

# **S** ETTING UP OF A PROTOCOL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH FOR THE PRESERVATION AND RIGHT EXPLOITATION OF THE CULTURAL HERITAGE

**Salvatore Barbaro, Rosario Caracausi, Bénédicte Chaix, Rosa Maria Chisesi**

Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali  
Università degli Studi di Palermo

**Gaetano Cognata**

Libero professionista

**Lucia Cecilia Lorusso**

Dipartimento Difesa della Natura, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente  
e per i Servizi Tecnici (APAT), Roma

## **1. Introduction**

The project aims at analyzing and collecting information on the state of preservation of the cultural heritage in Sicily. The project not only provides us with "behavioural guidelines for the safeguard, promotion and relevant exploitation of cultural sites", it also gives a more scientific approach to the topic, planning three different stages:

1. Definition and referencing of the endangered cultural sites;
2. Monitoring of a significant sample of monuments reflecting the whole national territory;
3. Diffusion of the monitoring results.

From its very birth, the following departments of the University of Palermo (Sicily) have been willing to collaborate to the project: the University Board of Building Engineering, the Departments of Energetics and Environmental Research and that of Building Design and Construction, the Laboratory of Chemical Engineering for Cultural Heritage, and the Department of Botanical Sciences.

In December 2002 and January 2003, the many points to be followed were defined, such as the realization of the project, the monitoring stages, the members of the work team and the different operating cells, and finally promotion of the project to call people's attention onto cultural heritage.

Together with the traditional, yet efficient means of information that catch attention onto environmental problems and influence the safeguard and preservation of the historical, artistic and monument heritage of our region, the promoting work team and the

University have created a technical observatory which deals with the following duties: monitoring of the overall preservation conditions, possible deterioration conditions, or else reasons or agents triggering buildings' alteration. These positive actions should help identify the most appropriate and efficient interventions that could then answer for a better exploitation of cultural properties. Besides, the project shall contribute to the creation of a Card listing the Rights for Museums' Visitors.

In order to organize the different executive stages of the project, an operating schedule was set up; it describes the research to be led in each field (according to scientific abilities), yet all striving towards the analysis of effective indoor and outdoor environments of monuments and also towards the taking into account of the sensitive receptors (materials and objects, operators and users).

Launched by the many partners and coordinated by Prof. Salvatore Barbaro, the technical team has initiated the work right away with the distribution of the duties to all the departments involved in the project. The opportunity to have many departments collaborating to one single project has led to the setting up of fundamental methodologies for interdisciplinary exchange.

The activities shall enable, before all, to build an "Optimal Monitoring Procedure" which includes sites for measures or samples, instruments and research parameters, stages and time periods for data collections, characteristics of database and technique for the elaboration and valuation of the results.

The main check-test of both the study and analysis methodology was executed through the practical case-study of the entire Vittorio Emanuele avenue<sup>1</sup> located in Palermo, where numerous important monuments are to be found, among others Porta Nuova, the Cathedral, the Regional Library, the Quattro Canti, or else Porta Felice.

## **2. Description of research activities**

The adequate preservation of national historical and artistic properties can be carried out in time only when those cultural sites are located in places where environmental conditions, which influence the deterioration process, are controlled so as to prevent the latter. It is even more recommended that any building or plant engineering intervention that may alter the pre-existing environmental conditions in locations used for the preservation of historical or artistic goods, be valued with the greatest caution, with for instance the execution of preliminary environmental analysis to identify the current conditions [1-15]. The team shall carry out the following activities that aim at defining the research protocol for the preservation of cultural and artistic heritage:

- General conditions regarding regulations, research, reports and scientific publications in the field;
- Coordination with the existing maps and/or danger records for indoor and/or outdoor environment;
- Writing of records for the collection of information on the environmental background of the good/property at a micro and macro scale;
- Setting up of an optimal process (standard protocol) for the measuring of environmental parameters (thermo-hygrometrics, light techniques, air quality and vibrations);
- Application to the practical cases in agreement with the other partners;
- Environmental monitoring thanks to mobile stations (for instance means of public transport like that of AMAT in Palermo) equipped with an advanced and up-to-date system built by the work team and other exterior collaborators;
- Analysis of the level of aggressiveness of indoor and outdoor air, thanks to the use of a corrosion coupon (passive sampling through copper and silver strings). It will be possible to define the level of corrosion in the locations that shall be classified as such through the observation of corrosion layers<sup>2</sup> left on the strings. The level of corrosion can vary according to the level of environmental contamination. The regulation ISA S.71.04.1985 shall be respected and the results adapted to a month. The exposition time is more or less 30 days for outdoor and rather polluted places, and 90 days for indoor non polluted places.
- Setting up of a gathering and management system regarding both data and results brought by each partner;
- Application of the Human Biometeorological Indexes (for instance HS<sup>3</sup>, DI<sup>4</sup>, THI<sup>5</sup>, CP<sup>6</sup>, PMV<sup>7</sup>, and so on) and of the discomfort level (for instance through the Scharlau method); analysis of microclimate; application of the canyon model (Ludwig and Dabbert) [16-18];
- Organisation of visits and trainings in the framework of courses to be followed at different levels (among others, schools, university, private courses, Master, teacher's diploma examinations, up-dating courses)

Students belonging to the University of Engineering are also participating in the execution of the miscellaneous activities, as part of the Degree research they have to conduct. This remains an opportunity for them, as they can get, from the field, important environmental knowledge aimed at the improvement of the quality of life. The results extracted from the research will allow the team to define the appropriate interventions so as to make it possible to act for the management of cultural heritage.

We find it very important to remind the reader of the various educational fields that are part of the project. Here below are listed the main activities that can be included in the project and you can find as well several examples of current duties that are being performed:

- Experimental activity in agreement with the graduation Laboratory.
- Educational-experimental activity (basic teaching or research for the graduation thesis) in agreement with PhDs' research in course (i.e Environmental Technical Physics, Technical Physics, Energetics, Building Design, Building Preservation).
- Visits and experimental courses in the framework of Master's Degree (Building Preservation, Ergonomics), courses (environmental Monitoring and telecontrol, Technical design), or up-dating courses (technical experts in public authorities).

The research framework is composed of an introduction that includes a historical analysis of town planning evolution with a specific interest in Vittorio Emanuele avenue in Palermo without leaving out of consideration the many changes occurred in the city across the centuries; insofar as the miscellaneous morphological and building aspects to be found across the city reflect those changes, a thorough analysis on the various historical settlements was conducted (especially from 8th century B.C till year 254 B.C) up to the 1963 General Regulation Planning and the many stages leading to the great expansion of the city territory [19].

The city gates and squares which belong to the research area have been referenced with great caution because they remain part of the cultural heritage and must therefore be controlled, and also because they are the precise locations where the experimental survey, which will be presented later on, is being done.

The work team of the DREAM<sup>8</sup> has dealt with the problems regarding noise and air pollution with a particular interest in the characteristics of the main polluting substances and of the main polluting sources too; the idea was to draw some comparisons between the data gathered on field and the regulation levels imposed by the later national and European legislations.

The data have been under examination and synthesis (diagrams or tables) in order to make information accessible to anybody, even to non specialists. The measures were realized in the period from May 2003 till November 2003.

Some conclusions drawn from the accurate analysis of instrumental data shall eventually be presented with a view to displaying the current situation and to providing us with useful information in terms of preservation of the cultural heritage, or else in terms of quality of life: in other words, the object is both towards capitalization and optimization of cultural sites.

It seems obvious and necessary at that point that the idea of reaching those purposes should demand a serious collaboration between the several partners so as to develop a harmonious and coherent scientific exchange.

Besides, the research has also been conducted thanks to miscellaneous complementary activities:

- Cognitive survey aimed at collecting information on:
  - historical, physical and meteorological characteristics of the site;
  - main activities to be found on the site (way of identifying the main polluting sources and way of dividing the area into sub-areas according to the activities);
- monitoring of some environmental parameters and definition of the environmental-acoustic climate near the avenue under study;
- air quality (passive methods);
- traffic records and traffic noise records;
- monitoring with mobile means;
- acoustic simulation for different traffic flows;
- climate, comfort and health.

### **3. Acoustic analysis in Vittorio Emanuele avenue**

The ultimate aim of the research is precisely to enforce the Ministry legislations in accordance with Law N. 447/95 on acoustic pollution and which regard the checking of indoor and outdoor noise levels. Therefore, an investigation was performed on the avenue under study, so as to know whether the levels are respectful to the acoustic legislations, be it regarding workers, residents or cultural operators. Besides, thanks to relations between spectral analysis of noise and vibrations, the survey makes it possible to assess potential effects on the structures and thus on cultural buildings and goods.

In order to be able to assess the acoustic level in the living area, the study is directed towards the very definition of indexes that should embody, thanks to a single scaled value, the environmental sound level: this is done through the proportioning of both physical factors of sound flow, and also of survey responses that depend on and vary according to environmental conditions and exposure to noise.

Among those indexes, the most useful one is the *equivalent level*  $L_{Aeq}$ , which represents the energetic average of instantaneous sound level measured in a specific moment. It should be emphasized at that point that the fact that  $L_{Aeq}$  represents the most significant assessing parameter in terms of traffic noise because the latter is considered as a random type of noise – amounts to saying that it is irregular and unpredictable as

far as the series of sound pressure, variation in sound frequency spectrum and verification of differentiable sound events (be they considered in terms of rhythm or batching morphology) are concerned.

### 3.1. Experimental survey

The measures were carried out along the Vittorio Emanuele avenue (fig. 1), precisely from May 2003 up to November 2003. First and foremost it was necessary to consider that the distribution of city noise is not the same in the whole area under study, insofar as sound level values can be under the influence of various factors, such as intensity and density of sound sources, or else building and morphology characteristics. Indeed some buildings can be seen as obstacles in that they make sound distribution irregular with quiet and noisy points.

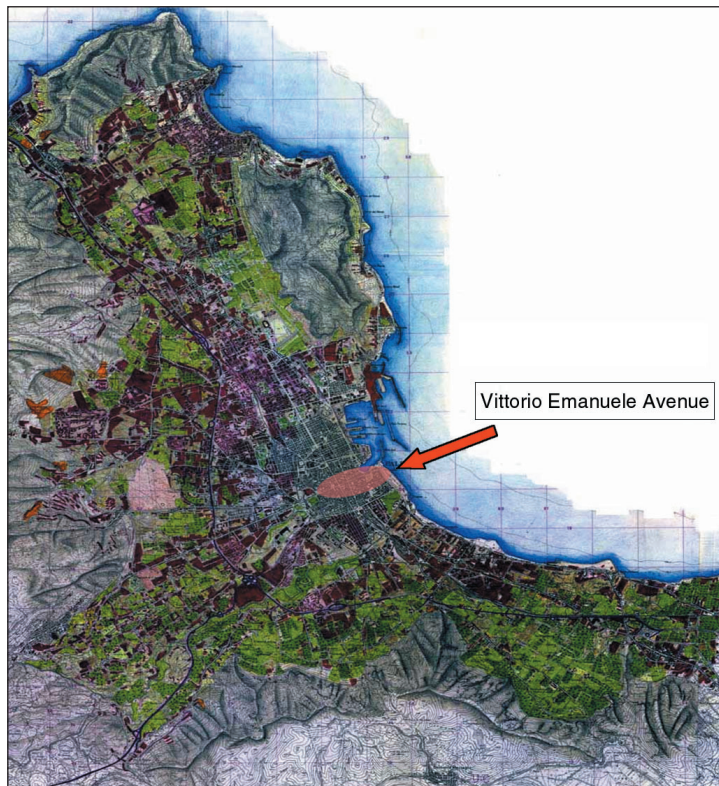


Figure 1. Palermo - Location of the avenue under study.

The sound measures were executed in a limited number of points in order to control survey time on field, but also because those points were thought to better represent key points in terms of traffic noise. Therefore, after a thorough analysis of the traffic conditions in the area under study, 12 points were chosen to be measurement sites. When carrying out noise measurements, traffic flow has been recorded in the various measurement points and then analyzed. To do so, information cards were used (see next pages); those cards gather data and then display traffic density (number of vehicles in one measurement point, subdivision into different vehicles' categories as required by the law, hour and day of measurement, and extra information on the measurement point).

The objective surveyed information could then be recorded in files including the following details:

1. Description of measurement sites;
2. Traffic and road characteristics;
3. Indexes of environmental noise measured by a sound level meter (fig. 2).

The latter details were taken into consideration for each single histogram and graphical point that straight forward brings a visual or acoustic piece of information. To better know the general conditions of the area, we used appropriate cartographic media:

- ✓ general frame of Palermo (in separate squares);
- ✓ photographic maps of Vittorio Emanuele avenue indicating the various measurement points with each noise level.

The parameters in measurement sites are as following:

- ✓ Site geometry;
- ✓ type and composition of traffic;
- ✓ noise levels.

### **3.2. Site geometry**

Geometric data have been reported in the record files (fig. 3):

- ✓ road track width;
- ✓ pavement width (at the very measurement point);
- ✓ pavement width (opposite the measurement point);



*Figure 2. Sound Level Meter used for the acoustic survey.*

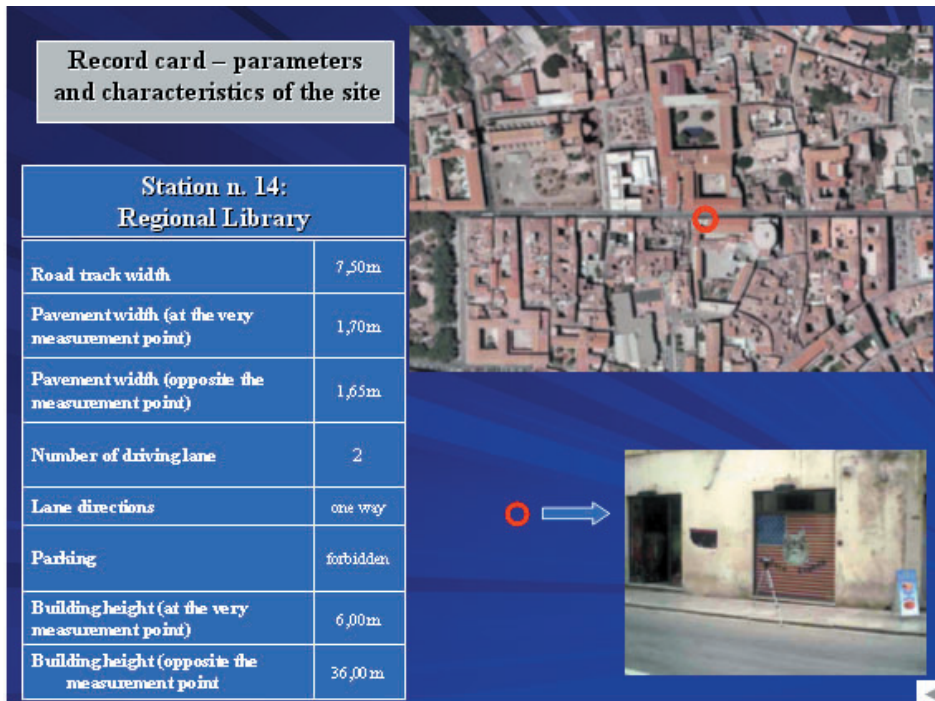


Figure 3. Original record card parameters and characteristics of the site.

- ✓ number of driving lane;
- ✓ lane directions;
- ✓ parking;
- ✓ building height (at the very measurement point);
- ✓ building height (opposite the measurement point);

Moreover, it seemed useful to report in each record any kind of information that may be likely to be specific to the very site, like for instance 3D view of the street, presence of impediments between buildings and street, nature of road floor, presence of crossroads or traffic lights.

The most relevant sound measurement locations can be seen in fig. 4 (red circles) and traffic flow is displayed in fig. 5.

As examples, you can find below some record cards of several measurement sites (fig. 6-8).



