

## Εφαρμογή ενός βιοκλιματικού δείκτη για την εκτίμηση της ελκυστικότητας 3S (Sea-Sun-Sand) προορισμών σε δύο παραλίες αυξημένης τουριστικής κίνησης στη Ρόδο και στη Μύκονο

Παπαδάκης, Μ.<sup>1</sup>, Χατζηπαυλής, Α.<sup>1,2</sup>, Καπλαντζή, Α.<sup>1,2</sup>, Μονιούδη, Ι.<sup>1,2</sup>, Βελεγράκης, Α.<sup>1,2</sup>, Νικολάου, Α.<sup>1,2</sup>, Κοντογιάννη, Α.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [marm31307@marine.aegean.gr](mailto:marm31307@marine.aegean.gr), [a.chatzipavlis@marine.aegean.gr](mailto:a.chatzipavlis@marine.aegean.gr), [mar05027@marine.aegean.gr](mailto:mar05027@marine.aegean.gr), [imonioudi@marine.aegean.gr](mailto:imonioudi@marine.aegean.gr), [afv@aegean.gr](mailto:afv@aegean.gr), [andi\\_nikolaou@yahoo.com](mailto:andi_nikolaou@yahoo.com)

<sup>2</sup>Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, [akontogianni@uowm.gr](mailto:akontogianni@uowm.gr)

### Περίληψη

Εφαρμόζεται ο κλιματικός δείκτης CIT (Climate Index for Tourism) για την εκτίμηση των βιο-κλιματικών συνθηκών που ευνοούν το 3S (Sea-Sun-Sand) τουρισμό σε 2 παραλίες στη Ρόδο και Μύκονο. Χρησιμοποιήθηκαν ωριαία μετεωρολογικά δεδομένα από τη περίοδο Απρίλιο-Οκτώβριο για τα έτη 2012-2014, τα οποία μετά από κατάλληλες μετατροπές συγκρίθηκαν με σχετικές μηνιαίες κλιματικές προβλέψεις για τα έτη 2050 και 2100 της Ολλανδικής Βασιλικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τόσο ο βιοκλιματικός δείκτης PET (Physiologically Equivalent Temperature) όσο και ο κλιματικός δείκτης τουρισμού (CIT) δεν θα επηρεασθούν σημαντικά στις 2 παραλίες, των οποίων όμως η φέρουσα ικανότητα προβλέπεται να μειωθεί σημαντικά.

**Λέξεις κλειδιά:** PET, CIT, βαθμός τουριστικής ικανοποίησης, φέρουσα ικανότητα

## Application of a bioclimatic index for evaluating the attractiveness of 3S (Sea-Sun-Sand) destinations in two beaches of high touristic flow in Rhodes and Mykonos

Papadakis, M.<sup>1</sup>, Chatzipavlis, A.<sup>1,2</sup>, Kaplantzi, A.<sup>1,2</sup>, Monioudi, I.<sup>1,2</sup>, Velegrakis, A.F.<sup>1,2</sup>, Nikolaou, A.<sup>1,2</sup>, Kontogianni, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Marine Sciences, University of the Aegean, [marm31307@marine.aegean.gr](mailto:marm31307@marine.aegean.gr), [a.chatzipavlis@marine.aegean.gr](mailto:a.chatzipavlis@marine.aegean.gr), [mar05027@marine.aegean.gr](mailto:mar05027@marine.aegean.gr), [imonioudi@marine.aegean.gr](mailto:imonioudi@marine.aegean.gr), [afv@aegean.gr](mailto:afv@aegean.gr), [andi\\_nikolaou@yahoo.com](mailto:andi_nikolaou@yahoo.com)

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, University of Western Macedonia, [akontogianni@uowm.gr](mailto:akontogianni@uowm.gr)

### Abstract

The objective of this study is the implementation of the CIT (Climate Index for Tourism) in order to estimate the current and future bioclimatic conditions of 2 major island beach (3S) tourism destinations (the Rhodes city beach and the Kalo Livadi beach in Mykonos). Hourly meteorological data for the months April-October from 2012-2014 have been used; these data, following appropriate transformations, are compared with monthly climatological predictions (by KNMI) for the years 2050 and 2100. The results show that both the PET (Physiologically Equivalent Temperature) and CIT indexes will not be significantly impacted in these touristic beaches, the carrying capacity of which is, however, predicted to be substantially reduced.

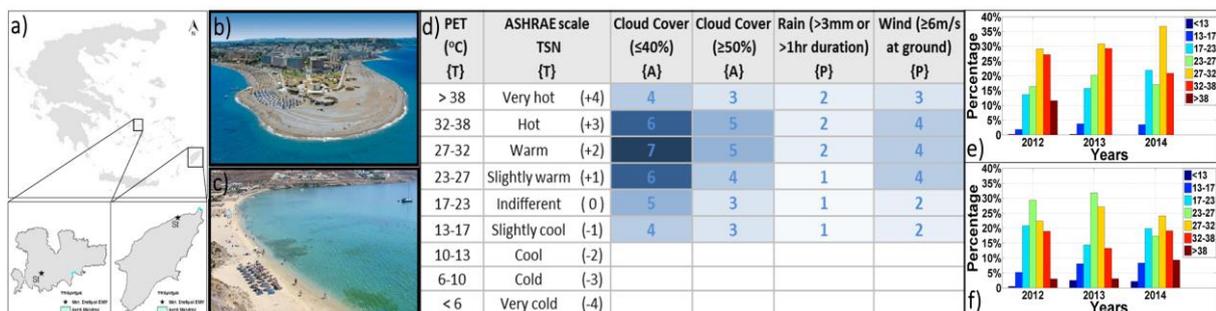
**Keywords:** PET, CIT, tourist satisfaction, carrying capacity

### 1. Εισαγωγή

Ο τουρισμός, ένας από τους ταχύτατα αναπτυσσόμενους τομείς της παγκόσμιας οικονομίας, τις τελευταίες δεκαετίες έχει επικεντρωθεί στις παράκτιες περιοχές και, ιδιαίτερα, στις παραλιακές δραστηριότητες αναψυχής (Phillips & Jones, 2006). Στην Ελλάδα ο παράκτιος τουρισμός αποτελεί την ατμομηχανή της ελληνικής οικονομίας (με συμμετοχή 16.3% και 18.2%, στο ΑΕΠ και στην απασχόληση αντίστοιχα), ενώ συγκεντρώνεται κυρίως στη νησιωτική Ελλάδα και είναι εποχιακός (SETE, 2014): το 89.5% των διεθνών αφίξεων στη χώρα πραγματοποιείται τη περίοδο Απριλίου-Οκτωβρίου και το 70 % το 4μηνο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου. Ο παράκτιος τουρισμός όμως και ιδιαίτερα αυτός που αναπτύσσεται σύμφωνα με το πρότυπο 3S (Sea-Sun-Sand) είναι ευαίσθητος μεταξύ άλλων στις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως το κλίμα (π.χ. θερμοκρασία και ηλιοφάνεια), καθώς και

τη φέρουσα ικανότητα του φυσικού πόρου (δηλ. των παραλιών). Τόσο όμως το κλίμα όσο και η φέρουσα ικανότητα των παραλιών προβλέπονται ότι θα αλλάξουν σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες λόγω των προβλεπόμενης κλιματικής/αλλαγής/παράκτιας διάβρωσης (Monioudi et al., 2014). Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός της βιωσιμότητας/ανάπτυξης του τουριστικού προϊόντος πρέπει να βασισθεί σε εμπειριστατωμένες προβλέψεις των επιπτώσεων των αλλαγών των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. Morgan et al., 2000).

Εδώ, παρουσιάζεται η μεθοδολογία και τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της εκτίμησης της σημερινής βιοκλιματικής ελκυστικότητας σε δύο τουριστικά δημοφιλείς νησιωτικές παραλίες (παραλία Πόλης Ρόδου και Καλό Λιβάδι, Μύκονος, (Εικ. 1(b), 1(c)), που βασίζεται σε όσον το δυνατόν 'αντικειμενικά' κριτήρια (De Freitas et al., 2008), δηλ. τις τωρινές και (προβλεπόμενες) μελλοντικές κλιματολογικές συνθήκες.



