

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

---

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Μελέτη της σεισμικής ακολουθίας του σεισμού νοτίως της  
Κρήτης με μέγεθος 6.0 στις 15/06/2013

Ιωάννης Κονταργύρης

*Επιβλέπων καθηγητής*

Ηλίας Παπαδόπουλος

**ΧΑΝΙΑ 2014**



**TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF CRETE**

**SCHOOL OF APPLIED SCIENCES**



BRANCH OF CHANIA

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL  
ENGINEERING & NATURAL RESOURCES



SECTION OF WATER RESOURCES AND GEOENVIRONMENT  
LABORATORY OF GEOPHYSICS AND SEISMOLOGY

---

**DISSERTATION**

**Study of the Aftershock Sequence of the 15/06/2013  
Earthquake South of Crete**

Ioannis Kontargiris

Supervisor:

Ilias Papadopoulos

**CHANIA 2014**



# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

	<b>Σελ.</b>
<b>Ενότητα 1</b>	
1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	7
1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	8
<b>Ενότητα 2</b>	
2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ	10
<b>Ενότητα 3</b>	
3.1 ΤΟ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ	15
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	17
<b>Ενότητα 4</b>	
4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	26
4.2 ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	30
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>34</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>36</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΘΙΑΣ</b>	

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Παρούσα πτυχιακή αποτελεί μια προκαταρκτική μελέτη του κυρίως σεισμού που καταγράφηκε από τους σταθμούς του Σεισμολογικού Δικτύου του Νοτίου Αιγαίου στις 15/06/2013, και τις μετασεισμικής ακολουθίας που διάρκεισε 3 εβδομάδες. Τα δεδομένα έγιναν διαθέσιμα από τον κ. Παπαδόπουλο Ηλία. Καθ. Εφαρμογών του ΤΕΙ Κρήτης και υπεύθυνου του Σεισμολογικού Δικτύου Νοτίου Αιγαίου, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά.

Στην πτυχιακή αναλύεται το σεισμοτεκτονικό καθεστώς του Νοτίου Αιγαίου και της Κρήτης και η γενικότερη γεωλογία. Τα αποσπάσματα που υπάρχουν στις ενότητες 1 και 2 είναι από τη μελέτη των Μουντράκη και συνεργάτες (2004). Ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση του Σεισμολογικού Δικτύου που καλύπτει την περιοχή από το ΤΕΙ Κρήτης, και η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων. Η ανάλυση των σειсмоγραμμάτων έγινε με το λογισμικό Dimas.

## ABSTRACT

This dissertation deals with the earthquake of 15/06/2013 and its aftershock sequence that lasted 3 weeks, as it was recorded from the Hellenic Seismological Network of Crete. Data were available to me by Dr. Ilias Papadopoulos, lecturer of TEI of Crete and responsible for the acquisition of the HSNC, whom I thank very much.

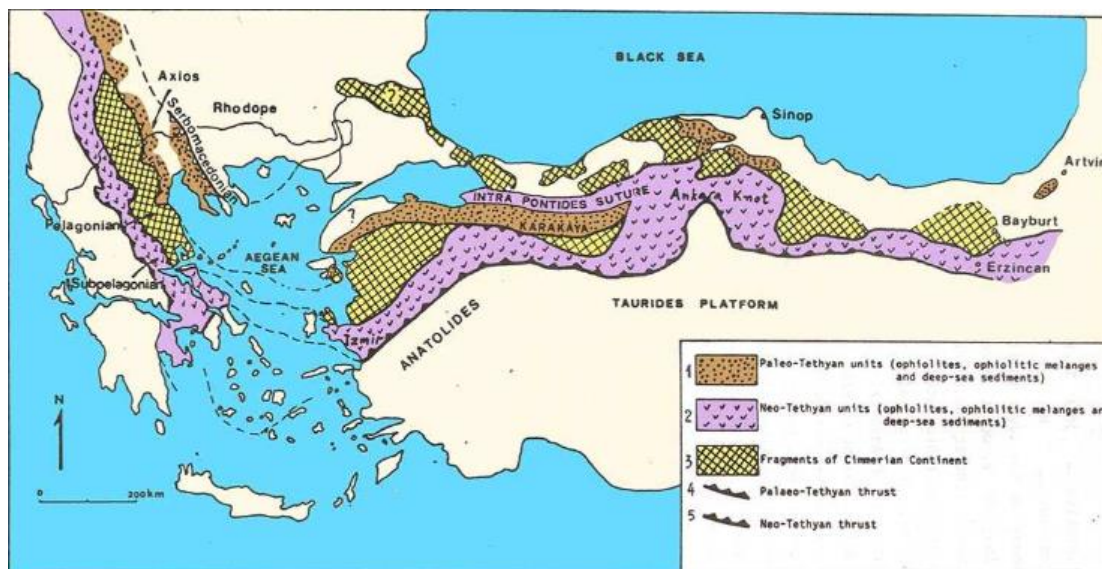
In this dissertation initially the seismotectonic status of the general area is being described, and the general geology. A brief analysis of the topology of the network follows, and the analysis of the seismograms of the aftershock sequence. The software used for analyzing earthquake data is Dimas.

# ΕΝΟΤΗΤΑ 1

## **1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Η σημερινή γεωλογική και τεκτονική θέση της Ελλάδας τοποθετείται στον χώρο όπου συγκρούονται οι πλάκες της Ευρασίας και της Αφρικής. Στην αρχή του Μεσοζωικού αιώνα (Τριαδικό) άρχισαν μεγάλες ορογενετικές διεργασίες που συνεχίστηκαν μέχρι τον Καινοζωικό αιώνα, με τελικό αποτέλεσμα την ανάδυση μιας μεγάλης ξηράς. Αυτή περιελάμβανε την Ιταλία τις Άλπεις, την Βαλκανική, τμήματα της βόρειας Αφρικής καθώς και μεγάλα τμήματα της νότιας και κεντρικής Ασίας (Μικρά Ασία, Οροσειρά του Ζάγγρου, Ιμαλία). Το πολύπλοκο αυτό σύστημα οροσειρών ονομάστηκε Αλπικό σύστημα ορέων.

Στον Ευρωπαϊκό χώρο διακρίνονται δυο μεγάλοι κλάδοι: Ο Αλπικός κλάδος (Ελβετικές Άλπεις, Απέννινα, Καρπάθια, Ποντιακές οροσειρές) και ο Διναρικός κλάδος (νότιες Άλπεις, τμήμα των Απέννινων, Διναρικές Άλπεις, Ταυρίδες, οροσειρά του Ζάγγρου). Οι Διναρικές Άλπεις περιλαμβάνουν τις Διναρικές οροσειρές στην Αλβανία και στην Γιουγκοσλαβία καθώς και τις Ελληνικές οροσειρές. Οι Ελληνικές οροσειρές, όπως και όλες οι επί μέρους οροσειρές κάθε κλάδου, υποδιαιρούνται σε γεωλογικές ζώνες. Κάθε γεωτεκτονική ζώνη χαρακτηρίζεται από την ορισμένη στρωματογραφική διαδοχή των ιζημάτων της, από ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες και από την ιδιαίτερη τεκτονική της συμπεριφορά, στοιχεία που εξαρτώνται από την παλαιογεωγραφική της θέση. Οι Ελληνικές γεωτεκτονικές ζώνες, όπως διαμορφώθηκαν σήμερα ύστερα από τις σύγχρονες αντιλήψεις, εικονίζονται στο σχήμα 1.1 (Mountrakis και άλλοι, 1986).



Σχήμα 1.1  
Οι Ελληνικές γεωτεκτονικές ζώνες σήμερα.

## 1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι Ελληνικές οροσειρές μπορούν να διακριθούν σε δύο κλάδους: τον δυτικό και τον ανατολικό. Ο δυτικός κλάδος αποτελείται από την Πίνδο, που εκτείνεται σε διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ από το Βόρειο μέρος της χώρας μέχρι την Κρήτη. Εκεί κάμπτεται προς Ανατολάς, συνεχίζεται στα Δωδεκάνησα και ενώνεται με τις Ταυρίδες οροσειρές στην Ν. Τουρκία που συνεχίζονται με διεύθυνση ΒΑ. Η ίδια διεύθυνση ανάπτυξης ΒΔ – ΝΑ ακολουθείται και από τις ανατολικές οροσειρές (Βέρμιο, Πιέρια όρη, Όλυμπος, Όσσα, Πήλιο). Στο Αιγαίο Πέλαγος κάμπτεται προς Ανατολάς και συνεχίζεται στη Μ. Ασία με διεύθυνση ΒΑ. Οι Drakopoulos και Makropoulos (1983), λαμβάνοντας υπ' όψη τις εργασίες των Allen και Morelli (1971), του Agarwal (1976), και στηριζόμενοι σε νεώτερα σεισμολογικά και τεκτονικά στοιχεία της περιοχής πρότειναν τον παρακάτω βελτιωμένο χάρτη για την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδος που εικονίζεται στο σχήμα 1.2.





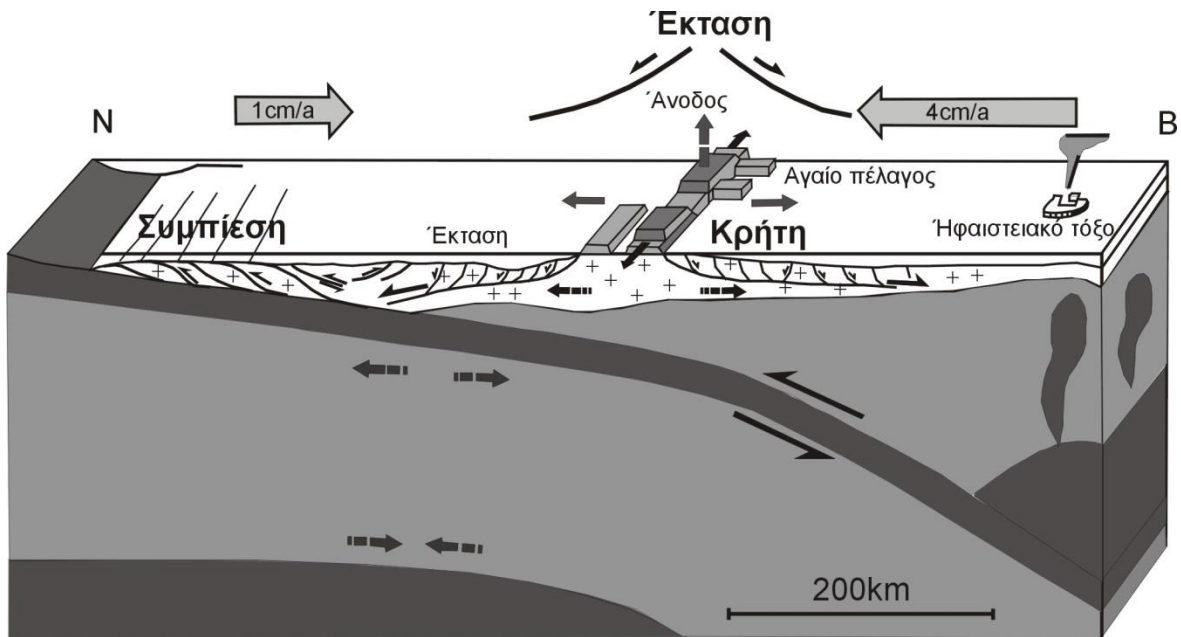
Σχήμα 1.2  
Βελτιωμένος χάρτης για την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδος.

Σ' αυτόν διακρίνονται τα παρακάτω γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά: Η Μεσογειακή ράχη που εκτείνεται από το Ιόνιο πέλαγος μέχρι την Κύπρο. Επειδή δεν παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά μιας τυπικής μεσοκεάνιας ράχης, ο Finetti (1976), που μελέτησε τα τεκτονικά της χαρακτηριστικά την ονόμασε "Ανατολική Μεσογειακή Οροσειρά". Την Ελληνική τάφρο που αποτελείται από μια σειρά βυθισμάτων μέχρι βάθος 5000m και εκτείνονται παράλληλα προς το Ελληνικό τόξο. Το Ελληνικό τόξο, και προς τα βόρεια, παράλληλα προς αυτό το ηφαιστειακό τόξο. Μεταξύ τους παρεμβάλλεται η Κρητική τάφρος με βάθη έως 2000m. Το Αιγαίο πέλαγος βόρεια του ηφαιστειακού τόξου. Στο βορειότερο μέρος του υπάρχει η τάφρος του βορείου Αιγαίου με βάθη έως και 1500m, η ΒΑ προέκταση της είναι το βύθισμα του Μαρμαρά (Parazachos και Comninakis, 1976). Στο δυτικό της μέρος υπάρχει η λεκάνη των Σποράδων (Brooks και Ferentinos, 1980).

## ΕΝΟΤΗΤΑ 2

### 2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Το νησί της Κρήτης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα γεωλογικά σημεία του Ελληνικού ορογενούς. Το λιθοσφαιρικό αυτό όριο συνδέεται με μια ηπειρωτική σύγκλιση και μια αρχόμενη σύγκρουση με το παθητικό, ηπειρωτικό περιθώριο της Αφρικής σήμερα (σχ. 2.1) (Seidel et al 1982, Kiliyas et al 1994, Le Pichon et al. 1995, Thomson et al 1999).

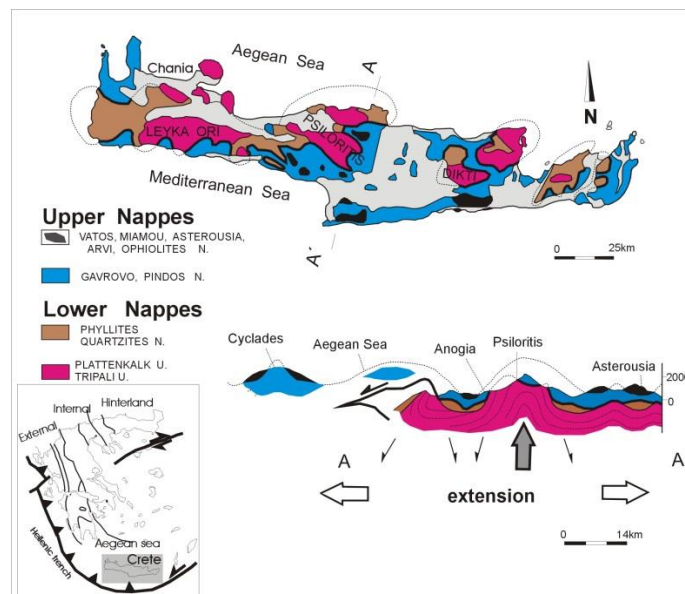


**Σχ. 2.1** Η δυναμική που αναπτύσσεται σε συνδυασμό με την υποβύθιση της Αφρικανικής λιθόσφαιρας.

Η γεωλογική θέση της Κρήτης έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη νέα τεκτονική, αφού το νησί βρίσκεται σήμερα πάνω από την ενεργή ζώνη υποβύθισης της Αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από την Ευρωπαϊκή λιθόσφαιρα (σχ. 2.1). Υπολογίζεται ότι η ταχύτητα προσέγγισης της Αφρικής προς την Ευρώπη ανέρχεται σε 1 cm./χρόνο. Το νότιο τμήμα του Αιγαίου μαζί με την

