

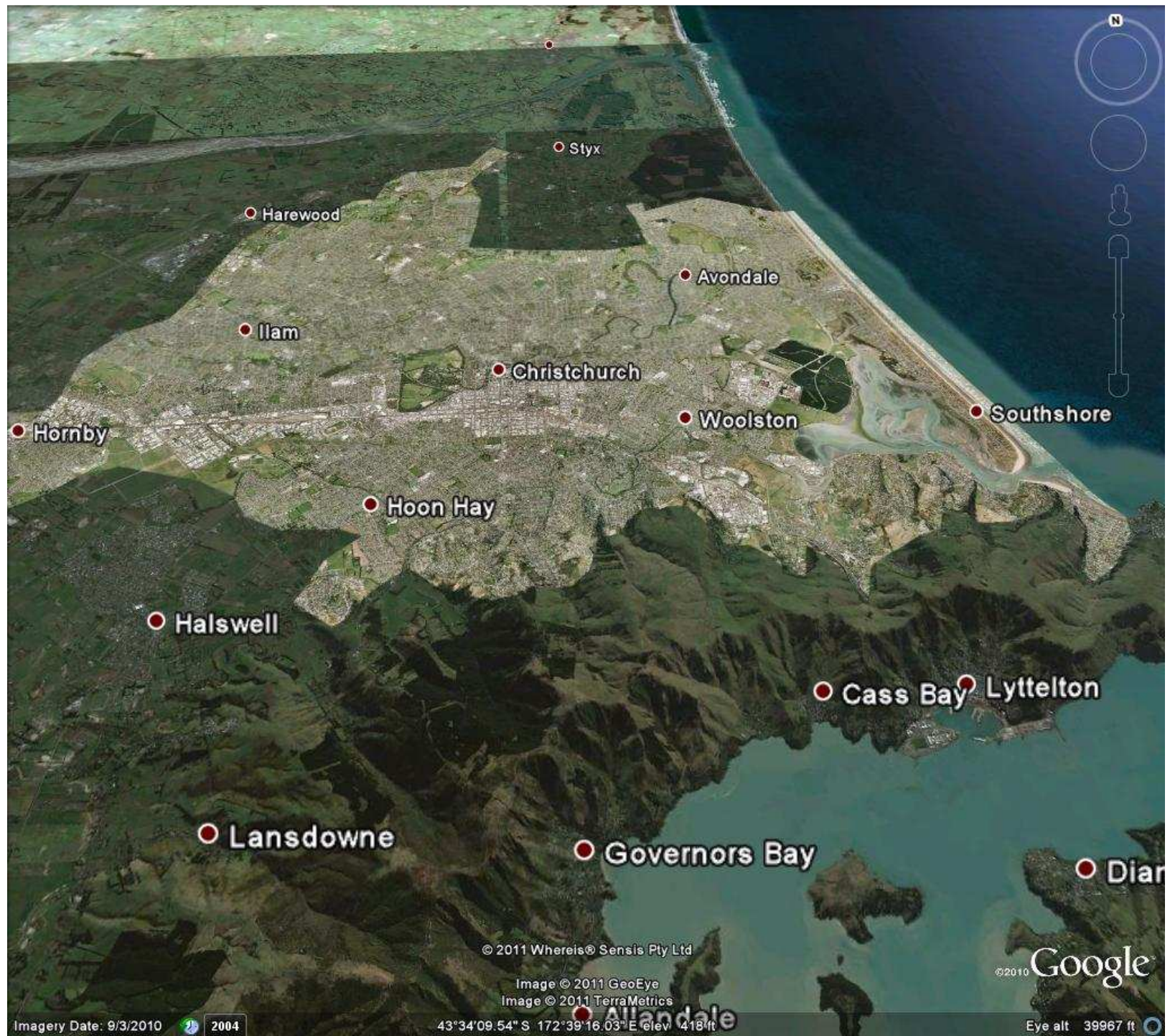
Νέα Ζηλανδία

22 Φεβρουαρίου 2011

*ο Σεισμός 6.3 στο Christchurch
(ChCh)*

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΑΣΤΟΧΙΕΣ,

Πρώτες ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ των ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ



Imagery Date: 9/3/2010



2004

43°34'09.54" S 172°39'16.03" E elev 418 ft

©2010 Google

Eye alt 39967 ft



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

1.Εισαγωγή: Τεκτονική, Γεωγραφία, Σεισμολογία,

Σύγκριση των Δύο Σεισμών (Σεπτ '10, Φεβρ '11)

2.Φωτογραφίες: Ρευστοποίηση, Βλάβες–Αστοχίες Κτιρίων,

Κατολισθήσεις, Ανατροπές

3.(α) Χαρακτηριστικά Επιταχυνσιογραφήματα, Φάσματα

(β) Αναλύσεις του “Δυναμικού Καταστρεπτικότητας”

Δύο Επιταχυνσιογραφήμάτων του Ch Ch

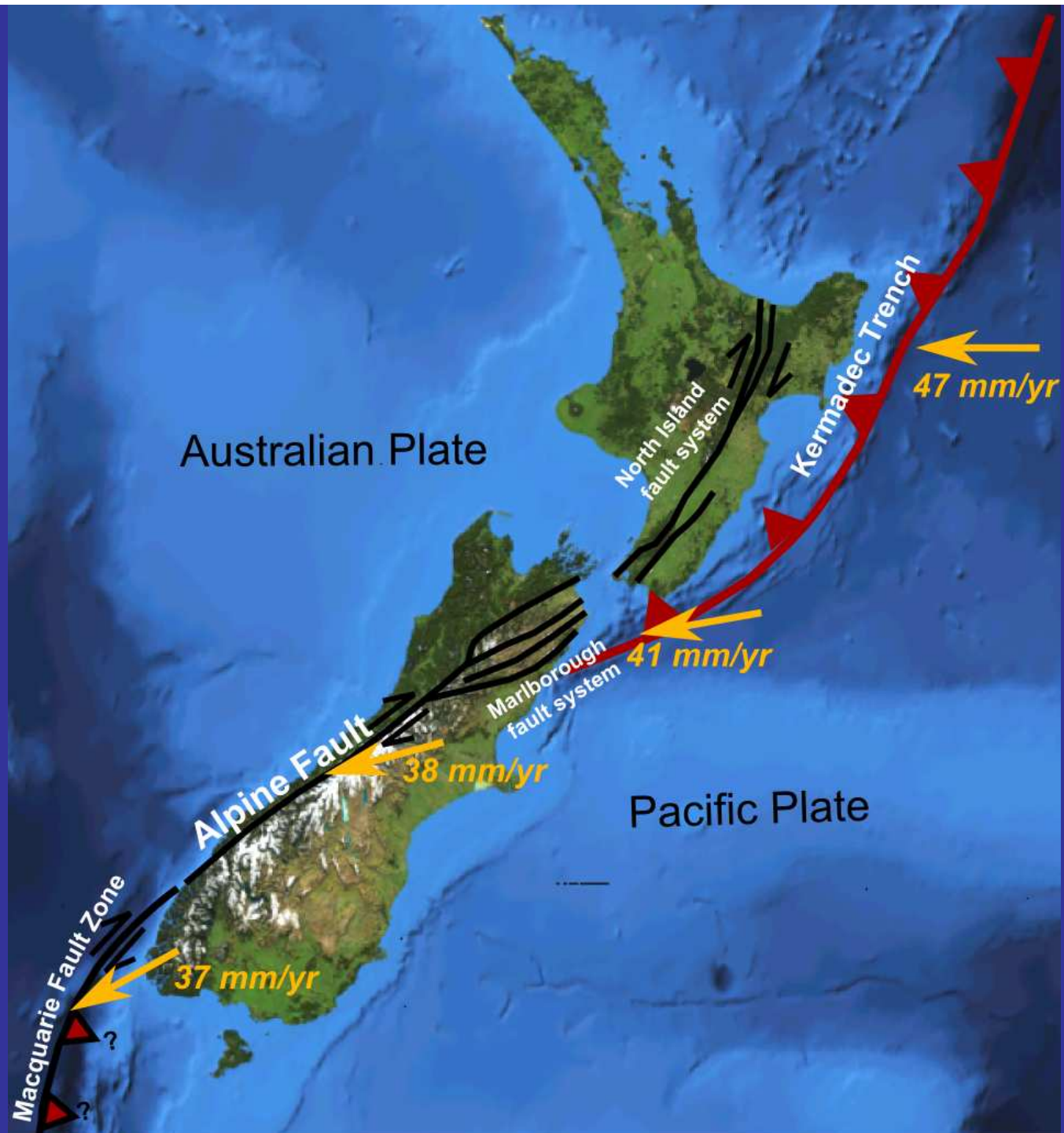


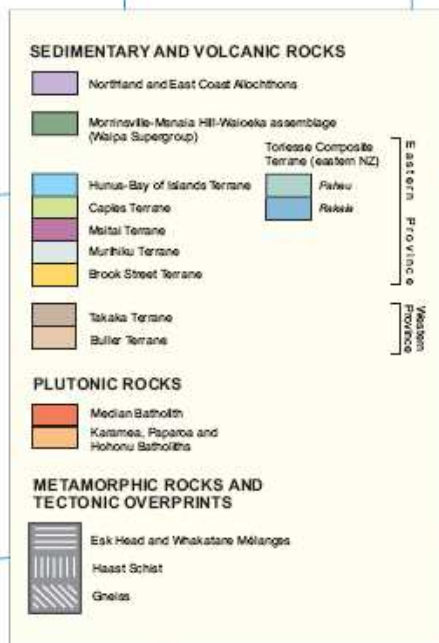
Πολιτικός χάρτης της Νέας Ζηλανδίας

Θέση του επικέντρου

(κοντά στο προάστιο *Lyttelton* --- βλ. παρακάτω)







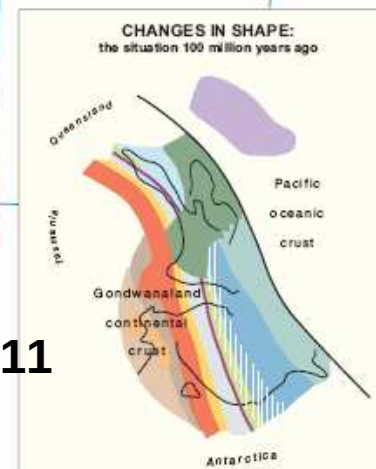
0 100 200 km

Ρήγμα Alpine

Ρήγμα Wellington

Επίκεντρο 4-9-10

Επίκεντρο 22-2-11



Ο Πρώτος Σεισμός στην Ν. Ζηλανδία

4 – 9 – 2010

Ιστορικό σε Περίληψη

- Σεισμός $M \approx 7$: συνδυασμένη “οριζόντια διάτμηση” και “θλίψη” (“*Strike–Slip*” + “*thrust*”) [που λέμε στο χωριό μας]
- Διάρρηξη (“άγνωστου”) ρήγματος μέχρι την επιφάνεια (εμφάνιση: $\Delta_{max} \approx 4\text{ m}$, σε μήκος $\approx 22\text{ km}$)
- Απόσταση του Christchurch (Ch Ch) από το άκρο τού σεισμογόνου ρήγματος: περίπου 20 km
- **ΟΧΙ θύματα**

- **Κυριότερο φαινόμενο** : Τεράστιας Εκτασης Ρευστοποίηση, Βλάβες εξ αυτής σε μονόροφες (ξύλινες ή τούβλινες) κατοικίες, και σε επιχώματα οδοποιίας.
- Υπήρξαν επιταχυνσιογραφήματα καί επί ρευστοποιηθέντος εδάφους
- **Εκτιμώμενο Κόστος** : ≈ 4 δισ. \$!!
- Επίσης σημαντικό φαινόμενο : διάρρηξη ρήγματος στην επιφάνεια . Βλάβες σε επιχώματα οδοποιίας και (λιγότερο) σε κατοικίες.
- **Ασήμαντες δομητικές Βλάβες**

ο ΝΕΟΣ Σεισμός : 21-2-2011

- Σεισμός $M \approx 6.3$
- Διάρρηξη Συνδυασμένης οριζόντιας διάτμησης και θλίψης (*“Strike-Slip” + “thrust”*)
- Απόσταση του κέντρου Christchurch (Ch Ch) $\approx 4-6$ km
- Προφανώς το νέο σεισμογόνο ρήγμα ήταν στην “προέκταση” (όχι κατ’ ανάγκην με μαθηματική ακρίβεια) του σεισμογόνου ρήγματος της 4^{ης} Σεπτ. – πράγμα όχι και τόσο ασυνήθιστο στον πλανήτη μας... (βλ. Παπαζάχο)
- Σημαντικές δομητικές βλάβες, καταρρεύσεις καί Ω.Σ.
- Μεγάλης έκτασης ρευστοποίηση (πάλι)