**Εικ. 1.** (a) Περιοχές μελέτης και θέσεις μετεωρολογικών σταθμών. (b) Παραλία περιμετρικά του ακρωτηρίου της πόλης της Ρόδου. (c) Παραλία Καλό Λιβάδι, Μύκονος. (d) Πίνακας τιμών του δείκτη CIT. (e), (f) Ετήσια κατανομή εύρους θερμοκρασιών του βιοκλιματικού δείκτη PET για τη τουριστική περίοδο (Απρίλιος-Οκτώβριος) για τα έτη 2012-2014 σε Ρόδο (e) και Μύκονο (f).

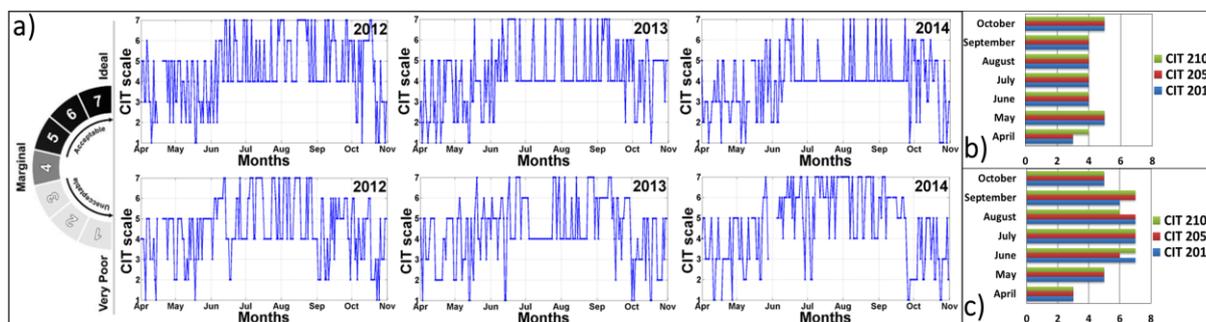
## 2. Μεθοδολογία

Για την εκτίμηση της τωρινής βιο-κλιματικής κατάστασης των παραλιών μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ωριαία δεδομένα (θερμοκρασία, νεφοκάλυψη, ταχύτητα ανέμου, βροχόπτωση και σχετική υγρασία για το 2012-2014) από μετεωρολογικούς σταθμούς της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) στη Ρόδο και Μύκονο (Εικ. 1a). Από τα δεδομένα αυτά υπολογίσθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές (για τη περίοδο Απριλίου-Οκτωβρίου) για το 2014, οι οποίες στη συνέχεια συγκρίθηκαν με αντίστοιχες προβλέψεις της Ολλανδικής KNMI ([http://climexp.knmi.nl/selectfield\\_cmip5.cgi?id=someone@somewhere#surface](http://climexp.knmi.nl/selectfield_cmip5.cgi?id=someone@somewhere#surface)) για το 2050 και 2100 για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ελκυστικότητα των 2 τουριστικών προορισμών. Λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας, οι εντάσεις ανέμου του 2014 χρησιμοποιήθηκαν και ως προβλέψεις για το 2050 και 2100. Αρχικά έγινε αναγωγή των δεδομένων 2012-2014 από ωριαία σε ημερήσια, υπολογίζοντας το μέσο όρο των παραμέτρων για τις ώρες 09:00-18:00, δηλ. τις ώρες υψηλής ζήτησης (peak tourist demand). Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές θερμοκρασίας, νεφοκάλυψης, ταχύτητας ανέμου και σχετικής υγρασίας για να υπολογιστεί ο βιοκλιματικός δείκτης PET (Physiologically Equivalent Temperature) μέσω του μοντέλου RayMan (Matzarakis et al., 2007), με ανθρωπίνη δραστηριότητα ως 80 W (κατάσταση ηρεμίας, 1.75m, 75kg με ρυθμό μεταβολισμού  $45W/m^2 \approx 0.8Met$  και μέση επιφάνεια σώματος  $1.8m^2$ ) και θερμική αντίσταση ενδυμασίας ως  $0.9 clo \approx 0.14 m^2 \cdot K/W$  (ASHRAE, 2004). Η αποτίμηση της ικανοποίησης του παραλιακού επισκέπτη, έγινε σύμφωνα με το κλιματικό δείκτη τουρισμού (CIT), ο οποίος αποτελείται από 3 βασικές μεταβλητές (De Freitas et al., 2008), τη *θερμική* (T), την *αισθητική* (A) και τη *φυσική* (P) (Εικ. 1d) που συνδυάζονται σε ένα φάσμα ευνοικών/δυσμενών συνθηκών ως  $CIT = f[(T,A)*P]$ , και υπολογίστηκε σε περιβάλλον Matlab. Η T αφορά το ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο, και εδώ προσδιορίζεται σύμφωνα με τον βιο-κλιματικό δείκτη PET, με τα εύρη θερμοκρασιών να

αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα επίπεδα θερμικής επιβάρυνσης της κλίμακας ASHRAE (Very cold (-4) – Ακραία ψυχρή επιβάρυνση και Very hot (+4) – Ακραία θερμική επιβάρυνση). Η μεταβλητή A καθορίζεται από το ποσοστό νεφοκάλυψης (0 %-καθαρός ουρανός και 100 %-πλήρης νεφοκάλυψη), ενώ η μεταβλητή P ελέγχεται από τη βροχόπτωση ( $\geq 3$  mm) ή/και ανέμων ισχυρής έντασης ( $\geq 6$  m/s). Ως 'βέλτιστες' συνθήκες θεωρούνται συνθήκες που αντιστοιχούν σε ελαφρά θερμική επιβάρυνση (23-27 °C PET) και μερική νεφοκάλυψη (scattered cloud  $\leq 40\%$ ), ενώ η βροχόπτωση ή/και ισχυροί άνεμοι παίρνουν τιμές από 1 έως 4 (Εικ. 1d).

### 3. Αποτελέσματα

Η κατανομή συχνοτήτων του εύρους θερμοκρασιών PET για την Ρόδο (Εικ. 1e) προσεγγίζουν τις 'ιδανικές' συνθήκες θερμικής άνεσης (27-32 °C, warm) για ένα 3S προορισμό και υπό προϋποθέσεις είναι δυνατόν να αντιστοιχούν στην τιμή 7 του δείκτη CIT (Εικ. 1d), ενώ για την Μύκονο (Εικ. 1f) φαίνεται ότι επικρατούν οι 'βέλτιστες' (23-27 °C, slightly warm) και 'ιδανικές' συνθήκες (27-32 °C, warm).



**Εικ. 2.** (a) Μηνιαία κατανομή κάθε έτους της εξεταζόμενης περιόδου (2012-2014) του δείκτη CIT για τη Ρόδο (πάνω) και τη Μύκονο (κάτω). (b), (c) Εκτιμήσεις του CIT για τα έτη 2014, 2050 και 2100 για τη Ρόδο (b) και τη Μύκονο (c).

Η συχνότητα εμφάνισης των τιμών PET  $< 13$  °C (0.04%) θεωρείται μη σημαντική (Εικ. 1e, 1f), ενώ οι επικρατέστερες τιμές CIT  $\geq 4$  (Εικ. 2(a)) που εμφανίζονται το 4μηνο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου συσχετίζονται με τη περίοδο υψηλής ζήτησης (70 % των διεθνών αφίξεων, SETE, 2014). Φαίνεται ότι το Καλό Λιβάδι παρουσιάζει υψηλότερο δείκτη CIT, κυρίως λόγω του ανεμολογικού καθεστώτος. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι (α) ο νότιος (σχετικά προφυλαγμένος) προσανατολισμός του Καλού Λιβαδιού παίζει σημαντικό ρόλο και (β) ισχυροί παραλιακοί άνεμοι δεν υποβαθμίζουν απαραίτητα το τουριστικό προϊόν, καθώς μπορούν να δημιουργήσουν πρόσθετες δραστηριότητες αναψυχής (π.χ. θαλάσσια σπορ). Αν και η αβεβαιότητα των κλιματικών μοντέλων πρέπει να ληφθεί υπόψη, φαίνεται ότι οι προβλεπόμενες για τις 2 περιοχές μελέτης κλιματικές αλλαγές δεν θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στον CIT, που δείχνει να παραμένει σχετικά σταθερός για τα έτη σύγκρισης (2014, 2050 και 2100, Εικ. 2b, 2c).