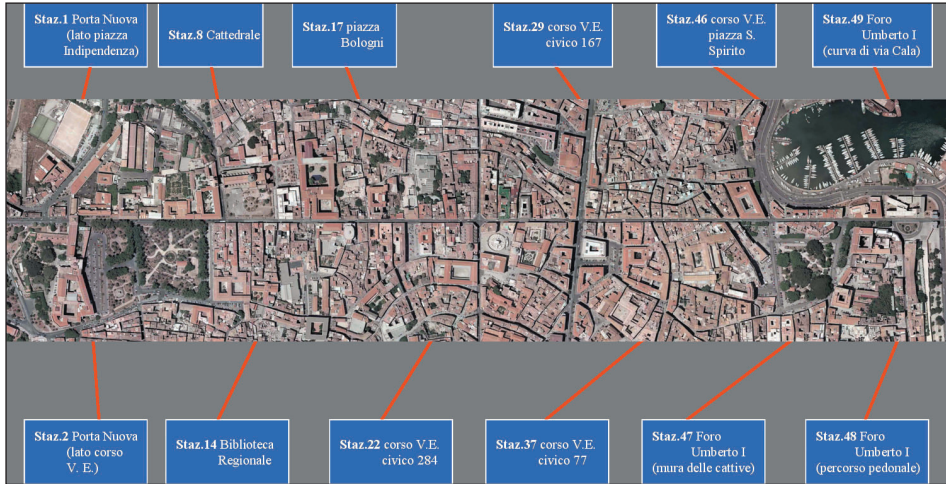


Figure 4. Examples of measurement locations along the avenue.



Figure 5. Average traffic flow in daytime (6 a.m. -10 p.m) in the avenue.



Caution: the red circle shows the precise location of the instrument during the acoustic measurement

Measurement station n. 2 (Porta Nuova, side V. Emanuele Avenue)	
Road track width	7,50 m
Pavement width (at the very measurement point)	1,45 m
Pavement width (opposite the measurement point)	2,60 m
Number of driving lane	2
Lane directions	One way
Parking	Forbidden
Building height (at the very measurement point)	12,00 m
Building height (opposite the measurement point)	16,00 m



Figure 6. Measurement station n. 2 - Porta Nuova.



Caution: the red circle shows the precise location of the instrument during the acoustic measurement

<i>Measurement station n. 8 (Cathedral)</i>	
Road track width	6,80 m
Pavement width (at the very measurement point)	1,40 m
Pavement width (opposite the measurement point)	1,75 m
Number of driving lane	2
Lane directions	One way
Parking	Forbidden
Building height (at the very measurement point)	/
Building height (opposite the measurement point)	16,00 m
Caution: traffic noise is influenced by vehicles that drive in the lane reserved for public transport and emergency	



Figure 7. Measurement station n. 8 – Cathedral.



Caution: the red circle shows the precise location of the instrument during the acoustic measurement

<i>Measurement station n. 49 (curve into Via Cala)</i>	
Road track width	10,80 m
Pavement width (at the very measurement point)	3,00 m
Pavement width (opposite the measurement point)	5,00 m
Number of driving lane	2
Lane directions	One way
Parking	Forbidden
Building height (at the very measurement point)	/
Building height (opposite the measurement point)	/



Figure 8. Measurement station n. 49 - Foro Umberto I near the curve onto Via Cala.

### 3.3. Type and nature of traffic, and sound levels

To define the type and nature of traffic, specific data were gathered on the elements considered as “mobile noise sources”; in other words the data regard traffic composition divided into categories as defined by the highway code.

- Number of Light vehicles N1
- Number of Heavy Industrial vehicles (trucks) N2
- Number of Light Industrial vehicles N3
- Number of motorcycles N4
- Number of motor bicycles N5

Furthermore other three typologies of vehicles have been considered as following:

- Tourist Coaches;
- Suburban transports (i.e SAIS, AST);
- City public transports (AMAT).

In this way, we were able to define traffic density in vehicles per hour for each time band and each measurement point. As far as the measures of environmental sound levels are concerned, the various aspects to be found below were assessed:

- Continuous Equivalent level of sound pressure in weighting scale “A”.  $L_{Aeq}$  [dB(A)]<sup>9</sup>
- Level of sound exposure (single event) [dBA] SEL
- Maximum sound level [dBA]  $L_{max}$
- Minimum sound level [dBA]  $L_{min}$
- Peak sound values [dBA]  $L_{pk}$
- Cumulative statistic level [dBA]  $L_1, L_5, \dots, L_{99}$

The  $L_{max}$  and  $L_{min}$  refer either to the maximum or minimum level obtained for each period of time of observation. The cumulative statistic levels – that appear to be very useful when surveying nuisance from road traffic – can be defined as sound levels (generally measured in dBA) that get over the average for some time of the measurement lapse of time. The statistic analyzers of sound level, which generally work with up to 1dB's range, record the  $L_1, L_5, \dots, L_{99}$ . The cumulative statistic levels that are most often used are:

- $L_1, L_5, L_{10}$  (peak noise);
- $L_{50}$  (average noise);
- $L_{90}, L_{95}, L_{99}$  (background noise).

It should be emphasized that the  $L_{Aeq}$  (see above definition) is the most significant assessment parameter as far as vehicles' traffic noise is concerned, because such a sound type is said to be a random one.









### 3.4. Assessment of Acoustic climate in the avenue under study

It was decided as a general criterion to carry out the measures both in daytime and nighttime and more precisely between 6:00 a.m and 22:00 p.m and between 22:00 p.m and 6:00 a.m on the following day. The measurements between 6:00 a.m and 22:00 p.m were realized subdividing the day period into 16 one hour's time period; the same process was done for the night period; they took place on week days – Tuesdays, Wednesdays, Thursdays and Fridays, excluding extraordinary events that may alter the traffic (for instance on the Eve of special Anniversary days or during fairs or markets). On field, the microphone has been placed, whenever possible, at about 120-150 meters from the pavement's edge or from the road border. In addition to that, the microphone was protected on windy days by anti-wind headphone.

### 3.5. Explanatory cards regarding significant measurement points

Tables have been realized to collect data on : the weighted average pressure level in scale "A" (Leq), the maximum level  $L_{max}$  and minimum level  $L_{min}$ , the road flow regarding both the 15-minute and the 60-minute observations in order to be able to define the vehicles' number for each hour. In tab. 1 you can find the parameters for 60-minute observation period in the time period 8:00-9:00 a.m.

Table 1. Traffic flow in time period 8.00-9.00 a.m.

Traffic flow for 60-minute measurement												
HOUR : 8:00-9:00												
Station	$L_{min}$	$L_{max}$	$L_{Acq}$	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5	Amat	Sais	Tour	
1	65,4	87,6	73,5	1098	18	12	504	576	12	6	6	
2	64,0	93,4	76,1	1476	36	6	498	408	18	6	6	
8	62,3	90,0	74,7	420	42	6	180	174	24	6	6	
14	61,7	88,2	74,7	480	24	6	306	168	12	6	6	
29	61,2	90,3	75,9	390	24	18	270	252	24	6	6	
37	64,1	92,2	75,6	210	24	6	72	84	24	6	6	
46	58,5	81,1	67,3	330	12	6	66	72	12	6	6	
47	54,9	78,5	68,6	2040	132	96	330	216	24	18	18	
48	60,5	80,1	67,0	2100	96	102	288	228	6	24	18	
49	60,5	84,6	70,8	1530	72	72	258	228	6	54	24	

In tab. 2 information was better organized according to the measurement point for the various time periods; this led us to point out the variations in acoustic levels and in traffic flow in the different time periods. In tab. 3 the example of one of the most representative sites is given.

After gathering and organizing data, the levels  $L_d^{10}$  and  $L_n^{11}$ , which represent the average equivalent sound pressure A' weighted levels, respectively for the day period (6:00 a.m-22:00 p.m) and night period (22:00 p.m-6:00 a.m).

The calculated values have been gathered in the summarizing tab. 4.

Table 2. Traffic flow for one of the measurement stations.

STATION N. 14		Regional Library								Average speed Km / h	TRAFFIC DATA
Time period	Motorbicycle	Motorbike	Car	Van	Truck	AMAT	SAIS	Coach			
	number	number	number	number	number	number	number	number			
6:00-7:00	108	78	534	54	6	12	6	6	40		
7:00-8:00	90	84	576	54	6	18	6	6	35		
8:00-9:00	168	306	480	24	6	12	6	6	30		
9:00-10:00	156	120	366	36	6	12	6	12	25		
10:00-11:00	156	120	366	36	6	12	6	12	25		
11:00-12:00	168	210	474	12	6	36	6	6	25		
12:00-13:00	222	228	336	30	6	6	6	12	25		
13:00-14:00	180	132	336	12	6	30	12	6	30		
14:00-15:00	120	126	354	30	6	12	6	6	25		
15:00-16:00	168	192	552	12	12	24	6	12	30		
16:00-17:00	138	174	372	42	12	6	6	12	30		
17:00-18:00	138	150	498	12	6	6	6	6	5		
18:00-19:00	138	222	516	24	6	24	6	6	10		
19:00-20:00	72	180	720	12	6	24	6	6	25		
20:00-21:00	114	114	390	6	6	6	6	6	35		
21:00-22:00	114	114	390	6	6	6	6	6	35		
22:00-23:00	24	36	360	6	6	6	6	6	40		
23:00-24:00	24	36	360	6	6	6	6	6	40		
24:00-01:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		
01:00-02:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		
02:00-03:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		
03:00-04:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		
04:00-05:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		
05:00-06:00	12	12	210	6	6	12	6	6	45		

Table 3. Results of acoustic survey for one of the measurement stations.

STATION N. 14			Regional Library									
Time period	L <sub>pk</sub> dB	L <sub>min</sub> dB	L <sub>max</sub> dB	L <sub>eq</sub> dB	L <sub>c</sub> dB	L <sub>1</sub> dB	L <sub>5</sub> dB	L <sub>10</sub> dB	L <sub>50</sub> dB	L <sub>90</sub> dB	L <sub>95</sub> dB	L <sub>99</sub> dB
6:00-7:00	100,6	52,5	88,9	74,0	101,8	83,70	79,80	77,60	70,20	63,10	61,4	56,2
7:00-8:00	105,1	56,1	90,4	73,8	101,5	83,30	78,80	77,10	70,30	63,00	61,5	59,1
8:00-9:00	100,9	61,7	88,2	74,7	102,5	83,60	80,00	78,10	71,90	66,30	65,2	63,3
9:00-10:00	104,0	60,8	91,0	73,9	101,6	82,50	78,50	76,80	71,10	65,70	64,7	63,4
10:00-11:00	104,0	60,8	91,0	73,9	101,6	82,50	78,50	76,80	71,10	65,70	64,7	63,4
11:00-12:00	106,1	61,1	91,7	73,5	101,3	83,20	78,90	76,90	70,20	65,70	64,4	62,6
12:00-13:00	113,4	59,3	98,7	75,0	102,8	82,90	79,20	77,30	71,10	65,30	63,7	61,5
13:00-14:00	104,1	61,4	91,6	73,4	101,2	82,70	79,30	76,80	69,60	64,40	63,5	62,4
14:00-15:00	103,5	52,7	89,1	72,0	99,8	84,00	77,60	74,20	66,80	60,50	58,5	56,1
15:00-16:00	102,9	56,9	88,4	74,0	101,8	83,60	79,60	77,40	70,70	64,50	62,8	59,3
16:00-17:00	103,1	56,1	90,1	73,0	100,8	83,20	78,60	75,80	69,20	62,50	60,5	57,7
17:00-18:00	102,7	60,4	91,7	72,4	100,2	81,50	77,80	75,40	69,60	64,80	63,9	62,0
18:00-19:00	110,1	59,0	95,0	73,1	100,8	82,50	78,00	75,90	69,70	65,50	64,5	60,9
19:00-20:00	97,1	58,3	84,9	71,8	96,6	83,50	77,50	75,20	66,90	61,70	60,8	59,4
20:00-21:00	97,2	57,7	82,6	71,4	96,5	83,40	79,40	76,10	67,50	62,40	59,4	57,9
21:00-22:00	97,2	57,7	82,6	71,4	96,5	83,40	79,40	76,10	67,50	62,40	59,4	57,9
22:00-23:00	97,0	47,4	83,0	67,5	92,3	78,10	73,40	71,40	60,60	52,40	51,1	48,9
23:00-24:00	97,0	47,4	83,0	67,5	92,3	78,10	73,40	71,40	60,60	52,40	51,1	48,9
24:00-01:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6
01:00-02:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6
02:00-03:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6
03:00-04:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6
04:00-05:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6
05:00-06:00	95,3	57,2	82,8	65,9	93,7	74,60	69,60	68,00	64,20	61,80	61,1	59,6

ACOUSTIC DATA



Table 4. Equivalent noise level for day and night periods.

Day		Night	
Station	L <sub>d</sub> (dB)	Station	L <sub>n</sub> (dB)
1	73,50	1	68,00
2	74,50	2	67,50
8	74,00	8	69,50
14	73,50	14	66,50
29	74,50	29	72,00
37	75,50	37	67,00
46	69,00	46	60,00
47	70,00	47	68,50
48	67,50	48	61,00
49	73,00	49	67,00

### 3.6. Results and discussion

It came out from the survey on traffic noise that environmental sound exposure is always important, be it in day time or night time; it was then possible to put forward that any noise measurement can reach a “high risk” level for residents in any measurement point and a high annoyance level for visitors. Such risks must be considered not only in terms of specific auditory problems, but also in terms of individual annoyance.

As far as traffic flow is concerned, we noticed that traffic flow corresponds and thus influences noise variation. In other words, when the traffic flow gets to high noise levels, sound intensity not only reaches higher levels, but it also contributes to the reduction of variation field.

As expected when considering the important traffic flow in Vittorio Emanuele avenue, the levels of environmental noise appear to be high, which is due to traffic composition and volume, but also to the particular U shape of the avenue also defined as canyon (fig. 9).

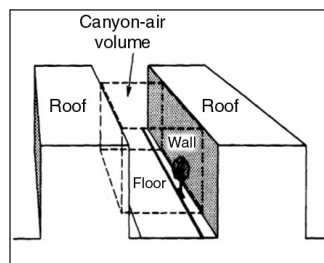


Figure 9. Canyon type.

### 4. Thermo-hygrometric and environmental aggressiveness monitoring

The environmental monitoring that is to be presented in this part deals with the analysis of environmental conditions in Vittorio Emanuele avenue in Palermo which stands as

an area prone to face deterioration phenomena. Thanks to the study of the conditions of deterioration, it was possible to point out that the main reasons for building deterioration and human annoyance mostly regard both atmospheric and air quality. Thus it seems necessary to display the analysis and the results on this topic. The first monitoring stage was made up with a cognitive survey of the parameters that reflect environmental conditions and aimed at the defining of polluting environmental factors for further research and more detailed analysis. A preliminary on-the-spot investigation allowed us to choose the most relevant points where to have the sensors. The monitoring points were chosen according to their precise locations, that is to say: near Porta Felice are to be found Piazza Villena, the Regional Library, the Cathedral, and the other edge of Vittorio Emanuele avenue gets to Porta Nuova. Field experience has been highly important in the choice for the most relevant measurement points.

Therefore, it was decided that the Corrosion Classification Coupons for outdoor locations should be used for the measurement of environmental corrosive agents and that HOBO Pro sensors should help the measuring of outdoor temperature and relative humidity. The technical characteristics of each tool were checked so as to be respectful to the UNI 10829 legislations.

The corrosion coupons were then sent to a specific American laboratory in Doraville, Georgia, (USA) to be decoded, while the HOBO Pro sensors were left in their locations in order to keep monitoring environmental conditions. Indeed the latter sensors can provide us with significant results, the reliability of which depends on the exposure time.

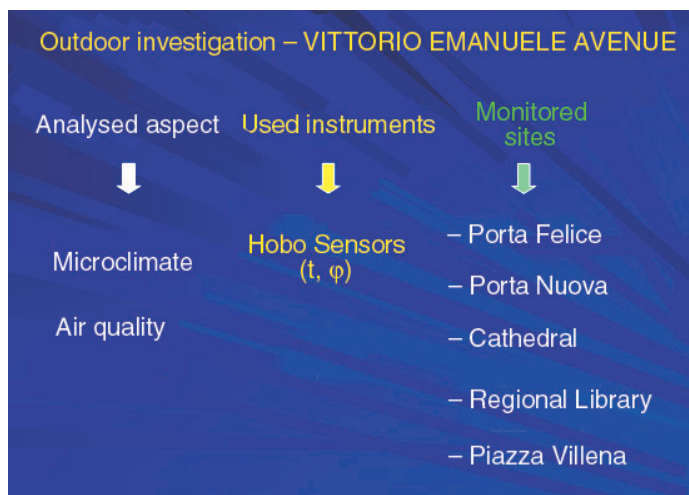


Figure 10. Outdoor investigation: parameters-instruments-sites.



Figure 11. Front and side view of HOB0 PRO.

Fig. 10 briefly shows the experimental framework (main elements and main stages) for the research conducted in Vittorio Emanuele avenue.

#### 4.1. Temperature and relative humidity outdoor sensors: HOB0 PRO

The HOB0 PRO sensors, MAHBPO 32.0 model, have been used in that the two tubes allow the measurement of both temperature and RH relative humidity (fig. 11).

This tool is basically a compact recorder that may be used for different applications and it holds a EEPROM non volatile memory. The data logger HOB0 Pro can also be used in locations with condensate and can record up to 65.921 standard resolution val-

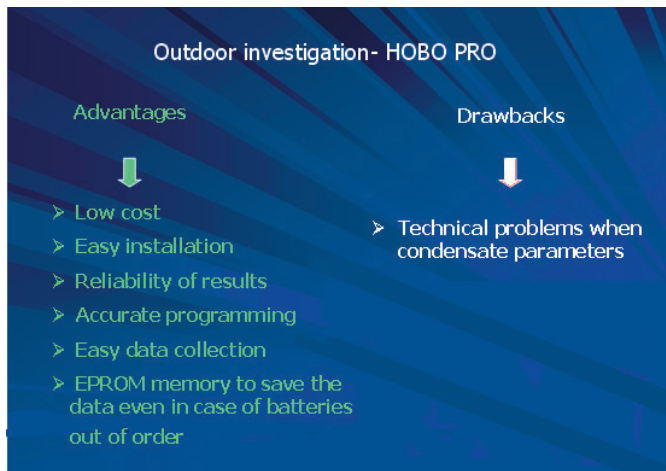


Figure 12. Outdoor investigation: advantages and drawbacks of the HOB0.

ues, or else 32.645 high resolution values. The measurement time lapses can be programmed by the user, from 0,5 up to 9 hours with a maximum recording duration of 3 years. Protection against sun radiation is highly recommended so as to increase accurateness in relative humidity and temperature measurements in locations exposed to sun radiations or heat reflection. This is intended to protect the HOBO Pro RH sensors from the rain. Contact between computer and instruments can be established through two software versions for logger and data management. In fig. 12 can be found a summary of advantages and drawbacks of the HOBO PRO sensors.

#### 4.2. Sensors for the defining of corrosion levels: corrosion classification coupon

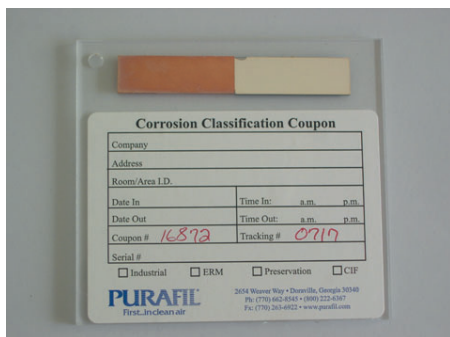


Figure 13. Corrosion classification coupon.

This is an appropriate system aimed at defining the level of environmental corrosiveness (fig. 13), and advantages and drawbacks are reported in fig. 14.

Indeed, the presence of contaminated gas in the air produces measurable effects on sample materials that were chosen and normalized for this purpose. The monitoring of chemical reactivity consists of the exposure of sample materials for a definite lapse of time in areas under gas, the aim being

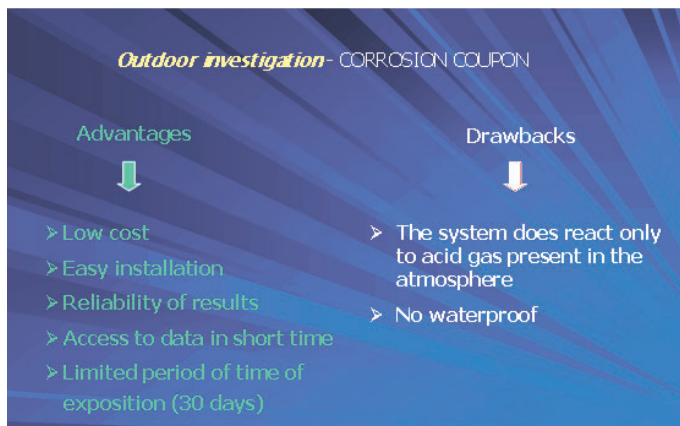


Figure 14. Outdoor investigation: advantages and drawbacks of the corrosion coupons.

the analysis of chemical alterations on those normalized samples. The importance of alterations is directly linked to the level of environmental pollution and danger and it enables to measure it. The monitoring of chemical reactivity draws measurements directly from the effects that gas can have on samples, bearing in mind for the exposure time all relevant environmental factors and synergetic effects between those factors.

For the whole exposure time, the tests can record gas aggressiveness in the air thanks to the study of the characteristics of oxide or salt film making.

The monitoring of chemical reactivity implies the use of passive and very basic technologies that do not alter the monitored environment. However, those technological tools do not allow any measurement on gas effects on the endangered heritage. Another limit to consider in the very use of those coupons is precisely the fact that they aren't sensitive to all types of gas to be detected in the air, but only to the acid ones, which thus helps the accurate measurement of environmental corrosive potential.

The choice for those metallic materials as testers was inspired by the method used in computer preservation and it happened to be very useful in that metallic materials may react quite quickly to acid gas in the air and may therefore allow to create a classification of environmental dangers. Copper and silver strings, also called *Corrosion Classification Coupon* (C.C.C.), were installed in the area to be classified. The equipment is composed of a Plexiglas container, sized 10 cm x 9,5 cm, with strings sized 38,5 mm x 13 mm. Gradually corrosion films appear and their importance depends on the level of contamination. After exposure the coupon is analysed in a lab thanks to the method called cathode-electrolytic reduction, which was developed by the Labs Battelle and Bell Telephone System Monograph.

The analytical process consists of the following stage: put the coupon on which a film has appeared in an appropriate electrolyte and have constant voltage current run between this coupon (cathode) and a platinum anode (the voltage current must be measured during the reduction between the coupon under analysis and the reference electrode). The measurement of different levels of potential triggered by the process allows to define the different components of the oxidation film. The film's thickness is calculated thanks to Faraday law and can be defined in angstroms (Å) across the required time to reduce the films to a constant current. Even though other methods can be used for the identification of corrosion films, the very reduction of potential is the means chosen to reach it.

A particular caution is demanded in the use of such equipments; it is therefore necessary to follow with great caution the instructions as indicated below:

1. Put the coupon in the area to be classified within 30 days from its receipt;
2. Fill out the adhesive label to be found on the upper part of the coupon indicating the following elements:
  - Name and address of the firm;
  - Identification of the area to be classified;
  - Date of installation;
  - Hour of installation;
  - Exposure period.
3. Put the coupon in the studied area with the label directed upside.
4. The exposure time of coupon remains an important issue for researchers. The appendix C of the Law ISA S.71.04.1985 defines as such: corrosion is defined in terms of corrosion films which appear in about a month exposure. It is a common view that the film's creation shall be very slow in a mild area in terms of corrosion and very quick in an aggressive area.
5. In order to ease the measurement of the thickness of corrosion films in such extreme conditions, the exposure time can be extended up to three months regarding mild environments, or can be reduced down to two weeks in aggressive areas. In addition to this, it should be reminded that copper corrosion is not linear, therefore the exposure period must be established with great attention.
6. Experiments have shown that measurements carried out either in the longest or shortest periods can be adapted to the normalized value of a month using the following formula:

$$X_1 = X (t_1 / t)$$

where:

$X_1$  = equivalent thickness of film after a month;

$X$  = thickness of film measured after time  $t$ ;

$t_1$  = 30 days;

$t$  = real exposure time of the coupon expressed in days.

Obviously, the longer the test period is for the coupon, the more probable it is for them to understand if the conditions are normal or abnormal; this shall give a great opportunity to collect more detailed pieces of information helpful to the design of the most adequate filtering system. Besides, an exposure that goes over 90 days shall allow to record the effects of larger temperature, humidity, atmospheric pressure or else wind fluctuations.

For a right definition of the exposure time of the coupon, a preliminary analysis of the

latter must be executed. If the coupon is highly oxidized and if the colour has changed after a 30 day-exposure, it should be taken off and sent to the Labs. On the contrary, if no alteration in colour is to be noticed, it is then advised to leave it in exposure for an extra time period that can go up to 90 days. If eye-inspection isn't possible and if the environment's aggressiveness is not well-known, it would be needed to take the coupon off after 30 days.

7. When exposure time is over, take the coupon off from the area. Write on the upper part of the adhesive label the exposure date and time. This reporting stage is of utmost importance because it would otherwise be impossible for the Labs to establish a report without the data.

The final results that can be drawn from the coupon's installation refer to specific rules imposed by the Law Cei/lec 654-4/1987 and that Ansi/Isa - S71.04/1985.

Tab. 5 presents you with the environmental classification according to the Law Ansi/Isa, whereas tab. 6 presents the parameters that were used and that regard the established classification according to the Ansi/Isa Law and to the Purafil coupon.

Table 5. Environmental classification according to Law Ansi/Isa.

<b>Isa classification of places in function of copper coupons' reaction</b>				
Level of risk	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>x</sub>
Environmental aggressiveness	light	moderate	heavy	severe
Level of copper reactivity [Å/30 days]	< 300	< 1000	< 2000	≥ 2000

Table 6. Classification according to Ansi/Isa Law regarding Purafil coupons.

<b>Indicators of aggressiveness according to Purafil classification</b>					
<b>Copper</b>			<b>Silver</b>		
<b>class<sup>12</sup></b>	<b>indicator</b>	<b>Gradient<sup>13</sup></b>	<b>class</b>	<b>indicator</b>	<b>gradient</b>
<b>C<sub>1</sub></b>	0,26	3,0 Å/d	<b>S<sub>1</sub></b>	0,13	1,3 Å/d
<b>C<sub>2</sub></b>	0,43	5,0 Å/d	<b>S<sub>2</sub></b>	0,33	3,3 Å/d
<b>C<sub>3</sub></b>	0,71	8,3 Å/d	<b>S<sub>3</sub></b>	0,67	6,7 Å/d
<b>C<sub>4</sub></b>	1,00	11,7 Å/d	<b>S<sub>4</sub></b>	1,00	10,0 Å/d

### 4.3. Results of instrumental monitoring

The information coming from instrumental measurements carried out on site along the avenue shall be presented in tables and the precise locations of the equipment shall be included in the photographs (fig. 15). There are several measurements periods according to the installed sensors.

- coupon PURAFIL: from July 2003 to July 2003;
- HOBO PRO: from June 2003 to October 2003.

#### a) Porta Felice

The installed sensors have been distributed in space so as to monitor environmental conditions both towards the sea and towards Vittorio Emanuele avenue. This choice was made bearing in mind the great influence that either sea aerosol or smog pollution can have (fig. 16).



Figure 15. Outdoor investigation: location of instruments.





Figure 16. Location of corrosion coupon on Porta Felice (side Foro Umberto I).

Table 7. Results of analysis on corrosion coupon

<b>Coupon: Purafil P 16871 (Foro Umberto I side)</b>		
Class	S4/C5	contaminated
Data in coupon	05/06/03	
Data out coupon	10/07/03	
Copper corrosion	1064 Å / 30 days	
Silver corrosion	286 Å / 30 days	
Note	<p>The analysis of electrolytic reduction of the corrosion coupon Purafil CCC # P16871 show an environment that is inappropriate for both display and conservation of cultural heritage.</p> <p>Gas concentration can be detected in the air, which can produce measurable effects on cultural goods preserved, even for a short period.</p>	

Table 8. Results of analysis on corrosion coupons

Coupon: Purafil P 16877 (Porta Felice, V. Emanuele Avenue side)		
Class	S5/C5	contaminated
Data in coupon	16/06/03	
Data out coupon	23/07/03	
Copper corrosion	1497 Å / 30 days	
Silver corrosion	464 Å / 30 days	
Note	<p>The analysis of electrolytic reduction of the corrosion coupon Purafil CCC # P16871 show an environment that is inappropriate for both display and conservation of cultural heritage.</p> <p>Gas concentration can be detected in the air, which can produce measurable effects on cultural goods preserved, even for a short period.</p>	

- *Corrosion coupon*

Corrosion coupons have been scattered in space after the registration of measurement date, hour and measurement work team. The coupon located in front of the sea has been leant against a marble dripstone that is jutting out from the door. The other coupon looking onto Vittorio Emanuele avenue has been linked to a sign on the door of power cabin.

In tab. 7-8 are reported the results of the analysis of the corrosion coupons in the location looking either onto Foro Umberto I or onto Vittorio Emanuele avenue.

- *Classification of environmental aggressiveness*

As an example and only regarding the coupon of Porta Felice (side Foro Umberto I), the image that shows the thickness of corrosion films is reported (fig. 17). For the other coupons, we don't include the images. The figure shows the relationship between the thickness of the corrosion films (silver and copper) and the levels of environmental aggressiveness imposed by the laws in force. In the left column, the Class entitled S, as it can be clearly seen in fig. 17, corresponds to the thickness of the silver corrosion film. In the right column, the Class named C corresponds to the thickness of the copper corrosion film. On the right side of fig. 17, the Italian legend reports the air characteristics where the coupon was displayed, in function of both classes. The results of the analysis are summarized in tab. 8.

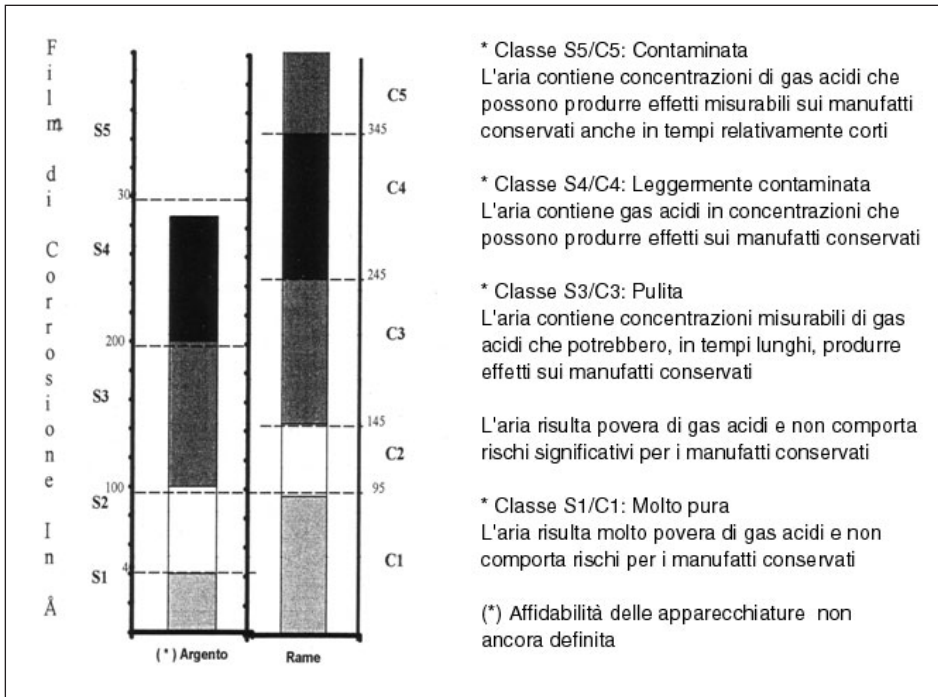


Figure 17. Analysis of corrosion films and scale of environmental aggressiveness.

- **HOBO**

The HOBOS have been located in the upper part of Porta Felice and have been hooked to the balustrade, looking onto Vittorio Emanuele avenue and towards Foro Umberto I (fig. 18). The information drawn from the thermo-hygrometric measures shall provide us with further elements to assess and eventually study phenomena to be noticed in urban canyons.

In fig. 19-20 can be found temperature and humidity evolutions in time recorded on site at Porta Felice, overlooking the sea.

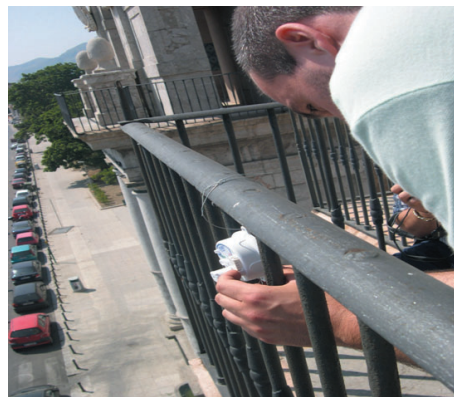


Figure 18. Positioning of the HOBO on Porta Felice (side Foro Umberto I.).

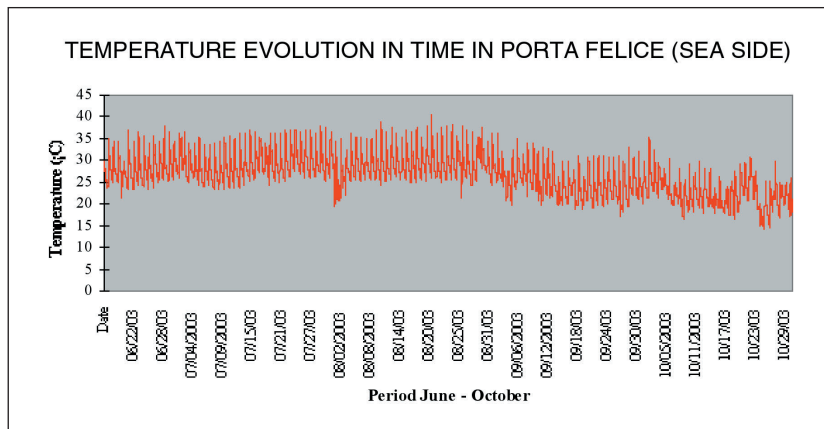


Figure 19. Temperature evolution in time recorded on site.

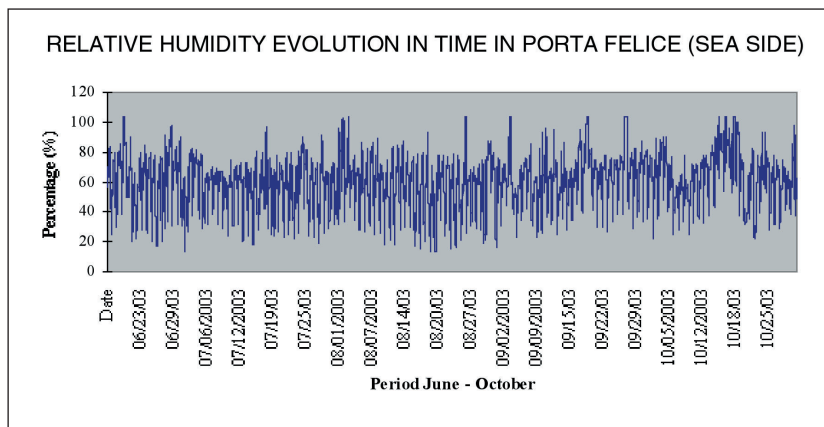


Figure 20. Humidity evolution in time recorded on site.

**b) Cathedral**

The sensors have been located inside the arcade, on a column's capital, where the arch of the entrance gate (side C.so V. Emanuele) starts. The corrosion coupon has been wired to a already-existing hook, and was placed on the Cathedral's gate (fig. 21).

In tab. 9 are reported the results of the analysis.

- HOBO

The HOBO has been placed on the entrance gate, leant onto the capital and next to the corrosion coupon (fig. 22).



Figure 21. Positioning on the entrance gate of the cathedral.

Table 9. Results of the analysis on corrosion coupons.

Coupon: Purafil P 16881 (Cathedral)		
Class	S3/C5	contaminated
Data in coupon	16/06/03	
Data out coupon	23/07/03	
Copper corrosion	879 Å / 30 days	
Silver corrosion	177 Å / 30 days	
Note	<p>The analysis of electrolytic reduction of the corrosion coupon Purafil CCC # P16871, show an environment that is inappropriate for both display and conservation of cultural heritage.</p> <p>Gas concentration can be detected in the air, which can produce measurable effects on cultural goods preserved, even for a short period.</p>	

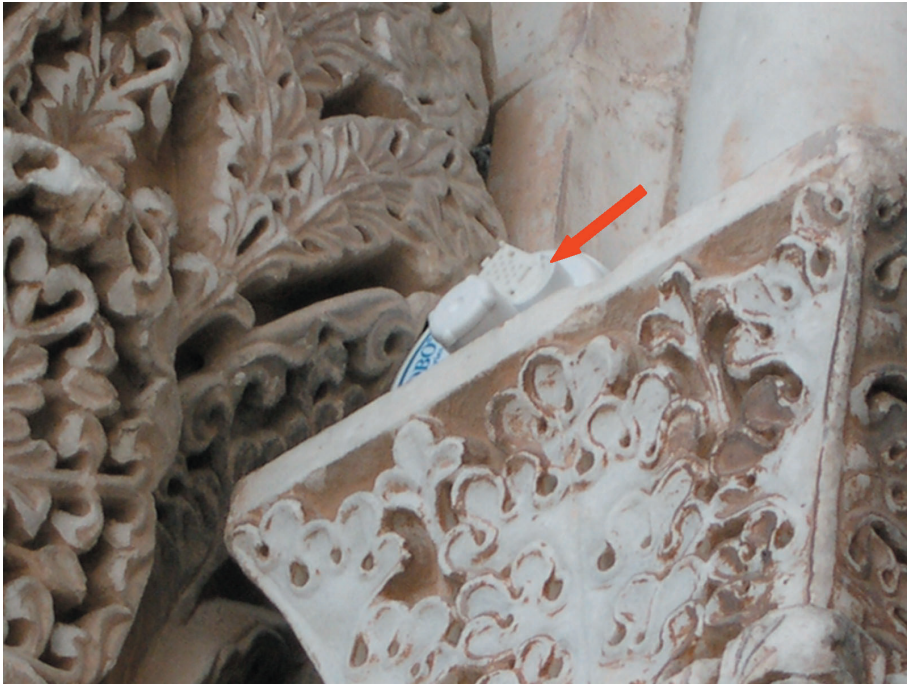


Figure 22. Positioning of the Hobo on the entrance gate of the cathedral.

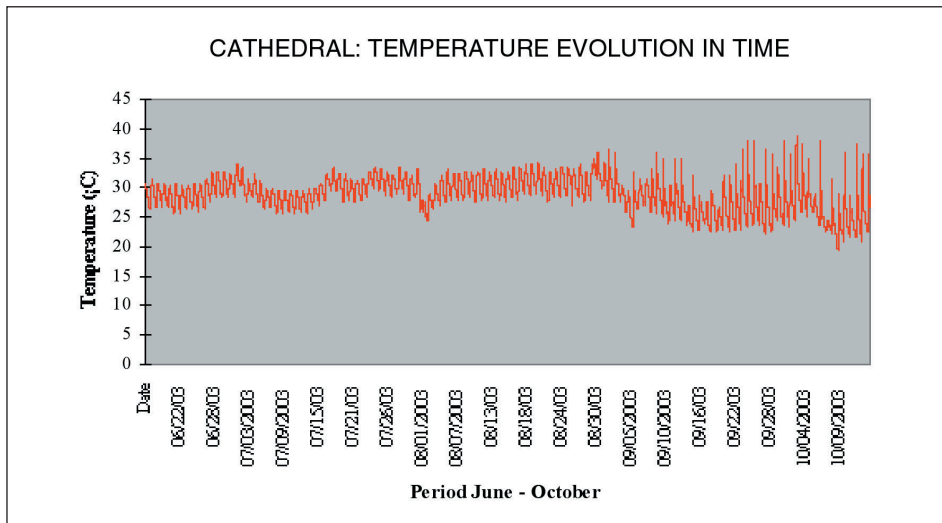


Figure 23. Temperature evolution in Cathedral site.

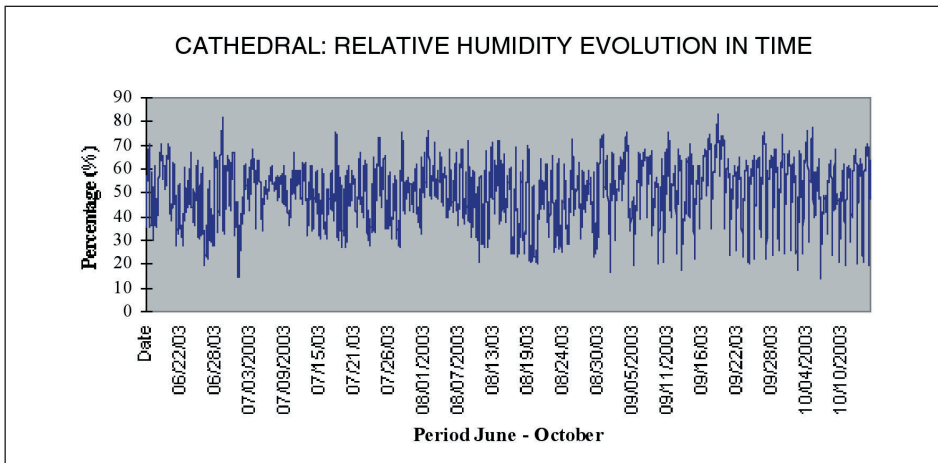


Figure 24. Relative Humidity evolution in Cathedral site.

In fig. 23 and 24 can be found the evolution in temperature and relative humidity.

### c) Porta Nuova

Two coupons have been placed, both on the façade of Square Piazza Indipendenza and Vittorio Emanuele avenue. Here are more specific details:

- Purafil P 16875 – window of the Carabinieri department (second window on the left of Porta Nuova, opening onto C.so V. Emanuele;

Table 10. Results of the analysis on corrosion coupons.

<b>Coupon: Purafil P 16875 (Carabinieri barracks)</b>		
Class	S3/C5	contaminated
Data in coupon	05/06/03	
Data out coupon	10/07/03	
Copper corrosion	882 Å / 30 days	
Silver corrosion	112 Å / 30 days	
Note	<p>The analysis of electrolytic reduction of the corrosion coupon Purafil CCC # P16871, show an environment that is inappropriate for both display and conservation of cultural heritage.</p> <p>Gas concentration can be detected in the air, which can produce measurable effects on cultural goods preserved, even for a short period.</p>	

Table 11. Results of the analysis on corrosion coupons.

Coupon: Purafil P 16882 (cornice of the pillar)		
Class	S3/C5	contaminated
Data in coupon	05/06/03	
Data out coupon	10/07/03	
Copper corrosion	494 Å / 30 days	
Silver corrosion	187 Å / 30 days	
Note	<p>The analysis of electrolytic reduction of the corrosion coupon Purafil CCC # P16871, show an environment that is inappropriate for both display and conservation of cultural heritage.</p> <p>Gas concentration can be detected in the air, which can produce measurable effects on cultural goods preserved, even for a short period.</p>	

- Purafil P 16882 – cornice on west side of the door’s pillar (looking towards Piazza Indipendenza), at about 2,00 m high.  
In tab. 10-11 are reported the corresponding results.

- *HOBO*

Two HOBOS have been placed on the façade of Piazza Indipendenza and Vittorio Emanuele avenue, first floor, on the marble balustrade at about 12meters high (fig. 25).

In fig. 26-27 are shown the corresponding evolutions in temperature and relative humidity.

#### 4.4. Analysis of the results and final considerations

In a view to understanding and analyzing the data collected during the thermo-hygro-metric monitoring, it seemed necessary to report in tab. 12 the maximum and minimum values of temperature and relative humidity that have been reached in the sites where the HOBOS had been located.

In tab. 13 you can find the absolute temperature gap recorded in the stations.





Figure 25. Locations of the Hobos on Porta Nuova's façade.

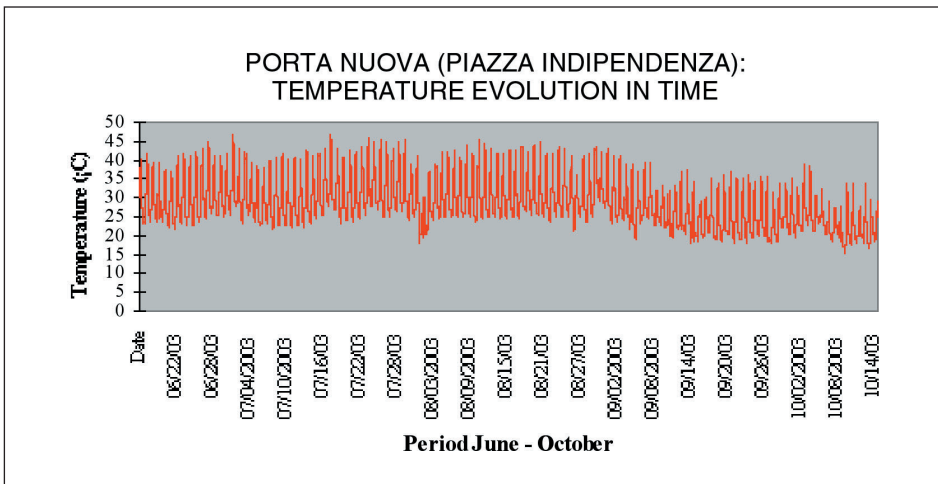


Figure 26. Temperature evolution in Porta Nuova site.

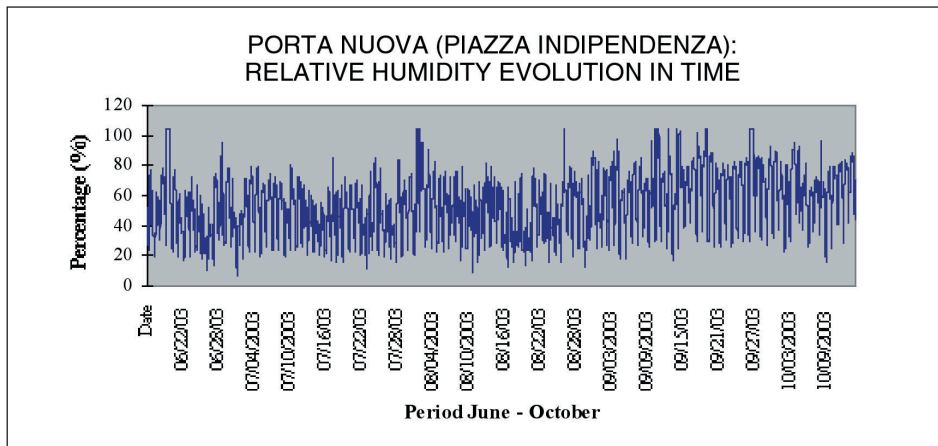


Figure 27. Relative Humidity evolution in Porta Nuova site.

Table 12. Results of the analysis with the HOBO.

Maximum and minimum values recorded in the measurement sites								
Site	Temperature [°c]				Relative Humidity [%]			
	Max	Date	Min	Date	Max	Date	Min	Date
Porta Nuova (side P.zza Indipendenza)	46,91	17/07/03	15,23	09/10/03	100,0	19/06/03	6,8	01/07/03
Porta Nuova (side C.so V. Emanuele)	43,42	30/08/03	15,23	09/10/03	100,0	19/06/03	1,6	26/07/03
Cattedrale	38,77	02/10/03	19,42	09/10/03	83,2	19/09/03	14,2	06/10/03
Piazza Villena	36,57	01/07/03	14,85	25/10/03	100,0	19/06/03	13,8	01/07/03
Porta Felice (side Foro Umberto I)	40,59	20/08/03	14,09	25/10/03	100,0	19/06/03	13,1	20/08/03

Note: the absolute maximum values are displayed in yellow and the absolute minimum values are displayed in green

As it can be deduced from the reported data, there is a large difference gap between the values of maximum and minimum temperature registered in the various measurement points. This implies some considerations to be established on the basis of instrumental values and which should be made explicit so as to put a right interpretation of the data forward.

Table 13. Temperature gap  $Dt$  recorded in the stations.

Temperature gap $Dt$ recorded in the stations			
Site	Maximum Temperature [°c]	Minimum Temperature[°c]	$Dt$ [°c]
Porta Nuova (side P.zza Indipendenza)	46,91	27,91	19,00
Porta Nuova (side C.so V. Emanuele)	43,42	27,91	15,51
Cathedral	38,77	24,40	14,37
Piazza Villena	36,57	26,73	9,84
Porta Felice (side Foro Umberto I)	40,59	25,95	14,64

- 1) If considering the two extreme points at both ends of Vittorio Emanuele avenue, that is to say Porta Nuova and Porta Felice, a significant difference up to 6,32 °C can be noticed in terms of maximum temperature (with the highest value of 46,91 °C recorded at Porta Nuova)
- 2) Still at the same points, the difference between values of minimum temperature goes up to 1,13 °C (with the lowest value of 14,57 °C recorded at Porta Felice).

It can be drawn from those factors the accurate level of the thermo-hygrometric conditions to be found at both edges of the avenue under study; indeed the differences that emerge are partly due to the different morphology of each measurement site; Porta Nuova is, for instance, a semi-confined area because of the surrounding buildings, while Porta Felice is on the contrary an open area with the sound exposure influenced by the closeness to the sea – which contributes to diminishing the daily temperature thanks to winds blowing in different directions.

We must bear in mind that high temperature values contribute to the stagnation of polluting factors in the atmosphere. This issue is equally important in the interpretation of the data extracted from the corrosion coupons which pointed two situations out: a highly aggressive environment at Porta Nuova (class S3/C5), and an equally aggressive environment at Porta Felice (class S4/C5). It is however considered that the presence, in the latter site, of marine aerosol, which happens to be a very corrosive agent for silver and copper strings to be found on the coupons. It is finally necessary to report in tab. 14 the characteristics of environmental aggressiveness in the monitored sites.

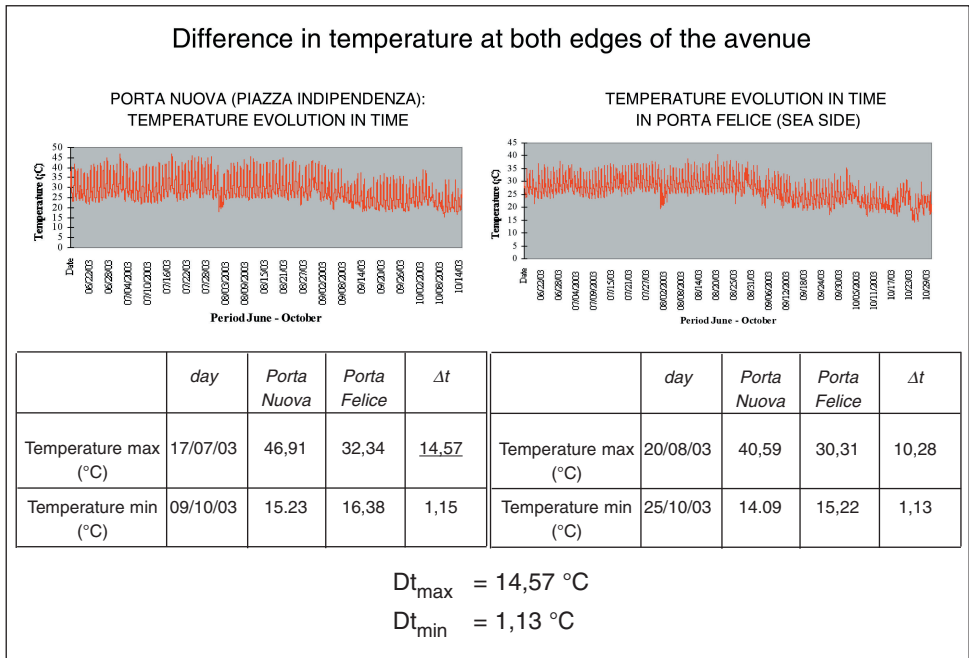


Figure 28. Difference in temperature at both edges of the avenue.

It appears from the values reported in the table that the site bearing the highest environmental aggressiveness is Porta Felice looking into Vittorio Emanuele avenue (fig. 28). Hence, considering the various considerations we made, it should be remembered that the site with the highest percentage of environmental aggressiveness happens to be, according to the instrumental monitoring, the Regional Library. This point confirms our hypothesis that polluters have difficulties to disperse when you have favourable morphological conditions on site (canyon) and when you have high temperatures in the day. It could be noticed, however, that the site under study does not bear a particular heavy traffic flow in comparison to other measurement stations [20-32]. This very point leads us to execute an accurate analysis of the surrounding conditions, so as not to put trivial and simplified hypothesis forward which would amount to merely analyzing and taking into consideration environmental discomfort in terms of vehicles' traffic. Finally, the thermohygrometric monitoring reveals the risky conditions to be found in the avenue, which contributes to paving the way towards other research aimed at the preservation of the cultural heritage on site and also striving towards the improvement of environmental conditions borne by residents, occasional or else regular by-walkers in the avenue.

Table 14. Values of environmental aggressiveness.

Values of environmental aggressiveness			
Site	Class	Copper Corrosion Å / 30 days	Silver Corrosion Å / 30 days
Porta Nuova (side P.zza Indipendenza)	S3/C5	494	187
Porta Nuova (side C.so V. Emanuele)	S3/C5	882	112
Cathedral	S3/C5	879	177
C.so V. Emanuele (opposite the Cathedral)	S3/C5	936	142
<u>Regional library (inside)</u>	<u>S2/C1</u>	<u>87</u>	<u>75</u>
Regional library (window opening onto C.so V. E.)	S3/C5	1294	150
Regional library (opposite)	S2/C5	493	75
Piazza Villena	S3/C5	879	177
Porta Felice (side C.so V. E.)	S5/C5	1497	286
Porta Felice (side Foro Umberto I)	S4/C5	1064	464
Note: the unique value for which the coupon doesn't appear contaminated is displayed underlined.			

The judgment on comfort or risk conditions for the preservation and/or right exploitation of cultural heritage can be put forward in terms of quantity thanks to the comparison between the results gathered by means of measurements and the enforced quality standard.

A particular emphasis is drawn on the document published by the Ministry Ministero per i Beni e le Attività Culturali, entitled "Criteri tecnico-scientifici e standard per i musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998)" Ambito VI – Sottoambito 1 "Norme per la conservazione e il restauro comprendenti l'esposizione e la movimentazione" in which UNI norms and international norms are referred to.

The norm UNI 10820/1999 gives the threshold values for physical parameters (thermo-hygrometric and illuminating conditions). In the same document the advised limit values in terms of concentration of aerial pollutants are reported.

As far as limit values are concerned regarding biological atmospheric pollutants, the analytical methodologies are reported in the document NORMAL 39/93 with specific references to colonization and damage that may happen in specific microclimate conditions.

As regards effects on reception elements, the following norms have a particular importance: norm on the safeguard of air quality (D.Lgs. 351/1999, D.M. 60/2002 and D.M. 261/2002), norm on noise mitigation in outside spaces (447/1995 and enforcement decrees, European norms) and norm on environmental climate (UNI 10339).

### Notes

- <sup>1</sup> "Corso Vittorio Emanuele" is the Italian street name, to which we shall refer in this paper as "Vittorio Emanuele avenue".
- <sup>2</sup> Cathode-electromagnetic reduction method developed by the Labs Battelle and Bell Telephone.
- <sup>3</sup> HS = Heat Stress.
- <sup>4</sup> DI = Discomfort index.
- <sup>5</sup> THI = Temperature – Humidity Index, Steadman (1976).
- <sup>6</sup> CP = Perception of Climate, Tacken (1989).
- <sup>7</sup> PMV = Predicted Mean Vote.
- <sup>8</sup> DREAM Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali – Department of Research in Energetics and Environment.
- <sup>9</sup> dB(A) = in weighting scale "A". One of the most appropriate and easiest methods to get sound level measures that are somehow proportional to sound levels as perceived by humans, is the use of adjustment filters. The human ear not being a linear transducer of noise, the International Regulations have introduced the use of weighting scales A, B, C and D in sound level measurements so as to get noise levels similar to that perceived by human ears. In a very easy and immediate way, such scales provide us with information on the energy which triggers loudness, thanks to a correspondence of objective data ( $L_p$ ,  $f$ , etc.) to subjective data (loudness). The weighting A is nowadays the most used one, since it can be easily linked to subjective investigations.
- <sup>10</sup> Noise level in daytime.
- <sup>11</sup> Noise level in nighttime.
- <sup>12</sup> The classifications C and S shall be described in details in the diagrams to be found below and presenting the coupons' results.
- <sup>13</sup> The gradient represents the specific average value of environmental aggressiveness expressed in corrosion's depth per exposure day.

## Bibliography

- [1] BERANEK L. 1968, *“Acoustics”*, New York, Mc Graw Hill.
- [2] IANNIELLO C., 1998, *L’acustica dei teatri storici: un bene culturale*, Ferrara, Terzo Convegno del CIARM (Centro Interuniversitario di Acustica e Ricerca Musicale).
- [3] GIULIANI A., COCCHI A. 1973, *Elementi di Acustica Tecnica*, Bologna, Libreria Editoriale Petroni.
- [4] MONCADA LO GIUDICE G., SANTOBONI S. 1995, *Acustica*, Milano, Casa Editrice Ambrosiana.
- [5] OLSON H.F. 1960, *Acoustical Engineering*, New York, D. van Nostrand.
- [6] ROSSING T.D. 1990, *The Scienze of Sound*, New York, Addison-Wesley.
- [7] LORUSSO S. 2000, *L’ambiente di conservazione nel settore dei beni culturali*, Consorzio NETTUNO, Bologna, Pitagora Editrice.
- [8] LORUSSO S., MARABELLI M., VIVIANO G. 1995, *La contaminazione ambientale e il degrado dei materiali di interesse storico-artistico*, Roma, Ed. Bulzoni.
- [9] LORUSSO S. 2002, *La diagnostica per il controllo del sistema manufatto-ambiente*, Bologna, Pitagora Editrice.
- [10] LORUSSO S. 2000, *Conservazione e trattamento dei materiali costituenti i beni culturali*, Consorzio NETTUNO, Bologna, Pitagora Editrice.
- [11] LORUSSO S., PRESTILEO F., TROILI M., AGOSTINELLO D., BUONOCORE F. 1998, *Monitoraggio microclimatico nel vestibolo della Chiesa di Santa Maria del Parto (Sutri-Viterbo)*, L’Ambiente, 1.
- [12] MONCADA LO GIUDICE G. 1997, *Benessere termico e qualità dell’aria interna*, Milano, Masson.
- [13] BARBARO S., CARACAUSI R., CHISESI R.M. 2004, *The acoustic monitoring of urban territory. Influence of particular condition upon noise levels*, Russia, 11th International Congress on Sound and Vibration in St Petersburg.
- [14] BARBARO S., CARACAUSI R., CHAIX B. 2003, *Evaluation of the noise climate produced by a means of public transport and analysis of customer response in Palermo (Italy)*, Stockholm, 11th International Congress on Sound and Vibration ICSV10.
- [15] BARBARO S., CARACAUSI R., CATANIA U., CHAIX B. 2005, *Setting up of a technical economic index of priority scales for urban noise control*, Lisbon, 12th International Congress on Sound and Vibration ICSV12.
- [16] BARBARO S., CARACAUSI R., CHISESI R.M. 2001, *Uno studio biometeorologico del territorio urbano di Palermo*, Napoli, 56° Congresso Nazionale ATI.
- [17] BARBARO S., CARACAUSI R., CHISESI R.M. 2003, *Air quality and health in Palermo*, Ecology and life protection of industrial-transport complexes ELPIT 2003, Russia, Togliatti City.
- [18] BARBARO S., CARACAUSI R., CHISESI R.M. 2002, *An Ergonomical approach to the global Environmental quality*, Spain, 2nd International Conference on Occupational Risk Prevention in Gran Canaria Island.

- [19] GENTILE, RONGA, SALASSA 1997, *Nuove prospettive storiche*, Brescia, Ed. La Scuola.
- [20] MONCADA LO GIUDICE G., LORUSSO S., MANGANI F. 2001, *La tutela dell'ambiente per la salvaguardia dell'uomo*, Scienza e Tecnica, 375.
- [21] CARILE A., LORUSSO S. 2001, *La formazione di adeguate figure professionali nel settore dei beni culturali*, Scienza e Tecnica, 376.
- [22] MELI G., LORUSSO S. 2004, *Progetto di ricerca: Stesura di una Carta del Rischio per la conservazione dei Beni Culturali negli ambienti confinati*, Quaderni di Scienza della Conservazione 4/2004, Bologna, Pitagora Editrice.
- [23] LORUSSO S., NATALI A. 2004, *La qualità dell'aria in ambienti confinati*, Quaderni di Scienza della Conservazione 4/2004, Bologna, Pitagora Editrice.
- [24] GIOVAGNOLI A., LANTERNA G., LORUSSO S., MONCADA LO GIUDICE G., PRESTILEO F.A. 2001, *La salvaguardia dell'ambiente e del biota nel settore dei beni culturali*, Quaderni di Scienza della Conservazione 1/2001, Bologna, Pitagora Editrice.
- [25] GIAVARINI C. 2001, *Domus Aurea: the conservation project*, Journal of Cultural Heritage, 2, ELSEVIER.
- [26] STRADA M., CARBONARI A., PERON F., PORCIANI L., ROMAGNONI P. 2002, *The microclimate analysis of tezzone "105" of Venetian Arsenale*, Journal of Cultural Heritage, 3, ELSEVIER.
- [27] CAMUFFO D., BERNARDI A., STURARO G., VALENTINO A. 2002, *The microclimate inside the Pollaiolo and Botticelli rooms in the Uffizi Gallery, Florence*, Journal of Cultural Heritage, 3, ELSEVIER.
- [28] ELBIR T., MUEZZINOGLU A. 2004, *Estimation of emission strengths of primari air pollutants in the city of Izmir, Turkey*, Atmospheric, 3, ELSEVIER.
- [29] REDDY M.K., SUNEELA M., SUMATHI M., REDDY R.C. 2005, *Indoor air qualità at Salarjung museum, Hyderabad, India*, Environmental Monitoring and Assessment, 105, Springer.
- [30] Grontoft T., Raychaudhuri M.R. 2004, *Compilation of tables of surface depositino velocities for O<sub>3</sub> NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> to a range of indoor surfaces*, Atmospheric Environment, 38, ELSEVIER.
- [31] PITZURRA L. et al. 1999, *Microbial environmental monitorino of the refectory in the monastery of St. Anna in Foligno, Italy*, Aerobiologia, 15, Kluwer Academic Publishers.
- [32] ISO Standard 7730 1984, *"Moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD indices and specifications of the conditions of the thermal comfort"*, International Standard Organization.



## **MESSA A PUNTO DI UN PROTOCOLLO DI INDAGINE AMBIENTALE PER LA CONSERVAZIONE E LA FRUIZIONE DEI BENI CULTURALI**

### **1. Introduzione**

*Il progetto ha l'obiettivo di analizzare e raccogliere informazioni sullo stato di conservazione dei beni culturali in Sicilia, non solo fornendo "un codice di comportamento responsabile per la tutela, la valorizzazione e la corretta fruizione dei siti culturali", ma anche adottando un approccio più scientifico al problema attraverso tre momenti distinti:*

- 1. Individuazione e catalogazione dei beni culturali a rischio.*
- 2. Monitoraggio di un campione significativo di monumenti, rappresentativi dell'intero territorio nazionale.*
- 3. Diffusione di risultati del monitoraggio.*

*Al progetto hanno partecipato varie strutture scientifiche dell'Università di Palermo, con il Consiglio di Coordinamento degli studi in Ingegneria edile, i Dipartimenti di Ricerche Energetiche ed Ambientali e di progettazione e Costruzione Edilizia, il Laboratorio di Ingegneria Chimica per i Beni culturali, il Dipartimento di Scienze Botaniche.*

*Nei mesi di dicembre 2002 e di gennaio 2003 sono stati definiti e messi a punto la fase esecutiva del progetto, le modalità di monitoraggio, il gruppo di lavoro e le unità operative, gli aspetti promo-pubblicitari e divulgativi.*

*Accanto al tradizionale e ormai consolidato veicolo di informazione e sensibilizzazione sulle problematiche ambientali che incidono sulla salvaguardia e conservazione del patrimonio storico-artistico-monumentale della nostra regione, il gruppo promotore coinvolgendo l'Università ha costituito un osservatorio tecnico sugli aspetti legati al monitoraggio dello stato di conservazione, delle eventuali condizioni di degrado, delle cause scatenanti e/o agenti sull'evoluzione spazio-temporale, al fine di individuare gli interventi più idonei ed efficaci per garantire altresì la migliore fruizione dei beni culturali, lavoro che contribuirà, inoltre, alla definizione di una vera e propria Carta dei diritti dei visitatori dei musei.*

*Per articolare i contenuti del progetto esecutivo è stata sviluppata una scheda operativa schematizzando le attività di indagine nell'ambito delle singole aree disciplinari (competenze scientifiche) coinvolte nello sforzo comune relativamente agli ambienti interni ed esterni degli edifici monumentali ed ai recettori sensibili (materiali ed oggetti, operatori ed utenti). Il tavolo tecnico, avviato dai partners ed affidato al coordinamento di Salvatore Barbaro, ha inizialmente individuato i compiti che le singole unità operative devono svolgere.*

*L'occasione della collaborazione ha stimolato la messa a punto di metodologie di settore propedeutiche all'attivazione di rapporti interdisciplinari (correlazioni). Le attività consentiranno innanzitutto di pervenire ad una "Procedura ottimale di monitoraggio" comprendente siti di misura o campionamenti, apparecchiature e parametri di indagine, prassi e periodi di acquisizione dei dati, caratteristiche della banca dati e tecniche di elaborazione e valutazione dei risultati. Il test principale di validazione della metodologia di studio ed analisi è stato eseguito adottando, come caso di studio, l'intero Corso Vittorio Emanuele a Palermo<sup>1</sup> in quanto sede di numerosi ed importanti elementi e strutture monumentali quali, tra gli altri, Porta Nuova, la Cattedrale, la Biblioteca Regionale, i Quattro Canti e Porta Felice.*

### **2. Descrizione delle attività di ricerca**

*La corretta conservazione di beni di interesse storico ed artistico, nel tempo e per la fruizione del pubblico, può essere assicurata solo nel caso in cui questi beni siano collocati in luoghi ove le condizioni ambientali, influenzanti i processi di degrado, siano opportunamente controllate al fine di limitare la velocità dei processi stessi. In particolare, occorre che qualsiasi intervento edilizio o*

impiantistico, che possa modificare la preesistente situazione ambientale di locali destinati alla conservazione di beni di interesse storico e artistico, sia attentamente valutato svolgendo un'analisi ambientale preventiva per identificare le condizioni esistenti [1-15]. L'unità svolgerà le seguenti attività finalizzate alla individuazione di un protocollo di indagine per la conservazione dei beni artistici e culturali:

- Stato dell'arte sulla normativa, indagini, rapporti e pubblicazioni scientifiche in materia.
- Creazione del coordinamento con le esistenti mappe e/o carte di pericolosità nell'ambiente indoor e/o outdoor.
- Redazione di schede per la raccolta di informazioni sulla storia ambientale del bene a micro e meso scala.
- Messa a punto di una procedura ottimale (protocollo standard) per la misura delle grandezze ambientali: termoigrometriche, illuminotecniche, di qualità dell'aria e vibrazionali.
- Applicazione ai casi di studio concordati con gli altri partners.
- Monitoraggio ambientale con stazioni mobili (per es. mezzi pubblici dell'Azienda Speciale AMAT) attraverso un sistema avanzato messo a punto dai componenti del gruppo di lavoro in collaborazione con partners esterni.
- Analisi della aggressività dell'aria indoor ed outdoor attraverso l'utilizzazione di coupon di corrosione (campionamento passivo mediante stringhe di rame ed argento). Sarà possibile caratterizzare il livello di corrosività degli ambienti ed aree da classificare mediante osservazione dei films di corrosione depositati sulle stringhe la cui entità dipende dal livello di contaminazione ambientale. Si terrà conto della normativa ISA S.71.04.1985 riconducendo i risultati ad un valore normalizzato riferito ad un mese. In linea di massima si adotta un tempo di esposizione di 30 gg e di 90 gg rispettivamente per ambiente esterni piuttosto inquinati e per ambienti interni puliti.
- Partecipazione alla messa a punto di un sistema di raccolta e di gestione dei dati e dei risultati raggiunti da ogni partner.
- Applicazione di Indici Biometeorologici Umani (per es. HS3, DI4, THI5, CP6, PMV7, etc.) e del grado di discomfort (per es. mediante il metodo di Scharlau). Analisi del microclima. Applicazione di modelli canyon (Ludwig e Dabbert) [16-18].
- Organizzazione di visite e stage nell'ambito di corsi didattici e formativi a vari livelli (scuole, percorsi universitari, corsi SISIS, programmi IFTS, corsi Master universitari, corsi di aggiornamento professionale).

Tali attività saranno condotte con la partecipazione di studenti dei corsi di Laurea di Ingegneria (edile V.O. e N.O., edile-architettura, civile, ambientale) nell'ambito dello svolgimento di tesi di laurea sperimentali, di tirocini o stage di formazione e/o di orientamento (anche ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera f del D.M. per i Manifesti del Nuovo Ordinamento). Ciò contribuirà al processo di formazione di una coscienza ambientale consapevole orientata al miglioramento della qualità della vita.

I risultati consentiranno di individuare adeguati interventi per il controllo delle condizioni idonee al recupero ed alla gestione dei beni.

Si ritiene indispensabile sottolineare l'importanza della formazione ai vari livelli del processo di educazione permanente a cui sempre più la società contemporanea sembra avviata. Nel seguito è riportato un elenco delle principali attività che possono essere inserite nell'ambito del presente progetto con alcuni esempi attualmente in corso:

- Attività sperimentale collegata allo svolgimento di Laboratori di laurea previsti dal Nuovo Ordinamento.
- Attività didattico-sperimentale (formativa di base o funzionale alla preparazione della tesi finale) collegata allo svolgimento di Dottorati di Ricerca (Fisica tecnica ambientale, Fisica tecnica, Energetica, Progettazione edile, Recupero edilizio, etc.).
- Svolgimento di visite e lezioni sperimentali nell'ambito di Master Universitari (Recupero edilizio, Ergonomia), corsi SISIS (Classi 71a Energia e Ambiente e 33 Disegno tecnico e rappresentazione per es.), programmi

*IFTS (Monitoraggio ambientale e telecontrollo, Recupero edilizio, Disegno tecnico e rappresentazione, etc.), corsi di aggiornamento professionale rivolti a tecnici della pubblica amministrazione, etc.*

*La struttura della ricerca si articola in una parte introduttiva comprendente un'analisi storico conoscitiva dell'evoluzione urbanistica dell'asse viario di C.so Vittorio Emanuele a Palermo.*

*L'indagine storico-conoscitiva non poteva prescindere dall'evoluzione subita dalla città di Palermo nel corso dei secoli che ne ha profondamente mutato l'aspetto morfologico e abitativo; per tale motivo è stata condotta un'analisi dell'insediamento urbano dalla città punica (VIII sec. a.C-254 a.C.), fino al piano regolatore generale del 1963, passando attraverso le innumerevoli vicende che hanno riguardato l'espansione della città [19].*

*Analogamente sono state caratterizzate le porte e le piazze che ricadono nel perimetro considerato, anche perché oggetto di particolari attenzioni e sede di precise indagini strumentali che saranno presentate in seguito.*

*Il gruppo di lavoro del DREAM<sup>8</sup> ha affrontato i problemi concernenti l'inquinamento acustico ed atmosferico con particolare riferimento alle caratteristiche dei principali inquinanti ed alle sorgenti di questi, confrontando i dati acquisiti con i valori limite imposti dalle recenti disposizioni normative emanate sia in campo nazionale che europeo.*

*I dati acquisiti sono stati opportunamente elaborati e sintetizzati, sia in forma grafica che tabellare, con l'intento di costituire una fonte d'informazione facilmente consultabile anche dai non addetti ai lavori.*

*Le rilevazioni strumentali riguardano il periodo che va dal maggio 2003 al novembre dello stesso anno.*

*In ultimo saranno esposte delle conclusioni tratte da un'attenta rielaborazione dei dati strumentali, atte a fotografare la situazione attuale e a fornire utili informazioni per le varie attività sia di recupero dei beni storico-architettonici, che di un'ottimale qualità della vita all'interno degli stessi: in altre parole l'obiettivo si orienta verso la capitalizzazione e l'ottimizzazione dei siti culturali.*

*È evidente che il raggiungimento di tali obiettivi richiede un'attività sinergica da parte di tutti gli operatori coinvolti che hanno manifestato una crescente sensibilità a queste problematiche.*

*Lo studio è stato condotto secondo molteplici linee di attività complementari:*

- *indagine conoscitiva mirata ad ottenere informazioni:*
  - *sulle caratteristiche storiche, fisiche e meteorologiche del sito;*
  - *sulle attività prevalenti nella zona al fine di individuare le più importanti sorgenti di inquinanti e di suddividere l'area in funzione delle attività;*
- *monitoraggio di alcuni parametri ambientali ed individuazione del clima "acustico-ambientale" nell'intorno parallelo all'asse viario;*
- *qualità dell'aria (metodi passivi);*
- *rilievo dei flussi di traffico e dei livelli di rumore generati dallo stesso;*
- *monitoraggio con mezzi mobili;*
- *simulazioni acustiche per diversi scenari di traffico veicolare;*
- *Clima, Comfort e Salute.*

### **3. Analisi acustica del corso Vittorio Emanuele**

*Scopo dello studio è di seguire le direttive ministeriali contenute nella legge quadro (n. 447/95) sull'inquinamento acustico, che riguarda il controllo del rumore dell'ambiente esterno e di quello abitativo.*

*Sull'asse viario oggetto di studio, è stata condotta un'indagine volta a verificare se esso soddisfa i requisiti acustici previsti dallo statuto normativo sia per gli operatori ed i residenti che per i fruitori dei beni culturali. Inoltre, grazie ad alcune relazioni tra analisi spettrale del rumore e vibrazioni, l'indagine può consentire di valutare i possibili effetti sulle strutture e pertanto sui beni culturali.*

*Per la valutazione del livello acustico nelle aree abitative, gli attuali orientamenti sono diretti all'individuazione di indici atti a rappresentare efficacemente, con un unico valore, il livello di rumorosità ambientale attraverso la commisurazione sia dei fattori fisici che caratterizzano l'immissione sonora, che della*

risposta soggettiva legata alle condizioni ambientali ed alle modalità di esposizione.

Tra questi indici, quello a cui più frequentemente si fa ricorso è il livello equivalente  $L_{Aeq}$ , che, come è noto, rappresenta la media energetica dei livelli istantanei di rumore rilevati in un determinato periodo.

È da sottolineare il fatto che  $L_{Aeq}$  rappresenta il parametro di valutazione più significativo per quello che si riferisce al rumore da traffico veicolare, poiché tale rumore si definisce di tipo aleatorio, vale a dire irregolare ed imprevedibile per quanto riguarda il succedersi dei livelli di pressione sonora, il variare degli spettri di frequenza dei rumori rilevabili ed il verificarsi di eventi sonori differenziabili sia come cadenza che come morfologia di raggruppamenti.

### 3.1. Indagine sperimentale

Il rilievo strumentale sull'asse di Corso Vittorio Emanuele (fig. 1) è stato condotto nel periodo che va da maggio a novembre del 2003.

Bisogna intanto premettere che la distribuzione del rumore urbano non è uniforme nell'area in questione, in quanto i valori dei livelli sonori nei vari punti sono influenzati da molteplici fattori, quali: la densità ed intensità delle sorgenti e le caratteristiche morfologiche ed urbanistiche del centro abitato. Riguardo a quest'ultimo aspetto, ad esempio, la presenza di ostacoli, come possono essere gli edifici, provoca una distribuzione irregolare dell'energia sonora con addensamenti in alcuni punti e zone d'ombra in altri.

La misura dei livelli sonori è stata effettuata in un numero limitato di punti allo scopo di contenere in maniera accettabile i tempi di indagine, inoltre sono state scelte le postazioni che meglio caratterizzano l'andamento del rumore nel contesto urbano studiato.

All'interno della zona sono stati scelti 12 siti principali di misura, adottati in quanto ritenuti essere caratterizzanti per le finalità proposte.

Contestualmente alle indagini fonometriche è stato analizzato il flusso veicolare mediante appostamenti in sito, in corrispondenza dei punti scelti per le rilevazioni acustiche. Ci si è serviti di apposite schede di raccolta, nel seguito riportate, nelle quali sono stati indicati il numero di veicoli in transito per la singola stazione, divisi per categoria come previsto dalla normativa, l'ora ed il giorno della rilevazione ed eventuali note caratterizzanti il punto di rilevazione.

L'indagine oggettiva è stata riportata in schede riassuntive contenenti:

1. Descrizione dei siti di misura
2. Caratteristiche della viabilità del traffico.
3. Indici di rumorosità ambientali misurati con un fonometro integratore (fig. 2).

Sono stati ricavati per ogni singolo punto istogrammi e grafici che danno un'informazione visiva e immediata del clima acustico.

Per meglio analizzare l'area oggetto di studio ci si è serviti di un adeguato supporto cartografico:

- ✓ quadro d'unione delle tavole di Palermo;
- ✓ orofotocarta di Corso Vittorio Emanuele indicante i vari siti di rilevazione, con i corrispondenti livelli di rumore accertati.

I parametri rilevati per i siti di misura sono stati:

- ✓ la geometria;
- ✓ il tipo e la composizione del traffico;
- ✓ i livelli di rumore.

### 3.2. La geometria

I dati geometrici sono stati riportati in schede (fig. 3) recanti:

- ✓ larghezza della carreggiata;
- ✓ larghezza del marciapiede sul sito di misura;
- ✓ larghezza del marciapiede sul lato opposto;
- ✓ numero di corsie disponibili per il transito;
- ✓ senso di marcia;
- ✓ parcheggio;
- ✓ altezza degli edifici sul sito di misura;
- ✓ altezza degli edifici sul lato opposto.

Inoltre, in ogni singola scheda è stato ritenuto utile annotare tutte quelle notizie atte ad individuare quelle che sono le peculiari caratteristiche d'ogni sito (ad es.: andamento plano-altimetrico della strada, presenza d'eventuali barriere tra le residenze e la strada, natura del fondo stradale, presenza d'incroci e semafori etc.).

In fig. 4 sono indicate le postazioni fonometriche più significative; in fig. 5 è riportato uno schema dei flussi di traffico. Sono riportate a titolo di esempio le schede di alcuni dei punti di indagine (fig. 6-8).

### 3.3. Il tipo, la costituzione del traffico e i livelli di rumore

Per il tipo e la costituzione del traffico sono stati acquisiti dati sui parametri che caratterizzano le sorgenti mobili di rumore, ossia la composizione del traffico suddiviso nelle categorie definite dal codice della strada:

- numero autoveicoli N1
- numero veicoli industriali pesanti N2
- numero veicoli industriali leggeri N3
- numero motocicli N4
- numero ciclomotori N5

Inoltre sono state considerate altre tre tipologie di veicoli, precisamente:

- pullman turistici;
- linee extraurbane di trasporto (SAIS, AST, etc.);
- linee urbane di trasporto (AMAT).

Così facendo si è ricavata la densità del traffico espressa in veicoli/ora per ogni singola fascia oraria e per singolo punto. Per quanto riguarda le misure dei livelli acustici di rumorosità ambientale sono stati valutati:

- livello equivalente continuo di pressione sonora in scala di ponderazione  $L_{Aeq}$  [dBA]<sup>9</sup>
- livello d'esposizione sonora al singolo evento [dBA] SEL
- livello sonoro massimo [dBA]  $L_{max}$
- livello sonoro minimo [dBA]  $L_{min}$
- livello sonoro di picco [dBA]  $L_{pk}$
- livello statistico cumulativo [dBA]  $L_1, L_5, \dots, L_{99}$

Il  $L_{max}$  e il  $L_{min}$  rappresentano il valore di massimo e minimo rispettivamente rilevati durante ogni singolo periodo d'osservazione.

I livelli statistici cumulativi, molto utili nel rilevare il disturbo da rumore da traffico veicolare, si identificano con i livelli di rumore (solitamente in dBA) che sono stati superati per una certa percentuale di tempo durante il periodo di misurazione. Gli  $L_1, L_5, \dots, L_{99}$  vengono rilevati attraverso gli analizzatori statistici di livello, che ordinariamente funzionano con classi di intervallo fino a 1 dB (es.  $L_{85}$  corrisponde al livello di rumore superato durante l'85% del tempo di rilevamento). I livelli statistici cumulativi più comunemente impiegati sono:

- $L_1, L_5, L_{10}$  (rumorosità di picco);
- $L_{50}$  (rumorosità media);
- $L_{90}, L_{95}, L_{99}$  (rumorosità di fondo).

Si sottolinea inoltre che l' $L_{Aeq}$  sopra definito, rappresenta il parametro di valutazione più significativo per quel che si riferisce al rumore da traffico veicolare, in quanto tale rumore si definisce di tipo aleatorio e cioè irregolare ed imprevedibile per quanto riguarda il succedersi dei livelli di pressione sonora e li verificarsi di eventi sonori differenziali.

### 3.4. Valutazione del clima acustico nell'asse

Come criterio generale si è scelto di effettuare le misure sia nelle ore diurne che in quelle notturne, con un intervallo di tempo compreso tra le 6:00 e le 22:00 e tra le 22:00 e le 6:00 del giorno successivo.

I rilevamenti tra le 6:00 e le 22:00 sono stati effettuati suddividendo il periodo diurno in sedici fasce di un'ora ciascuna; analogamente è stato fatto per le fasce notturne.

Le misure sono state effettuate nei giorni feriali di martedì, mercoledì, giovedì e venerdì, escludendo eventuali situazioni atipiche, quali la concomitanza

di giornate prefestive o soggette a situazioni locali anomale (fiere, mercati, etc.). Durante le misurazioni, il microfono è stato posto, ove possibile, a 120-150 cm dal bordo del marciapiede o dal ciglio della carreggiata. Inoltre, in presenza di giornate ventose il microfono è stato protetto con una cuffia antivento.

### 3.5. Schede esplicative relative ai punti di rilevamento rappresentativi

Sono state realizzate delle tabelle che raccolgono i dati misurati ed in particolare: il livello di pressione media ponderata in scala "A" ( $L_{eq}$ ), il livello massimo  $L_{max}$  e quello minimo  $L_{min}$  ed i dati di flusso viario riferito sia ai 15 minuti di osservazione, che ai 60 minuti così da poter determinare il numero di veicoli transitati ogni ora.

Nella tab. 1 si evidenziano, per le stazioni più significative, i parametri relativi ai 60 minuti di osservazione relativi alla fascia oraria 8:00-9:00. Inoltre i dati prima citati sono stati organizzati in funzione della stazione di misura per le diverse fasce orarie, mettendo così in evidenza le variazioni di traffico e dei livelli acustici nelle diverse fasce orarie nei punti di riferimento (tab. 2). In tab. 3 si riportano a titolo di esempio i dati ricavati per una delle stazioni più rappresentative.

Dopo aver raccolto ed organizzato i dati, sono stati calcolati i livelli  $L_d^{10}$  ed  $L_n^{11}$ , che rappresentano rispettivamente i livelli equivalenti medi di pressione sonora in curva "A" riferiti al periodo diurno (6:00-22:00) e notturno (22:00-6:00). I valori calcolati sono stati raccolti nella tab. 4 riassuntiva.

### 3.6. Risultati e discussione

Dall'indagine sulla rumorosità ambientale legata al traffico stradale è emerso che essa è sempre significativa, sia nel periodo diurno che in quello notturno, e che nella maggior parte dei punti raggiunge livelli tali da poter costituire fonte di "rischio" per i residenti della zona e di disturbo per i visitatori. Tali rischi sono riconducibili non solo a danni di tipo specifico dell'apparato uditivo, ma anche a disturbi legati all'ambito soggettivo dell'individuo recettore o all'ambito relazionale interpersonale.

Per quando riguarda i volumi di traffico rilevati, si è notato che il numero dei veicoli circolanti è variato coerentemente con il modificarsi delle intensità sonore registrate. È stato osservato, a questo proposito che, quando il flusso veicolare assume valori elevati, le intensità sonore non soltanto raggiungono livelli più alti ma riducono notevolmente il loro campo di variabilità.

Come ci si attendeva dalla presenza dell'intenso traffico veicolare transitan-te, i livelli di rumorosità ambientale risultano elevati e questo a causa sia della composizione e dei volumi di traffico che della particolare conformazione dell'asse schematizzata nella letteratura specifica come canyon o come tessuto ad U (fig. 9).

## 4. Monitoraggio termoisometrico e dell'aggressività ambientale

Oggetto di questa fase del monitoraggio ambientale è l'analisi delle condizioni ambientali di Corso Vittorio Emanuele a Palermo, area particolarmente soggetta a fenomeni di degrado. Con riferimento alle analisi del degrado di tipo ambientale, si è potuto comprendere che le cause a cui è possibile imputare maggiormente il processo di malessere dell'edificio e dell'uomo sono di tipo atmosferico nonché di qualità dell'aria. È stata condotta, quindi, un'indagine conoscitiva dei parametri caratterizzanti la condizione ambientale e degli agenti inquinanti.

Un sopralluogo preliminare ha permesso l'individuazione dei punti più idonei alla collocazione dei sensori utilizzati per il monitoraggio. In conseguenza di ciò sono stati introdotti, per gli ambienti esterni, dei Corrosion Classification Coupon per la misurazione di agenti corrosivi nell'ambiente e di sensori HOBOPro per la misurazione della temperatura ed umidità relativa per esterni. Le caratteristiche tecniche di ogni strumento utilizzato rispettano le prescrizioni della norma UNI 10829.

I siti oggetto di monitoraggio lungo l'asse del Kassaro sono stati individuati in base alla loro posizione: nella parte bassa è Porta Felice, quindi Piazza

Villena, la Biblioteca Regionale, la Cattedrale ed infine Porta Nuova. L'esperienza è stata fondamentale per la comprensione dei criteri che guidano la scelta del luogo più idoneo per la collocazione dei sensori.

I coupon di corrosione sono stati in seguito inviati in un laboratorio specifico a Doraville, Georgia (USA), per la loro decifrazione, mentre i sensori HOBO Pro, dopo l'acquisizione dei dati, non sono stati rimossi dalle loro sedi, al fine di continuare a monitorare le condizioni ambientali; infatti tali sensori restituiscono risultati notevolmente più attendibili in funzione del loro tempo di esposizione.

In fig. 10 viene schematicamente mostrato il quadro sperimentale relativo all'indagine condotta in Corso Vittorio Emanuele.

Nell'ambito della suddetta analisi sono stati utilizzati soltanto alcuni degli strumenti necessari ad una esaustiva analisi e monitoraggio, che sono di seguito elencati.

#### **4.1. Sensori di temperatura ed umidità relativa per esterni: HOBO Pro**

Per la misurazione della temperatura e dell'umidità relativa in ambienti esterni sono stati impiegati gli apparecchi della serie HOBO Pro modello MAHBPO 32.0 a due canali: temperatura ed RH (umidità relativa) (fig. 11).

I data logger HOBO Pro possono essere utilizzati anche in ambienti con condensa e possono registrare fino a 65.921 valori con risoluzione standard, o 32.645 ad alta risoluzione.

Gli intervalli di campionamento sono completamente programmabili dall'utente all'interno di un intervallo da 0,5 a 9 ore, con una durata massima della registrazione di 3 anni.

Una protezione contro le radiazioni solari viene consigliata al fine di una maggiore precisione della misurazione dell'umidità relativa e temperatura in luoghi esposti a radiazioni solari o a calore riflesso. Questa protegge inoltre il sensore RH di HOBO Pro dalla pioggia. La comunicazione con il PC avviene attraverso due versioni di software per la gestione dei logger e dei dati. In fig. 12 vengono riassunti i vantaggi e gli svantaggi dei sensori HOBO Pro.

#### **4.2. Sensori per la caratterizzazione del livello di corrosività degli ambienti: corrosion classification coupon**

Si tratta di dispositivi ideati per caratterizzare il livello di corrosività degli ambienti (fig. 13), di cui si riportano in fig. 14 vantaggi e svantaggi.

Tali sensori si basano sul fatto che la presenza nell'aria dei gas contaminanti produce effetti misurabili su materiali campione opportunamente scelti e normalizzati. Il monitoraggio della reattività consiste nell'esporre, per un tempo prefissato e negli ambienti contenenti questi gas, materiali campione effettuando test normalizzati e, conseguentemente, nel quantificare le modificazioni chimiche intervenute sulle superfici. L'entità sui test è in relazione diretta con il grado di inquinamento e di pericolosità dell'ambiente rappresentando per un determinato tempo di esposizione l'effetto complessivo e sinergico sui test campione dei gas presenti nell'aria e dei fattori ambientali fra questi interagenti.

Per tutto il tempo di esposizione i test registrano, normalmente in termini di formazione di film di ossidi e/o di sali, l'aggressività dei gas presenti nell'aria.

Il monitoraggio della reattività, proposto in questo studio, implica l'uso di tecnologie passive molto semplici, che non introducono variazioni nell'ambiente da monitorare. Di contro, queste strumentazioni non permettono alcuna misura diretta degli effetti che i gas provocano su ciò che si intende salvaguardare. Altra limitazione nell'uso dei coupon è quella relativa al fatto che essi non sono sensibili a tutti i gas presenti nell'aria, ma soltanto a quelli acidi, potendo, in tal modo, misurare con grande efficacia il potenziale corrosivo ambientale.

La scelta dei materiali metallici come test è stata originariamente tralata da quanto si è evidenziato per la conservazione e la conseguente funzionalità dei computers ma, in seguito, si è dimostrata molto utile in termini generali in quanto i materiali metallici reagiscono in modo sufficientemente veloce con i gas acidi presenti nell'aria e permettono quindi di evidenziare in tempi sufficientemente brevi la pericolosità degli ambienti.

Delle stringhe di rame ed argento, chiamate *Corrosion Classification Coupon (C.C.C.)*, vengono installate nell'area da classificare.

L'apparecchiatura consiste in un contenitore in plexiglass, delle dimensioni di 10 cm x 9,5 cm, contenente le stringhe di dimensioni 3,85 cm x 1,3 cm. Nel tempo si formano dei films di corrosione la cui entità dipende dal livello di contaminazione dell'ambiente. Dopo l'esposizione il coupon viene spedito per essere analizzato in laboratorio dove viene preparato un rapporto di analisi.

Il metodo dell'analisi dei films di corrosione che si forma sulle stringhe è chiamato riduzione catodica-elettrolitica; un metodo frutto della ricerca dei laboratori Battelle e Bell Telephone System Monograph. La tecnica di analisi consiste nel mettere il coupon sul quale si è formato il film in un elettrolita adatto e far passare una corrente costante tra il coupon stesso (il catodo) ed un anodo di platino, osservando il potenziale (voltaggio) tra il coupon oggetto di analisi ed un elettrodo di riferimento durante la riduzione. Si possono conoscere i vari componenti che compongono la pellicola di ossidazione attraverso la misura dei diversi livelli di potenziale che il processo genera. Lo spessore della pellicola si calcola tramite la legge di Faraday.

Lo spessore del film in angstroms (Å) è determinato attraverso il tempo necessario per ridurre i films ad una corrente costante. Sebbene altri metodi alternativi possano essere applicati per l'identificazione del film di corrosione, questo può essere determinato dalla specifica riduzione del potenziale.

Particolare attenzione bisogna avere nell'utilizzo di tali dispositivi; è necessario infatti seguire attentamente le seguenti istruzioni:

1. Piazzare il coupon nell'area da classificare entro 30 giorni dal ricevimento dello stesso.
2. Compilare l'etichetta incollata nella parte superiore del coupon con le seguenti informazioni:
  - nome e indirizzo della società;
  - identificazione dell'area da classificare;
  - data di installazione;
  - ora di installazione;
  - periodo di esposizione all'ambiente.
3. Piazzare il coupon nell'area interessata con l'etichetta posta verso l'alto.
4. Ci sono delle controversie per quanto riguarda il tempo di esposizione dei coupon. L'appendice C della normativa ISA S.71.04.1985 prescrive quanto segue: la corrosione è definita in termini di film di corrosione che si forma in un mese circa di esposizione. È noto che la formazione del film sarà molto lenta in un'area dolce dal punto di vista corrosivo e rapida in ambienti severi.
5. Al fine di facilitare la misura dello spessore dei films di corrosione in tali condizioni estreme, il tempo di esposizione può essere esteso a tre mesi per ambienti dolci, oppure ridotto a due settimane per ambienti aggressivi. Inoltre bisogna ricordare che la corrosione del rame non è lineare, quindi l'identificazione del periodo di esposizione deve avvenire con grande cura.
6. L'esperienza ha dimostrato che le misure che abbracciano periodi di esposizione più lunghi o più brevi, possono essere ricondotte ad un valore normalizzato pari ad un mese usando la seguente formula:

$$X_1 = X (t_1 / t)$$

dove:

$X_1$  = spessore equivalente del film dopo un mese;

$X$  = spessore del film misurato dopo il tempo  $t$ ;

$t_1$  = 30 giorni;

$t$  = tempo reale di esposizione del coupon espresso in giorni;

Ovviamente, maggiore è il periodo di test del coupon maggiore sarà l'opportunità per esso di rilevare condizioni normali o anomale e quindi fornire una più ampia gamma di informazioni per il design del sistema filtrante più idoneo. Inoltre, un'esposizione maggiore di 90 giorni permetterà di registrare gli effetti di più ampie fluttuazioni di temperatura, umidità, pressione atmosferica e condizioni del vento.



Per una corretta scelta del tempo di esposizione del coupon in ambiente, è opportuna un'analisi preliminare dello stesso. Se il coupon è altamente ossidato ed ha cambiato colore dopo 30 giorni di esposizione, dovrebbe essere rimosso ed inviato ai laboratori addetti alle specifiche analisi. Se, invece, non evidenzia alterazioni apprezzabili nel colore, è consigliabile lasciarlo in esposizione per un periodo aggiuntivo di tempo, fino a 90 giorni. Se l'ispezione visiva non è possibile e la severità dell'ambiente è sconosciuta, sarebbe opportuno togliere il coupon dopo 30 giorni.

7. **Trascorso il tempo di esposizione, rimuovere il coupon dall'area da classificare.**

Segnare sull'etichetta incollata sulla parte superiore la data e il tempo di esposizione.

È estremamente importante questa fase di annotazione perché sarebbe impossibile per i laboratori preparare un rapporto senza questi dati.

I risultati finali, che si possono apprendere dall'installazione dei coupon, fanno riferimento a determinate specifiche dettate dalle Norme Cei/lec 654-4/1987 e da quelle Ansi/Isa - S71.04/1985.

Nella tab. 5 si riporta una classificazione degli ambienti relativa alle Norme Ansi/Isa, mentre nella tab. 6 vengono forniti i parametri, utilizzati per lo studio in oggetto, relativi alla classificazione secondo le norme Ansi/Isa e relative ai coupon Purafil utilizzati.

#### **4.3. Risultati del monitoraggio strumentale**

I dati relativi alle rilevazioni strumentali condotte nei siti ricadenti all'interno dell'asse viario verranno presentati in forma tabellare, indicando l'esatta ubicazione della strumentazione mediante rilievi fotografici (fig. 15).

Il periodo di acquisizione dei dati va distinto per i diversi tipi di sensori montati. In particolare si ha:

- coupon PURAFIL: dal giugno 2003 al luglio dello stesso anno;
- HOBO PRO: dal giugno 2003 all'ottobre dello stesso anno.

##### **a) Porta Felice**

I sensori posizionati a Porta Felice sono stati dislocati in modo da monitorare le condizioni ambientali rispettivamente verso il mare e verso Corso Vittorio Emanuele. Tale scelta è stata fatta considerando la grande influenza che l'aerosol marino può avere da una parte e lo smog dall'altra (fig. 16).

- **Coupon di corrosione**

I coupon di corrosione sono stati dislocati previa compilazione in cui è stata specificata la data, l'ora e l'Ente che ha effettuato le rilevazioni.

Quello posto sul fronte a mare è stato appoggiato su una cornice marmorea leggermente aggettante della porta. L'altro, posto in corrispondenza del fronte interno, è stato ancorato ad un'insegna posta sulla porta della cabina elettrica.

Nelle tab. 7-8 vengono riportati i risultati delle analisi sui coupon di corrosione posti rispettivamente al lato del Foro Umberto I e al lato di C.so V. Emanuele.