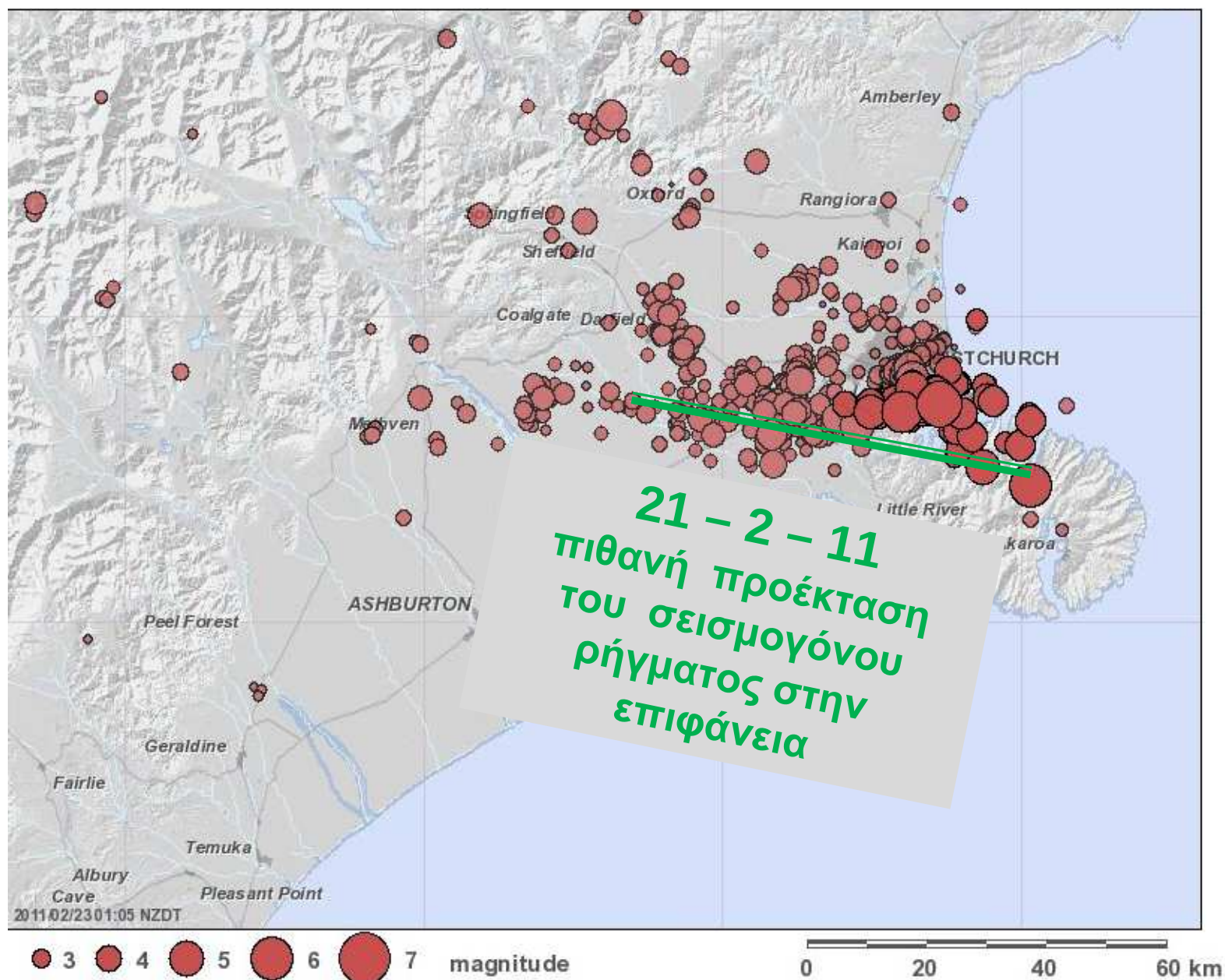
— Εντυπωσιακές οι πάμπολλες καταγραφές
(επιταχυνσιογραφήματα).

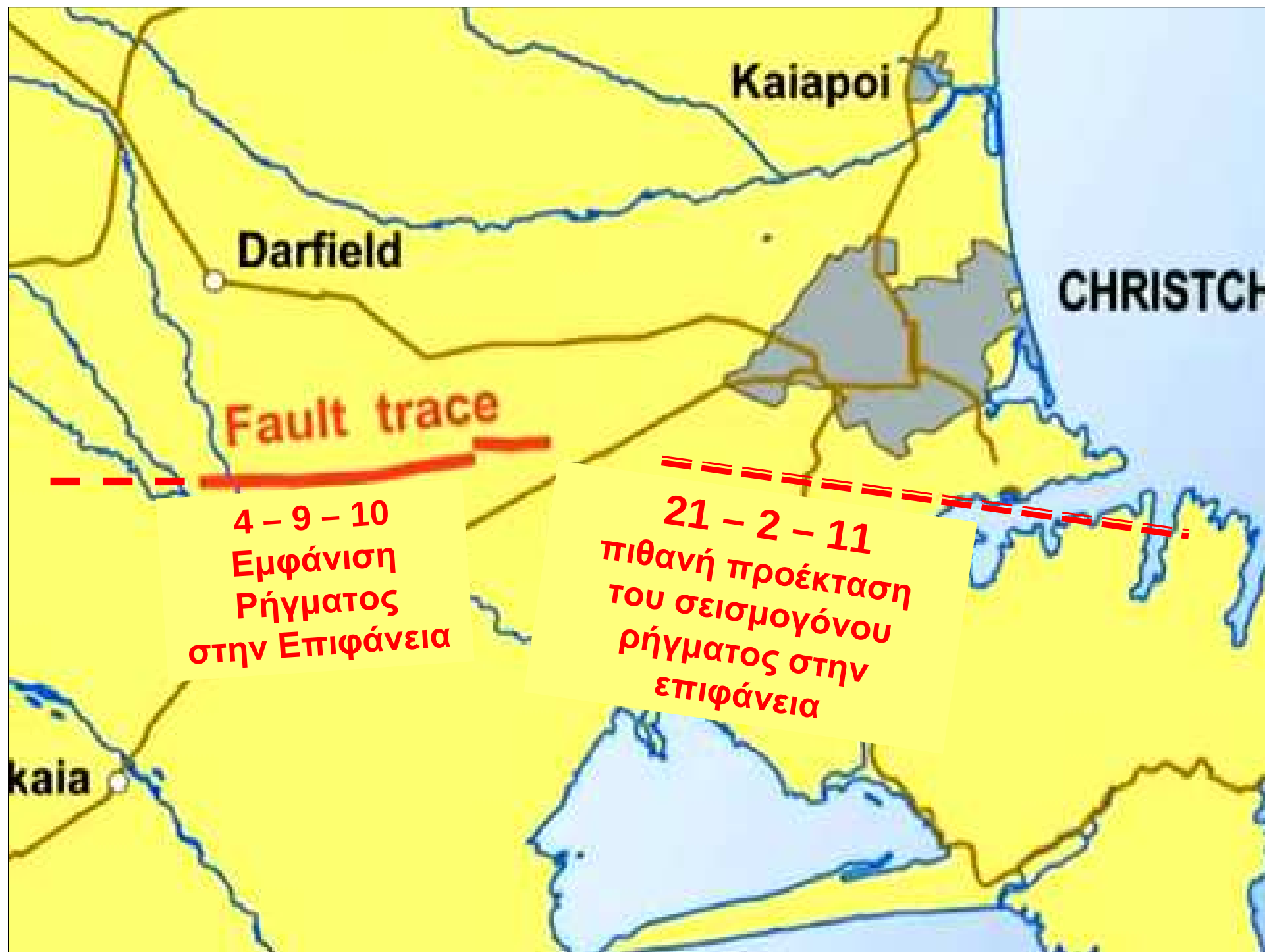
[Οι αποστάσεις τους από το ρήγμα δεν είναι ακόμη ακριβώς
γνωστές, αλλά δίνονται κατά προσέγγιση . Ακριβέστερα
δίδονται μόνον οι αποστάσεις απ' το επίκεντρο —
οι οποίες ως γνωστόν μικρή σημασία έχουν.]

— Ο αριθμός των θυμάτων αναμένεται να ξεπεράσει τους 200.

— Προς το παρόν δεν έχει εντοπισθεί επιφανειακή εμφάνιση
της σεισμικής διάρρηξης, όπως συνέβη στον πρώτο σεισμό

Χάρτης επικέντρων σεισμικής δραστηριότητας





Αεροφωτογραφίες

τα πρώτα λεπτά μετά τον σεισμό











**Εμφάνιση Ρευστοποιημένου Υλικού
στην επιφάνεια του «ελευθέρου» πεδίου**

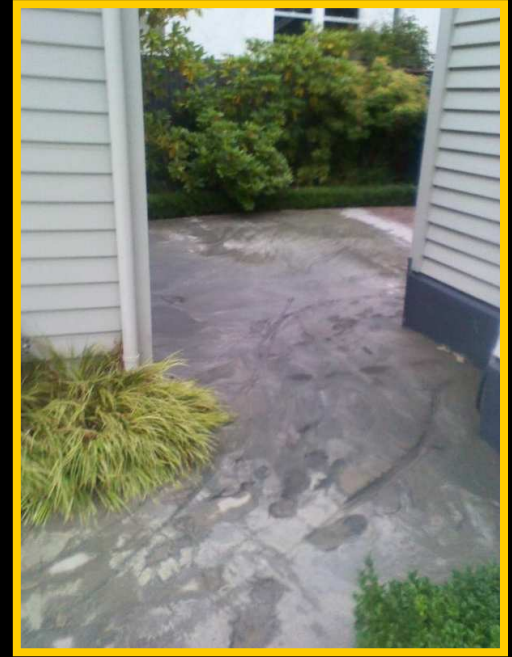




Ρευστοποίηση

και

Οριζόντια “Εξάπλωση”







Ρευστοποίηση





Οριζόντια "Εξάπλωση"



Οριζόντια
"Εξάπλωση"

Ποταμι





Παρά λίγο προφητική η ονομασία
του λεωφορείου





Ρευστοποίηση στις περιοχές Brighton and Bexley









Πλημμυρισμένο Bexley





Ρευστοποίηση,
Μεγάλες εδαφικές μετακινήσεις,
Θραύση (υπογείων) αγωγών,
Πλημμύρα

[περιοχή Bexley]



Βλάβες – Καταρρεύσεις Δομημάτων

Οι συνηθέστεροι τύποι βλαβών



παρόμοια εικόνα



Manchester Street (εμπορικός δρόμος στο Ch Ch)

Αστοχίες κτισμάτων από τοιχοποιία.





Κατάρρευση του King's Education Building στο κέντρο του Ch Ch.

