνει σε ποια οκτάβα βρίσκεται ο κάθε μουσικός φθόγγος. Η σχέση μεταξύ των συχνότητων που παράγονται από τα κτίρια, επομένως και των μουσικών φθόγγων που προκύπτουν, παραμένει η ίδια μετά τον πολλαπλασιασμό. Μία αλλαγή του συντελεστή πολλαπλασιασμού 1000 θα σήμαινε αλλαγή του τονικού ύψους, δηλαδή της μουσικής κλίμακας, ολόκληρου του συμπλέγματος μουσικών διαστημάτων που δημιουργήθηκαν. Το γεγονός αυτό επιτρέπει μια συγκεκριμένη μουσική αρμονία βασισμένη στους κλασικούς κανόνες αρμονίας οι οποίοι οργανώνουν την αλληλουχία σχέσεων συνηχησών μουσικών φθόγγων [11]. Επιλέχθηκαν τρεις μέθοδοι ανάλυσης, βασισμένες σε αυτούς τους κλασικούς κανόνες.

Ορίστηκε μια συγκεκριμένη αλληλουχία φθόγγων, με σκοπό τον σχηματισμό μοτίβου, όπως αυτό ορίστηκε από τον C. Walton ως ένα μικρό μελωδικό απόσπασμα [12]. Οι μουσικοί φθόγγοι τοποθετήθηκαν σε μία διαδοχική χρονική σειρά αποφεύγοντας συνηχηση (σχήμα 4). Εναλλακτικά, το σύνολο των μουσικών φθόγγων που προέκυψε αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία συνηχητική μονάδα, όπως ορίζεται από τους Δ. Αθανασιάδη και Π. Παπαμόσχο (σχήμα 5) [13].

Μία άλλη προσέγγιση είναι ο σχηματισμός μιας συγκεκριμένης αλληλουχίας βαθμίδων [13], η οποία είναι ίδια σε οποιαδήποτε μουσική κλίμακα (σχήμα 6). Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει συνηχηση, καθώς τα αποτελέσματα είναι μοναδικά για κάθε κτίριο. Επομένως, καθένας μουσικός φθόγγος που προέκυψε θεωρήθηκε ως ο θεμέλιος φθόγγος της κάθε συγχορδίας. Σύμφωνα με τον σαφή λειτουργικό ρόλο που προσδίδεται στις βαθμίδες από τους νόμους της κλασικής αρμονικής γραφής [14], προτείνεται η συγκεκριμένη αλληλουχία συγχορδιών, η οποία εξυπηρετεί την κατοχύρωση μιας μοναδικής μουσικής κλίμακας, συγκεκριμένα της D minor. Από τους ομόηχους φθόγγους D# και Eb, επιλέχθηκε ο πιο σχετικός με την επιλεγμένη κλίμακα, ο Eb.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η αντιμετώπιση των αποτελεσμάτων και η μουσική ανάλυσή τους έγινε με βάση τις λειτουργικές δομές της αρμονικής γραφής που οριστικοποιήθηκαν από τη δεύτερη εποχή της πολυφωνίας (ars nova) και μετά [13]. Η προγενέστερη αντιστικτική γραφή είναι αρκετά περιοριστική ώστε να μην μπορούν να ενταχθούν όλοι οι μουσικοί φθόγγοι σε μια ενιαία λειτουργική δομή. Από την άλλη, ο μεταγενέστερος σύγχρονος ατονικός χειρισμός της μουσικής ανάλυσης είναι αρκετά αφηρημένος και δε θα βοηθούσε στην έκβαση συγκεκριμένου πορίσματος.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε η αλληλεπίδραση του χαρακτηριστικού ανέμου Βαρδάρη με τρία τοπόσημα κτίρια και μία πλατεία της πόλης της Θεσσαλονίκης. Προσδιορίστηκαν ροϊκές συχνότητες βάσει κανόνων της αεροδυναμικής, οι οποίες μεταφέρθηκαν σε ηχητική κλίμακα που είναι αντιληπτή από τον άνθρωπο. Στη συνέχεια, οι συχνότητες αυτές αντιστοιχίστηκαν με μουσικούς φθόγγους.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε χρησιμοποιώντας βασικούς κανόνες μουσικής θεωρίας και αρμονικής ανάλυσης. Αρχικά δημιουργήθηκε μία μελωδική κίνηση, στη συνέχεια όλοι οι φθόγγοι συνδυάστηκαν έτσι ώστε να σχηματιστεί μία συγχορδία και τέλος, οι ίδιοι φθόγγοι χρησιμοποιήθηκαν για τον σχηματισμό μιας αλληλουχίας συγχορδιών, με βάση την κλασική αρμονική ανάλυση. Με αυτούς τους τρόπους δημιουργήθηκαν τρία μουσικά αποτελέσματα, σε αντιστοιχία σε όλες τις μουσικές κλίμακες με τις ροϊκές συχνότητες που προέκυψαν από την αλληλεπίδραση του ανέμου Βαρδάρη με τα μνημεία που εξετάστηκαν. Και τα τρία μουσικά αποτελέσματα έχουν κοινή τονικότητα και γίνεται σαφής κατοχύρωση της μουσικής κλίμακας. Επομένως, ο σύγχρονος αστικός χώρος της Θεσσαλονίκης αντιστοιχίστηκε με μία μελωδία, μία συγχορδία και μία αρμονική δομή, οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν σε οποιαδήποτε τονικότητα. Διαμορφώθηκε ένα συγκεκριμένο σύνολο μουσικών στοιχείων, το οποίο προσδίδει με πολύ συγκεκριμένο τρόπο την μουσική ταυτότητα της Θεσσαλονίκης, πλήρως εξαρτημένης από τον χαρακτηριστικό άνεμο Βαρδάρη. Θα είχε ενδιαφέρον η εφαρμογή της παρούσας διαδικασίας σε οποιαδήποτε άλλη πόλη της Μεσογείου, που χαρακτηρίζεται από παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες.