

ESTIMATION AND COMPARISON OF HOURLY THERMAL DISCOMFORT ALONG THE MEDITERRANEAN BASIN FOR TOURISM PLANNING

Christos Balafoutis¹, Dafinka Ivanova² and Timos Makrogiannis¹

1. Department of Meteorology and Climatology, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Greece
2. University of Plovdiv-Bulgaria

E-mail address: balas@geo.auth.gr (Christos Balafoutis)

ABSTRACT

Tourists need accurate, easy to interpret information about the climate at their holiday destinations to assist in the choice of the location and timing of their holidays. We used the Relative Strain Index (RSI) to interpret the thermal biometeorological conditions of nine Mediterranean tourist destinations. RSI values were calculated using hourly temperature and humidity data for July 2003 at nine locations: Malaga and Barcelona in Spain, Pisa and Venice in Italy, Corfu (Kerkyra), Alexandroupolis, Rhodes and Heraklion in Greece, and Larnaca in Cyprus. The hourly values of $RSI \geq 2$ (value 2 represents the threshold for discomfort) were examined. The results show that the climate at all of these nine locations causes thermal discomfort during the daytime period from about 10:00 to 23:00 (Local Time). Most of the RSI values are 2 or 3, but on some days the values are higher and the discomfort conditions extend over an entire day. Generally Malaga is more comfortable than Barcelona, where some days have very unpleasant conditions ($RSI = 5$). Pisa is more comfortable than Barcelona, but is less comfortable than Venice. Conditions in Corfu are similar to Barcelona's. The results for the remaining Greek locations show that Rhodes and Heraklion are similar and generally more comfortable than Corfu. Alexandroupolis is characterized as the most pleasant location of those studied. Finally, Larnaca in Cyprus has the least attractive thermal climatic conditions of the nine destinations studied.

KEYWORDS: *Discomfort Indexes, Relative Strain Index, Hourly Data, Mediterranean resorts*

INTRODUCTION

The Mediterranean shores and coastal cities are among the most favourite leisure destinations for Europeans. The tourist industry in these areas has developed heavily over the years, offering to the thousands of central and north European visitors a great number of alternatives for their summer vacation, at the vast number of hotel units, organized camping infrastructures, and marina facilities.

However, the hot and highly humid weather conditions prevailing at these areas of the world may create discomfort to central and north European visitors, due to the fact that they are not acclimatized to these conditions. As is known, humans can cope easier with extreme cold rather than with extreme heat - where in cases of extreme cold extra clothing can be added, when facing extreme heat there is an absolute limit to the amount that can be removed. Therefore, a very important question arises when one chooses a vacation destination: Which is the most suitable destination in terms of weather conditions and how can one recognize it?

Due to the different levels of heat the discomfort conditions vary across the Mediterranean basin, ranking a number of summer resorts as more comfortable than others. These differences were the incentive to study and compare, in as much detail as possible, the discomfort conditions that prevail in many coastal and highly touristy Mediterranean cities, using hourly temperature and humidity data for the month July. July was selected as usually the warmest month of the year, and the busiest in terms of tourists' visits.

In estimating discomfort conditions, the Relative Strain Index (RSI) was considered as the most appropriate for this paper. According to Lee and Henschel (1) there are three sets of variables involved in any assessment of the effects of heat on a person: (i) the environmental conditions, (ii) human factors (age, sex, metabolic, etc.) and (iii) the definition of reaction-effect criteria (sensations, tolerance, etc.) These three sets can be quantified in terms of six variables: air temperature, air humidity, air movement, radiant heat, metabolic rate, and clothing. Since these variables could not be dealt with simultaneously, a measure of the relative strain imposed on an individual was developed, based on various modifications to a series of heat transfer equations proposed by Burton (2). By defining a set of standard conditions [a person wearing a light suit, walking at 4 km/h, with a wind speed set at 0.5 m/s] the following equation was produced:

$$\text{Relative Strain Index} = (10.7 + 0.74 (T-35))/(44 - e) \quad (1)$$

Where: e = partial water vapour pressure (mmHg), T = Air Temperature ($^{\circ}$ C)

Due to the fact that vapour pressure's data collection is complex, this magnitude was estimated with the use of temperature and relative humidity data by applying the following empirical formula (Bloutsos, 1976):

$$e = 0.254 H (0.00739 T + 0.807)^8 \text{ (in mmHg)} \quad (2)$$

Or with the use of Dew Point temperature (T_d), by applying the following equation:

$$e = 4.58 \times 10^{((7.5 T_d) / (237.3 + T_d))} \text{ (in mmHg)} \quad (3)$$

Where: T =Air Temperature ($^{\circ}$ C), H =Rel. Humidity (%) and T_d =Dew Point Temperature ($^{\circ}$ C)

Lee and Henschel (1) defined the following terms qualitatively:

Comfort – thermal neutrality; general satisfaction; no anxiety.

Discomfort – sensations of heat and cold; uncomfortable; feeling of unease.

Distress – Physical strain; lack of concentration and unsteadiness; pain and suffering.

Failure – loss of physiological equilibrium; changes in pulse rate and temperature possible leading to collapse; hospitalisation.

Using the literature survey and their own experience they applied the RSI to each of the terms described above, and to different types of people. Giles et al. (3) utilized their results and unified them into a single table (Table 1), which represents the relative strain values that correspond to the four terms defined and to each category of the population. The population was divided into three categories: the first category, labelled ‘Average Person’ includes people whose characteristics match those of a typical young and healthy central European; the second category, under the name ‘Acclimatized Person’, describes people that are acclimatized in these weather conditions - for example a Greek resident; while the third category, ‘Old Person’, includes anyone over 65 years old.

Table 1: Values that give the limits of various effects of relative strain index for average, acclimatized and old people

| <i>Sensation</i> | <i>% of Population</i> | <i>Average Person</i> | <i>Acclimatized Person</i> | <i>Old Person</i> |
|-------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| Comfortable | 100 | < 0.1 | <0.2 | <0.1 |
| <i>Discomfort</i> | 100 | 0.2 – 0.3 | 0.3 – 0.5 | 0.1- 0.2 |
| <i>Distress</i> | 100 | 0.4 – 0.5 | 0.6 –1.0 | 0.3 |
| <i>Failure</i> | 100 | >0.5 | >1.0 | >0.3 |

DATA AND RESULTS

In order to estimate the hourly values of RSI, we used hourly temperature and vapour pressure data for nine Mediterranean cities: Malaga and Barcelona in Spain, Pisa and Venetia in Italy, Kerkyra, Alexandroupolis, Rhodes, and Heraklion in Greece, and Larnaca in Cyprus (Figure 1). This data was retrieved from the Internet site of NOAA (http://weather.noaa.gov/weather/GR_cc.html).



Figure 1: The positions of the used stations around the Mediterranean basin (Larnaca is out of the frame)

Using the above-mentioned equations (1,2,3), we calculated the hourly RSI values for July 2003.

The RSI value 0.2 was plotted as the lower hourly threshold value. Choosing all values equal or greater than the threshold value, we constructed the monthly graphs, analyzed on an hourly basis, presenting detailed information on discomfort conditions 24 hours a day.

The graphed analysis results in very worthy information about the prevailing bioclimatic conditions in these Mediterranean resorts. These conditions were analyzed, following a west to east sequence moving along the Mediterranean basin.

The first station examined was Malaga, Spain. This area, as Figure 2(left) shows, is generally characterized by comfort conditions. During the after midnight hours and until 10 in the morning (Local Time) conditions were comfortable. Only for a few days, at the end of the month, was there discomfort during these hours. (RSI = 0.2). The same applies for the early evening hours, where in most days conditions were comfortable. On the other hand, noon and afternoon hours throughout the month corresponded to the discomfort sensation scale ($0.2 \leq RSI \leq 0.3$), with a distress sensation on the 27th of the month.

Barcelona's conditions (Figure 2, right) differentiated significantly from Malaga's. The discomfort sensation prevailed all day long from 10:00 in the morning to 02:00 at night, with some small exceptions during the morning hours of the first fortnight of the month. In addition, distress conditions were more frequent than in Malaga. Thus when it comes to Spain, according to this analysis, Malaga was more comfortable than Barcelona.

Moving eastward, to Italy, two cities were examined. Venice (Figure 3, left) shared almost the same bioclimatic conditions as Malaga; where discomfort conditions ($RSI \geq 0.2$) started at 10:00 Local Time, and distress conditions were absent. Pisa (Figure 3, right), which is the only inland city among the nine examined (but it is usually included in the travelling schedule of many tourists), had more discomfort days than Venice, and the bioclimatic conditions were close to Barcelona's. The

differences were spotted in the morning hours where Pisa was more comfortable, and during midday where the feeling of distress was not apparent in Venice.

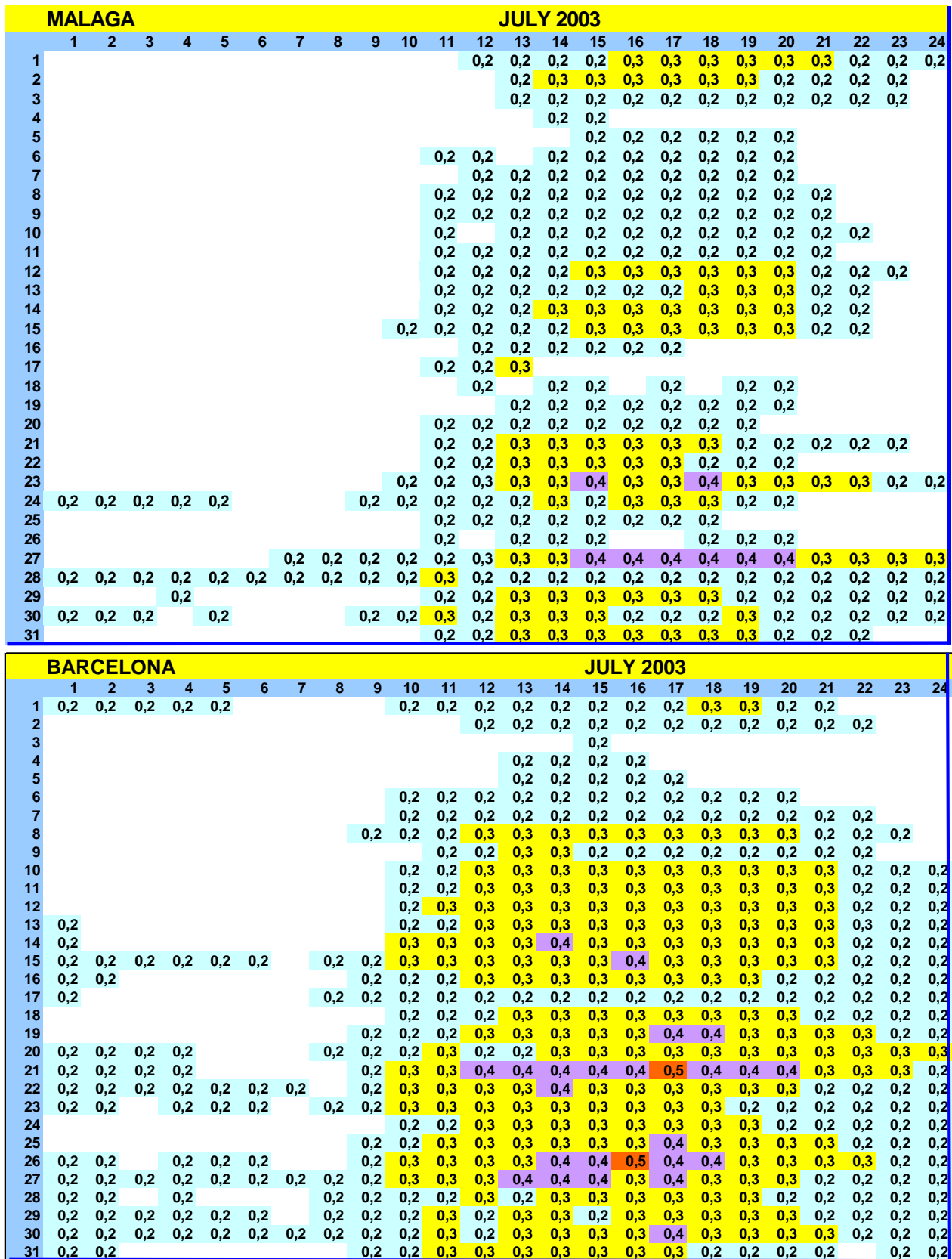


Figure 2: Unpleasant hot conditions (Relative Strain Index values ≥ 0.2) during July 2003 in the west Mediterranean (Malaga, Barcelona)

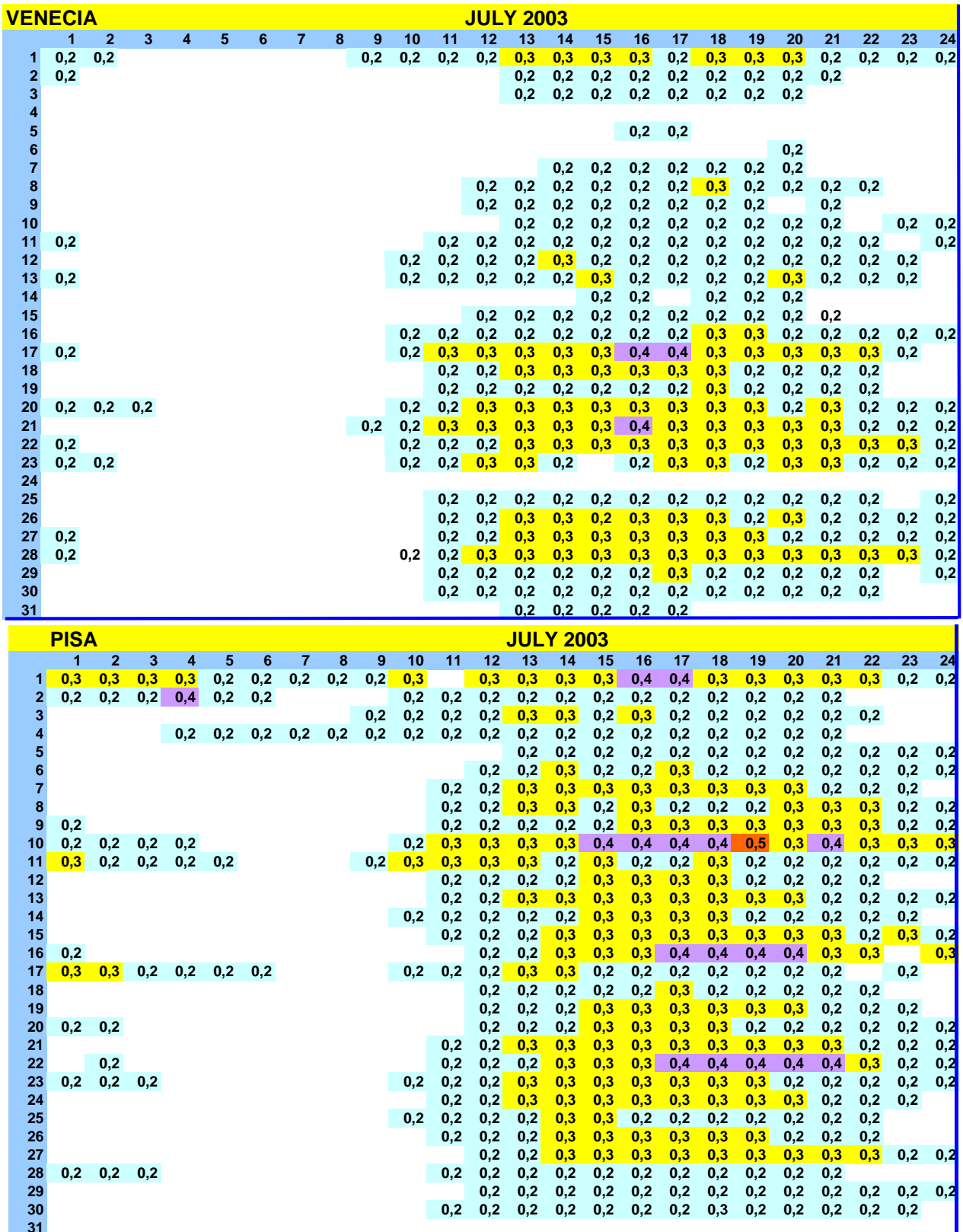


Figure 3: Unpleasant hot conditions (Relative Strain Index values ≥ 0.2) during July 2003 in the central Mediterranean (Venice, Pisa)

| ALEXANDROUPOLIS -GREECE: | | | | | | | | | | | | JULY 2003 | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | |
| 3 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 4 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 5 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 13 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 14 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 15 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 18 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 21 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 22 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 24 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 30 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |

| KERKYRA | | | | | | | | | | | | JULY 2003 | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|---|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 2 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| 3 | 0,2 | 0,2 | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 4 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 5 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 6 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | |
| 7 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 8 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 9 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 12 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | |
| 15 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 17 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 18 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 19 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 20 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 21 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 22 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | |
| 23 | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | |
| 24 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 25 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | |
| 26 | 0,2 | | | 0,2 | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 27 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 28 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 29 | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | |
| 30 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 31 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |

Figure 4: Unpleasant hot conditions (Relative Strain Index values ≥ 0.2) during July 2003 in the north Greece (Alexandroupolis, Corfu (Kerkyra))

In the Eastern Mediterranean we examined five stations. Four of them were located in Greece, and one in Cyprus.

Alexandroupolis' station (Figure 4, left), located in Alexandroupolis, a North Aegean coastal city, generated the most favourable results of all cities examined in terms of comfort. In Alexandroupolis the discomfort sensation scale (Table 1) prevailed (during July only for 2 days and for a time period of one to three hours conditions caused distress) between 11:00 and 23:00 hours Local Time, offering comfortable nights during July.

In the island of Corfu (Figure 4, (right-Kerkyra)), located at the same parallel with Alexandroupolis, the RSI values were higher. Discomfort conditions emerged from 09:00 o'clock to midnight. Additionally, distress conditions appeared during a few days at the beginning of the month, and became common in the second fortnight. On the other hand, morning hours were comfortable throughout July.

To summarize, Corfu had the most uncomfortable conditions compared to Malaga, Barcelona, Pisa and Venice.

The other two Greek stations (Heraklion and Rhodes) are located in the southern Greek Islands of Crete and Rhodes. In the city of Heraklion, located at the northern part of Crete (Figure 5, left) the discomfort sensation (Table 1) was very common throughout the month, from 09:00 to 23:00, but these values were usually equal to 0.2, with some exceptions where these values were equal to 0.3. Thus Heraklion was more comfortable than Corfu, Barcelona, and Pisa.

In Rhodes (Figure 5, right) the discomfort sensation was present 24 hours a day, except for the morning hours of the first fortnight; but the majority of these values were equal to 0.2 RSI value, and only during the midday become equal to 0.3. Thus Rhodes was more comfortable than Corfu and shared a similar bioclimatic behavior with Heraklion.

In Larnaca, located at southern Cyprus, the daily bioclimatic conditions were characterized as Discomfort from 08:00 to 01:00 (local Time) and Distress (Table 1) during daytime. Thus, as it is concluded from Figure 6, Larnaca was the most unpleasant place in terms of bioclimatic conditions compared to all eight stations examined.

DISCUSSION

For the purposes of this paper, data for July 2003 was used. For the success of this methodology, the use of a greater time period (greater than 5 years) is essential. This way, one can define the bioclimatic behavior of each location for, at least, the warmest six months of the year. The RSI that will be generated from this procedure will define the 'normal' bioclimatic condition of each location. Seasonally, the RSI values of the warmest month can be compared to the corresponding normal values and assist in identifying possible inter-annual fluctuations, which characterize the bioclimatic nature of an area as stable or unstable.

| HERAKLION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | 0,2 | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 2 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | |
| 3 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 4 | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 5 | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 7 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 8 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 9 | | | | | | | | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | 0,2 |
| 10 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 12 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 13 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 14 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 15 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 16 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 17 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 18 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 19 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 20 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 21 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 22 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 23 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 24 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 25 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 26 | | 0,2 | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 27 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 28 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 29 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 30 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 31 | | | | | | | | | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

| RHODOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | | | | | 0,2 | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 2 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 3 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 4 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 6 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 7 | | | | | | | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 9 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 10 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 12 | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 13 | | | | | 0,2 | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 14 | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 15 | | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 16 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 17 | 0,2 | | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 18 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 19 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 20 | 0,2 | 0,2 | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 21 | 0,2 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 22 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 23 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 24 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 25 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 |
| 26 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 27 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 28 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 29 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 30 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 31 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Figure 5: Unpleasant hot conditions (Relative Strain Index values ≥ 0.2) during July 2003 in the south Greek Islands (Crete (Heraklion), Rhodes)

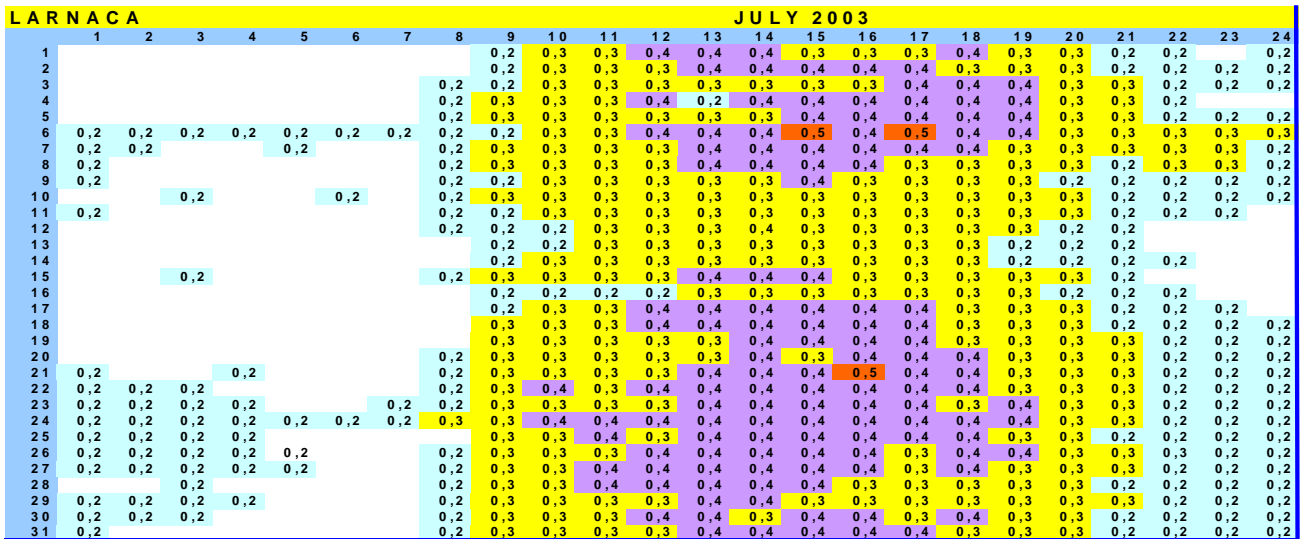


Figure 6: Unpleasant hot conditions (R. S. Index values ≥ 0.2) during July 2003 in Larnaca - Cyprus