Μεγάλος αριθμός θυμάτων





Pyne Gould Guinness Building





Pyne Gould Guinness Building





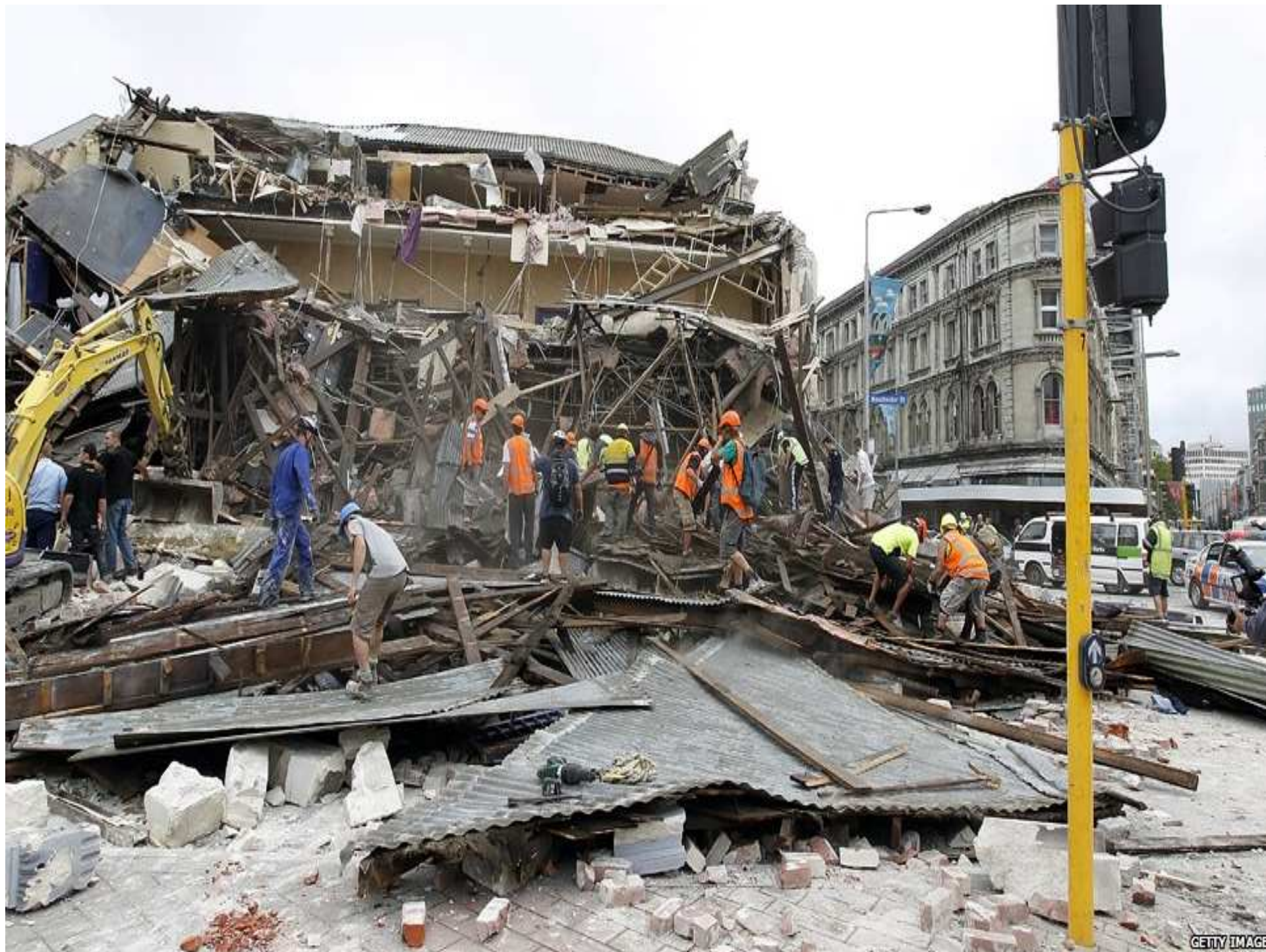
Pyne Gould Guinness Building
(μεγάλος αριθμός “παγιδευμένων”)



Μου φαίνονται απίστευτα αδύναμοι οι κόμβοι και
πολύ μικρές οι διατομές τών υποστυλωμάτων.
Παρακαλώ τους συναδέλφους δομοστατικούς για την
δική τους γνώμη ...

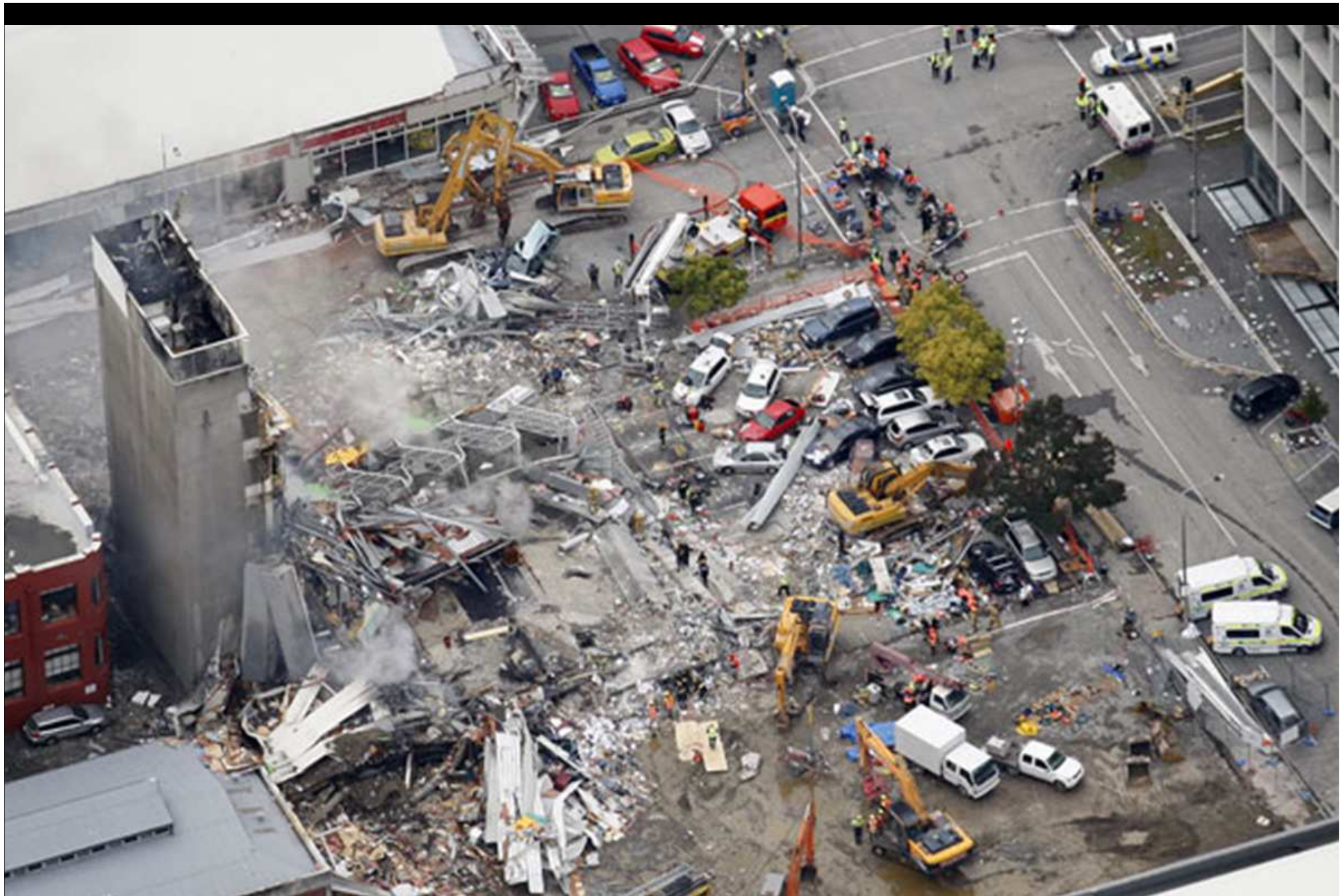


The Pyne Gould Corporation building in central Christchurch after the 6.3 earthquake, February 22, 2011. Photo / Simon Baker





The Canterbury TV (CTV) building



Απομεινάρια του κτιρίου CTV



Ιστορική κατασκευή
αγγλικής τεχνοτροπίας

ιστορική κατασκευή
αγγλικής τεχνοτροπίας

ΠΡΙΝ



ΜΕΤΑ



ο Καθεδρικός Ναός του Christchurch



REUTERS





AFTER

BEFORE

Αστοχίες Ειδικού Ενδιαφέροντος





A tree in Christchurch's Hagley Park which has been uprooted

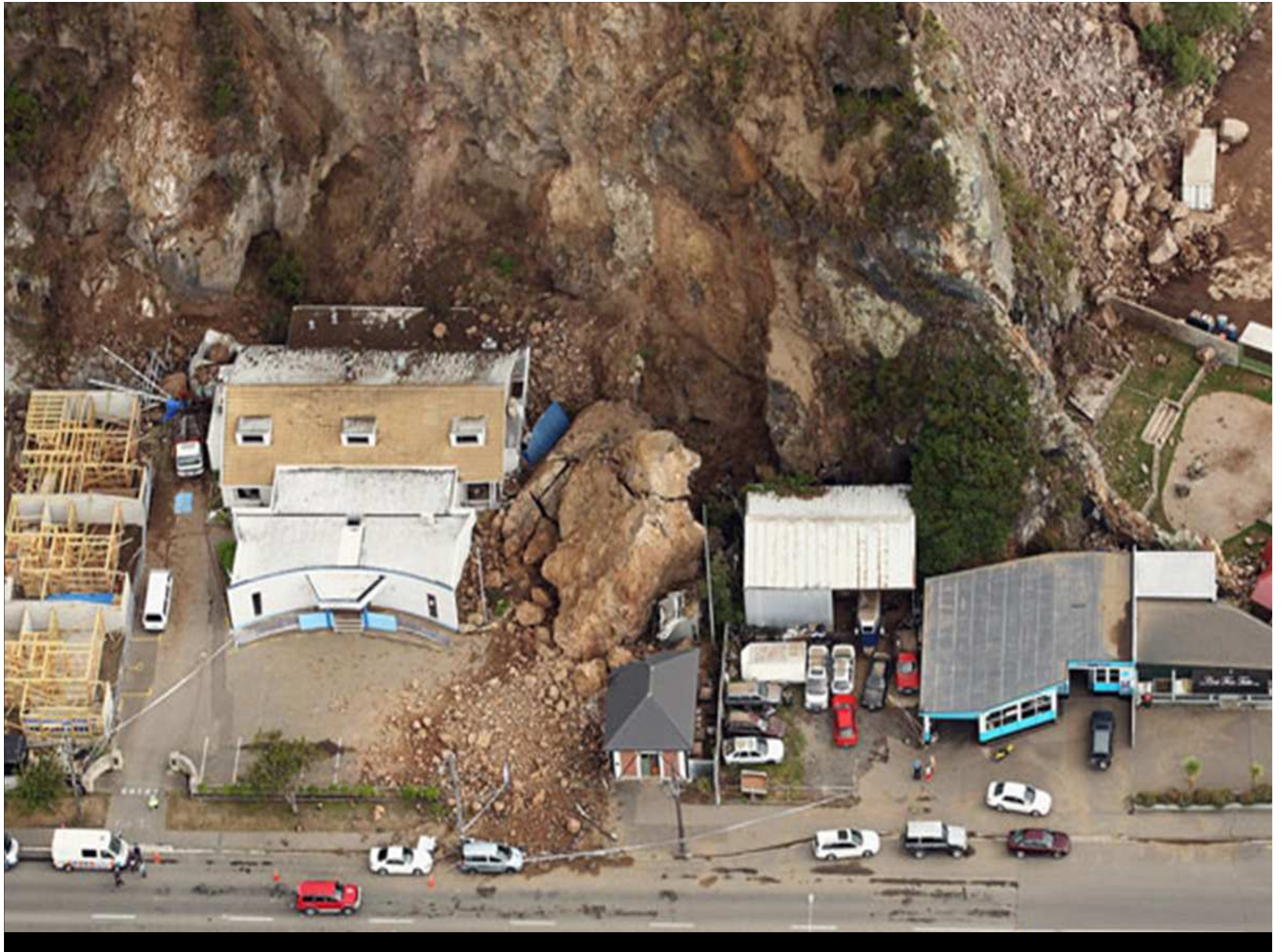


the Christchurch tram tracks

**Κατολισθήσεις –
Κατακρημνίσεις Βράχων**













Αποκλεισμένο Βυτιοφόρο

(ο οδηγός μεταφέρθηκε
με ελικόπτερο)