Τα προκαταρκτικά αυτά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά για το τουριστικό μέλλον των 2 παραλιών. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι πέρα από την αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει τις μελλοντικές κλιματικές προβλέψεις, η ελκυστικότητα του προορισμού θα εξαρτηθεί και από άλλες συνθήκες όπως π.χ. η παράκτια διάβρωση που προβλέπεται να περιορίσει σημαντικά τη σημερινή φέρουσα ικανότητα των 2 παραλιών, η οποία εκτιμήθηκε (WTO, 1988) ως 8300 και 1000 επισκέπτες για τη Παραλία Ρόδου και το Καλό Λιβάδι, αντίστοιχα. Οι 2 αυτές παραλίες προβλέπονται να οπισθοχωρήσουν/μειωθούν σημαντικά λόγω της προβλεπόμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης (Velegrakis et al., 2015), με τις ελάχιστες οπισθοχωρήσεις να προβλέπονται σε 13 m για τη παραλία της Ρόδου και 8.5 m για το Καλό Λιβάδι για σενάριο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.5 m.

#### 4. Συμπεράσματα

Παρουσιάζεται η μεθοδολογία και τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της εκτίμησης της τωρινής (2014) και μελλοντικής (2050-2100) βιο-κλιματικής ελκυστικότητας δύο τουριστικά δημοφιλών νησιωτικών ελληνικών παραλιών (παραλία Πόλης Ρόδου και Καλό Λιβάδι, Μύκονος). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σύμφωνα με τις υπάρχουσες κλιματολογικές προβλέψεις, τόσο ο βιοκλιματικός δείκτης PET όσο και ο κλιματικός δείκτης τουρισμού CIT δεν θα επηρεασθούν σημαντικά. Τα αποτελέσματα αυτά όμως, θα πρέπει να εξεταστούν μαζί με την αναμενόμενη σημαντική μείωση της παραλιακής φέρουσας ικανότητας λόγω της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης.

#### 5. Ευχαριστίες

Η έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την ΕΕ (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) - Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΘΑΛΗΣ-Επιπτώσεις της Ανόδου της Στάθμης της Θάλασσας στις Νησιωτικές Περιοχές του Αιγαίου Πελάγους (ISLA).

#### 6. Βιβλιογραφία

- ASHRAE, 2004. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE Standard 55-2004, ASHRAE Inc., Atlanta, GA, USA
- Association of Greek Tourist Enterprises (SETE) 2014. *Greek Tourism: Facts & Figures*. Available at: [http://www.slideshare.net/sete\\_greece/sete-facts-figures2013](http://www.slideshare.net/sete_greece/sete-facts-figures2013)
- De Freitas, C.R., Scott, D. and McBoyle, G. 2008. A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *International Journal of Biometeorology*, 52, 399-407.
- Matzarakis, A., De Freitas, C.R. and Scott, D. 2007. Assessment method for climate and tourism based on daily data. p. 52-58. In: *Developments in tourism climatology*. Matzarakis, A., de Freitas, C.R., Scott, D. (eds.). Commission Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology. Freiburg.
- Monioudi, I.N., Karditsa, A., Chatzipavlis, A., Alexandrakis, G., Andreadis, O. *et al.* 2014. Assessment of vulnerability of the eastern Cretan beaches (Greece) to sea level rise. *Regional Environmental Change*, 12, 1-12.
- Morgan, R., Gatell, E., Junyent, R., Micallef, A., Özhan, E. *et al.* 2000. An improved user-based beach climate index. *Journal of Coastal Conservation*, 6 (1), 41-50.
- Phillips, M.R. and Jones, A.L. 2006. Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: problems, consequences and management. *Tourism Management*, 27 (3), 517-524.
- Velegrakis, A.F., Monioudi, I.N., Chatzipavlis, A., Hatzopoulos, I.N., Rigos, A., *et al.* 2015. Development of a methodology for the estimation of beach retreat of the Aegean island beaches due to sea level rise. p. 1089-1092. In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Panhellenic Symposium of Oceanography and Fisheries, 13-17 May, 2015, Mytilene, Greece*, 1089-1092.