Knowledge of the RSI can be very beneficial for both tourists and the tourist industry. Being aware in which category of the population one is classified under (average person, acclimatized person, old person), and also being familiar with the levels of comfort in certain cities as they derive from the RSI analysis, tourists are able to make efficient planning decisions tailored to their individualistic needs. Depending on the level of tolerance one has, and the effect of bioclimatic conditions in each destination, tourists can determine the appropriate accommodation (camping, marina or hotel), attire, transportation, and agenda. Sight seeing, shopping, sports and other activities can be scheduled in time periods where the least discomfort and distress is evident. Moreover, the RSI can be helpful to senior citizens who may have health concerns. By choosing the destination with the least discomfort conditions, or by planning their agenda during the comfortable hours as projected by the RSI, senior travelers may minimize any possible risks.

The RSI results can also be beneficial for the tourist industry, by integrating the results into their marketing strategies. Specific resorts, municipalities, or countries can present their level of comfort as a competitive advantage in their advertising campaigns in an attempt to attract more tourists. Hotel owners can manage the capacity of their units by launching campaigns aiming at specific categories of the population that match the comfort conditions of their location, while tailoring their pricing strategy in specific time periods. Places with comfort conditions can emphasize specific competencies of their areas while being more persuasive in promoting them. Outdoor camping, outdoor sporting activities, sight seeing, and shopping can become the competitive advantage of an area when sided with their premium bioclimatic conditions. Travel agencies organizing group vacations can increase customer satisfaction by promoting destinations, and scheduling agenda, at a time and place where comfort conditions prevail. In conclusion, the RSI is an informative and

useful tool for both tourists and the tourist industry that can assist in managerial and personal decision-making.

CONCLUSIONS

It is clear that on an hourly basis all Mediterranean cities examined presented unpleasant conditions during the daytime for the studied month. Discomfort and Distress conditions appeared during these hours, but their length varied from one station to the other - where they usually lasted from 10:00 to 23:00 and in some stations extended beyond midnight. The RSI, which was fitted to estimate the bioclimatic conditions in nine Mediterranean cities, worked efficiently, as it described effectively the human sensations which relate to weather conditions. Based on the hourly distribution of the RSI values we can rank these cities from the most comfortable to the most uncomfortable. The research showed that the north shores of the Greek Peninsula (Alexandroupolis) were more comfortable compared to the other resorts; Malaga and Venice followed. Preceding Malaga and Venice were Heraklion, Rhodes, and Pisa - all classified in the same group, followed by the resorts of Barcelona and Corfu. Lastly, Larnaca in Cyprus was characterized as the most uncomfortable resort of all.

REFERENCES

1. Lee D.H.K., Henschel A. 1966. Effects on physiological and clinical factors on response to heat. Ann. NY Acad. Sci. 134:743-749.
2. Burton A.C. 1944. An analysis of the physiological effects of clothing in hot atmospheres. Report of Aviation Medical research Association Committee.
3. Giles B.D. and Balafoutis Ch. 1990. The Greek heatwaves of 1987 and 1988. Int. J. Climatol. 10:505-517.
4. Giles B.D., Balafoutis Ch. and Maheras P. (1990) To hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *Int. J. Biometeorology* 34: 98-104.
5. Bloutsos A.A. (1976) The climate in the upper atmosphere over Athens. PHD, pp 210 (p 26)