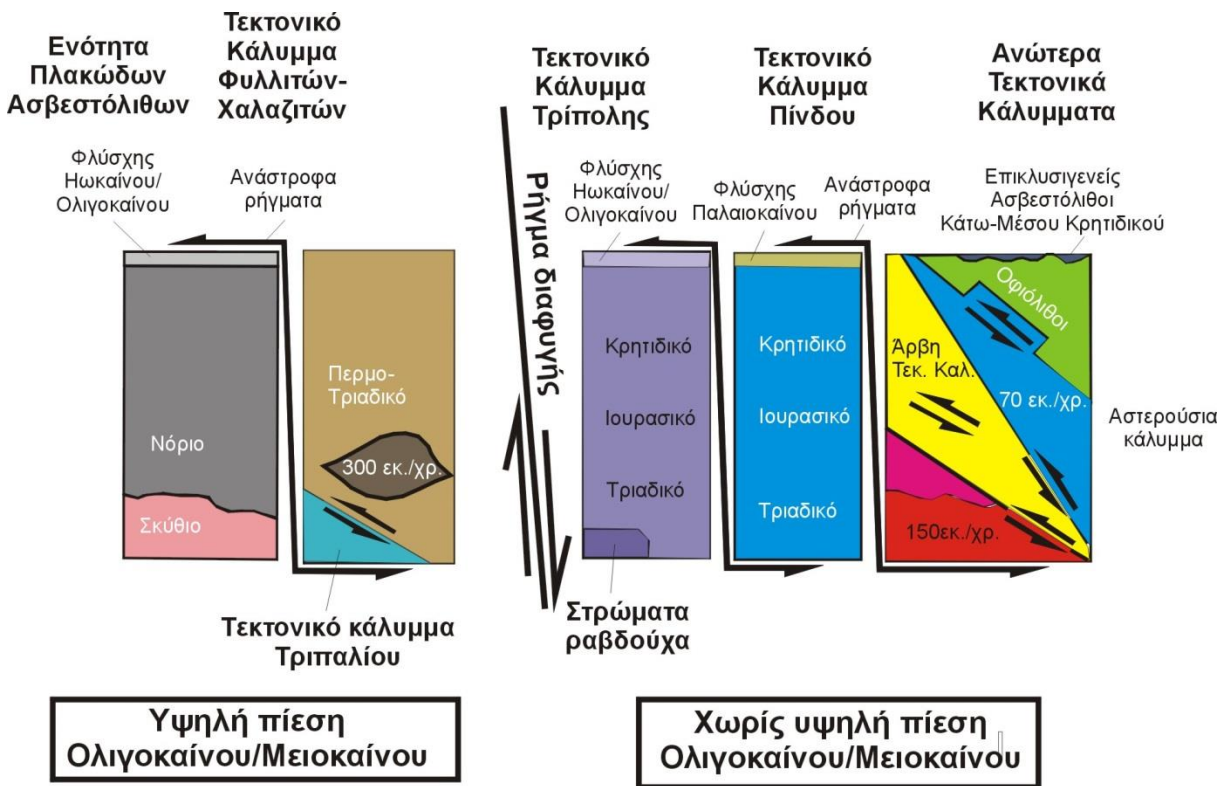
Κρήτη ως αντίδραση στην τεκτονική ώθηση της πλάκας της Ανατολής κινείται προς τα ΝΝΔ σε σχέση με τη Ευρώπη, με ταχύτητα περίπου, 3 cm έως 4 cm/χρόνο. Προκύπτει ένας ρυθμός προσέγγισης πλακών, περίπου 4-5 cm/χρόνο (σχ. 2.1) (Taymaz et al. 1990, Jackson 1994, Le Pichon et al. 1995, Coccard et al. 1999).

Η γεωλογία του νησιού χαρακτηρίζεται αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα, διαφορετικής γεωλογικής προέλευσης και εξέλιξης, συσσωρεύονται το ένα πάνω στο άλλο δημιουργώντας ένα οικοδόμημα τεκτονικών καλυμμάτων. Από κάτω προς τα πάνω διακρίνονται (σχ. 2.2 & 2.3) (Creutzburg & Seidel 1975, Bonneau 1976, Kílias et al. 1994): (1) Η ενότητα Πλακωδών Ασβεστόλιθων (PK), (2) η ενότητα Τριπαλίου (Trp), (3) το τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών-Χαλαζιτών (Ph-Q), (4) το τεκτονικό κάλυμμα Τρίπολης με την ενότητα Ραβδούχα στη βάση του (Tr), (5) το τεκτονικό κάλυμμα Πίνδου (Pi) (6) μια σειρά τριών τεκτονικών καλυμμάτων Άρβης (Ar), Μιαμού (Mia) και Βάτου (Va), (7) το τεκτονικό κάλυμμα Αστερουσιών (Ast) και (8) το τεκτονικό κάλυμμα των οφιολίθων (Oph) με το επικλυσιογενές ασβεστολιθικό Κρητιδικό.



**Σχ. 2.2** Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης. Απεικονίζεται η κατώτερη και η ανώτερη πλάκα των τεκτονικών καλυμμάτων της Κρήτης (τροποποιημένο από Kílias et al. 1994).

Η ενότητα των ΡΚ και Ττρ, καθώς και το τεκτονικό κάλυμμα των Ρη-Q καθορίστηκαν ως η **κατώτερη πλάκα** του οικοδομήματος των τεκτονικών καλυμμάτων της Κρήτης. Αντίστοιχα, τα υπόλοιπα τεκτονικά καλύμματα, με αυτά των Αστερουσίων και των οφιόλιθων σχηματίζουν την **ανώτερη πλάκα**. (σχ. 2.3) (Kilias et al 1994, Fassoulas et al 1994).



Σχ. 2.3 Το οικοδόμημα των τεκτονικών καλυμμάτων της Κρήτης (τροποποιημένο από Seidel et al. 1982).

Τα τεκτονικά καλύμματα της Κρήτης καλύπτονται από Νεογενή ιζήματα σημαντικού πάχους, που χρονολογούνται κυρίως, από το Σεραβάλιο/Τορτόνιο του Μειοκαίνου έως το Πλειόκαινο. Για το λόγο αυτόν πολλές φορές το σύνολο των τεκτονικών καλυμμάτων της Κρήτης χαρακτηρίζεται ως «**προνεογενές υπόβαθρο**». Πλειστοκαινικά ιζήματα ή και νεότερα ιζήματα, εμφανίζονται σποραδικά και σε μικρή έκταση σ' όλο το νησί (Freudental 1969, Creutzburg & Seidel 1975).

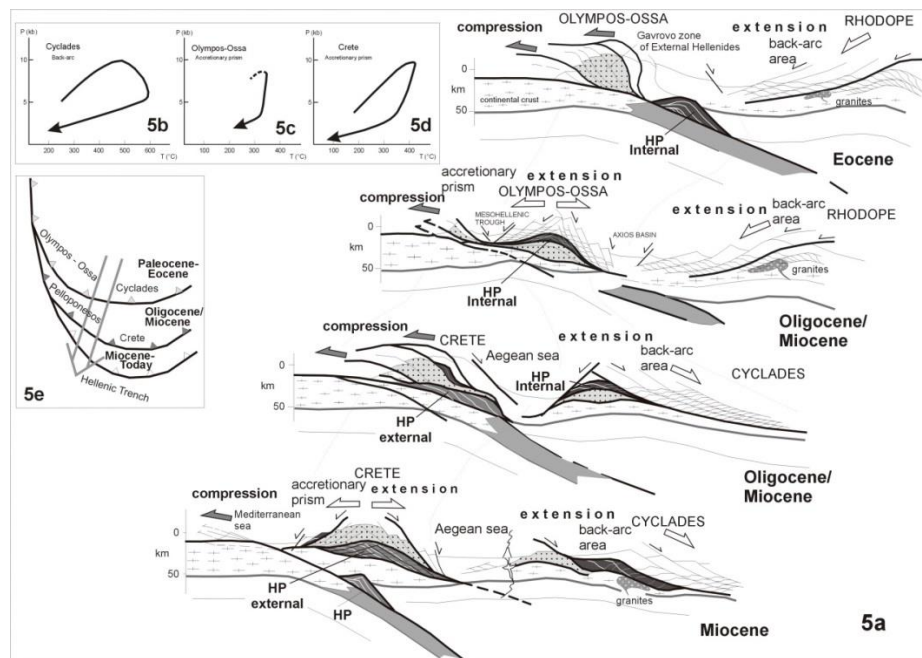
Η δημιουργία του πολύπλοκου οικοδομήματος τεκτονικών καλυμμάτων του νησιού, έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογένεσης, από το Άνω Ιουρασικό / Κάτω Κρητιδικό έως το Ολιγόκαινο / Μειόκαινο. Η τοποθέτηση αυτή συνδέεται με αλληπάλληλα συμπιεστικά, τεκτονικά γεγονότα, που διαδέχονταν περίοδοι έκτασης του φλοιού, σε καθεστώς σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών της Αφρικής και της Ευρασίας και ηπειρωτικών συγκρούσεων, ενδιάμεσων μικροηπείρων (Mountrakis 1986, Kiliias et al 1999, Kiliias et al 2002).

Η τελευταία ηπειρωτική σύγκρουση έλαβε χώρα στο Τριτογενές διαμόρφωσε δραστικά τη σημερινή τεκτονική δομή του νησιού. Κατά τη διάρκεια αυτού του τεκτονικού γεγονότος, οι κατώτερες τεκτονικές ενότητες υποβυθίστηκαν στη ζώνη υποβύθισης της Αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από την Ευρασιατική με αποτέλεσμα να υποστούν μια μεταμόρφωση σε συνθήκες υψηλής πίεσης/χαμηλής θερμοκρασίας (HP/LT). Η ηλικία αυτής της HP/LT-μεταμόρφωσης χρονολογήθηκε ως Ολιγοκαινική / Μειοκαινική (25-20 εκ. χρόνια) (Seidel et al 1982). Αντίθετα τα ανώτερα τεκτονικά καλύμματα, κατά την περίοδο αυτή, δεν επηρεάστηκαν από το αντίστοιχο μεταμορφικό γεγονός. Επηρεάζονται όμως, από έντονη συμπιεστική τεκτονική, με συνέπεια την πτύχωση και λεπίωση τους κατά την περίοδο Ολιγοκαίνου-Κάτω Μειοκαίνου.

Στη συνέχεια στο Κάτω Μειόκαινο αναπτύσσεται η αντίθετη δυναμική, που χαρακτηρίζεται από την κατάρρευση και καταστροφή αυτού του οικοδομήματος των τεκτονικών καλυμμάτων, με συνέπεια την οριζόντια έκταση και την κατακόρυφη λέπτυνση του φλοιού. Από την περίοδο του Κάτω Μειοκαίνου τα HP/LT – πετρώματα της κατώτερης πλάκας, ακολουθούν την αντίστροφη πορεία προς τα πάνω. Έτσι σε μικρό γεωλογικά χρονικό διάστημα με γρήγορη ταχύτητα αποκαλύπτονται περίπου στα 10 εκ. χρόνια, με τη δράση ενός μεγάλου μικρής γωνίας κανονικού ρήγματος διαφυγής (Detachment),(σχ. 2.4, Kiliias et al 1994, Fassoulas et al 1994).



Ακριβώς πάνω από τα HP/LT-πετρώματα, εμφανίζονται, ως το άνω τέμαχος του ρήγματος διαφυγής, κατά σειρά από κάτω προς τα πάνω, τα αμεταμόρφωτα τεκτονικά καλύμματα Τρίπολης και Πίνδου και ακολουθεί το υπόλοιπο οικοδόμημα τεκτονικών καλυμμάτων, όπως περιγράφηκε.



**Σχ. 2.4.** Σχηματικές γεωλογικές τομές, που καταγράφουν τα κύρια στάδια της γεωλογικής εξέλιξης των Ελληνίδων κατά τη διάρκεια του Τριτογενούς (από Kiliias et al. 2002).

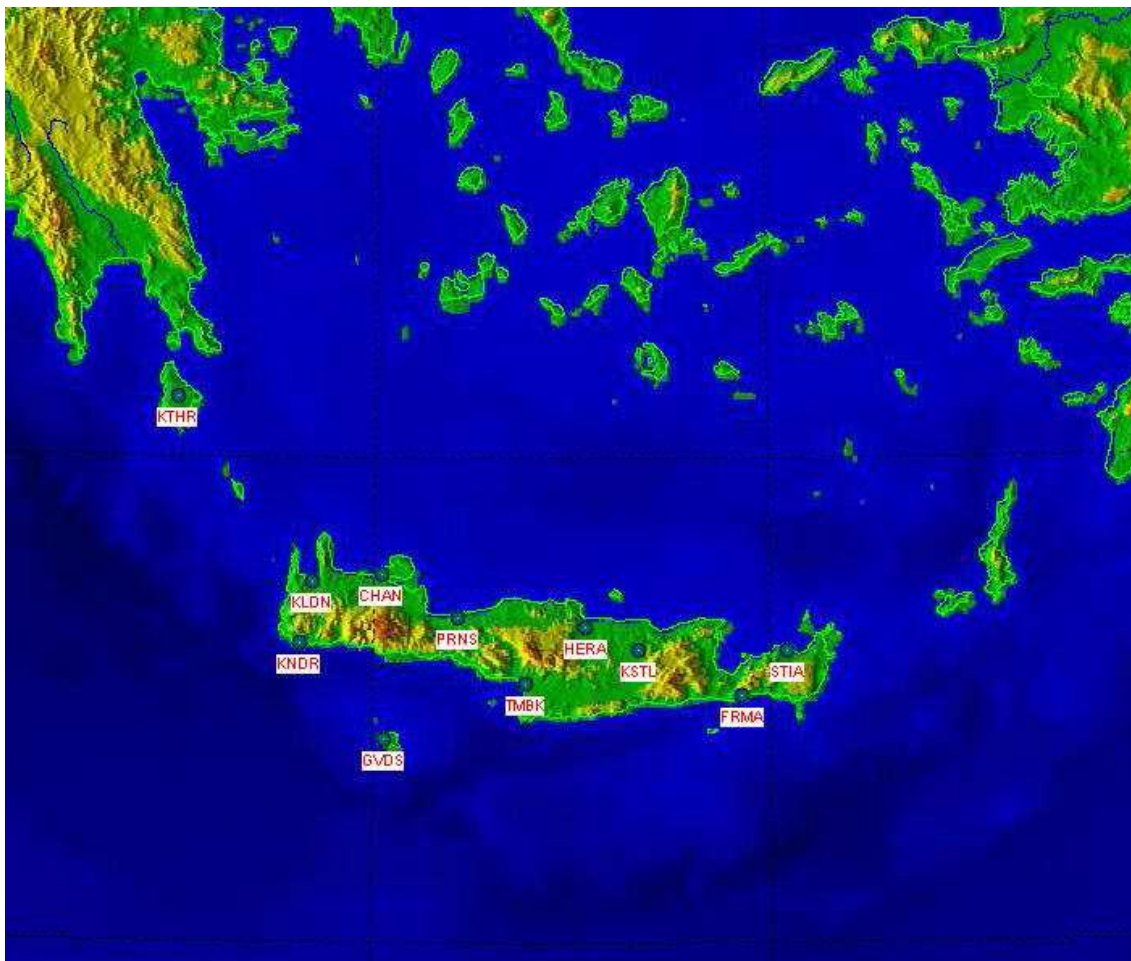
Κατά τη διάρκεια της καταστροφής των τεκτονικών καλυμμάτων που ξεκίνησε από το Μέσο Μειόκαινο και συνεχίζεται μέχρι σήμερα, σε καθεστώς οριζόντιου εφελκυσμού και έκτασης του φλοιού γίνεται η οργάνωση των τεκτονικών λεκανών του νησιού. Αρχικά αποτίθενται συνήθως, κλαστικά ιζήματα και στη συνέχεια μέχρι το Πλειόκαινο, θαλάσσιες έως υφάλμυρες αποθέσεις. Πρόσφατα Πλειστοκαινικά και νεότερα, κλαστικά κυρίως, ιζήματα, προερχόμενα από τη διάβρωση των ανυψωμένων λιθολογικών σχηματισμών, αποτίθενται στα χαμηλότερα, μορφολογικά τμήματα του νησιού, σχηματίζοντας μικρού πάχους συνήθως, χερσαίες αποθέσεις.