- **Classificazione aggressività ambientale**

A titolo di esempio e soltanto per il coupon di Porta Felice lato Foro Umberto I, si riporta in fig. 17 l'immagine che mostra lo spessore dei film di corrosione. Per i coupon successivi tali immagini saranno omesse. Le figure mostrano la relazione tra gli spessori dei films di corrosione (argento e rame) ed i livelli di aggressività ambientale imposti dalla vigente legislazione. Nella colonna di sinistra, la Classe denominata S, come può essere chiaramente visto in fig. 17, è definita in funzione dello spessore del film di corrosione di argento. Nella colonna di destra, la Classe denominata C è definita in funzione dello spessore del film di corrosione di rame. Sul lato destro della fig. 17, la legenda riporta le caratteristiche dell'aria in cui i coupon sono stati esposti, in funzione di entrambe le classi. I risultati delle analisi sono riassunte in tab. 8.

- **HOBO**

Gli **HOBO** sono stati posti nella parte superiore di Porta Felice, agganciati alla ringhiera, verso Corso Vittorio Emanuele e verso Foro Umberto I (fig. 18).

Nelle fig. 19-20 vengono mostrati gli andamenti della temperatura e della umidità relativa a Porta Felice lato mare.

**b) Cattedrale**

I sensori destinati alla cattedrale sono stati posizionati all'interno del loggiato in corrispondenza del capitello di una colonnina, all'imposta dell'arco del portale d'ingresso (lato C.so V. Emanuele). Il coupon di corrosione è stato agganciato con il filo di ferro ad un gancio preesistente, e installato sul portale d'ingresso della Cattedrale (fig. 21).

In tab. 9 vengono riportati i risultati delle analisi.

- **HOBO**

L'**HOBO** è stato posizionato sul portale d'ingresso (solo poggiato sopra il capitello), adiacente al coupon di corrosione (fig. 22).

Nelle fig. 23 e 24 vengono mostrati gli andamenti della temperatura e della umidità relativa.

**c) Porta Nuova**

Sono stati installati due coupon, rispettivamente sul fronte di Piazza Indipendenza e su quello di Corso Vittorio Emanuele.

Nello specifico:

- Purafil P 16875 - finestra della caserma dei Carabinieri (seconda finestra a sinistra rispetto a Porta Nuova), prospiciente su C.so V. Emanuele;
- Purafil P 16882 - cornicione lato ovest del pilone della porta (lato Piazza Indipendenza), a circa 2 m di altezza.

Nelle tab. 10-11 vengono riportati i corrispondenti risultati.

- **HOBO**

Sono stati posizionati 2 **HOBO**, rispettivamente sul fronte di Piazza Indipendenza e su quello di Corso Vittorio Emanuele, sulla balaustra marmorea del primo piano, ad un'altezza di circa 12 m (fig. 25).

Nelle fig. 26-27 vengono mostrati i corrispondenti andamenti della temperatura e della umidità relativa

**4.4. Analisi dei risultati e giudizio conclusivo**

Per la comprensione e l'analisi dei dati ottenuti attraverso il monitoraggio termoisometrico, si è ritenuto opportuno riportare nella tab. 12 i valori massimi e minimi di temperatura ed umidità relativa raggiunti nei siti ove sono stati installati gli **HOBO** di misurazione.

Nella tab. 13, invece, si riporta lo scarto di temperatura assoluto registrato nelle stazioni.

Come si evince dai dati sopra riportati, esiste un ampio margine di differenza fra i valori delle temperature massime e minime riscontrate nei vari punti di rilevazione. Questo implica una serie di considerazioni, formulate sulla base dei valori strumentali, che possono essere esplicitate al fine di una corretta interpretazione dei dati raccolti.

Nello specifico:

- 1) considerando i due punti estremi dell'asse viario di Corso Vittorio Emanuele, Porta Nuova e Porta Felice, emerge una significativa differenza di temperatura massima pari a 6,32 °C (con il valore più alto che si riscontra a Porta Nuova: 46,91 °C);
- 2) negli stessi punti la differenza tra le temperature minime rilevate è di 1,13 °C (con il valore più basso riscontrato a Porta Felice: 14,57 °C) (fig. 28).

Da questi fattori si può trarre un'esatta indicazione delle condizioni termoisometriche che ci sono alle due estremità dell'asse in oggetto. Le differenze riscontrate sono in parte giustificabili con la diversa morfologia dei due siti in questione: infatti, Porta Nuova è un ambiente semiconfinato per la presenza degli edifici circostanti, e Porta Felice, viceversa, un luogo aperto ma con espo-

sizione influenzata dalla vicinanza del mare che contribuisce a diminuire le temperature giornaliere attraverso i venti spiranti nelle varie direzioni.

Si fa presente che temperature elevate contribuiscono al ristagno dei fattori inquinanti presenti nell'atmosfera, ed è anche in questa logica che si possono interpretare i dati forniti dai coupon anticorrosione, che hanno accertato la presenza a Porta Nuova di un ambiente altamente aggressivo (classe S3/C5), e a Porta Felice di un ambiente altrettanto aggressivo (classe S4/C5), considerando però che in quest'ultimo sito c'è la presenza dell'aerosol marino che risulta essere un agente particolarmente corrosivo per le stringhe di rame e argento presenti sul coupon.

È utile riassumere in tab. 14 le caratteristiche di aggressività ambientale presenti nei siti monitorati. Dai valori sopra riportati emerge che il sito che presenta la più alta aggressività ambientale è quello di Porta Felice sul lato prospiciente Corso Vittorio Emanuele. Quindi, tenendo presenti le considerazioni su esposte, si deve ritenere che, dal monitoraggio strumentale effettuato, il sito con la più alta percentuale di aggressività ambientale risulta essere quello della Biblioteca Regionale.

Ciò conferma in pieno le ipotesi formulate circa la scarsa attitudine degli inquinanti a disperdersi in presenza di favorevoli condizioni morfologiche del sito (canyon) e di elevate temperature raggiunte nell'arco della giornata. Si rileva però che il sito in oggetto non presenta un flusso di traffico particolarmente elevato, se confrontato con le altre stazioni di rilevamento: questo suggerisce un'attenta analisi delle condizioni al contorno al fine di non cadere nella formulazione di banali ipotesi semplificative che, in studi di questo tipo, conducono le cause di malessere ambientale al solo traffico veicolare [20-32].

In ultima analisi il monitoraggio termo-igrometrico che è stato effettuato consente una prima determinazione delle condizioni di rischio che sono presenti nell'asse viario, contribuendo ad aprire la strada verso altri studi mirati alla conservazione dei beni architettonici presenti nel sito e al miglioramento delle condizioni ambientali a cui sono sottoposti sia la popolazione residente sia coloro che transitano occasionalmente o abitualmente nell'arteria.

Il giudizio sulle condizioni di benessere o di rischio per la conservazione e/o la fruizione dei beni culturali può essere formulato in termini quantitativi operando il confronto fra i risultati ottenuti sperimentalmente e gli standard di qualità fissati dalla normativa vigente in materia. Si fa qui riferimento al documento del Ministero per i Beni e le Attività Culturali "Criteri tecnico-scientifici e standard per i musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998)" Ambito VI – Sottoambito 1 "Norme per la conservazione e il restauro comprendenti l'esposizione e la movimentazione" nel quale si riprendono Norme Uni e norme internazionali.

In particolare la norma UNI 10820/1999 fornisce i valori di soglia per i parametri fisici (termoigrometrici ed illuminotecnici). Nello stesso documento sono riportati i valori limite raccomandati di concentrazione degli inquinanti aerodispersi.

Per quanto riguarda i valori limite per gli inquinanti biologici atmosferici, le metodologie analitiche sono riportate nel documento NORMAL 39/93 con riferimento alla colonizzazione e al danno che si realizzano in particolari condizioni microclimatiche.

In relazione agli effetti sui soggetti recettori hanno pure rilevanza le norme specifiche sulla tutela della qualità dell'aria (D.Lgs. 351/1999, D.M. 60/2002 e D.M. 261/2002), sulla mitigazione del rumore emesso ed immesso nell'ambiente esterno (legge quadro 447/1995 e decreti attuativi, normative comunitarie) e sul clima ambientale (UNI 10339).

#### Note

- 1 "Corso Vittorio Emanuele" è il nome in italiano della via oggetto di studio che, nella versione in inglese del documento, è stata denominata "Vittorio Emanuele avenue".
- 2 Metodo di riduzione catodica-elettrolitica messo a punto dai laboratori Battelle e Bell Telephone.

<sup>3</sup> HS = Heat Stress.

<sup>4</sup> DI = Discomfort index.

<sup>5</sup> THI = Temperature – Humidity Index, Steadman (1976).

<sup>6</sup> CP = Perception of Climate, Tacke (1989).

<sup>7</sup> PMV = Predicted Mean Vote.

<sup>8</sup> Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo.

<sup>9</sup> dB(A)= in scala di ponderazione "A". Uno dei metodi più semplici per ottenere una misura fonometrica che in qualche modo fornisca indicazioni proporzionali a ciò che si percepisce consiste nell'uso di filtri di correzione. Non essendo l'orecchio umano un trasduttore lineare del rumore, le Norme Internazionali hanno introdotto l'uso di curve di ponderazione A, B, C e D, ovvero delle "tarature" applicate ai fonometri per rendere le loro risposte simili a quelle dell'orecchio umano. Tali curve forniscono in maniera semplice ed immediata una indicazione dell'energia che dà luogo a sensazione sonora, non già una misura di questa, creando una corrispondenza tra dati oggettivi (Lp, f, etc.) e dati soggettivi (la sensazione Sonora) La ponderazione A è oggi la più utilizzata poiché nelle misurazioni si correla meglio alle prove soggettive.

<sup>10</sup> Livello di rumore nel periodo diurno.

<sup>11</sup> Livello di rumore nel periodo notturno.

<sup>12</sup> Le classi C ed S, verranno dettagliatamente specificate accanto ai grafici relativi ai risultati dei coupon installati durante il monitoraggio proposto, e nel seguito riportati.

<sup>13</sup> Il gradiente rappresenta il valore specifico medio dell'aggressività ambientale espresso in profondità della corrosione per giorno di esposizione.

## Summary

The research aims at collecting information on the state of preservation of the cultural heritage in Palermo, and deals more precisely with Vittorio Emanuele avenue, itself bounded by two city gates called Porta Felice (northern gate facing the Mediterranean sea) and Porta Nuova (southern gate) that both give access to the historic centre of the city. Another important purpose is the assessment of livability level, be it for workers, residents, cultural operators, or else visitors, with a particular interest in traffic noise. The research has been conducted by means of miscellaneous scientific duties; however we shall only refer here to two types of practice : the monitoring of environmental noise and the monitoring of the level of air aggressiveness through the study of thermo-hygrometric and chemical aspects. Whereas the Corrosion Classification Coupon was useful for the measurement of corrosive agents in outdoor locations, outdoor HOBOT Pro sensors were used to report temperature and relative humidity.

Hence it was possible to define the acoustic climate on the avenue surveying both geometrical data as well as traffic flow and characteristics.

## Riassunto

Lo studio ha l'obiettivo di raccogliere informazioni sullo stato di conservazione dei beni culturali dislocati lungo Corso Vittorio Emanuele a Palermo tra le due porte che danno accesso alla città storica: Porta Felice (lato mare) e Porta Nuova. Altro obiettivo è quello di valutare il grado di vivibilità sia per gli operatori ed i residenti che per i fruitori dei beni culturali (con particolare riferimento al rumore da traffico veicolare). Lo studio è stato condotto secondo molteplici linee di attività complementari anche se nel presente documento si fa riferimento solamente al monitoraggio del rumore ambientale e del grado di aggressività dell'atmosfera per quanto concerne gli aspetti termoigrometrico e chimico. Per la misurazione di agenti corrosivi nell'ambiente esterno ci si è avvalsi dei Corrosion Classification Coupon, mentre per la misurazione della temperatura e umidità relativa di sensori HOBOT Pro per esterni.

Il clima acustico nell'intorno parallelo all'asse viario è stato caratterizzato rilevando contestualmente geometria, flussi e composizione del traffico.

## Résumé

L'objectif de la recherche est ici de recueillir des données sur l'état de conservation d'édifices ou de biens culturels qui se situent à Palerme (Sicile) sur Cours Vittorio Emanuele, lui-même délimité par les deux portes Porta Felice (porte nord face à la mer Méditerranée) et Porta Nuova (porte sud) qui sont des voies d'accès au centre historique de la ville. L'autre but principal concerne l'évaluation des conditions de vie, tant pour les travailleurs, que pour les résidents ou les agents du domaine culturel, ou encore pour les visiteurs, en s'attachant tout particulièrement à l'analyse du bruit émis par le trafic automobile. La recherche a été menée grâce à différents modes opératoires scientifiques, qui ne seront pas détaillés ici; nous nous concentrerons dans cet article sur la présentation des deux types de monitoring effectués, celui du bruit environnemental et celui du niveau d'agressivité de l'air, à travers l'étude d'aspects thermo-hygrométriques et chimiques. Tandis que le Coupon de Classification de Corrosion a permis de mesurer les agents corrosifs extérieurs, les capteurs extérieurs HOBO Pro ont été utilisés pour évaluer la température et l'humidité relative.

Ainsi, il a été possible de définir le climat acoustique sur l'avenue en effectuant des recherches à la fois sur les données géométriques du site, et sur les caractéristiques et flux de trafic automobile.

## Zusammenfassung

Diese wissenschaftliche Forschung hat die Aufgabe, Daten über den Zustand der kulturellen Gebäude oder Gegenstände zu erfassen, die in Palermo in der Corso Vittorio Emanuele Strasse, zwischen den zwei Portalen der Stadt Porta Felice und Porta Nuova liegen. Durch diese Portale erreicht man das historische Stadtzentrum. Das andere Ziel ist die Evaluation der Lebensverhältnisse der Analyse des Autoverkehrs: die Forschung interessiert sich für die Arbeiter und die Einwohner der Corso Vittorio Emanuele, und auch für die Kulturbeauftragten sowie die Besucher der Stadt. Verschiedene wissenschaftlichen Methoden wurden benutzt; wovon hier nur zwei wichtigen Punkte vorgestellt werden. Dieser Artikel konzentriert sich auf zwei geleisteten Kontrolle: Lärmverschmutzung und Luftverschmutzung durch chemischen und auch thermo-hygrometrischen Punkte. Die Corrosion Classification Coupon erlaubt, die korrosiven Mittel zu definieren und Außen- HOBO- Pro-Sensor wurde benutzt, um Temperatur und relativ Feuchtigkeit abzuschätzen.

Dank Geometrie und Daten über den Verkehr wurden die Lärmverhältnis und das Lärmklima auf Corso Vittorio Emanuele Strasse definiert.

## Resumen

El objetivo del presente proyecto consistía en recoger información sobre el estado de conservación de los bienes culturales en Palermo (Sicilia), y más precisamente en el Corso Vittorio Emanuele, entre las dos puertas de la ciudad histórica que se llaman Porta Felice (lado mar) y Porta Nuova.

El proyecto comprende el estudio del grado de la calidad de vida y de trabajo en el Corso Vittorio Emanuele, y considera sobre todo el ruido automovil en esta avenida. El estudio contiene varias actividades científicas complementarias, ma presentaremos solamente dos metodos de monitoraje: el ruido del ambiente y el grado de agresividad en la atmósfera (análisis de aspectos termo-higrométricos y químicos).

Los científicos utilizan los "Corrosion Classification Coupons" para misurar los agentes corrosivos en el ambiente externo y los "Hobo Pro sensors" para externo para misurar la temperatura y la humedad relativa.

Los científicos analizan también el clima acustico alrededor del Corso Vittorio Emanuele gracias a la geometria y al flujo y composición del tráfico automovil.

## Резюме

Целью исследования является сбор информации о степени сохранности исторических памятников, расположенных вдоль проспекта Витторнио Эммануэле в Палермо, между двумя воротами, открывающими доступ в исторический центр города: Porta Felice (Счастливые врата) со стороны моря и Porta Nuova (Новые ворота). Другой задачей исследования стал анализ влияния шума, производимого автотранспортным движением, на качество жизни и работы местного населения, а также туристов, посещающих город. Исследование было произведено в многочисленных и взаимодополняемых направлениях, хотя в представленной статье речь идёт только о замерах шумов окружающей среды и степени вредного атмосферного воздействия, изучаются термодигмометрические и химические аспекты. Для исследования коррозионных веществ во внешней среде был использован Corrosion Classification Coupon, в то время как для замеров температуры и относительной влажности были применены датчики HOBO Pro, предназначенные для анализа параметров внешней среды. Акустическая ситуация вблизи дорожной магистрали была охарактеризована при параллельном исследовании состава и направления транспортных потоков.