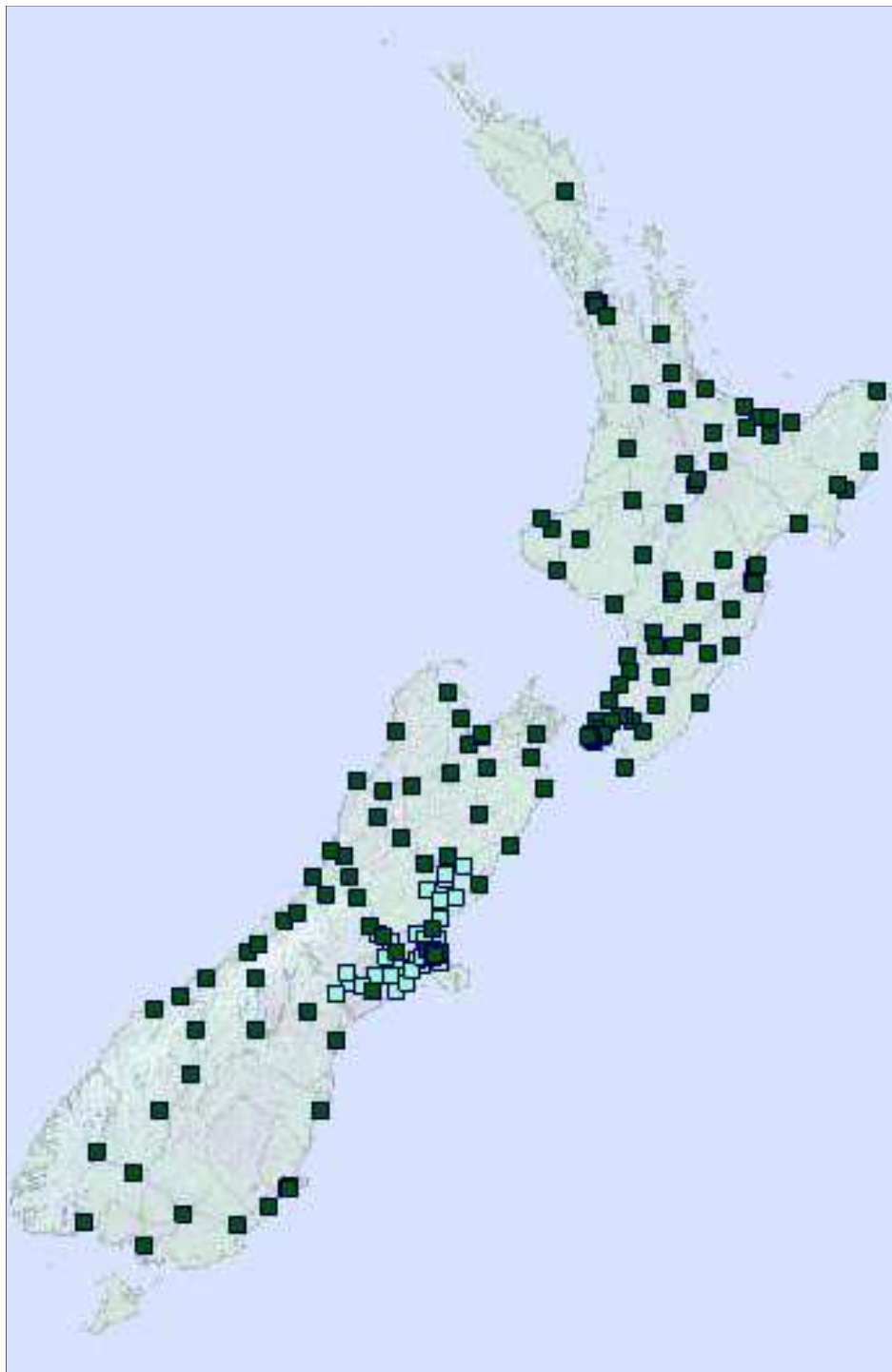
30 εκατ. τόνοι
τμήματος που αποκόπηκε
από παγετώνα



3.

Σεισμικές Καταγραφές
και Φάσματα

(Ελαστικά, Ολισθήσεως, Ανατροπής)



**Δίκτυο Επιταχυνσιογράφων
της Νέας Ζηλανδίας**

Πού οφείλεται η μεγάλη έκταση των
δομητικών και γεωτεχνικών βλαβών ;

- Μα προφανώς: 1) στο γεγονός ότι το “επίπεδο” τού
σεισμογόνου ρήγματος βρίσκεται ακριβώς κάτω απ’ την
πόλη τού Christchurch (ή απλώς ChCh) !

Γι’ αυτό και τα επιταχυνσιογραφήματα είναι
ιδιαιτέρως δυσμενή :

- τόσο για **ελαστικά** συστήματα
(βλ. σε λίγο **ελαστικά φάσματα αποκρίσεως**),
- όσο και για **ανελαστικά** συστήματα
(βλ. μετά τα **φάσματα “ολισθήσεως” και “περιστροφής”**)

2) Ασφαλώς δε και στο γεγονός ότι ο πρώτος σεισμός ήταν κι αυτός αρκετά κοντά στο Christchurch.

Καταγράφηκαν και τότε (μετρίως έστω) ισχυρά επιταχυνσιογραφήματα ...

Αρα οπωσδήποτε τα κτίρια είχαν ήδη υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις (= βλάβες, ασχέτως εάν αυτές ήταν φανερές ή δυσδιάκριτες).

Εξασθενημένα λοιπόν δομήματα (πολλά από τα οποία είχαν κτισθεί υπό την μητρική Αγγλική επιρροή) ήταν φυσικό να μην αντεπεξέλθουν στις μεγάλες απαιτήσεις των νέων κραδασμών ...

Οι καταγραφικοί σταθμοί στο Ch Ch

10 km

18389 m

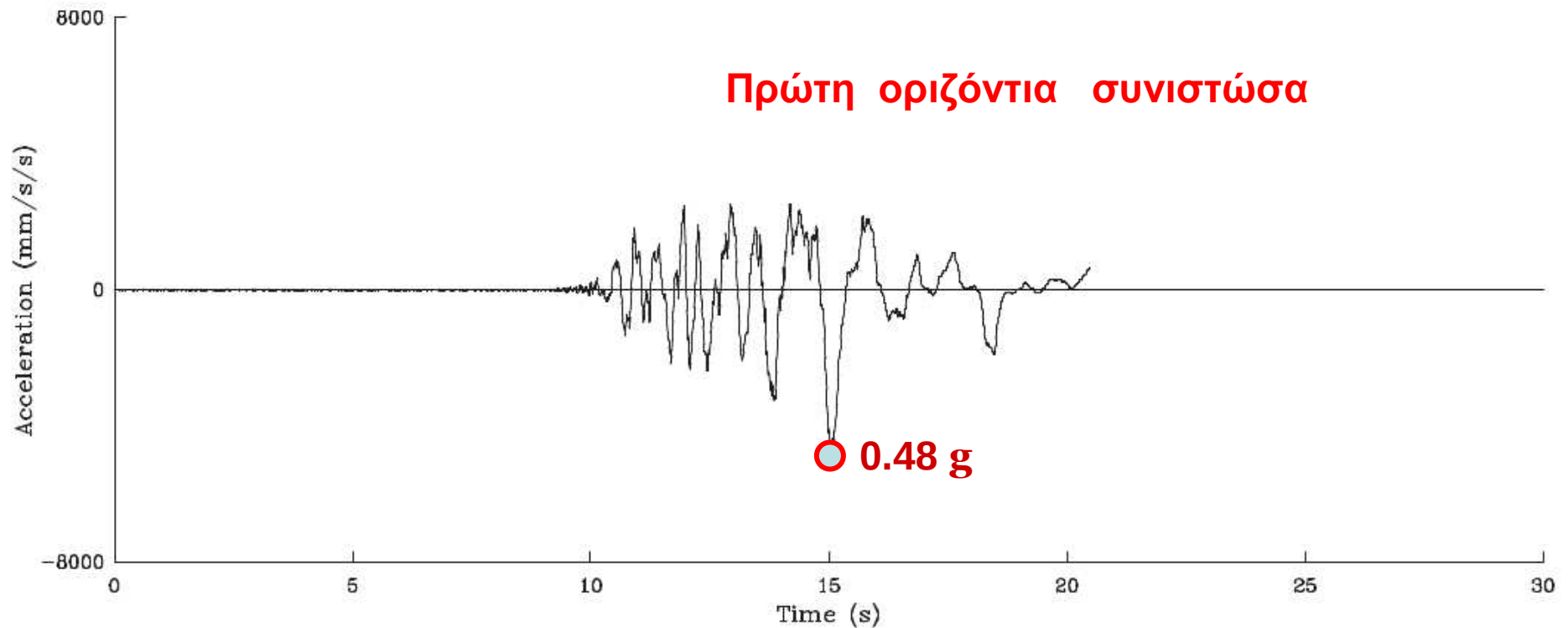


21 - 2 - 11
πιθανή προέκταση
του σεισμογόνου
ρήγματος στην
επιφάνεια

Station: **Christchurch Cathedral College (CCCC) ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ --- σε ΕΔΑΦΟΣ**

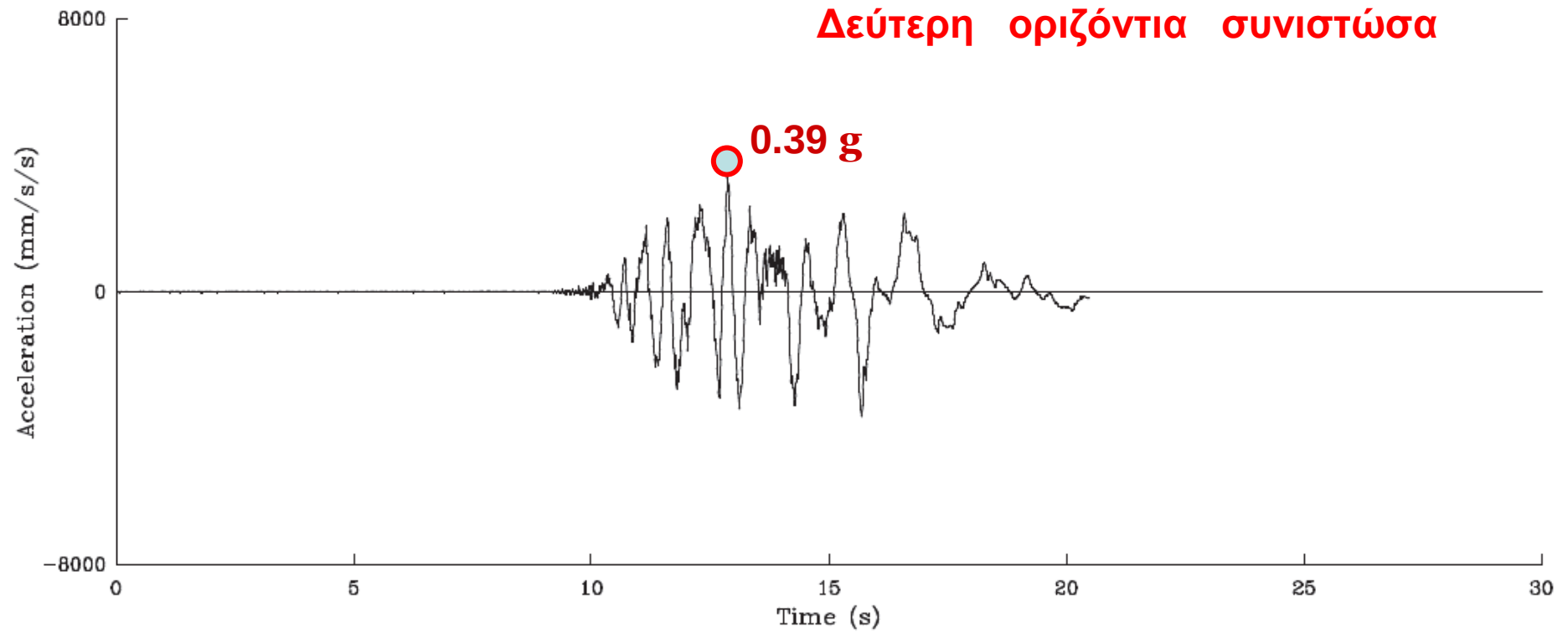
Epicentral Distance: **8 km, (Ελάχιστη) ΑΠΟΣΤΑΣΗ από το ΡΗΓΜΑ < 4 km**

Component N64E ⊕ Peak value: -4701.2 mm/s/s



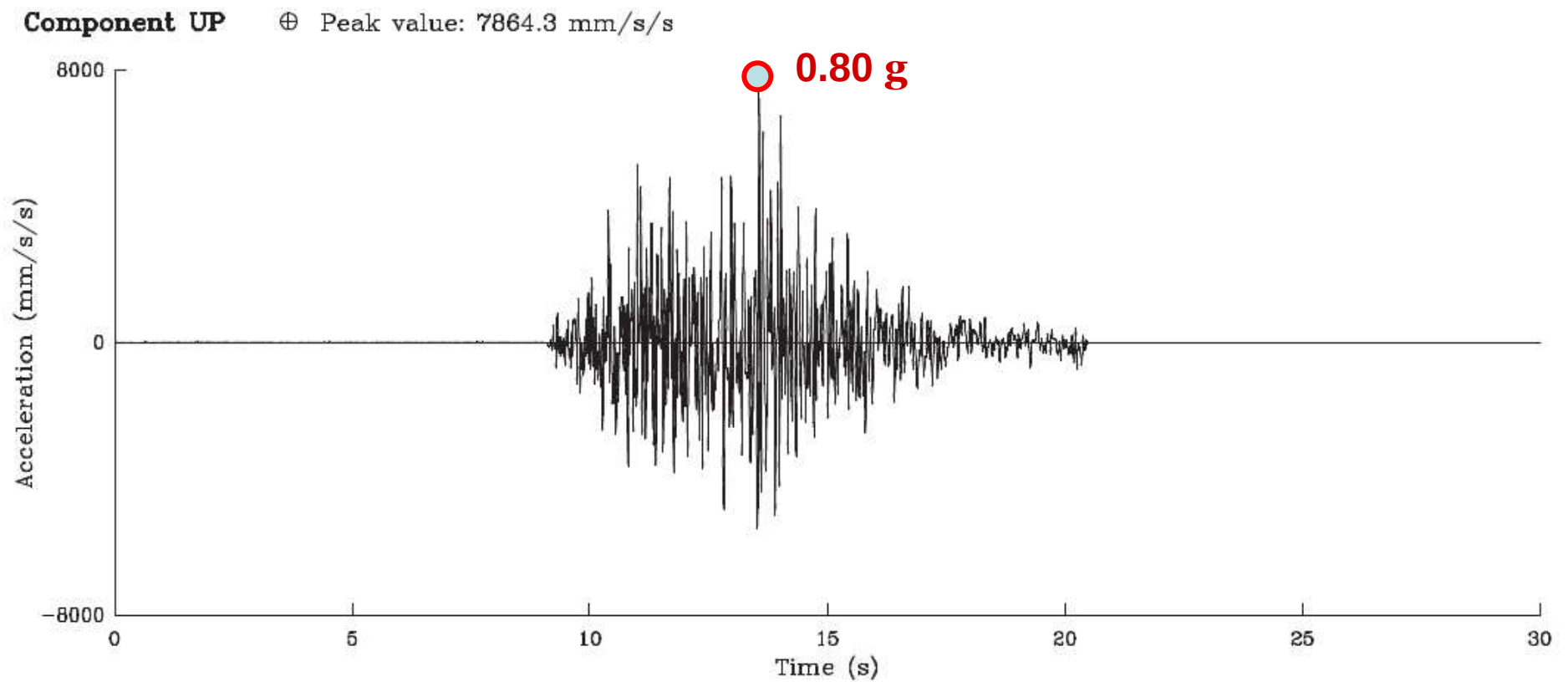
Christchurch Cathedral College (CCCC)

Component N26W ⊕ Peak value: 3771.2 mm/s/s

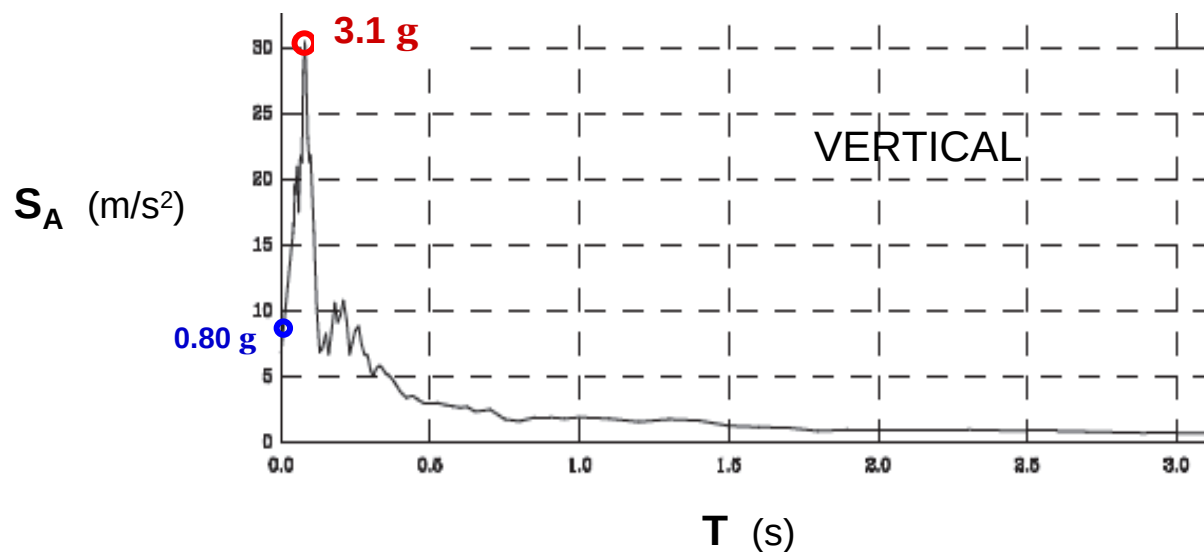
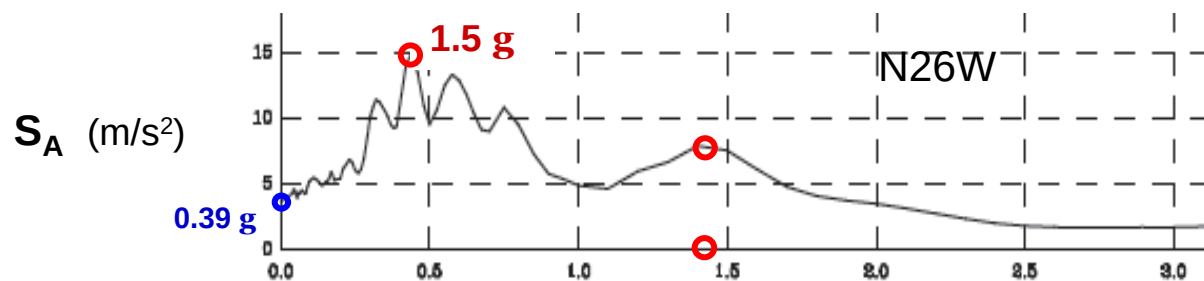
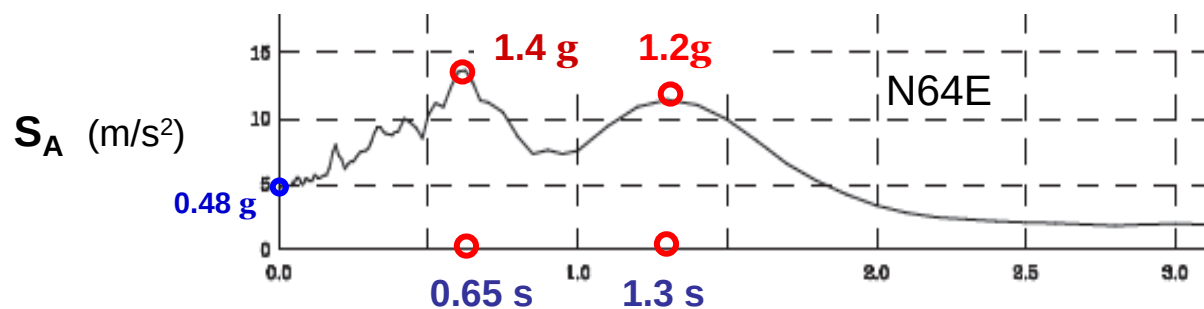


Christchurch Cathedral College (CCCC)

Κατακόρυφη συνιστώσα



Καταγραφή CCCC: Ελαστικά Φάσματα Αποκρίσεως ($\xi = 5\%$)



Μάλλον προφανής
η εδαφική ενίσχυση
στις περιόδους
1.2–1.6 sec.

(Σύγκρινε με τα
φάσματα της
καταγραφής
Lyttelton σε βράχο.)

Συνηγορεί προς
τούτο και η αστοχία
υψηλών ορόφων, σε
μερικές τουλάχιστον
περιπτώσεις.

Ανάλυση του “Δυναμικού Καταστρεπτικότητας” της Καταγραφής CCCC

Αξιοποιούνται Τρείς “δείκτες” καταστρεπτικότητας :

- Συμμετρική Ολίσθηση Coulomb Στερεού Σώματος
- Ασύμμετρη Ολίσθηση Coulomb Στερεού Σώματος
- Περιστροφή–Ανατροπή Λικνιζομένου Σώματος

Τα σχήματα που ακολουθούν σκιαγραφούν τα
τρία ενδεικτικά αυτά συστήματα.

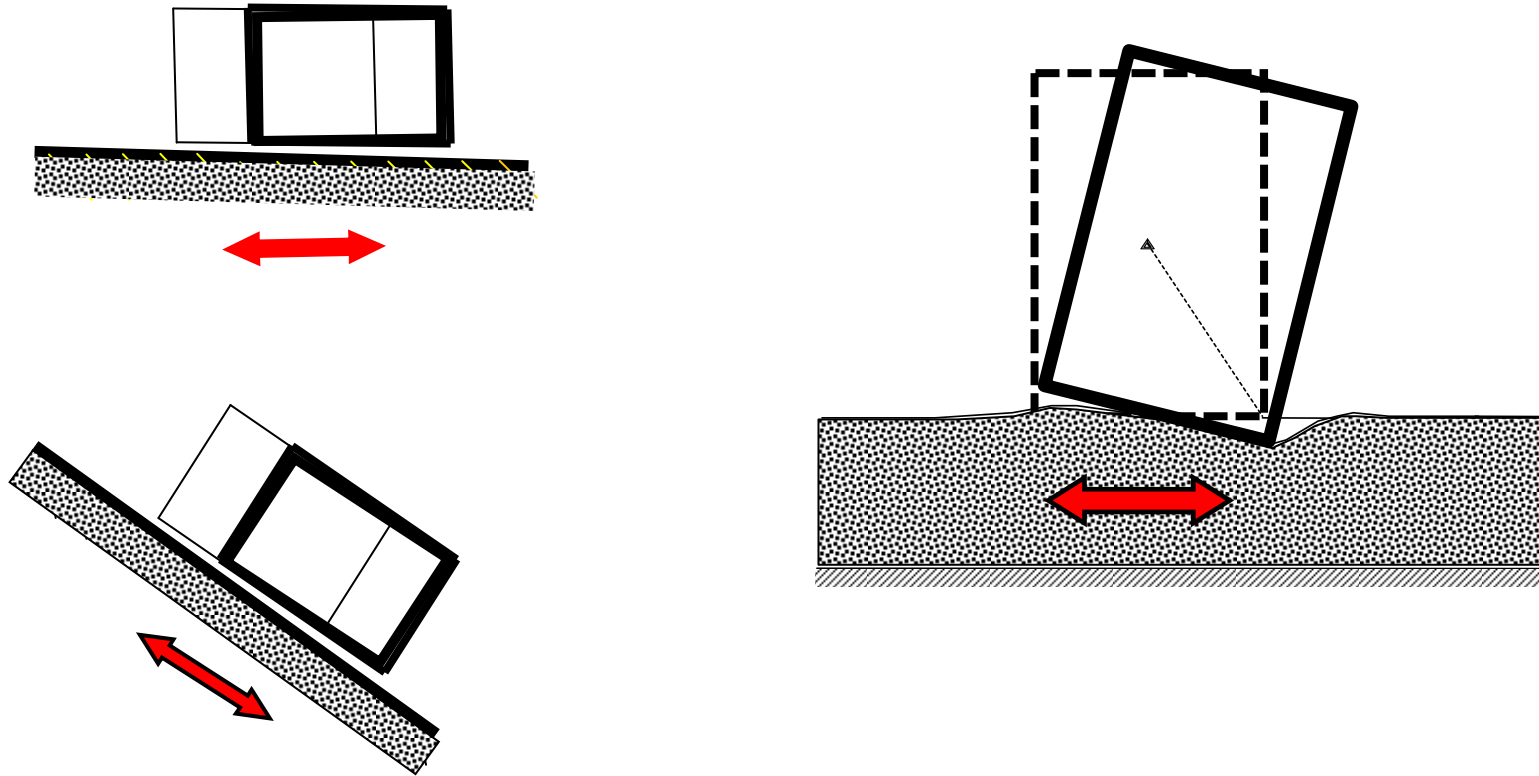


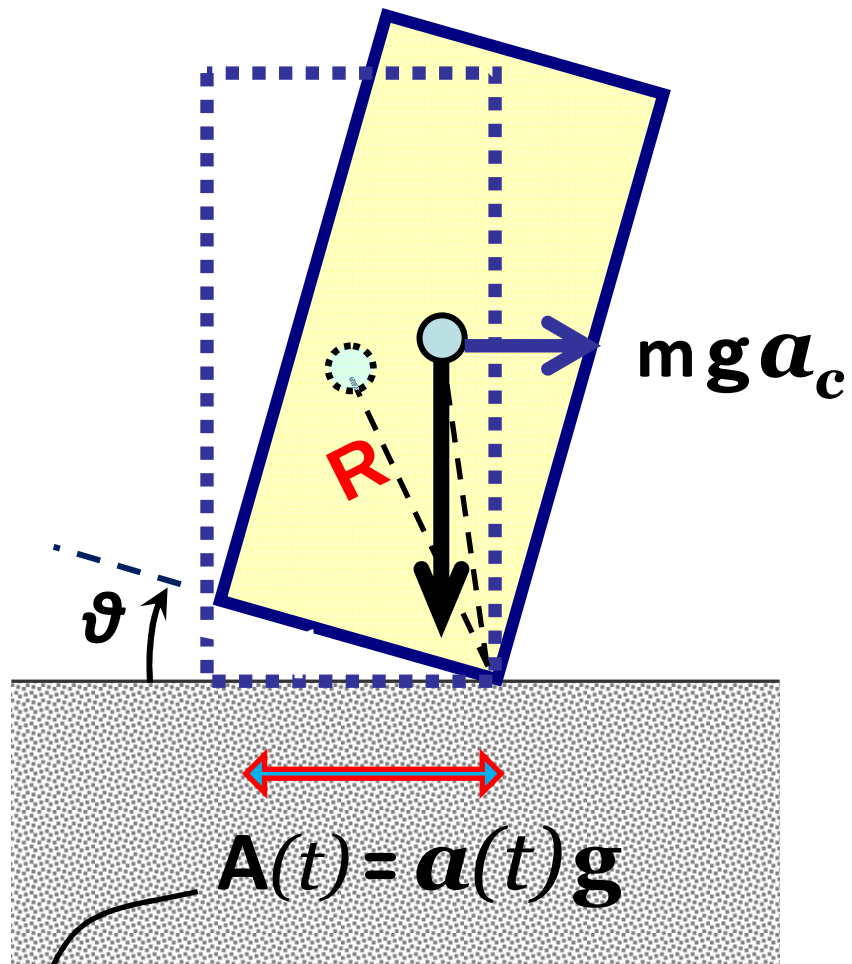
Κατόπιν υπολογίζονται τα
ΦΑΣΜΑΤΑ των “**ΔΕΙΚΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**”
της καταγραφής **CCCC**