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 3**

### **3.1 ΤΟ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ**

Το Εργαστήριο Γεωφυσικής & Σεισμολογίας του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης παραδοσιακά δραστηριοποιείται σε ευρύ τμήμα της έρευνας που διενεργείται στα πεδία της Σεισμολογίας, της Φυσικής του Εσωτερικού της Γης και της Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής. Ιδιαίτερα, εστιάζει τις ερευνητικές του προσπάθειες στην πολυπαραμετρική μελέτη των σεισμικών καταστροφών, στη σεισμοτεκτονική, στην πρόγνωση των σεισμών, στην πολυκλαδική χωροχρονική εκτίμηση και διαχείριση της σεισμικής επικινδυνότητας, στις μικροζωνικές μελέτες, στην παραμόρφωση και δομή του φλοιού και του άνω μανδύα της Γης, στη φυσική των γεωυλικών, στη μελέτη της δομής του εσωτερικού της Γης με σεισμολογικές και γεωφυσικές μεθόδους διασκόπησης με έμφαση στον καθορισμό της δομής των ανώτερων στρωμάτων που παρουσιάζουν οικονομικό, περιβαλλοντικό και αρχαιολογικό ενδιαφέρον (αρχαιομε-τρία). Επίσης, εφαρμόζει αρχές Τηλεπισκόπησης και GIS στη Γεωφυσική, τη Σεισμολογία και το Γεωπεριβάλλον. Στην κατεύθυνση επίλυσης των επιστημονικών προβλημάτων που την απασχολούν, η ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Γεωφυσικής & Σεισμολογίας έχει εγκαταστήσει και λειτουργεί ένα προηγμένο τηλεμετρικό δίκτυο σεισμολογικών σταθμών εγκατεστημένων στην Κρήτη και το Ν. Αιγαίο και μεριμνά για την αδιάλειπτη λειτουργία του. Για την απρόσκοπτη διασύνδεση των περιφερειακών σταθμών, εφαρμόζονται σύγχρονες και αξιόπιστες ευρυζωνικές τεχνικές, με κορυφαία τη χρήση δορυφορικών ζεύξεων (με χρήση του Ελληνικού δορυφόρου Hellas Sat II) μέσω του μοναδικού σε σεισμολογικό φορέα στην Ελλάδα και στη Νοτιο Ανατολική Μεσόγειο Private Satellite Hub που διαθέτουμε και το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί και από άλλους σεισμολογικούς φορείς. Όλοι οι σταθμοί του Τηλεμετρικού Σεισμολογικού Δικτύου Κρήτης (HSNC) είναι δηλωμένοι στους επίσημους καταλόγους των International Seismological Centre

(ISC) και International Federation of Digital Seismograph Networks(FDSN).Το Εργαστήριο έχει διαρκή και στενή συνεργασία με ερευνητικές ομάδες από την Ελλάδα και σχεδόν όλες τις χώρες της Μεσογείου (με έμφαση αναφέρεται η ιδιαίτερα στενή συνεργασία με την Ιταλία),καθώς επίσης το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιαπωνία, τη Ρωσία, τις Η.Π.Α. και άλλες χώρες. Αξιοσημείωτη είναι και η υφιστάμενη συνεργασία με τη Διεύθυνση Φυσικών Καταστροφών της UNESCO. (Φ. Βαλλιανάτος: Καθηγητής, ΤΕΙ Κρήτης).

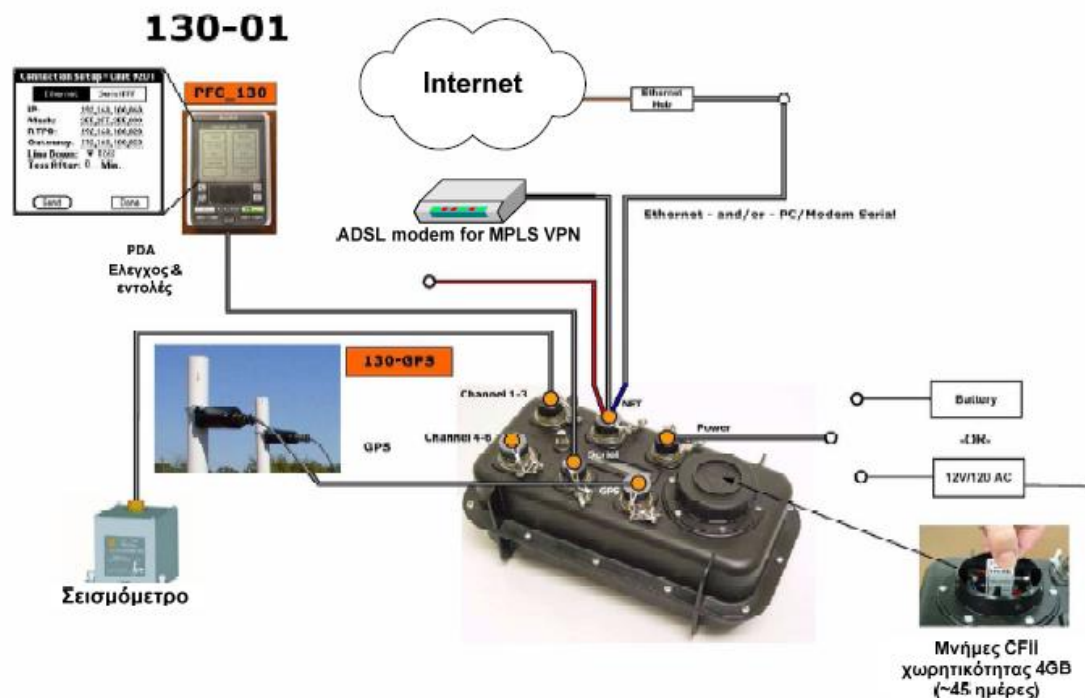


Σχήμα 3.1 Περιφερειακοί σταθμοί οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία της Κρήτης



## 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Στο σχήμα 3.2 παρατίθεται η τοπολογία και διαμόρφωση ενός τυπικού σταθμού πεδίου του Τηλεμετρικού Σεισμολογικού Δικτύου Κρήτης (HC-SNC) το οποίο εκτείνεται πλέον σε ολόκληρη τη νήσο Κρήτη και το Νότιο Αιγαίο.



Σχήμα 3.2 Ένας τυπικός στάθμης του δικτύου.

- Συνίσταται από αυτόνομους, αυτοματοποιημένους περιφερειακούς μετρητικούς σταθμούς που ενσωματώνουν προηγμένες τεχνικές και τεχνολογίες ψηφιακών μετρήσεων.
- Στηρίζεται σε ενσύρματη ή/και ασύρματη μεταγωγή δεδομένων αξιοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες τηλεμετάδοσης (οπτικές ίνες, ISDN, DSL, δορυφορικές ζεύξεις, διαδίκτυο κλπ)

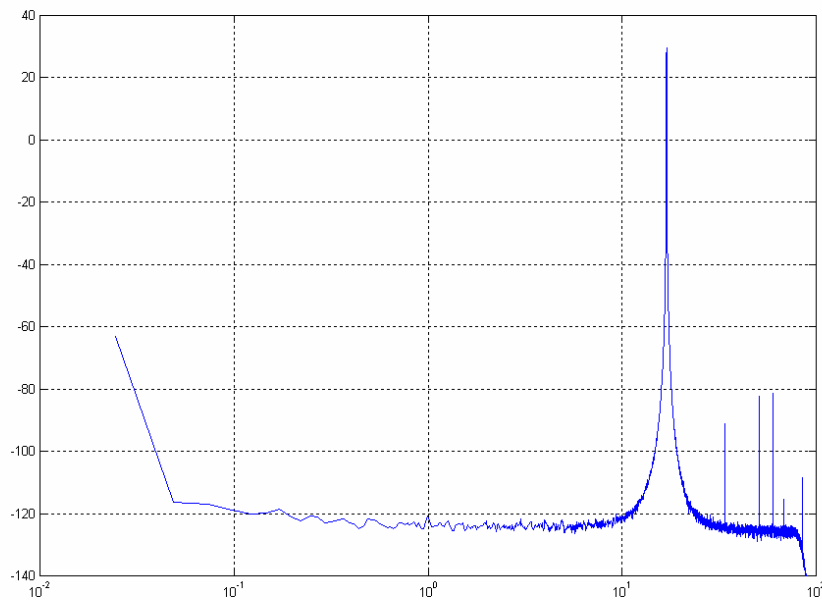
- Πραγματοποιεί τηλεμετρία σε πραγματικό χρόνο.
- Διαθέτει Κεντρικό Σταθμό (ΚΣ) επιτήρησης και μαζικής αποθήκευσης δεδομένων (τοπολογία αστέρα).
- Είναι σε θέση να παρέχει ασφαλή και διαρκή πρόσβαση (μέσω του διαδικτύου) στη βάση δεδομένων του σε πιστοποιημένους χρήστες.
- Μέσα από το έργο ΤΑΛΩΣ (ΣΠ-ΚΡ\_7) ενισχύθηκε η δυνατότητα αυτοματοποιημένης διάχυσης επιλεγμένων δεδομένων ή/και πληροφοριών σε φορείς-χρήστες.

Το μοντέλο 130-01 της εταιρείας REFTEK (Σχήμα 3.3) είναι ένας ψηφιοποιητής 3ης γενιάς ο οποίος έχει αναπτυχθεί ειδικά για σεισμολογικές εφαρμογές σε συνεργασίας με το Incorporated Research Institutions of Seismology (IRIS). Οι προδιαγραφές του βασίζονται στην αρθρωτή και επεκτάσιμη σχεδίαση με βασικό γνώμονα την ευκολία ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών και λειτουργιών όταν και όπως απαιτηθεί.



Σχήμα 3.3 REFTEK

Τα κυκλώματα ADC είναι θωρακισμένα και οι διασυνδέσεις εισόδου είναι υλοποιημένες σε ξεχωριστό δίαυλο από τις ψηφιακές τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του εγγενούς θορύβου. Στο σχήμα 3.4 απεικονίζεται το φασματικό περιεχόμενο του εγγενούς θορύβου υπό διαφορετικές συνθήκες για δειγματοληψία 100Hz.



σχήμα 3.4

Ο ψηφιοποιητής 130-01 είναι εξοπλισμένος με ένα  $\Delta$ - $\Sigma$  μετατροπέα A/D ανάλυσης 24-bit, χαμηλής κατανάλωσης και έναν αντίστοιχο επεξεργαστή ψηφιακού σήματος (DSP). Υπάρχει η δυνατότητα διαφορετικών ρυθμών δειγματοληψίας, επιλεγόμενων από τον χρήστη. Τα ενσωματωμένα ψηφιακά φίλτρα προσδίδουν μια δυναμική περιοχή της τάξης των 135dB. Ο ρυθμός δειγματοληψίας μπορεί να επιλεγεί μεταξύ των τιμών 1000, 500, 250, 200, 125, 100, 50, 40, 25, 20, 10, 5, και 1 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο (ανά κανάλι). Σε κάθε ρυθμό δειγματοληψίας η χρήση φίλτρων FIR προφέρει σχεδόν ευθεία απόκριση στο 80% της περιοχής συχνοτήτων κατά Nyquist. Η απολαβή επίσης είναι ρυθμιζόμενη στις κλίμακες (x1) ή (x32) – (x100).

Η ακρίβεια του χρόνου (για τον ακριβή συγχρονισμό) επιτυγχάνεται αφενός με έναν υψηλής ακρίβειας κρυσταλλικό ταλαντωτή και αφετέρου με χρήση εξωτερικής πηγής αναφοράς χρόνου με χρήση εξωτερικού δέκτη GPS (σχήμα 3.5). Όταν εκκινεί το 130-01 ο χρόνος ορίζεται από την τιμή που έχει το εσωτερικό ρολόι, το οποίο μπορεί να ρυθμιστεί είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα από το GPS. Η έξοδος του GPS ελέγχεται και μόλις επιτευχθεί η λήψη ενός ικανού αριθμού δορυφόρων, η ανανέωση της βάσης χρόνου γίνεται από εκεί και πέρα, αυτόματα.



Σχήμα 3.5

Το σεισμόμετρο (σχήμα 3.6) που χρησιμοποιείται είναι το μοντέλο CMG-40T της εταιρείας GURALP, τριών συνιστωσών, το οποίο παρουσιάζει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- Γραμμικότητα μέτρησης 90db
- Απευθείας έξοδοι ταχύτητας
- Ατσάλινο, αδιάβροχο περίβλημα
- Ρυθμιζόμενη οριζοντίωση
- Υψηλή ευαισθησία



Σχήμα 3.6

Ο ψηφιοποιητής 130-01 έχει σχεδιαστεί λαμβάνοντας υπόψη τη φορητότητα, ευκολία χρήσης, χαμηλή κατανάλωση και με ελάχιστη ανάγκη συντήρησης. διαθέτει 6 εισόδους – εξόδους, LCD οθόνη και μια αφαιρούμενη υποδοχή καρτών CF. Συγκεκριμένα διαθέτει 2 υποδοχές τριών καναλιών εκάστη, μία υποδοχή *Terminal* για έλεγχο και παρακολούθηση, μία υποδοχή *Net* που συνδυάζει διασύνδεση Ethernet και Serial PPP για πρόσβαση δικτύου, μία υποδοχή 12 VDC *Power* και μία υποδοχή *GPS* για σύνδεση με την αντίστοιχη εξωτερική κεραία. Η LCD απεικονίζει περιοδικά τις σημαντικότερες πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση του ψηφιοποιητή επιτρέποντας στον χρήστη την βραχεία παρακολούθηση της διάταξης δίχως την ανάγκη χρήσης υπολογιστή παλάμης:

- Τάση τροφοδοσίας και εσωτερικής μπαταρίας
- Θερμοκρασία
- SRAM χωρητικότητα
- Ώρα και κατάσταση GPS
- Χρήση CF και υπολειπόμενη χωρητικότητα

Η μεταφορά των δεδομένων προς τον Κεντρικό Σταθμό του Σεισμολογικού Δικτύου Κρήτης (HC-SNC) υλοποιείται σε συνεχή ροή με χρήση δορυφορικής ζεύξης (iDirect και Hellas Sat) για τους σταθμούς GVDS και KTHR και ενσύρματη ευρυζωνική ζεύξη (MPLS/VPN over ADSL) για τους σταθμούς KSTL και FRMA. Σε περίπτωση διακοπής της ζεύξης για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (>15min) ο ψηφιοποιητής είναι εφοδιασμένος με σύστημα αποθήκευσης με χρήση καρτών Compact Flash (CF). Κάθε σταθμός είναι εφοδιασμένος με κάρτες CF συνολικής χωρητικότητα 4GB. Η τεχνολογία αποθήκευσης Compact Flash έχει αποδειχτεί αξιόπιστη για αποθήκευση δεδομένων σε κρίσιμες συνθήκες κάτω από εξαιρετικά αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες (μη κινούμενα μέρη άρα ιδιαίτερη αντοχή σε συνθήκες υγρασίας, υψηλού υψομέτρου και χαμηλής κατανάλωσης) και για το λόγο αυτό προτιμήθηκαν. Ο ψηφιοποιητής 130-01 έχει ενσωματωμένη τη δυνατότητα συμπίεσης των δεδομένων υπό πρωτόκολλο Steim2 εξασφαλίζοντας κατά μέσο όρο ένα λόγο συμπίεσης 6 για σεισμολογικά δεδομένα (με συνήθεις συνθήκες

εδαφικού θορύβου). Με βάση εμπειρικούς υπολογισμούς, κάθε ψηφιοποιητής μπορεί να συλλέξει και να αποθηκεύσει συμπιεσμένα 4GB που αντιστοιχούν περίπου σε 170 ημέρες (δειγματοληψία 100Hz, τρία κανάλια). Τα δεδομένα αποθηκεύονται με χρήσιμη τεχνική “ring-buffer”. Το format των δεδομένων ονομάζεται REFTEK data format και είναι συμβατό με το ευρέως διαδεδομένο PASCAL format.

Η ύπαρξη τηλεπικοινωνιακής ζεύξης επιτρέπει τη μεταφορά των δεδομένων με χρήση του πρωτοκόλλου ftp προς τοπικό τερματικό ή προς τον Κεντρικό Σταθμό (ΚΣ). Με τον τρόπο αυτό, ακόμη και σε περίπτωση πολυήμερης διακοπής της τηλεπικοινωνιακής ζεύξης τα δεδομένα αποθηκεύονται στις κάρτες CF και με τη επαναφορά της ζεύξης γίνεται η αντίστοιχη ανάκτηση δεδομένων με χρήση ftp. Η μετατροπή των δεδομένων μεταξύ των διάφορων σεισμολογικών formats πραγματοποιείται στον ΚΣ προσδίδοντας έτσι την παραμετρικότητα και την πολυχρηστικότητα που απαιτείται σήμερα, λόγω της ύπαρξης διαφορετικών format σεισμολογικών δεδομένων.

Όπως προαναφέρθηκε, οι κάρτες CF επιτρέπουν την αποθήκευση των ίδιων δεδομένων με αυτά που αποστέλλονται στον ΚΣ, έτσι ώστε σε περίπτωση που έχουμε οποιαδήποτε διακοπή της τηλεπικοινωνιακής ζεύξης, να μην υπάρξει απώλεια δεδομένων. Επιπλέον, αν η διακοπή είναι μικρής διάρκειας (<5min) τότε τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί στην ενδιάμεση μνήμη, πέραν της εγγραφής τους στις CF, αποστέλλονται στον ΚΣ με την επαναφορά της ζεύξης. Ο διαχειριστής του σεισμολογικού δικτύου έχει τη δυνατότητα με χρήση του κοινού πρωτοκόλλου *ftp* να αντλήσει τα δεδομένα που του λείπουν. Τα 4GB που συνιστούν τη συνολική χωρητικότητα των CF στον ψηφιοποιητή, επιτρέπουν περίπου 170 ημέρες συνεχών καταγραφών. Μετά το πέρας αυτής της χρονικής περιόδου, ενεργοποιώντας τη λειτουργία “auto-wrap”, τα δεδομένα εγγράφονται διαγράφοντας τα παλαιότερα.

Ο ψηφιοποιητής 130-01 έχει σχεδιαστεί με βασικό γνώμονα τη λειτουργία του σε μη εποπτευόμενες εγκαταστάσεις. Αυτό σημαίνει ότι η αντοχή του σε

ιδιαίτερες περιβαλλοντικές συνθήκες είναι εγγυημένη. Χρησιμοποιείται σε πλείστες εγκαταστάσεις όπου υπάρχουν ακραίες καταστάσεις παγετού, ζέστης, υγρασίας, σκόνης δίχως να παρουσιαστούν προβλήματα. Κάθε κρίσιμο υποσύστημα βρίσκεται εντός ενός πλήρους σφραγισμένου περιβλήματος και έχει δοκιμαστεί για εξωτερική θερμοκρασία 60°C. Το λογισμικό των κρίσιμων υποσυστημάτων είναι αποθηκευμένο σε διπλές μνήμες EPROM's ενώ χρονοστές watchdog προστατεύουν το όλο σύστημα από πιθανές αστοχίες της τροφοδοσίας. Επιπρόσθετα, αρχεία State-of-Health (SOH) δημιουργούνται μαζί με τα δεδομένα προκειμένου να παρέχουν στον τελικό χρήστη όλες τις δυνατές πληροφορίες για την κατάσταση του ψηφιοποιητή.

Ο έλεγχος και η παραμετροποίηση των ψηφιοποιητών 130-01 γίνεται με δύο τρόπους: είτε τοπικά, με χρήση υπολογιστή παλάμης (PDA - Personal Data Assistant), είτε εξ' αποστάσεως. Η δεύτερη προσέγγιση αξιοποιεί όλες τις σύγχρονες δυνατότητες τηλεμετρίας και επιτρέπει στο διαχειριστή του Σεισμολογικού Δικτύου να ελέγχει με τη χρήση του κατάλληλου software (διαμέσου δικτύου βασισμένου σε πρωτόκολλο TCP/IP) είτε κάθε σταθμό ξεχωριστά, είτε καθολικά όλο το δίκτυο. Οι λειτουργίες παραμετροποίησης και ελέγχου είναι ίδιες, είτε γίνονται τοπικά, είτε εξ' αποστάσεως.

Η παραμετροποίηση και ο έλεγχος τοπικά, γίνεται με τη χρήση υπολογιστή παλάμης (PDA) με λειτουργικό σύστημα Palm OS. Το PDA συνδέεται στη σειριακή θύρα *Terminal* και μπορεί να επιτελέσει όλες τις λειτουργίες παραμετροποίησης και πρωταρχικής παρακολούθησης του ψηφιοποιητή.



Σχήμα 3.7

Τυπικές οθόνες λειτουργίες απεικονίζονται στο σχήμα 3.7. Μόλις ρυθμιστεί ο ψηφιοποιητής το PDA μπορεί να αφαιρεθεί. Επιπρόσθετα, αν μετά το πέρας της ρύθμισης διακοπεί η τροφοδοσία του ψηφιοποιητή, μόλις επανεκκινήσει θα έχει διατηρήσει τις ρυθμίσεις που του έγιναν καθότι διαθέτει εσωτερική μπαταρία. Η ισχύς αποτελεί πάντα έναν σημαντικό παράγοντα στις εγκαταστάσεις σταθμών πεδίου. Ο παρόν ψηφιοποιητής, 3ης γενιάς, έχει καταφέρει να καταναλώνει 375mWatts ανά κανάλι, για ανάλυση 24bits λόγω της χρήσης λογικής 3.3VDC αντί 5VDC. Επιπρόσθετα, έχουν γίνει παρεμβάσεις ώστε κατά τη διάρκεια ενός κύκλου εργασίας, τα μικροϋπολογιστικά συστήματα να μηδενίζουν οποιαδήποτε περιττή κατανάλωση ενέργειας. Π.χ., όταν ο μετατροπέας A/D εξάγει δεδομένα στην μνήμη, η CPU μεταβαίνει σε κατάσταση sleep κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Έτσι, σε μία τυπική εγκατάσταση σταθμού πεδίου, η CPU παραμένει ενεργή περίπου στο 1% του χρόνου που απαιτεί ο μετατροπέας A/D για να μεταφέρει τα δεδομένα του



στην μνήμη. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις καταναλώσεις για τυπικές εφαρμογές:

Passive Broadband Recording Continuously @ 40 and 1 sps:	~ 1 Watt
Passive Short Period Recording Continuously @ 100 sps:	~ 1 Watt
Passive Source Recording with a 50% Duty Cycle @ 500 sps:	~ 1 Watt
Seismometry Transmitting 100sps, 40sps and 1sps using the Serial Port:	~ 1.4 Watts

Ένα σύστημα καταγραφής βασισμένο στον ψηφιοποιητή 130-01 (αποτελούμενο από σεισμόμετρο τριών συνιστωσών, GPS, διατάξεις αποθήκευσης και μετάδοσης δεδομένων) μπορεί να τροφοδοτηθεί από μία μπαταρία μολύβδου, η οποία για μία τυπική χωρητικότητα 5Ah μπορεί να διαρκέσει εβδομάδες μέχρι να χρειαστεί επαναφόρτιση. Στην περίπτωση των εν λόγω σταθμών, η εγκατάσταση έχει γίνει με μπαταρίες που βρίσκονται σε κατάσταση stand-by, δηλαδή υπάρχει τροφοδοτικό DC για την παροχή ισχύος. Σε περίπτωση αστοχίας ή διακοπής του, οι εγκατεστημένες μπαταρίες αναλαμβάνουν να παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ. Ταυτόχρονα υπάρχει και διάταξη φόρτισης των μπαταριών.

Αν και οι ψηφιοποιητές 130-01 ενσωματώνουν υψηλής ποιότητας αλγόριθμους αναγνώρισης σεισμικών γεγονότων επελέγη η συνεχής ροή δεδομένων προς τον ΚΣ και η επεξεργασία τους εκεί τόσο από το αυτόματο σύστημα επεξεργασίας σεισμολογικών δεδομένων όσο κι από τους εκάστοτε σεισμολόγους βάρδιας.

## ΕΝΟΤΗΤΑ 4

### 4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

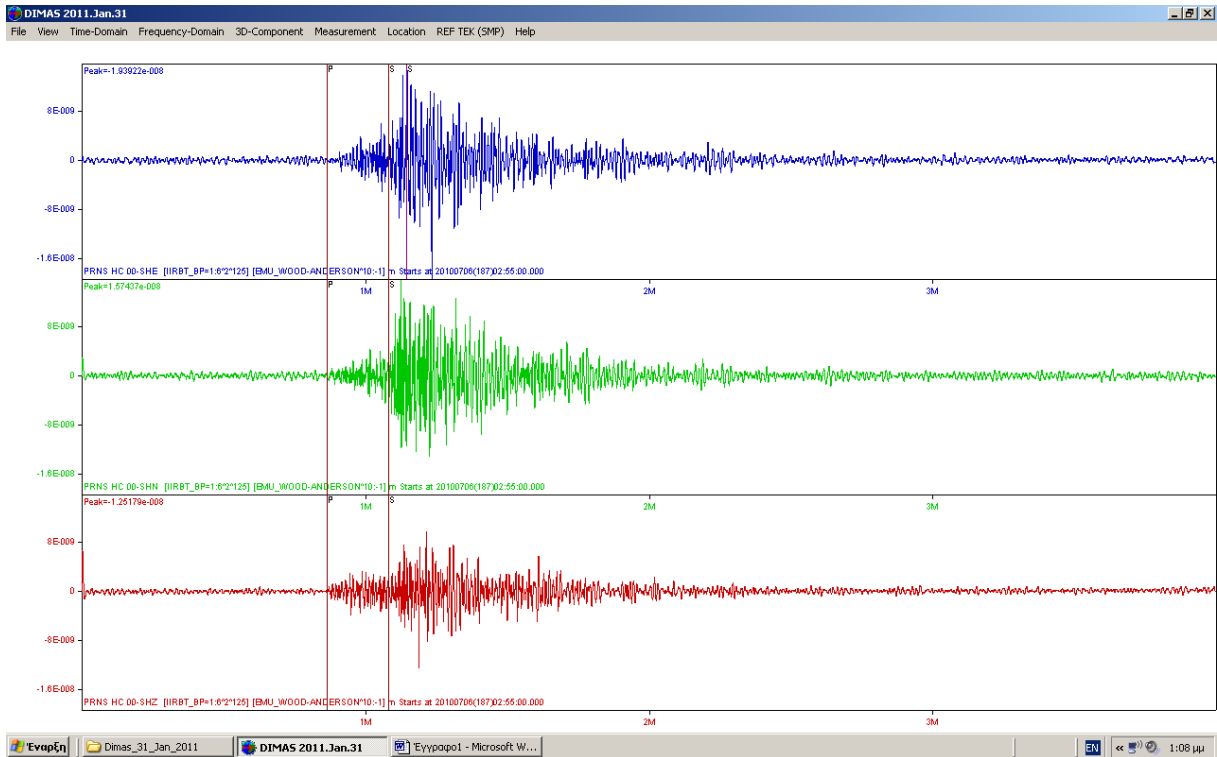
Για την εκτέλεση της πτυχιακής είχαμε στη διάθεση μας δεδομένα τα οποία λήφθηκαν από δίκτυο σειсмоγράφων. Οι σταθμοί , καθώς και οι κωδικές ονομασίες τους οι οποίες αναγράφονται με λατινικούς χαρακτήρες παρουσιάζονται από κάτω :

1. Τυμπάκι TMBK
2. Σητεία -STIA
3. Φέρμα - FRMA
4. Γαύδος - GVDS
5. Ηράκλειο - HRKL
6. Κουντούρα - Χανιά - KNDR
7. Καστέλι Πεδιάδος - Ηράκλειο KSTL
8. Πρινές - Ρέθυμνο – PRNS
9. Ζάκρο - ZKR

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό Dimas το οποίο έχει σχεδιαστεί για τη λεπτομερή επεξεργασία και οπτική ανάλυση των ψηφιακών σεισμικών σημάτων από ψηφιακά σεισμικούς σταθμούς. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για τους χρήστες των οποίων το έργο είναι να καθορίσει γρήγορα τις παραμέτρους του σεισμού. Το πρόγραμμα επιτρέπει μια ποικιλία από λειτουργίες σεισμικών σημάτων στις χρονικές και φασματικές περιοχές.

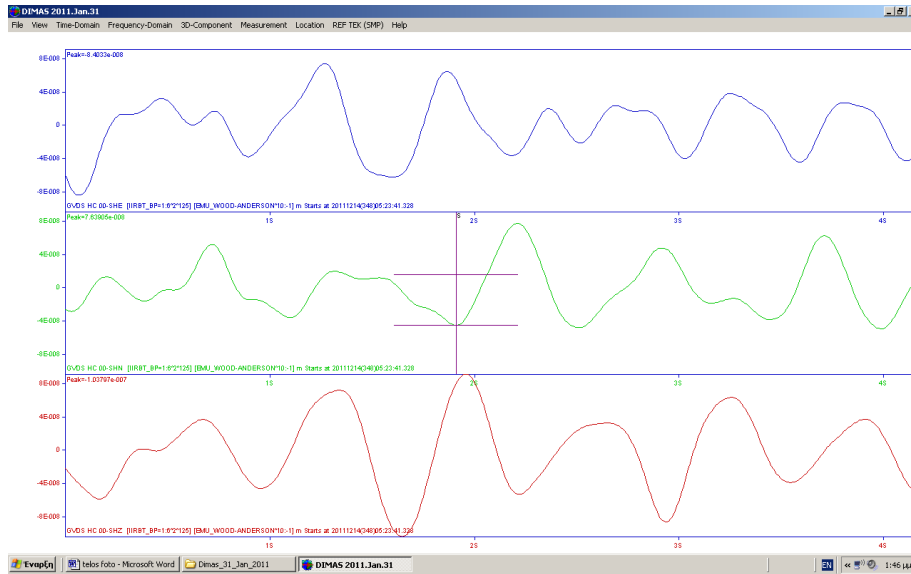
Ξεκινώντας τη διαδικασία και κάνοντας έλεγχο ώστε το πρόγραμμα να αναγνωρίζει σωστά τα δεδομένα, να τα απεικονίζει με τα σωστά χρώματα και να εμφανίζεται το όνομα του σταθμού, η ημερομηνία και η ώρα, εφαρμόζουμε μια σειρά από φίλτρα. Μετά από αυτό το στάδιο μπορεί να γίνει επιλογή των τριών

συνιστωσών του σεισμομέτρου και με την κατάλληλη εντολή να γίνει ο προσδιορισμός του χρόνου των πρώτων αφίξεων των P και S κυμάτων στην κατακόρυφη συνιστώσα.