## Complex wave oscillations in the nearshore zone of an Aegean pocket beach (Kalo Livadi Beach, Mykonos, Greece)

Sifnioti, D.<sup>1</sup>, Ghionis, G.<sup>1</sup>, Petrakis, S.<sup>1</sup>, Karditsa, A.<sup>1</sup>, Poulos, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Geology and Geoenvironment, University of Athens, [dsifnioti@geol.uoa.gr](mailto:dsifnioti@geol.uoa.gr), [gghionis@geol.uoa.gr](mailto:gghionis@geol.uoa.gr), [spetrakis@geol.uoa.gr](mailto:spetrakis@geol.uoa.gr), [kkarditsa@geol.uoa.gr](mailto:kkarditsa@geol.uoa.gr), [poulos@geol.uoa.gr](mailto:poulos@geol.uoa.gr)

---

### Abstract

The wave conditions in the nearshore zone of the pocket beach at Kalo Livadi were studied, during a period of seaward-directed winds, with the use of pressure recording instruments. The spectral analysis of the data showed the existence of a complex wave pattern consisting of incoming swell, margin-reflected waves and outgoing locally-generated wind waves. It is concluded that erosion studies for the Aegean islands should not assume that the beaches are affected by significant wave activity only during periods of onshore winds. Detailed in situ measurements are required to determine the nearshore hydrodynamic conditions.

**Keywords:** nearshore hydrodynamics, WAFO, beach erosion, spectral analysis

---

### 1. Introduction

The Aegean Sea is characterized by irregular bathymetry, complex coastline morphology and numerous islands that cause uncertainties in the description of its wave climate (Poulos et al., 1997). The channelling effects, due to the islands, give rise to increased wind speeds, wave heights and currents, which are responsible for the severe erosion of many Aegean island beaches; these are highly vulnerable due to their limited size and sediment supply (Velegrakis et al., 2008).

A significant aim of the THALES Research Project ISLA is to develop new methodologies and tools that will allow rapid and cost-effective assessment of beach retreat at a regional level and under varying beach morphological, hydrodynamic and sedimentological conditions. These methodologies will be applied to the beaches of the Aegean Sea, which have a high socio-economic value and are of vital importance for the Greek economy (Velegrakis et al., 2005).

The present contribution describes the preliminary results of a field experiment for the study of the complex wave conditions in the nearshore zone of Kalo Livadi beach (Mykonos Island, Greece), that was carried out in November 2014 within the framework of the ISLA project.

### 2. Materials and methods

Three RBRvirtuosoD|wave and two Solinst Levellogger Edge recorders were used to measure water levels and wave characteristics in the nearshore zone (locations shown in Fig. 1, sampling intervals in Table 1). A Nortek ADV Vector and a Nortek Continental side-looking ADCP was used to obtain current measurements and profiles the center of the nearshore zone. The data of the two Doppler instruments and of a fourth offshore RBR wave recorder are not included in the present preliminary analysis; they will be analyzed after instrument retrieval in February 2015. Wind and weather conditions were recorded by a Davis Vantage Vue weather station installed at a height of 21 m (above MSL). The absolute pressure data recorded by the RBR and Solinst instruments were converted to time series of sea surface elevation, after correction for barometric pressure variations. These time series were analysed, using special algorithms based on the WAFO Matlab toolbox (Brodtkorb et al., 2000) to extract the wave characteristics. A video-based coastal imaging system, installed above the eastern end of the beach, provided additional data in the form of snapshots, TIMEX and SIGMA images.