(φάσματα συμμετρικής ολίσθησης,
φάσματα ασύμμετρης ολίσθησης,
φάσματα γωνίας περιστροφής)

και συγκρίνονται με τους αντίστοιχους δείκτες
των κυριοτέρων σεισμικών καταγραφών
στην **Ελλάδα**

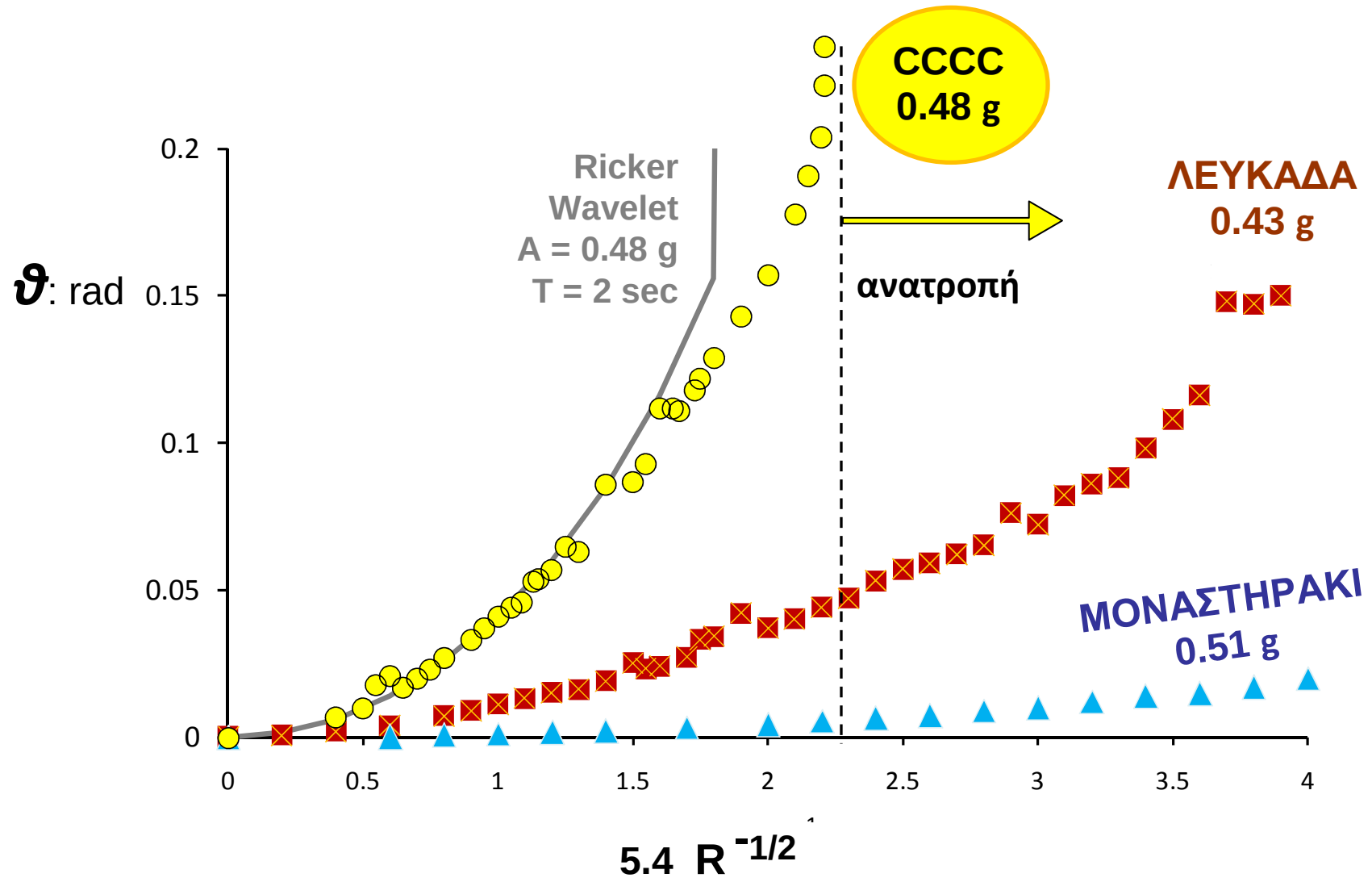
Ολίσθηση καί Ανατροπή Απολύτως Στερεού Σώματος





Διέγερση : **CCCC** (2011), **Λευκάδα** (2003), **Μοναστηράκι** (1999)

Φάσμα Περιστροφής–Ανατροπής Στερεού Σώματος
Λόγου Υψους προς Πλάτος = 5



- Από τα Φάσματα Γωνίας Περιστροφής ϑ συναρτήσει της Διαγωνίου R του σώματος εις την $-1/2$ προκύπτουν τα εξής:

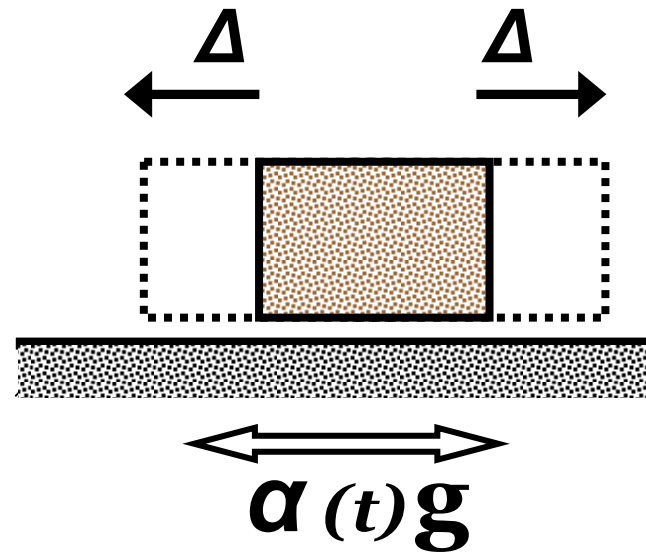
Αναδεικνύεται το πολύ ισχυρότερο δυναμικό περιστροφής–και–ανατροπής της καταγραφής

CCCC (στο κέντρο του (ChCh))

σε σύγκριση με τις καταγραφές στην **Λευκάδα** (σεισμός 2003) και στο **Μοναστηράκι** (σεισμός Πάρνηθας 1999).

Οι εξίσου μεγάλες τιμές των κορυφαίων επιταχύνσεων (0.51 g , 0.48 g, 0.43 g) δεν είναι καθόλου ενδεικτικές του “ανατρεπτικού” δυναμικού των καταγραφών αυτών !

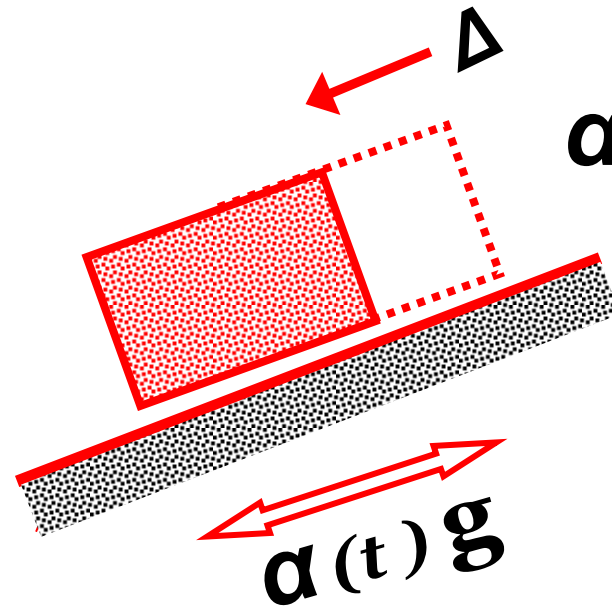
**Συμμετρική
Ολίσθηση**



$$\alpha_c = \mu$$

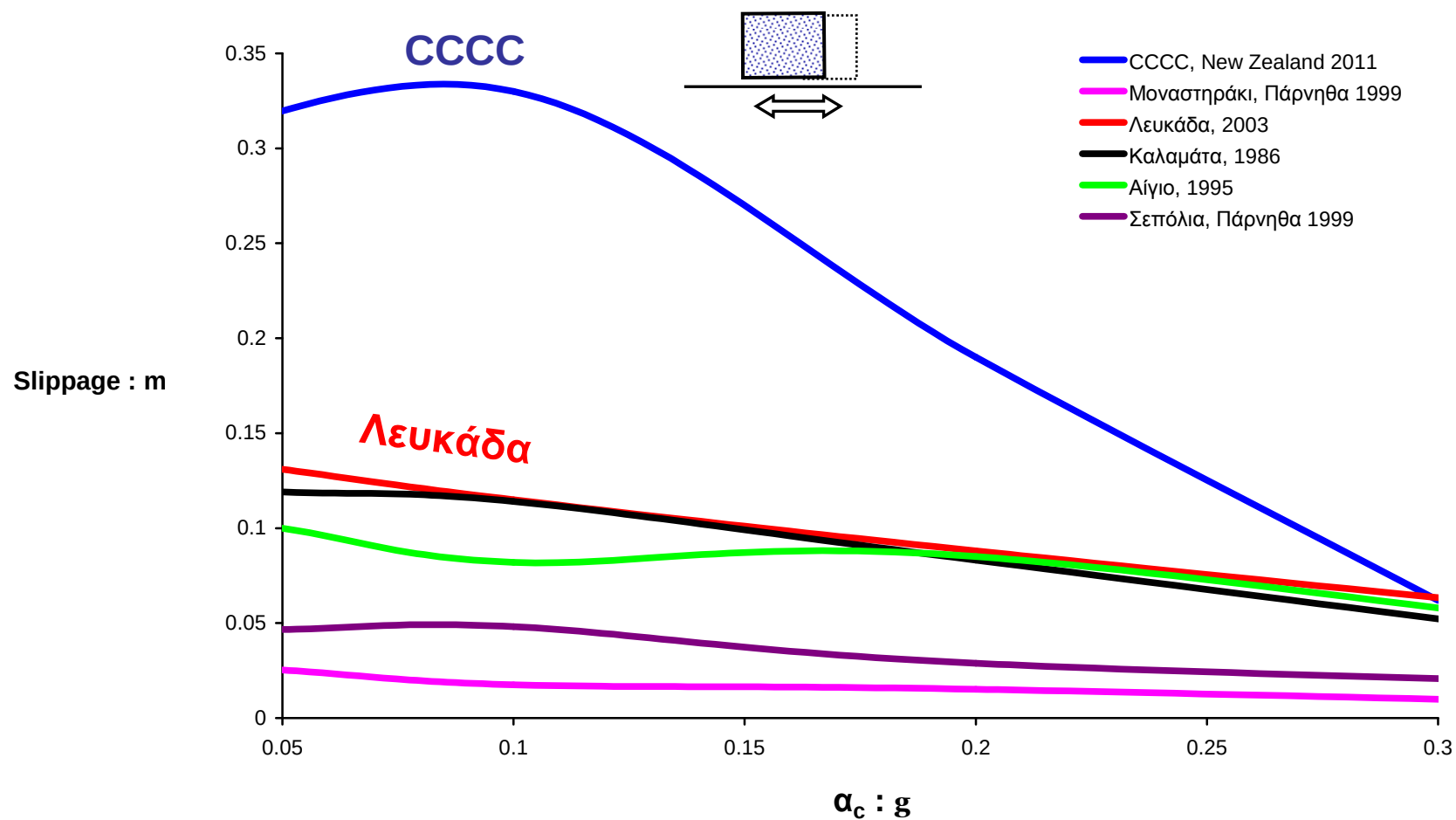
(συντελεστής
τριβής Coulomb)