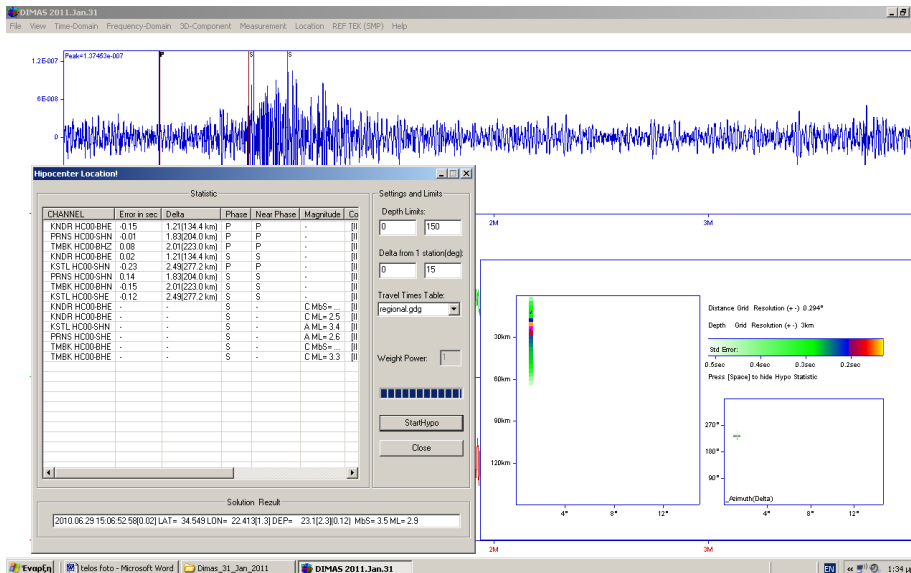
σχήμα 4.1 προσδιορισμός αφίξεων p και s κυμάτων

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε προσομοίωση σε Wood-Anderson και μαρκάραμε το μέγιστο πλάτος στα κύματα S του σεισμού και στις δύο οριζόντιες συνιστώσες και αποθηκεύσαμε το κάθε αρχείο στην έκθεσή μας. Η διαδικασία αυτή έγινε για όλους τους σεισμούς που εκδηλώθηκαν στη περιοχή έρευνάς μας .



σχήμα 4.2 προσδιορισμός μέγιστου πλάτους  $s$  κύματος

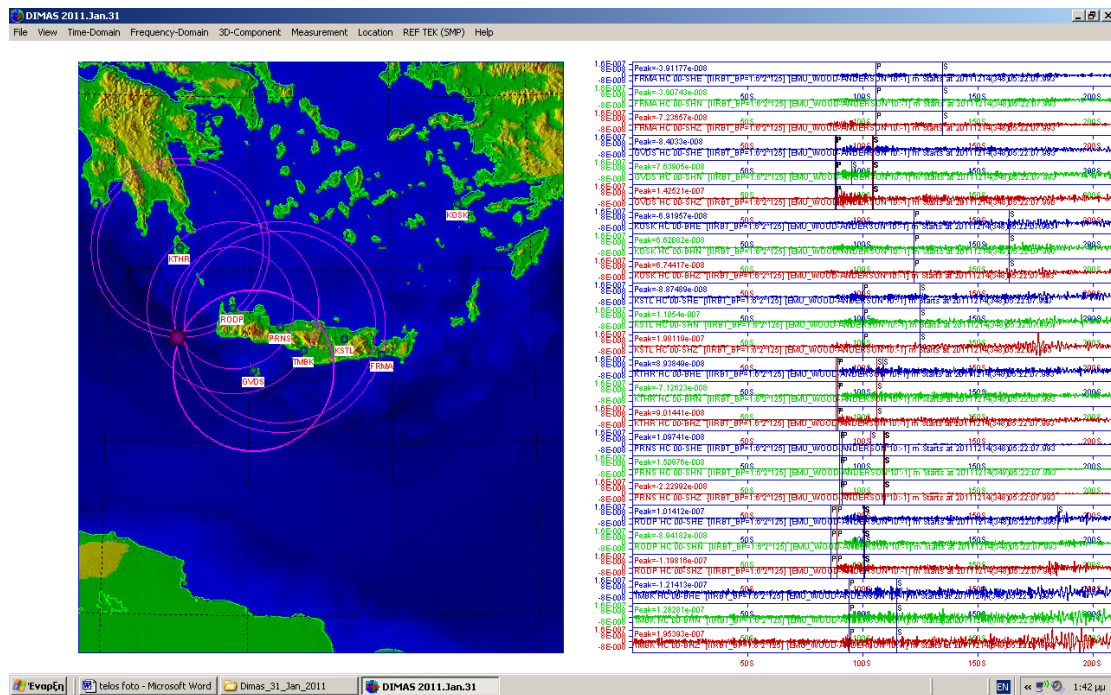
Ύστερα από το μαρκάρισμα των μέγιστων πλατών ζητάμε από το πρόγραμμα να μας δώσει την εκτίμηση του σεισμικού γεγονότος (μέρα, ώρα, γεωγραφικό μήκος και πλάτος, βάθος και μέγεθος).



σχήμα 4.3 εκτίμηση σεισμικού γεγονότος

Προσέχουμε ώστε η στήλη με την εκτίμηση του χρόνου άφιξης του  $p$  ή  $s$  κύματος, όλα τα νούμερα να είναι μικρότερα του 1, έχοντας έτσι το μικρότερο δυνατό σφάλμα. Σε διαφορετική περίπτωση πρέπει να ξαναγίνει η εκτίμηση χρόνου.

Επίσης το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα απεικόνισης του σεισμικού επικέντρου πάνω σε χάρτη της περιοχής μελέτης καθώς και των σταθμών του δικτύου που καταγράφουν τη δόνηση.

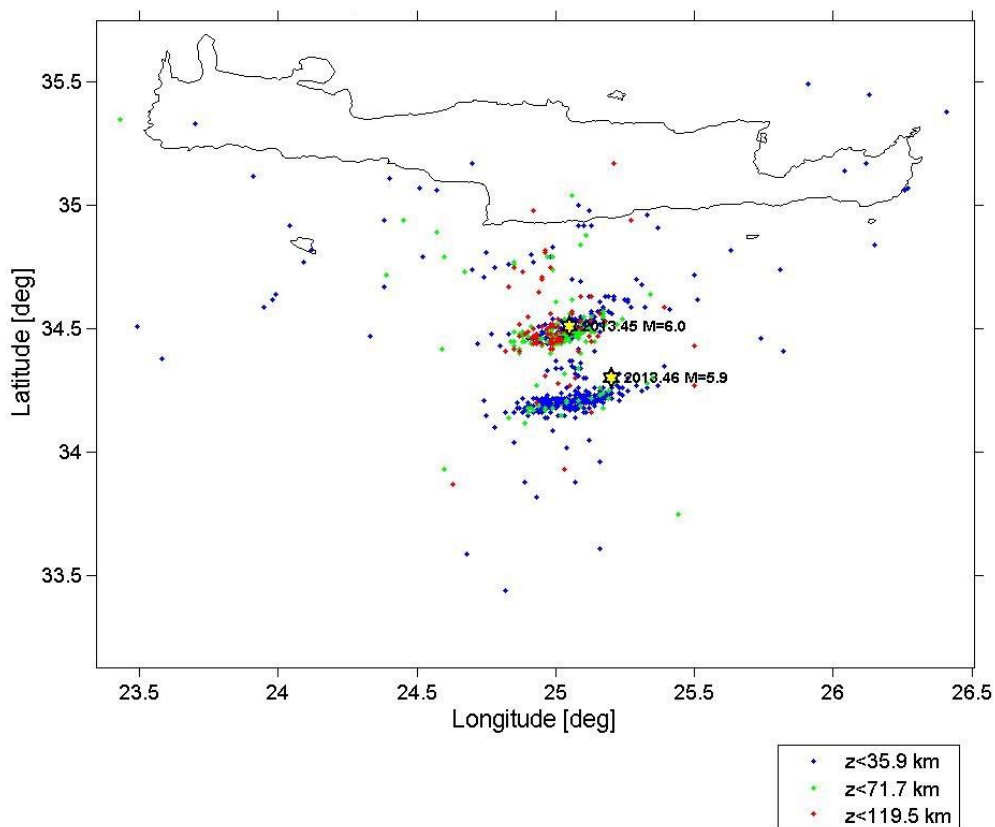


σχήμα 4.4 σεισμικό γεγονός και καταγραφή του από τους σταθμούς

Το πρόγραμμα στο τέλος αποθηκεύει μαζί όλους τους χρόνους άφιξης των  $p$  και  $s$  κυμάτων και όλα τα μέγιστα πλάτη έχοντας τη δυνατότητα να ανακτήσουμε και να επεξεργαστούμε ξανά τα δεδομένα.

## 4.2 ΣΕΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ

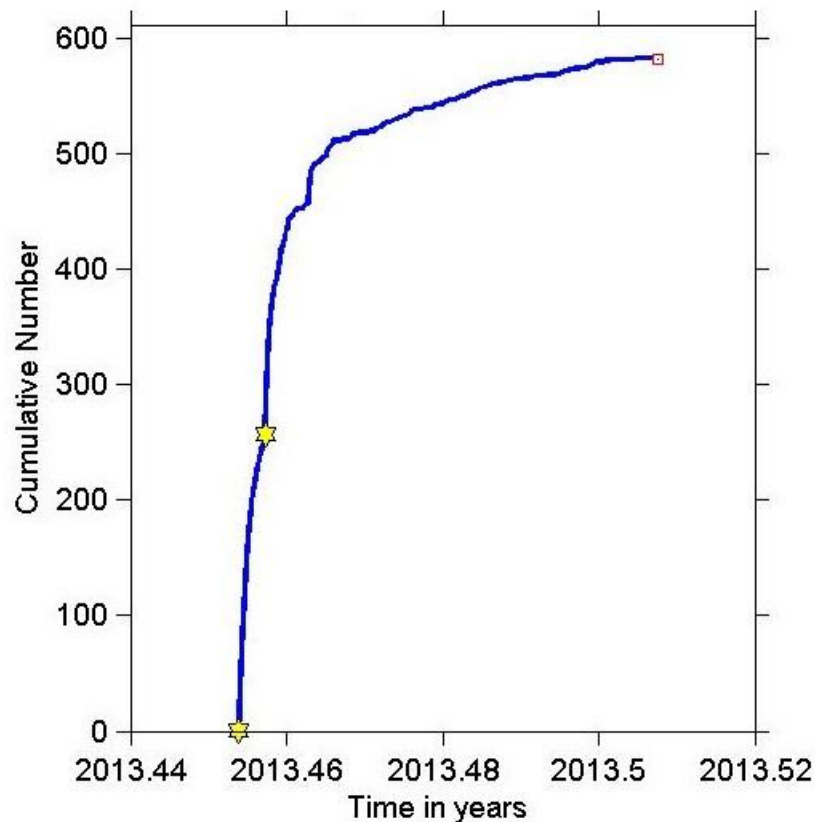
Στις 15/06/2013 στις 16:11 έγινε ένας μεγάλος σεισμός Νότια από το Τυμπάκι του Ηρακλείου Κρήτης. Οι συντεταγμένες του επίκεντρου του σεισμού είναι 25.050 για το γεωγραφικό μήκος και 34.510 για το γεωγραφικό πλάτος. Το μέγεθος του προσδιορίστηκε σε 6.0 στην κλίμακα τοπικό μέγεθος  $M_L$  και το εστιακό βάθος σε 70 km. Λίγες ώρες αργότερα στις 16/06/2013 στις 21:39 έγινε ένας άλλος μεγάλος σεισμός λίγο πιο νότια από τον πρώτο μεγάλο σεισμό. Οι συντεταγμένες του επίκεντρου του δεύτερου μεγάλου σεισμού είναι 25.200 για το γεωγραφικό μήκος και 34.300 για το γεωγραφικό πλάτος. Το μέγεθος του προσδιορίστηκε σε 5.9 στην κλίμακα τοπικό μέγεθος  $M_L$  και το εστιακό βάθος σε 73km. (Σχήμα 4.5)



Σχήμα 4.5 Οι δυο μεγάλοι σεισμοί και η μετασεισμοί που ακλούθησαν καθώς και η κατανομή τους στο βάθος.

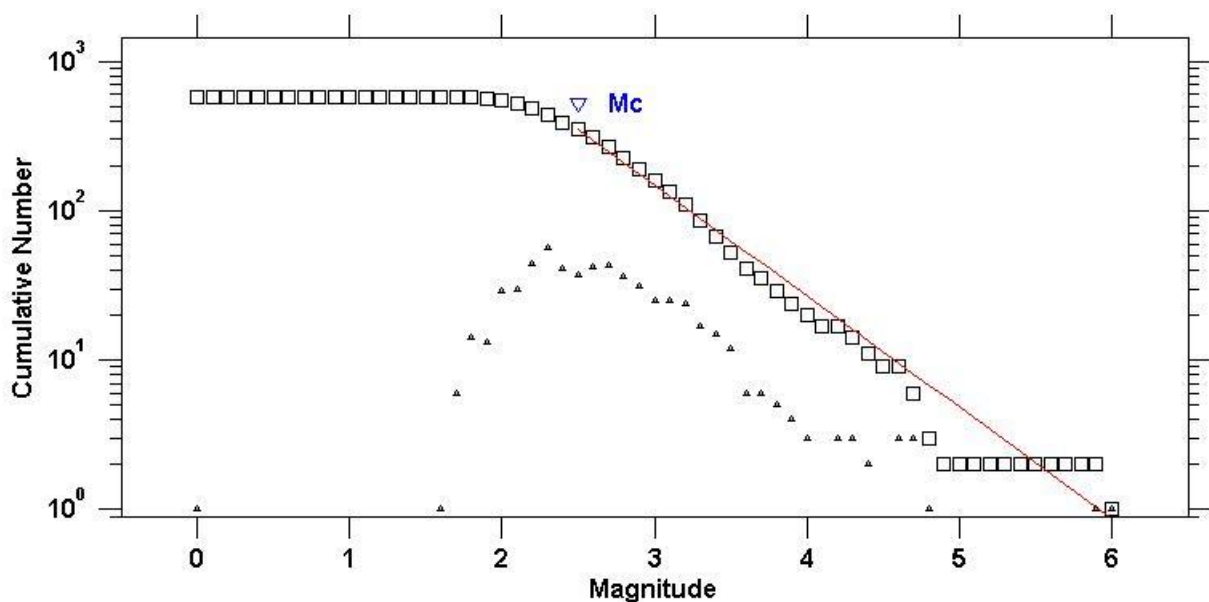
Συνολικά κατεγράφησαν 583 σεισμικά γεγονότα στο χρονικό διάστημα 15/06/2013 έως 5/07/2013, για την περιοχή του χώρου μελέτης. Οι καταγραφές βασίζονται στο αυτόματο σύστημα αναγνώρισης σεισμικού σήματος που είναι εγκατεστημένο στον Κεντρικό Σταθμό του Τ.Ε.Ι. Κρήτης καθώς και στη μελέτη των εικοσιτετράωρων καταγράφων του σεισμού.

Παρατηρούμε από την αθροιστική κατανομή (Σχήμα 4.6) ότι η μετασεισμική ακολουθία είναι έντονη τις πρώτες μέρες καθώς η καμπύλη της κατανομής είναι σχεδόν κατακόρυφη. Στις πρώτες είκοσι τέσσερις ώρες έχουμε 237 μετασεισμούς ενώ ο αριθμός τους φτάνει στους 417 μέσα στις πρώτες σαράντα οχτώ ώρες. Μετά ο ρυθμός μεταβολής της μετασεισμικής χαμηλώνει αισθητά.



Σχήμα 4.6 το αθροιστικό κατανομή των μετασεισμών.

Το μέγεθος πληρότητας  $M_c$  ορίζεται ως το χαμηλότερο μέγεθος στο οποίο το 100% των σεισμών ανιχνεύονται σε συγκεκριμένο χωροχρόνο. Για τον υπολογισμό του  $M_c$  για την μετασεισμική ακολουθία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα z-map (<http://www.seismo.ethz.ch>) και η μέθοδος best combination η οποία βρίσκει το καλύτερο αποτέλεσμα μεταξύ των μεθόδων Maximum curvature technique και Goodness-of-Fit Test 90 και 95%. Οι παραπάνω μέθοδοι βασίζονται στη σχέση του Gutenberg – Richter  $\log_{10} N = a - bM$ . Η maximum curvature technique είναι μη παραμετρική μέθοδος και βασίζεται στην εκτίμηση της αλλαγής της σχέσης Frequency Magnitude Distribution ενώ η Goodness-of-Fit Test είναι παραμετρική και βασίζεται στην εφαρμογή της σχέσης FMD. (Mignan, A., J. Woessner 2012) Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας είναι ότι ο κατάλογος είναι πλήρης για μετασεισμούς με τοπικό μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο με 2.5. Επίσης υπολογίστηκε η τιμή της b-value ίση με 0.74 (σχήμα 4.7).



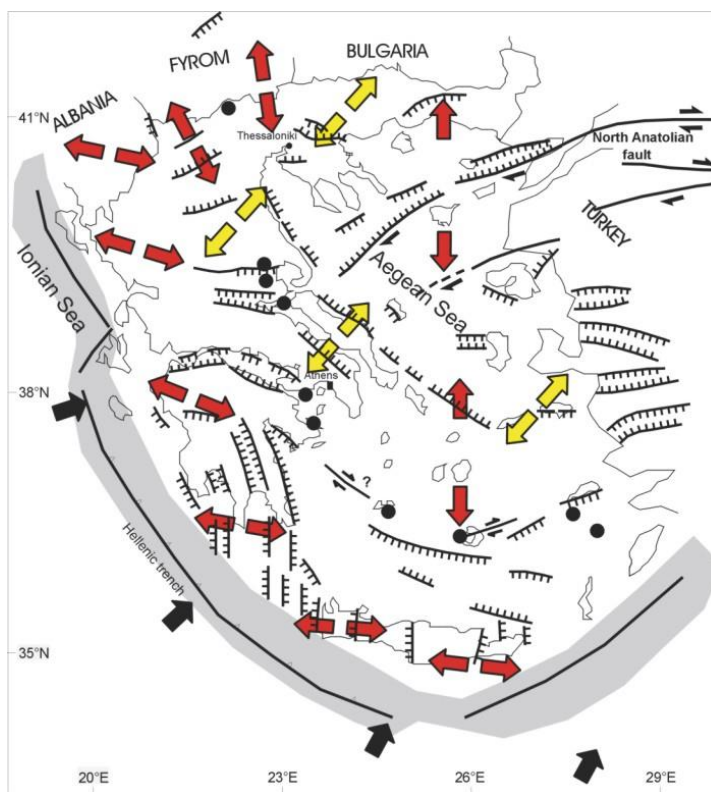
Maximum Likelihood Solution  
 b-value = 0.742 +/- 0.04, a value = 4.4, a value (annual) = 5.67  
 Magnitude of Completeness = 2.5

Σχήμα 4.7 Το μέγεθος πληρότητας της μετασεισμικής ακολουθίας



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λεπτομερή ανάλυση της μετασεισμικής ακολουθίας έδειξε ότι στην περιοχή νότια από το Τυμπάκι του Ηρακλείου έγινε ενεργοποίηση 2 ρηγμάτων. Η ενεργοποίηση έγινε με διαφορά 29 ωρών. Κάθε κύριος σεισμός είχε μια μετασεισμική ακολουθία. Τα δυο ρήγματα βρίσκονται στο εξωτερικό μέρος του Ελληνικού τόξου, στη περιοχή κατάδυσης της Αφρικάνικης πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, σε μια περιοχή με συμπιεστικές δυνάμεις. Η διεύθυνση των δυο ρηγμάτων όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα είναι Α-Δ το οποίο συνηγορεί με το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς (σχήμα 4.8) το οποίο δικαιολογεί την παρουσία ανάστροφων ρηγμάτων στην συγκεκριμένη περιοχή.



Σχήμα 4.8 το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς της Ελλάδας.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AGARWAL, N.K., JACOBY, W.R. And BERCKHEMER, H. (1976). Teleseismic P – wave traveltime residuals and deep structure of the Aegean region. *Tectonophysics*, 31, 33 – 57.
- ALLEN, T.D. And MORELLI, C. (1971). Ageophysical study of the Mediterranean sea. *Boll. Geophys. Res.* 77, 6427 – 6434.
- Bonneau, M. (1976): Esquisse structurale de la Crete alpine. – *Bul. Soc. Geol. France*, 18, 351-353.
- BROOKS, M. and FERENTINOS, G. (1980). Structure and evolution of the Sporades basin of the North Aegean trough Northern Aegean sea. *Tectonophysics*, 68, 15 – 30.
- COMNINAKIS, P. and PAPAZACHOS, B. (1976). Note on the crystal structure of the eastern Mediterranean. *Ann. Geofis.*, 24, 59 – 63. 57
- Cocard, M., Kahle, H.G., Peter, Y., Geiger, A., Veis, G., Felekis, S., Paradissis, D. & Billiris, H. (1999): New constraints on the rapid crustal motion of the Aegean region: recent results inferred from GPS measurements (1993-1998) across the West Hellenic Arc, Greece *Earth planet. Sci. Lett.*, 172, 39-47.
- Creutzburg, N. & Seidel, E. (1975): Zum Stand der Geologie des Praeneogens auf Kreta.- *N. Jahrb. Geol. Palaeont. Abh.*, 149, 363-383.
- Δρακόπουλος, Γ., Φυτρολάκης, Ν., Δελήμπασης, Ν., Μαρκόπουλος, Κ. (1983): Ο Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Κρήτης. *Τ.Ε.Ε. Τμήμα Ανατολικής και Δυτικής Κρήτης. Αθήνα.*
- Fassoulas, Ch., Kiliass, A. & Mountrakis, D. (1994): Postnappe stacking extension and exhumation of high-pressure/low temperature rocks in the island of Crete, Greece.- *Tectonics*, 13, 127-138.
- FINETTI, I. (1976). Mediterranean Ridge : a young submerged chain associated with the Hellenic Arc. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 19, 31 – 65.
- Freudenthal, T. (1969): Stratigraphy of Neogen deposits in the Chania province Crete, with special reference to foraminifera of the family Planorbulinidae and the genus *Heterostegina*.- *Utrecht Micropal. Bull.*, 1, 1-208.

- Jackson, J. (1994): Active tectonics of the Aegean region.- *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 22, 239-271.
- Kilias, A., Falalakis, G. & Mountrakis, D. (1999): Cretaceous-Tertiary structures and kinematics of the Serbomacedonian metamorphic rocks and their relation to the exhumation of the Hellenic Hinterland (Macedonia, Greece).- *Intern. J. of Earth Scien.*, 88, 513-531.
- Kilias, A., Fassoulas, C. & Mountrakis D. (1994): Tertiary extension of continental crust and uplift of Psiloritis metamorphic core complex in the central part of the Hellenic Arc (Crete, Greece).- *Geol. Rundsch.*, 83, 417-430.
- Kilias, A., Tranos, M., Orozco, M., Alonso-Chaves, F. & Soto, J. (2002): Extensional collapse of the Hellenides: A review.- *Rev. Soc. Geol. Espania*, 15, 129-139.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N., Lallemand, S., Noomen, R. & Veis, G. (1995): Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe: Implications for eastern Mediterranean tectonics.- *J. Geophys. Res.*, 100, 12675-12690.
- Mountrakis, D. (1986): The Pelagonian zone in Greece: A polyphase deformed fragment of the Cimmerian continent and its role in the geotectonic evolution of the Eastern Mediterranean. *Journal of Geology*, 94, 335-347.
- Μουντράκης και Συνεργάτες, 2004. Νεοτεκτονική-Σεισμοτεκτονική Έρευνα – Μελέτη Της Ευρύτερης Περιοχής της Βόρειας Ζώνης Του Νομού Χανίων Κρήτης
- Seidel, E., Kreuzer, H., & Harre, W. (1982): A Late Oligocene/Early Miocene high pressure belt in the external Hellenides.- *Geol. Jahrb.*, E 23, 165-206.
- Thomson, N., Stoeckhert, B. & Brix., R. (1999): Miocene high-pressure metamorphic rocks of Crete, Greece: rapid exhumation by buoyant escape
- Mignan, A., J. Woessner (2012), Estimating the magnitude of completeness for earthquake catalogs, Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi:10.5078/corssa-00180805. Available at <http://www.corssa.org>.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕΤΑΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ

DAY	TIME	LON	LAT	DEPTH	MAG
<b>15/6/2013</b>	<b>16:11</b>	<b>25.050</b>	<b>34.510</b>	<b>70.08</b>	<b>6</b>
15/6/2013	16:16	24.990	34.520	16.37	3.2
15/6/2013	16:18	24.720	34.440	30.42	3.9
15/6/2013	16:20	25.010	34.510	6.65	3.5
15/6/2013	16:21	25.070	34.230	26.67	3.4
15/6/2013	16:23	25.160	34.490	28.09	4.3
15/6/2013	16:28	24.960	34.190	5.84	4.7
15/6/2013	16:39	25.060	34.620	59.93	3.2
15/6/2013	16:41	24.970	34.230	3.63	3.2
15/6/2013	16:42	25.010	34.490	2.64	3
15/6/2013	16:45	25.010	34.200	20.37	3.8
15/6/2013	16:47	24.980	34.210	16.38	3.8
15/6/2013	16:49	24.860	34.200	16.41	3.5
15/6/2013	16:51	24.960	34.220	16.48	4.6
15/6/2013	16:54	24.970	34.500	36.44	3.7
15/6/2013	16:56	24.820	34.160	16.24	3.3
15/6/2013	16:59	25.090	34.520	48.31	4.3
15/6/2013	17:02	24.910	34.180	39.28	4.6
15/6/2013	17:05	24.980	34.520	88.20	2.8
15/6/2013	17:07	25.040	34.500	0.00	2.5
15/6/2013	17:09	25.090	34.540	9.36	3.2
15/6/2013	17:10	25.070	34.210	20.13	3.9
15/6/2013	17:19	25.050	34.510	2.29	2.7
15/6/2013	17:22	24.990	34.220	16.40	4.8
15/6/2013	17:24	25.010	34.520	44.64	3.5

15/6/2013	17:26	24.950	34.440	76.50	3.2
15/6/2013	17:28	24.900	34.460	24.26	2.9
15/6/2013	17:29	25.060	34.490	40.81	3.5
15/6/2013	17:35	25.010	34.150	23.18	3.4
15/6/2013	17:38	24.940	34.470	26.66	2.4
15/6/2013	17:41	25.030	34.200	27.93	2.9
15/6/2013	17:44	25.040	34.500	0.00	2.4
15/6/2013	17:46	24.910	34.190	16.38	2.8
15/6/2013	17:52	25.130	34.520	8.43	2.7
15/6/2013	17:54	25.090	34.550	19.69	2.9
15/6/2013	17:55	25.000	34.190	23.32	3.5
15/6/2013	17:57	25.120	34.510	0.00	3
15/6/2013	18:00	25.130	34.570	3.32	2.3
15/6/2013	18:02	24.990	34.510	29.77	2.6
15/6/2013	18:02	25.070	34.250	15.97	2.9
15/6/2013	18:05	25.060	34.480	0.00	2.8
15/6/2013	18:08	25.200	34.270	23.55	3.2
15/6/2013	18:12	24.990	34.180	38.86	2.9
15/6/2013	18:14	25.260	34.610	10.90	2.6
15/6/2013	18:15	25.160	34.250	33.88	3.1
15/6/2013	18:16	25.020	34.210	1.35	3.2
15/6/2013	18:22	25.220	34.270	16.17	2.8
15/6/2013	18:27	24.820	34.410	75.72	2.7
15/6/2013	18:30	24.970	34.220	22.47	3.3
15/6/2013	18:33	25.050	34.210	26.53	3.4
15/6/2013	18:36	24.950	34.180	14.36	3.3
15/6/2013	18:38	25.010	34.480	0.00	2.3
15/6/2013	18:38	25.030	34.460	35.81	2.4
15/6/2013	18:41	24.980	34.210	16.41	3.4
15/6/2013	18:42	25.000	34.210	35.47	3.1

15/6/2013	18:43	24.960	34.180	31.08	3.4
15/6/2013	18:45	25.150	34.230	16.21	2.5
15/6/2013	18:46	25.070	34.470	52.14	2.8
15/6/2013	18:48	24.850	34.420	73.20	2.5
15/6/2013	19:02	24.990	34.440	73.72	3.4
15/6/2013	19:03	24.900	34.160	41.38	3.3
15/6/2013	19:04	25.130	34.160	89.08	4.2
15/6/2013	19:10	25.130	34.550	8.39	2.3
15/6/2013	19:14	25.000	34.180	13.76	3.3
15/6/2013	19:15	24.950	34.480	2.57	2.4
15/6/2013	19:17	24.880	34.160	6.74	2.7
15/6/2013	19:18	24.990	34.180	22.87	3.3
15/6/2013	19:21	24.850	34.160	35.10	3
15/6/2013	19:21	25.080	34.210	42.57	3.7
15/6/2013	19:24	25.050	34.180	3.15	3.3
15/6/2013	19:27	25.130	34.220	58.72	3.6
15/6/2013	19:29	24.900	34.490	16.39	2.7
15/6/2013	19:31	24.940	34.180	23.22	2.7
15/6/2013	19:36	24.980	34.470	68.64	3.3
15/6/2013	19:37	24.920	34.500	64.34	3.1
15/6/2013	19:42	24.960	34.140	23.13	2.8
15/6/2013	19:53	24.980	34.160	8.70	2.6
15/6/2013	20:06	25.010	34.210	17.13	2.4
15/6/2013	20:12	24.990	34.480	69.70	2.7
15/6/2013	20:13	24.920	34.190	16.26	3.3
15/6/2013	20:15	24.940	34.160	14.50	3
15/6/2013	20:20	25.030	34.450	61.23	2.7
15/6/2013	20:22	25.100	34.550	21.21	2.2
15/6/2013	20:24	25.080	34.530	9.64	2.3
15/6/2013	20:25	24.920	34.170	44.85	3.2

15/6/2013	20:29	24.950	34.220	6.76	2.8
15/6/2013	20:36	25.160	34.610	7.70	1.7
15/6/2013	20:47	25.010	34.210	16.34	3.4
15/6/2013	20:48	25.120	34.510	7.55	3
15/6/2013	20:51	24.970	34.330	15.77	3
15/6/2013	20:57	24.900	34.490	77.76	2.8
15/6/2013	20:57	24.920	34.460	2.69	2.8
15/6/2013	21:02	24.970	34.450	49.59	2.3
15/6/2013	21:05	25.000	34.200	16.23	2.9
15/6/2013	21:08	25.000	34.200	16.26	3.7
15/6/2013	21:14	25.000	34.220	16.20	3.7
15/6/2013	21:26	25.050	34.500	2.87	2.4
15/6/2013	21:31	25.050	34.450	47.50	2.7
15/6/2013	21:34	24.980	34.190	16.29	2.4
15/6/2013	21:37	25.020	34.200	16.26	3.5
15/6/2013	21:41	24.980	34.490	43.83	2.5
15/6/2013	21:51	25.130	34.450	84.38	3.5
15/6/2013	21:58	25.000	34.210	16.27	3.5
15/6/2013	22:01	25.050	34.520	37.01	3.1
15/6/2013	22:07	24.900	34.190	16.07	2.7
15/6/2013	22:10	24.960	34.210	16.36	2.4
15/6/2013	22:11	24.750	34.150	25.31	2.4
15/6/2013	22:19	24.980	34.180	8.85	3.2
15/6/2013	22:26	25.240	34.260	16.40	2.3
15/6/2013	22:27	25.040	34.190	15.88	3
15/6/2013	22:28	24.970	34.480	99.33	2
15/6/2013	22:37	25.120	34.470	73.47	2.7
15/6/2013	22:43	24.990	34.480	3.76	2.3
15/6/2013	22:48	25.010	34.460	54.14	2.6
15/6/2013	22:54	24.980	34.480	2.21	2.3