**Ασύμμετρη
Ολίσθηση**



$$\alpha_c = \mu \cos\beta - \sin\beta$$

Σύγκριση Φασμάτων [Συμμετρικής] Ολίσθησης τής καταγραφής CCCC
με τα ΦΣΟ των σημαντικότερων επιταχυνσιογραφημάτων στην Ελλάδα



- Από τα Φάσματα [Συμμετρικής] Ολίσθησης (σε μέτρα)
συναρτήσει του συντελεστή τριβής $\mu = \alpha_c$
προκύπτουν τα εξής:

Αναδεικνύεται πάλι το πολύ ισχυρότερο
δυναμικό ολισθήσεως της καταγραφής CCCC
σε σύγκριση με το δυναμικό των καταγραφών

Λευκάδα (2003)

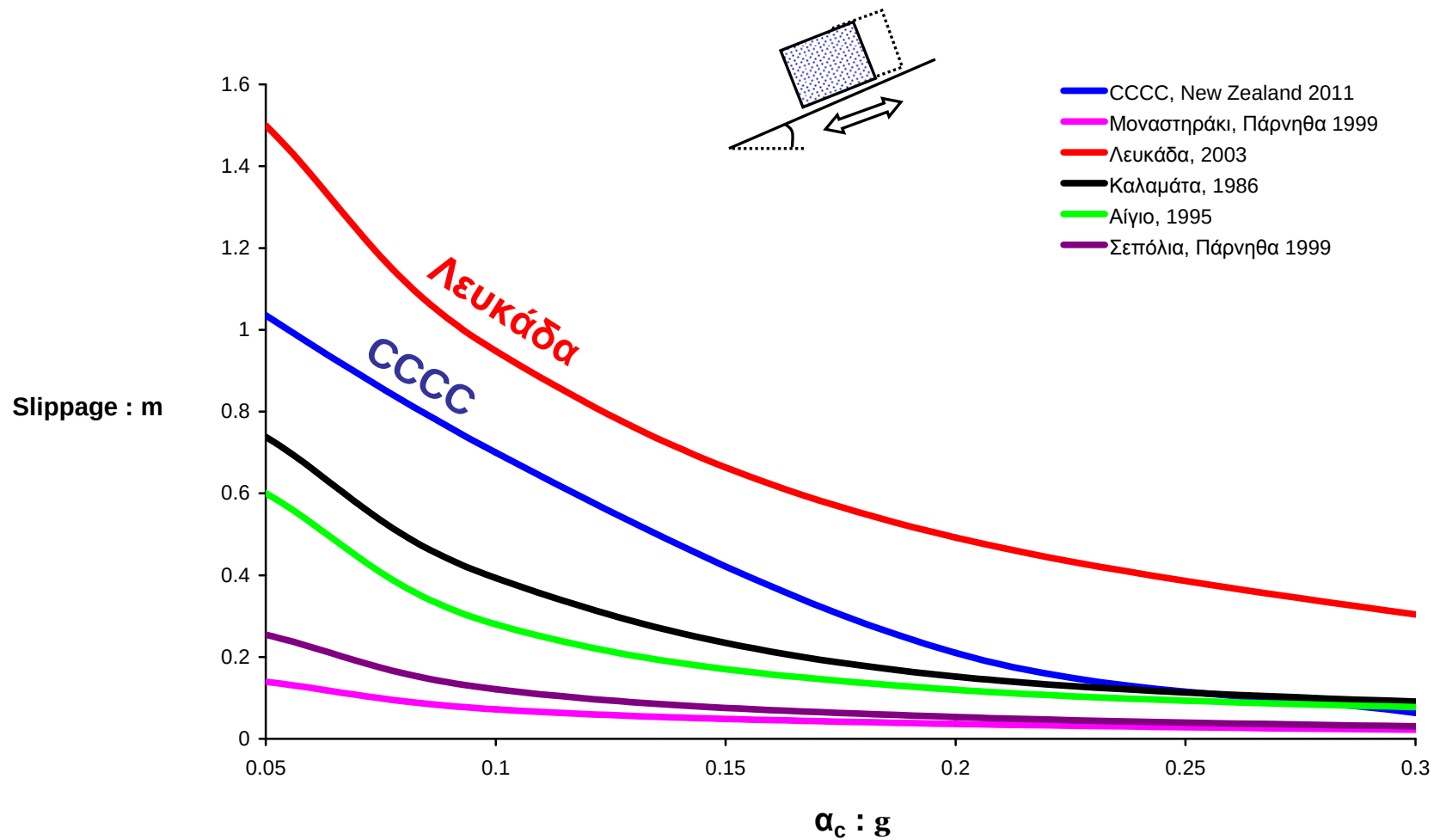
Μοναστηράκι, Σεπόλια (1999)

Αίγιο (1995)

Καλαμάτα (1986).

Προφανώς δε, η κορυφαία τιμή τής επιτάχυνσης
ούτε χονδροειδώς δέν προδικάζει
την καταστρεπτικότητα μιάς καταγραφής!

Σύγκριση Φασμάτων Ασύμμετρης Ολίσθησης της καταγραφής CCCC με τα ΦΑΟ των σημαντικότερων επιταχυνσιογραφημάτων στην Ελλάδα



- Από τα Φάσματα [Ασύμμετρης] Ολίσθησης (σε μέτρα) συναρτήσει της επιτάχυνσης ολίσθησεως $\alpha_c = \mu \cos\beta - \sin\beta$ προκύπτουν τα εξής:

Αναδεικνύεται τώρα ισχυρότερο το δυναμικό ασύμμετρης ολίσθησης της **Λευκάδας** (2003) με δεύτερο το δυναμικό του **CCCC** (2011) .

(Σημειώνεται εδώ, ότι το σημαντικό δυναμικό της καταγραφής της Λευκάδας είχε επισημανθεί και σε παλαιότερες μελέτες του σεισμού εκείνου [βλ. Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής]. Σ' αυτό το ισχυρό “δυναμικό” είχαν αποδοθεί (εν μέρει τουλάχιστον) οι βλάβες σε ασύμμετρες κατασκευές:

- στους λιμενικούς κρηπιδοτοίχους,
- στα κατολισθήσαντα πρανή περί τον Άγιο Νικήτα, κλπ...

Αλλά όχι στα σχεδόν συμμετρικά δομήματα του νησιού !!)

*Ποιά μπορεί να υπήρξε η επίδραση τής
(ισχυρότατης) κατακόρυφης συνιστώσας
τής καταγραφής CCCC ($A_v = 0.80 \text{ g}$) ??*

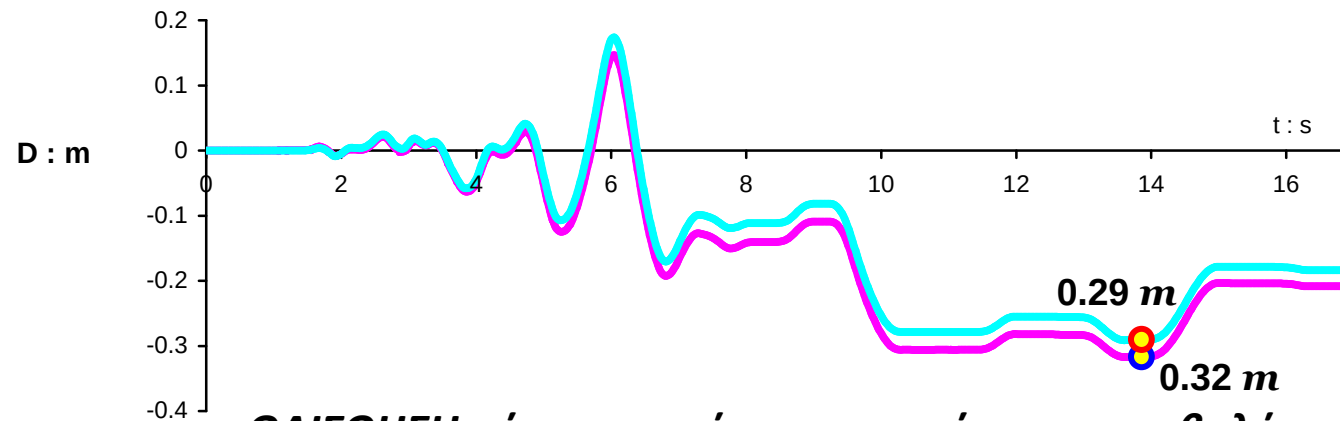
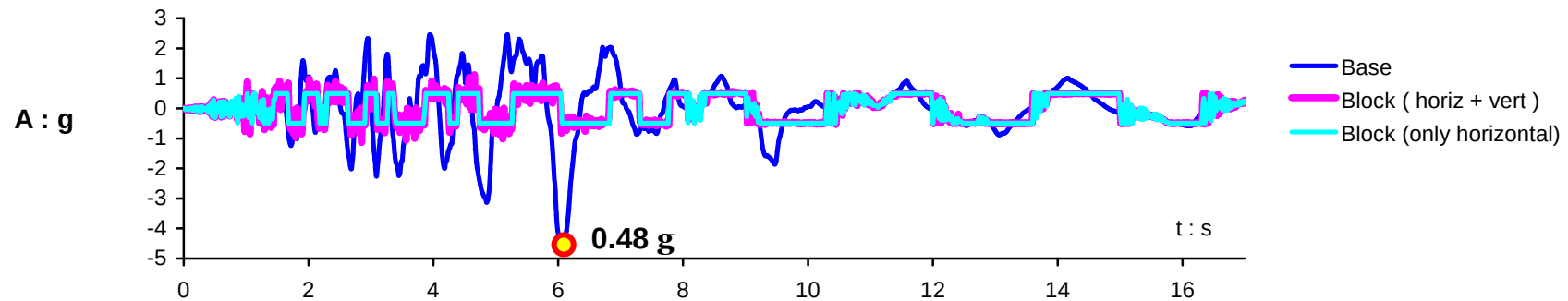
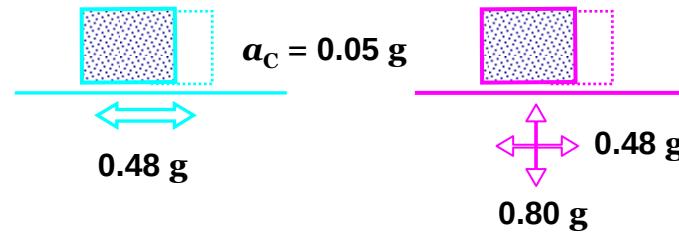
*Φυσικά η απάντηση εξαρτάται απο το είδος
τής κατασκευής στην οποία αναφερόμαστε
(ή καλύτερα, από την μηχανική της συμπεριφορά)*

*Ακολουθεί ανάλυση, επιδεικνυόμενη γραφικά,
τής συμμετρικής ολίσθησης σώματος επί οριζοντίου επιπέδου
(απλοποιημένο προσομοίωμα ισχυρώς–ανελαστικού δύσκαμπτου ταλαντωτή).*

*Αποδεικνύεται (επόμενη σελίδα) ότι, γι' αυτό το σύστημα, ο ρόλος της
κατακόρυφης συνιστώσας είναι αμελητέος — χάρις στον υψίσυχνο
χαρακτήρα της που εξουδετερώνει την τεράστια κορυφαία της τιμή !!*

ΠΡΟΣΟΧΗ όμως: δέν χρειάζονται υπερ-γενικεύσεις ...