15/6/2013	22:56	24.970	34.180	29.05	3.2
15/6/2013	23:05	24.980	34.200	7.44	3.4
15/6/2013	23:08	25.260	34.620	4.69	1.9
15/6/2013	23:09	25.020	34.340	11.08	2.8
15/6/2013	23:12	25.390	34.590	94.19	2
15/6/2013	23:16	24.950	34.460	62.69	2.6
15/6/2013	23:17	25.070	34.500	16.24	2.2
15/6/2013	23:19	24.950	34.190	2.62	2.3
15/6/2013	23:29	24.930	34.200	16.41	2.6
15/6/2013	23:29	24.930	34.220	16.32	2.7
15/6/2013	23:30	24.960	34.180	38.95	3.4
15/6/2013	23:34	25.080	34.480	51.86	3.1
15/6/2013	23:37	25.200	34.270	16.62	2.6
15/6/2013	23:38	24.920	34.220	0.00	2.6
15/6/2013	23:47	25.100	34.160	6.71	2.3
15/6/2013	23:57	25.230	34.240	15.75	3.2
16/6/2013	0:06	24.970	34.220	16.29	2.3
16/6/2013	0:08	25.120	34.530	0.00	2
16/6/2013	0:12	25.170	34.580	0.00	2.2
16/6/2013	0:12	25.190	34.230	16.27	2.8
16/6/2013	0:25	25.090	34.480	56.31	2.2
16/6/2013	0:33	25.080	34.240	16.35	2.3
16/6/2013	0:40	24.920	34.190	27.64	2.9
16/6/2013	0:44	24.950	34.200	30.83	2.8
16/6/2013	0:46	24.940	34.210	16.22	2.9
16/6/2013	0:48	25.160	34.230	36.61	2.3
16/6/2013	0:49	25.020	34.210	16.31	2.8
16/6/2013	0:53	25.090	34.400	68.83	4
16/6/2013	0:58	24.970	34.200	16.20	2.3
16/6/2013	0:59	25.160	34.260	44.92	2.3



16/6/2013	1:00	25.120	34.210	6.08	2.1
16/6/2013	1:05	25.160	34.240	16.43	2.8
16/6/2013	1:06	24.950	34.190	12.03	2.8
16/6/2013	1:08	25.080	34.490	2.18	2
16/6/2013	1:10	25.030	34.210	16.28	3.6
16/6/2013	1:17	24.970	34.190	16.27	2.3
16/6/2013	1:23	25.030	34.490	8.82	2.2
16/6/2013	1:25	25.110	34.220	31.32	2.3
16/6/2013	1:29	24.890	34.180	16.28	3.5
16/6/2013	1:36	25.000	34.470	45.87	2.3
16/6/2013	1:37	25.000	34.510	9.18	2.1
16/6/2013	1:44	25.170	34.510	9.27	1.8
16/6/2013	2:13	25.070	34.490	47.76	2.7
16/6/2013	2:17	24.890	34.120	57.71	2.1
16/6/2013	2:19	24.960	34.200	16.33	3
16/6/2013	2:24	24.930	34.480	19.98	1.8
16/6/2013	2:29	24.950	34.200	16.32	2.9
16/6/2013	2:35	25.000	34.510	2.68	2.1
16/6/2013	2:37	25.130	34.220	4.32	2.1
16/6/2013	2:39	25.070	34.490	43.01	2.1
16/6/2013	2:42	24.740	34.210	16.35	2.5
16/6/2013	2:50	25.110	34.530	1.85	2.2
16/6/2013	2:58	25.050	34.480	31.62	1.9
16/6/2013	3:08	25.090	34.220	16.19	2.6
16/6/2013	3:18	25.060	34.210	16.16	3.1
16/6/2013	3:21	24.940	34.180	16.32	2.8
16/6/2013	3:25	25.020	34.480	37.36	2.7
16/6/2013	3:27	25.020	34.500	0.00	2.4
16/6/2013	3:30	25.100	34.550	38.63	2.8
16/6/2013	3:37	25.090	34.360	28.76	2

16/6/2013	3:40	25.140	34.260	16.37	2.2
16/6/2013	3:56	24.940	34.190	39.50	2.8
16/6/2013	4:01	24.920	34.160	16.07	2.6
16/6/2013	4:12	25.050	34.230	26.49	3.1
16/6/2013	4:20	25.030	34.210	16.37	2.6
16/6/2013	4:21	25.090	34.530	82.99	1.9
16/6/2013	4:29	25.250	34.620	25.85	1.8
16/6/2013	4:32	25.050	34.190	0.00	4
16/6/2013	4:59	25.000	34.440	62.49	2.9
16/6/2013	5:02	25.040	34.490	50.58	3.3
16/6/2013	5:19	24.880	34.490	58.96	2.3
16/6/2013	5:21	25.180	34.630	0.00	1.7
16/6/2013	5:23	24.970	34.490	62.63	2.3
16/6/2013	5:34	25.060	34.490	67.72	1.9
16/6/2013	5:47	25.320	34.590	15.87	1.8
16/6/2013	5:57	24.970	34.190	16.20	2.7
16/6/2013	6:18	25.210	34.620	2.99	1.8
16/6/2013	6:22	25.030	34.480	53.06	2.1
16/6/2013	6:27	25.030	34.320	36.81	2.1
16/6/2013	6:31	25.160	34.220	16.17	2.2
16/6/2013	6:33	25.050	34.210	18.04	2.3
16/6/2013	6:35	24.850	34.430	59.90	2.2
16/6/2013	6:58	24.890	34.170	16.43	2.8
16/6/2013	7:14	24.870	34.400	58.87	2.7
16/6/2013	7:16	24.960	34.310	80.37	2.6
16/6/2013	7:26	24.990	34.220	16.34	3.6
16/6/2013	7:30	25.160	34.210	16.17	2.2
16/6/2013	7:38	25.030	34.500	8.83	1.8
16/6/2013	7:44	24.960	34.180	16.23	2.9
16/6/2013	8:13	25.040	34.500	2.57	2.2

16/6/2013	8:14	25.200	34.260	12.12	2.3
16/6/2013	8:15	25.090	34.630	84.04	3.8
16/6/2013	8:23	25.090	34.210	6.31	2.3
16/6/2013	8:38	25.100	34.510	35.80	1.8
16/6/2013	9:15	25.050	34.200	16.15	3.2
16/6/2013	9:21	24.890	34.450	36.17	2
16/6/2013	9:41	25.090	34.190	42.35	3.2
16/6/2013	10:04	25.110	34.230	16.33	2.6
16/6/2013	10:16	25.040	34.200	23.53	2.7
16/6/2013	10:26	24.990	34.500	0.00	2
16/6/2013	10:33	25.070	34.190	16.34	2.6
16/6/2013	10:37	25.000	34.610	62.31	2.1
16/6/2013	10:48	25.160	34.220	16.23	2.2
16/6/2013	11:13	24.980	34.210	16.34	2.8
16/6/2013	11:25	25.160	34.520	8.03	1.8
16/6/2013	11:48	25.020	34.450	74.43	2.3
16/6/2013	12:15	25.050	34.470	59.75	2.6
16/6/2013	12:16	25.100	34.200	35.73	2.7
16/6/2013	12:21	24.970	34.210	14.60	2.8
16/6/2013	12:25	25.110	34.300	0.00	3.3
16/6/2013	12:29	25.120	34.240	26.85	2.7
16/6/2013	12:32	24.910	34.440	59.74	2.4
16/6/2013	12:56	25.080	34.210	16.35	2.5
16/6/2013	13:01	25.290	34.270	11.82	2.2
16/6/2013	13:20	25.050	34.190	16.09	2.2
16/6/2013	13:28	25.060	34.210	16.29	3.2
16/6/2013	14:01	24.960	34.190	15.76	3.1
16/6/2013	14:04	24.990	34.220	35.72	2.4
16/6/2013	14:36	24.940	34.450	2.33	2
16/6/2013	14:43	25.060	34.210	16.17	3.3

16/6/2013	15:05	24.960	34.490	3.77	2.1
16/6/2013	15:12	24.950	34.490	2.22	2.1
16/6/2013	15:44	25.350	34.300	62.86	2.5
16/6/2013	16:16	25.120	34.630	0.00	1.7
16/6/2013	16:49	25.080	34.500	6.13	2.1
16/6/2013	17:04	24.900	34.150	14.12	2.6
16/6/2013	17:10	24.970	34.480	33.82	3.1
16/6/2013	17:53	25.050	34.470	67.39	2.7
16/6/2013	18:00	24.960	34.460	35.73	2.1
16/6/2013	18:04	25.060	34.570	72.09	2.2
16/6/2013	18:22	25.260	34.300	16.45	2.3
16/6/2013	18:54	25.090	34.230	16.45	2.8
16/6/2013	19:44	25.130	34.540	35.25	1.6
16/6/2013	20:06	25.200	34.560	1.58	1.7
16/6/2013	20:22	25.000	34.200	16.28	2.8
16/6/2013	20:56	25.120	34.500	64.90	2.7
16/6/2013	21:00	25.190	34.240	16.22	2.3
16/6/2013	21:02	25.230	34.210	7.41	2.1
16/6/2013	21:20	24.970	34.470	0.00	1.8
16/6/2013	21:26	25.010	34.460	81.18	2.3
16/6/2013	21:33	24.870	34.180	15.97	0
16/6/2013	21:35	25.060	34.200	15.58	3.7
<b>16/6/2013</b>	<b>21:39</b>	<b>25.200</b>	<b>34.300</b>	<b>73.75</b>	<b>5.9</b>
16/6/2013	21:42	25.100	34.220	16.24	4.4
16/6/2013	21:43	25.090	34.490	30.07	4.7
16/6/2013	21:46	25.080	34.190	5.95	3.8
16/6/2013	21:47	24.970	34.190	16.45	4.6
16/6/2013	21:51	25.040	34.200	51.49	3.3
16/6/2013	21:51	25.050	34.510	0.00	3.5
16/6/2013	21:54	25.010	34.450	59.59	3.2

16/6/2013	21:54	25.130	34.630	78.36	3
16/6/2013	21:57	25.130	34.490	57.10	2.9
16/6/2013	21:58	25.070	34.190	16.17	3.1
16/6/2013	22:00	25.140	34.530	3.78	2.5
16/6/2013	22:01	24.990	34.520	66.30	2.9
16/6/2013	22:04	25.050	34.210	16.37	3.4
16/6/2013	22:05	24.800	34.430	3.83	3.2
16/6/2013	22:05	24.910	34.440	62.72	2.5
16/6/2013	22:08	24.880	34.450	44.18	2.6
16/6/2013	22:10	24.940	34.180	16.36	3.1
16/6/2013	22:14	24.870	34.480	47.44	2.4
16/6/2013	22:15	25.040	34.220	25.56	3.2
16/6/2013	22:20	25.030	34.210	16.04	3
16/6/2013	22:21	25.040	34.210	16.10	3.2
16/6/2013	22:23	25.140	34.220	16.17	3.3
16/6/2013	22:28	24.950	34.190	28.04	2.8
16/6/2013	22:30	24.930	34.170	15.51	2.9
16/6/2013	22:31	25.000	34.450	59.50	3.1
16/6/2013	22:33	25.060	34.490	2.09	2.2
16/6/2013	22:34	24.880	34.160	6.06	3.1
16/6/2013	22:37	25.060	34.180	16.42	3
16/6/2013	22:41	24.990	34.420	77.70	2.4
16/6/2013	22:44	25.140	34.490	58.52	2.4
16/6/2013	22:48	25.230	34.320	15.92	2.5
16/6/2013	22:56	25.170	34.540	1.82	2.1
16/6/2013	22:57	25.260	34.250	16.12	2.5
16/6/2013	22:58	25.020	34.240	16.43	2.8
16/6/2013	23:03	25.170	34.180	49.88	3.2
16/6/2013	23:04	25.120	34.210	6.42	3
16/6/2013	23:05	24.990	34.480	35.50	3.2

16/6/2013	23:08	24.990	34.190	2.90	3
16/6/2013	23:10	24.930	34.450	74.74	2.8
16/6/2013	23:11	25.080	34.220	16.03	3.1
16/6/2013	23:13	25.190	34.240	16.30	2.7
16/6/2013	23:14	24.950	34.220	16.38	3.3
16/6/2013	23:16	25.070	34.220	7.80	2.9
16/6/2013	23:20	25.180	34.220	33.83	2.8
16/6/2013	23:22	24.850	34.450	68.27	2.9
16/6/2013	23:25	25.080	34.220	16.37	2.8
16/6/2013	23:26	25.030	34.190	8.93	2.5
16/6/2013	23:27	25.190	34.630	3.89	2.2
16/6/2013	23:30	25.030	34.210	16.21	2.7
16/6/2013	23:33	25.120	34.180	8.49	2.4
16/6/2013	23:35	25.060	34.210	28.34	3.5
16/6/2013	23:40	25.000	34.210	16.20	2.9
16/6/2013	23:43	24.940	34.180	23.85	4
16/6/2013	23:51	25.020	34.200	9.82	2.9
16/6/2013	23:53	25.030	34.210	16.04	4.2
16/6/2013	23:57	24.980	34.460	5.99	1.9
17/6/2013	0:04	25.090	34.210	7.71	2.7
17/6/2013	0:05	25.050	34.270	90.91	2.2
17/6/2013	0:13	25.030	34.520	85.49	3
17/6/2013	0:16	25.020	34.490	91.71	2.8
17/6/2013	0:19	24.930	34.440	103.67	2.1
17/6/2013	0:21	25.120	34.210	5.43	2.7
17/6/2013	0:23	25.020	34.220	6.81	2.6
17/6/2013	0:28	25.040	34.180	11.48	2.3
17/6/2013	0:36	25.070	34.170	15.92	2.4
17/6/2013	0:38	25.100	34.230	16.50	2.6
17/6/2013	0:46	25.140	34.230	6.74	2.1

17/6/2013	0:48	25.050	34.480	0.00	1.8
17/6/2013	0:50	25.060	34.700	6.94	2.2
17/6/2013	0:54	24.830	34.140	53.82	2.8
17/6/2013	0:57	25.070	34.320	16.09	2.8
17/6/2013	0:59	24.870	34.420	58.91	2.2
17/6/2013	1:02	25.180	34.240	16.39	2.6
17/6/2013	1:03	24.970	34.450	44.47	2.5
17/6/2013	1:07	25.170	34.560	41.99	3
17/6/2013	1:15	24.930	34.470	56.96	2
17/6/2013	1:17	25.100	34.530	59.52	2.6
17/6/2013	1:20	25.070	34.220	6.30	3.2
17/6/2013	1:22	25.000	34.200	16.33	2.3
17/6/2013	1:28	25.010	34.220	26.12	2.6
17/6/2013	1:48	25.070	34.500	9.76	2.6
17/6/2013	1:51	25.020	34.440	63.20	2.3
17/6/2013	1:53	24.880	34.220	16.40	3.2
17/6/2013	1:57	25.070	34.540	3.99	1.7
17/6/2013	2:03	24.990	34.510	63.76	2.3
17/6/2013	2:12	25.080	34.510	1.45	1.9
17/6/2013	2:16	24.910	34.460	85.19	2.2
17/6/2013	2:18	25.220	34.520	62.80	2.9
17/6/2013	2:24	24.930	34.470	90.65	2.2
17/6/2013	2:30	25.170	34.520	53.54	2.1
17/6/2013	2:33	24.850	34.490	55.87	2.3
17/6/2013	2:34	24.870	34.470	79.55	2.3
17/6/2013	2:44	25.170	34.220	10.79	3.4
17/6/2013	2:55	25.170	34.520	57.85	3.7
17/6/2013	3:02	25.000	34.480	73.06	2.4
17/6/2013	3:18	24.950	34.510	93.97	2.6
17/6/2013	3:24	25.170	34.550	66.20	2

17/6/2013	3:37	25.060	34.490	9.02	2.5
17/6/2013	3:57	25.040	34.490	73.59	2.4
17/6/2013	3:58	25.100	34.520	0.00	3.6
17/6/2013	4:01	25.020	34.460	72.44	2.2
17/6/2013	4:03	24.980	34.480	90.07	2.1
17/6/2013	4:06	25.110	34.220	9.48	2.7
17/6/2013	4:16	24.930	34.460	75.85	2.6
17/6/2013	4:16	25.070	34.210	8.66	2.7
17/6/2013	4:28	24.900	34.550	78.64	2.1
17/6/2013	4:37	25.010	34.440	66.91	2.8
17/6/2013	4:44	24.920	34.500	71.97	2.2
17/6/2013	4:51	25.050	34.480	63.30	2.2
17/6/2013	5:02	25.070	34.180	14.41	3.2
17/6/2013	5:15	25.100	34.500	36.65	2.7
17/6/2013	5:23	24.960	34.170	63.96	2.5
17/6/2013	5:26	24.960	34.180	59.63	2.9
17/6/2013	5:42	25.050	34.480	95.37	2.1
17/6/2013	5:46	24.980	34.560	78.12	1.9
17/6/2013	6:10	24.990	34.520	88.07	2
17/6/2013	6:12	25.110	34.500	58.66	2
17/6/2013	6:46	25.140	34.550	0.00	2.8
17/6/2013	6:52	24.980	34.400	39.72	2.3
17/6/2013	7:12	24.890	34.480	80.05	2.3
17/6/2013	7:25	25.210	34.630	6.58	1.8
17/6/2013	7:26	25.000	34.440	36.19	2.3
17/6/2013	7:33	25.010	34.450	81.32	2.2
17/6/2013	7:34	25.240	34.540	64.97	3.6
17/6/2013	7:43	24.990	34.460	83.55	2.2
17/6/2013	7:57	25.140	34.450	66.05	3.1
17/6/2013	7:58	24.990	34.220	16.21	3.1



17/6/2013	8:30	25.090	34.220	16.42	2.6
17/6/2013	9:05	24.980	34.470	54.24	2.2
17/6/2013	9:05	25.030	34.490	56.39	2.3
17/6/2013	9:40	24.980	34.510	74.28	3
17/6/2013	9:41	25.050	34.560	67.85	2.8
17/6/2013	10:00	25.170	34.230	15.94	3
17/6/2013	10:46	25.170	34.570	40.74	2.2
17/6/2013	11:07	25.150	34.210	15.54	3.4
17/6/2013	11:20	25.050	34.180	15.91	3
17/6/2013	11:35	25.070	34.140	1.95	3.9
17/6/2013	11:44	25.110	34.200	28.02	3
17/6/2013	11:46	25.210	34.280	42.47	3
17/6/2013	11:51	25.000	34.470	2.36	2.5
17/6/2013	11:52	25.100	34.520	0.00	3.1
17/6/2013	12:02	25.180	34.230	16.05	2.5
17/6/2013	12:06	25.090	34.190	6.18	3.1
17/6/2013	12:41	25.000	34.470	8.61	2
17/6/2013	12:44	25.080	34.260	0.00	2.7
17/6/2013	13:38	24.990	34.430	59.79	2.6
17/6/2013	13:39	25.170	34.200	16.04	2.6
17/6/2013	13:46	25.110	34.250	9.88	2.6
17/6/2013	13:48	25.090	34.340	15.56	2.5
17/6/2013	13:49	25.080	34.200	6.84	2.9
17/6/2013	13:54	25.200	34.220	16.11	2.4
17/6/2013	14:41	25.070	34.340	3.36	2.2
17/6/2013	15:05	25.060	34.350	6.16	3.1
17/6/2013	15:11	25.100	34.210	2.14	2.7
17/6/2013	15:13	25.110	34.210	15.27	3
17/6/2013	15:27	25.080	34.410	77.35	3.9
17/6/2013	15:42	24.980	34.480	2.31	2.4

17/6/2013	15:46	25.130	34.550	65.16	2.4
17/6/2013	15:54	25.150	34.570	5.40	2.1
17/6/2013	16:00	25.100	34.550	0.00	2.8
17/6/2013	16:21	25.020	34.500	2.62	2
17/6/2013	17:20	25.080	34.490	68.91	2.4
17/6/2013	17:41	25.230	34.320	16.21	2.6
17/6/2013	18:05	25.160	34.570	0.00	3
17/6/2013	18:14	25.040	34.490	46.10	2.1
17/6/2013	18:25	25.330	34.280	39.55	2.9
17/6/2013	19:08	25.110	34.450	64.63	3.8
17/6/2013	19:29	25.190	34.250	54.53	2.3
17/6/2013	19:36	24.910	34.510	57.46	2
17/6/2013	19:36	25.110	34.160	16.23	2.9
17/6/2013	20:18	25.170	34.240	48.58	2.2
17/6/2013	20:20	25.140	34.190	8.41	2.6
17/6/2013	20:43	25.060	34.200	0.00	2.3
17/6/2013	21:04	25.040	34.510	54.16	2.1
17/6/2013	21:21	25.170	34.590	3.07	1.8
17/6/2013	21:48	24.780	34.100	31.80	2.4
17/6/2013	21:50	25.050	34.210	5.79	2.9
17/6/2013	22:56	25.140	34.200	1.76	2.3
17/6/2013	23:15	25.160	34.220	2.14	2.5
17/6/2013	23:36	25.140	34.530	35.57	2
17/6/2013	23:44	25.000	34.450	65.33	2
18/6/2013	0:04	24.950	34.430	63.10	2.2
18/6/2013	0:04	25.090	34.690	1.22	1.7
18/6/2013	0:17	25.240	34.230	15.24	2.6
18/6/2013	0:39	25.180	34.520	50.68	2.1
18/6/2013	0:45	25.030	34.540	58.02	2
18/6/2013	0:45	25.170	34.260	0.22	2.4

18/6/2013	4:24	25.110	34.510	1.72	2.3
18/6/2013	4:55	24.940	34.460	61.18	2.4
18/6/2013	4:59	25.230	34.260	0.00	2.6
18/6/2013	5:31	25.060	34.370	0.00	2.3
18/6/2013	5:51	24.880	34.470	52.83	2.5
18/6/2013	7:15	25.130	34.530	86.20	1.9
18/6/2013	8:25	25.040	34.520	0.00	2.8
18/6/2013	15:06	25.010	34.190	4.61	2.9
18/6/2013	16:02	24.910	34.450	56.27	2.3
18/6/2013	18:46	25.070	34.510	64.47	2.5
18/6/2013	19:29	25.010	34.480	68.45	2
18/6/2013	20:40	25.010	34.510	98.51	2.7
18/6/2013	21:57	25.040	34.460	60.99	3.4
18/6/2013	22:27	25.040	34.470	64.30	4.2
18/6/2013	22:33	25.040	34.470	61.73	3.5
18/6/2013	22:35	25.080	34.200	7.44	3
18/6/2013	22:39	25.020	34.530	0.00	3.1
18/6/2013	22:42	24.840	34.450	62.84	2
18/6/2013	22:48	25.180	34.530	88.97	2
18/6/2013	23:04	24.980	34.450	79.64	2.3
18/6/2013	23:11	24.900	34.180	58.37	2.5
18/6/2013	23:16	25.060	34.500	0.00	3.3
18/6/2013	23:20	24.870	34.410	86.01	2
18/6/2013	23:22	25.130	34.220	30.68	2.5
18/6/2013	23:26	24.990	34.510	94.12	2.4
18/6/2013	23:27	24.920	34.440	90.29	2.3
18/6/2013	23:32	24.870	34.520	80.09	2
18/6/2013	23:36	25.050	34.500	0.00	3.2
18/6/2013	23:43	24.930	34.200	92.02	2.3
18/6/2013	23:46	25.060	34.540	0.00	3.1

18/6/2013	23:55	25.190	34.220	37.54	2.4
19/6/2013	0:00	25.090	34.500	72.80	3.3
19/6/2013	0:01	24.980	34.440	79.77	3.1
19/6/2013	0:02	25.050	34.490	3.22	2.6
19/6/2013	0:06	25.070	34.500	75.89	2.4
19/6/2013	0:15	25.070	34.510	88.82	1.9
19/6/2013	0:23	24.890	34.480	67.77	2.4
19/6/2013	0:24	25.040	34.490	81.76	2.5
19/6/2013	0:40	25.150	34.470	83.45	2
19/6/2013	0:48	25.090	34.220	2.74	2.3
19/6/2013	0:56	25.060	34.560	88.10	1.9
19/6/2013	2:20	25.160	34.560	82.93	1.8
19/6/2013	2:46	25.050	34.480	2.63	1.9
19/6/2013	3:15	25.140	34.210	16.09	2.7
19/6/2013	4:33	25.020	34.470	0.00	3.4
19/6/2013	4:40	25.160	34.250	16.41	2.9
19/6/2013	7:06	24.940	34.510	9.81	2.9
19/6/2013	9:36	25.200	34.240	15.97	2.6
19/6/2013	9:55	24.970	34.500	80.04	2.5
19/6/2013	12:54	25.310	34.250	11.60	2.7
19/6/2013	13:26	25.020	34.200	0.00	3
19/6/2013	14:22	24.970	34.140	8.26	3
19/6/2013	14:52	24.990	34.520	73.79	2.4
19/6/2013	19:05	25.030	34.180	9.56	4.7
19/6/2013	19:09	24.860	34.180	8.81	2.7
19/6/2013	19:17	25.020	34.200	16.26	2.7
19/6/2013	19:24	24.970	34.440	31.90	2.2
19/6/2013	19:47	24.980	34.450	2.37	2.1
19/6/2013	19:54	25.010	34.190	16.14	2.6
19/6/2013	20:03	24.950	34.170	7.05	2.5

19/6/2013	20:28	25.000	34.180	16.11	2.4
19/6/2013	23:10	25.370	34.270	16.11	2.3
20/6/2013	0:30	24.920	34.470	81.87	2
20/6/2013	1:12	25.080	34.460	61.78	1.9
20/6/2013	1:30	24.900	34.490	88.66	1.8
20/6/2013	1:42	25.070	34.230	4.92	2.6
20/6/2013	4:48	25.120	34.200	16.15	2.5
20/6/2013	18:09	25.080	34.180	0.00	3.6
20/6/2013	21:20	24.930	34.270	40.10	2.7
20/6/2013	22:12	25.130	34.540	28.56	2.2
20/6/2013	22:30	25.120	34.200	16.34	2.2
21/6/2013	0:50	25.090	34.190	12.10	2.4
21/6/2013	1:56	25.220	34.270	2.86	2.2
21/6/2013	12:33	25.290	34.700	1.73	2.3
21/6/2013	23:45	25.030	34.150	15.20	2.7
22/6/2013	0:00	25.010	34.540	103.23	1.9
22/6/2013	3:47	25.100	34.300	4.97	2.4
22/6/2013	7:27	25.100	34.490	63.81	2.9
22/6/2013	8:50	24.990	34.090	4.03	4.4
22/6/2013	8:55	24.950	34.190	7.39	2.9
22/6/2013	9:38	24.930	34.480	75.30	2.1
22/6/2013	15:16	25.100	34.180	15.27	2.7
22/6/2013	17:47	25.130	34.560	9.92	2.6
22/6/2013	22:10	25.050	34.170	15.97	2.7
23/6/2013	1:17	24.980	34.420	78.38	2.2
23/6/2013	2:22	25.110	34.220	0.00	2.5
23/6/2013	5:41	25.010	34.280	89.94	2.4
23/6/2013	10:22	25.080	34.310	0.00	2.7
23/6/2013	11:16	25.000	34.370	16.34	2.3
23/6/2013	15:52	25.000	34.340	2.58	2.3

23/6/2013	16:35	25.050	34.370	16.56	2.1
23/6/2013	16:42	25.080	34.340	51.76	2.3
23/6/2013	17:47	25.410	34.580	0.00	2.4
23/6/2013	22:40	25.000	34.450	91.12	2
24/6/2013	15:11	25.090	34.200	0.00	2.3
24/6/2013	19:13	25.020	34.440	0.00	2.5
24/6/2013	19:15	25.140	34.410	3.67	2.3
24/6/2013	21:20	25.030	34.220	16.36	2
25/6/2013	5:54	25.080	34.500	3.03	2.2
25/6/2013	8:22	25.060	34.570	22.99	2.2
25/6/2013	9:34	24.970	34.490	0.00	2.5
25/6/2013	12:57	25.190	34.570	15.21	2.6
25/6/2013	19:25	25.090	34.500	59.43	2.5
25/6/2013	23:32	24.850	34.040	0.00	3.1
26/6/2013	1:38	25.170	34.580	0.00	2.1
26/6/2013	4:54	24.990	34.540	9.38	2.2
26/6/2013	9:49	25.060	34.460	33.45	2.4
26/6/2013	18:44	25.070	34.230	16.19	2.7
26/6/2013	19:43	24.940	34.160	16.09	2.6
26/6/2013	20:33	25.070	34.220	0.00	3.1
26/6/2013	21:07	25.070	34.300	92.77	3.4
26/6/2013	21:31	25.040	34.210	38.17	2.5
27/6/2013	3:11	24.830	34.480	3.37	2.2
27/6/2013	4:55	25.340	34.640	68.62	2.5
27/6/2013	11:05	25.390	34.350	19.25	4.3
27/6/2013	13:07	25.040	34.470	66.09	2.9
27/6/2013	22:51	25.080	34.180	16.26	2.3
28/6/2013	1:55	24.900	34.200	16.39	2.9
28/6/2013	7:13	24.990	34.500	36.36	2
28/6/2013	15:44	25.080	34.420	0.00	2.4

29/6/2013	7:15	25.270	34.590	4.78	2.2
29/6/2013	7:23	25.310	34.680	3.71	2.4
29/6/2013	17:31	24.770	34.480	6.70	2.2
30/6/2013	10:55	25.040	34.260	0.00	3.1
30/6/2013	15:05	24.980	34.190	16.07	2.7
30/6/2013	19:57	25.010	34.190	7.17	2.6
30/6/2013	23:55	25.130	34.200	2.53	2.6
1/7/2013	1:48	24.980	34.490	0.00	2
1/7/2013	8:46	25.100	34.550	7.23	2.1
1/7/2013	22:56	25.120	34.230	7.20	2.5
1/7/2013	23:27	25.330	34.260	26.72	2.4
2/7/2013	2:28	24.960	34.520	6.00	2.3
2/7/2013	6:11	25.080	34.210	46.56	2.5
2/7/2013	7:42	24.950	34.160	16.00	2.7
2/7/2013	11:13	25.070	34.220	12.14	2.5
3/7/2013	0:34	25.000	34.520	52.14	2.4
3/7/2013	1:43	25.020	34.150	36.53	2.2
5/7/2013	5:50	24.900	34.470	49.52	2.5