Η επίδραση της κατακόρυφης επιτάχυνσης του CCCC



ΟΛΙΣΘΗΣΗ μέ και χωρίς την ταυτόχρονη επιβολή της κατακόρυφης συνιστώσας: διαφορά < 10 %

Καταγραφή σε ΒΡΑΧΟ / ΕΔΑΦΟΣ κατηγορίας “Α” :

LPCC

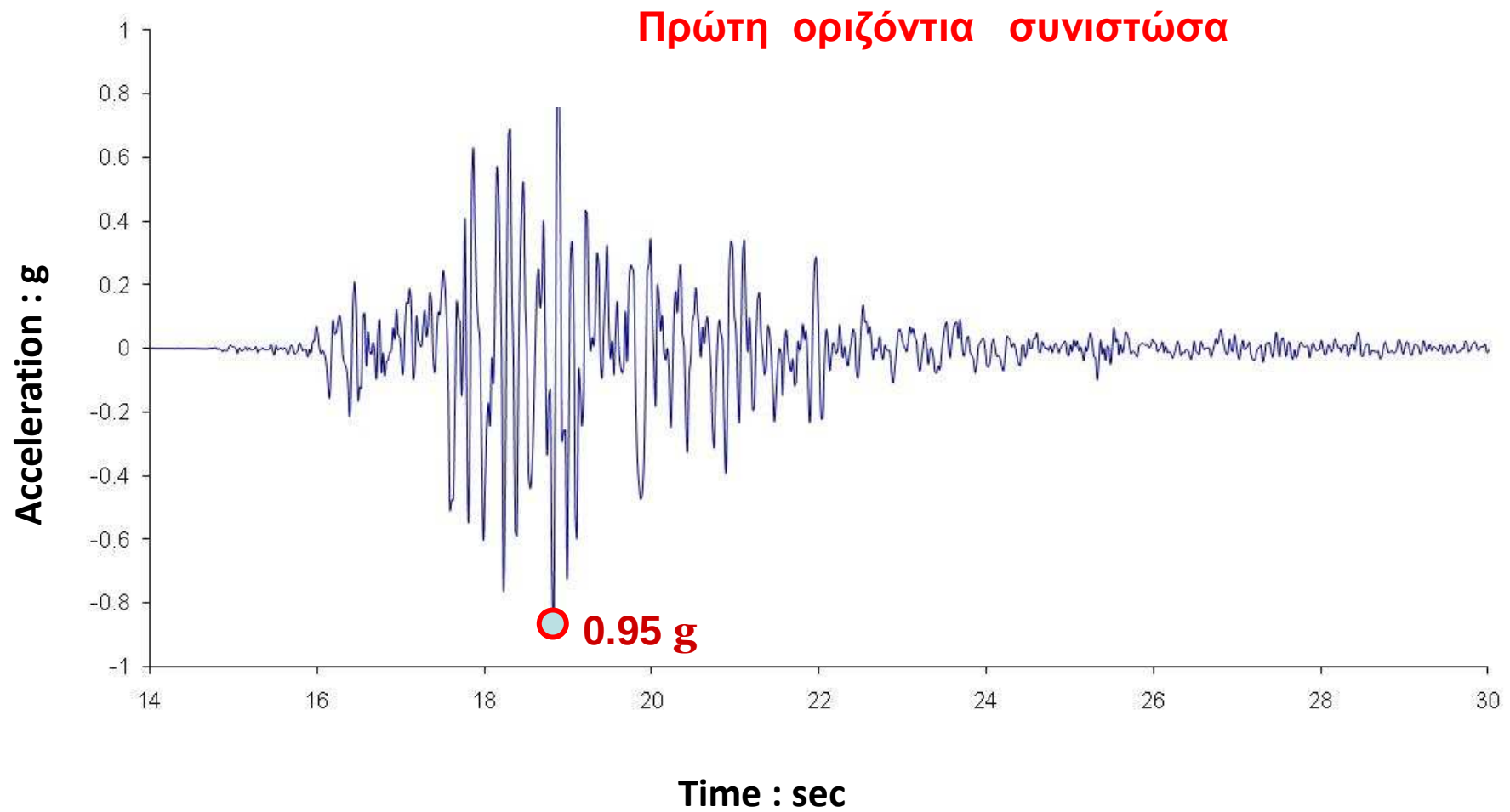
στο Lyttelton,

*πολύ κοντά στην προέκταση του σεισμογόνου
ρήγματος στην επιφάνεια του εδάφους.*



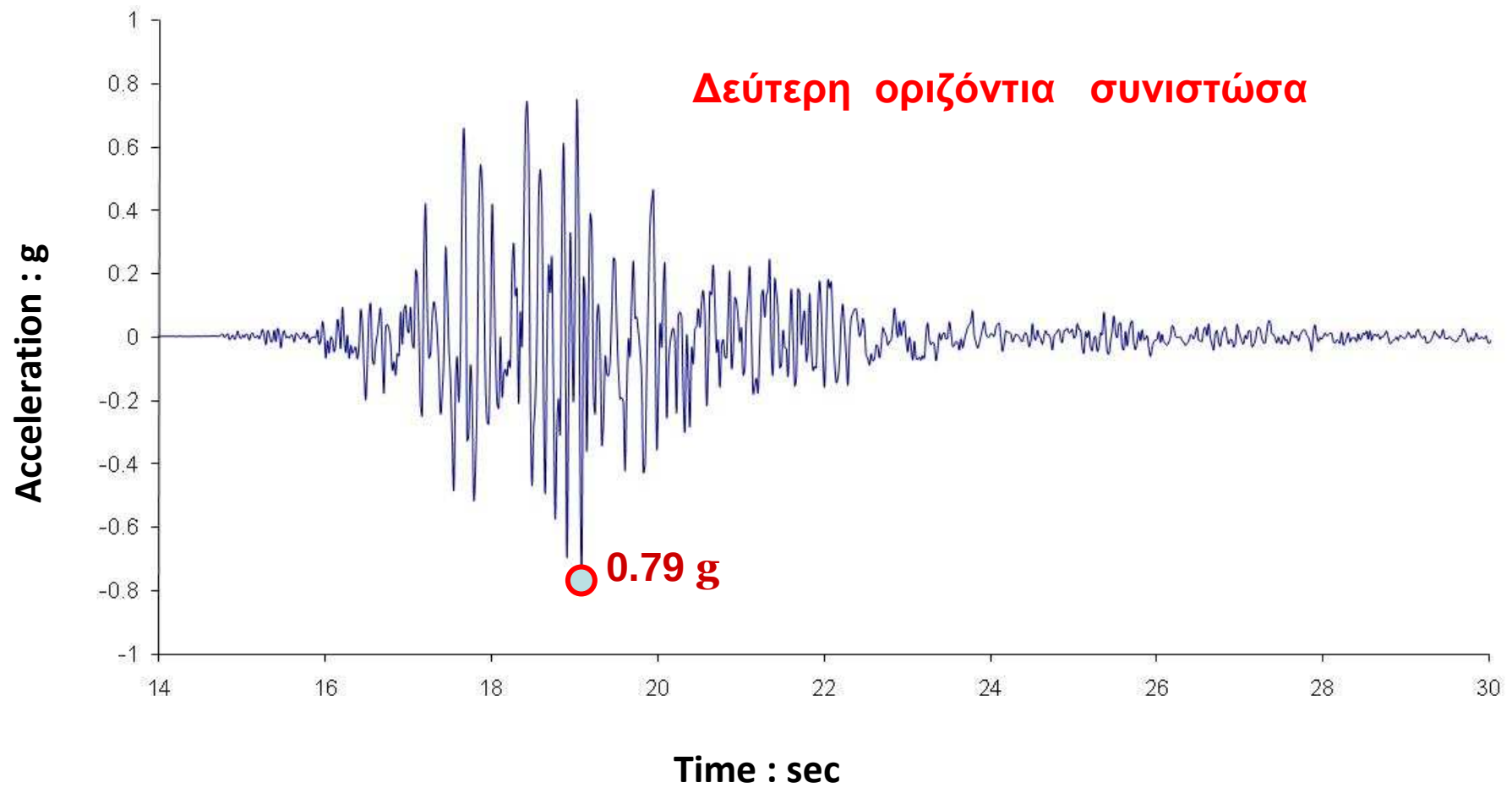
Site: **Lyttelton Port Company (LPCC)**

Epicentral Distance: **2 km**



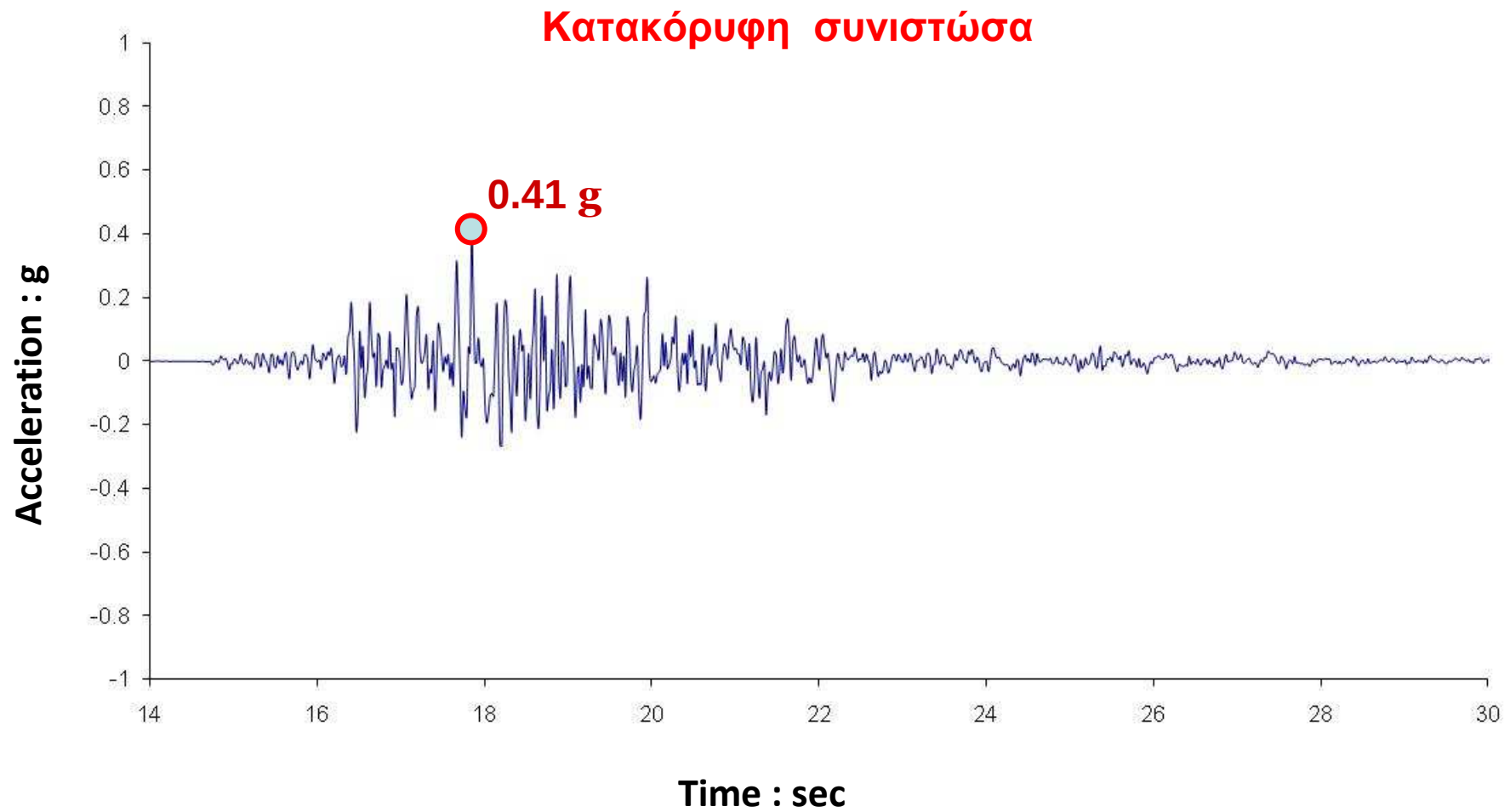
Site: **Lyttelton Port Company (LPCC)**

Epicentral Distance: **2 km**



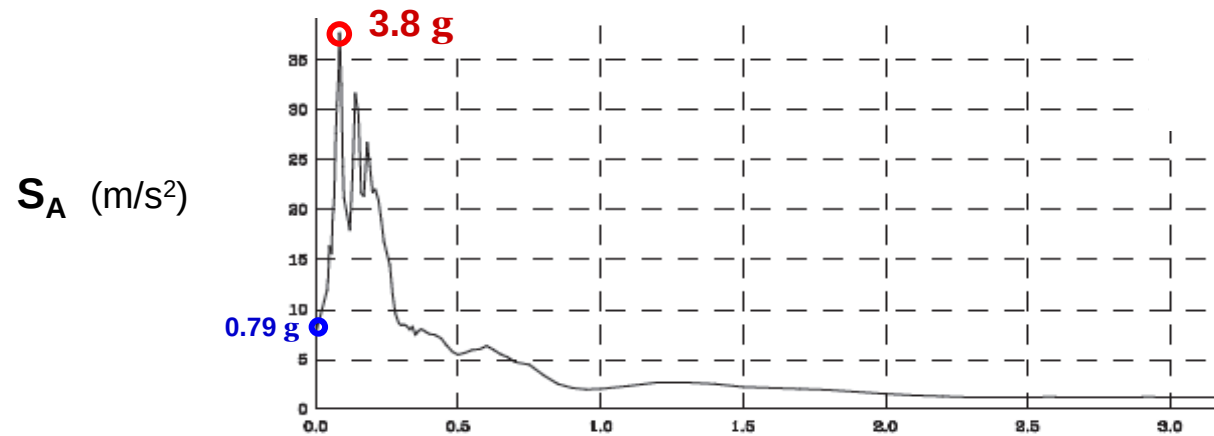
Site: **Lyttelton Port Company**

Distance: **2 km**

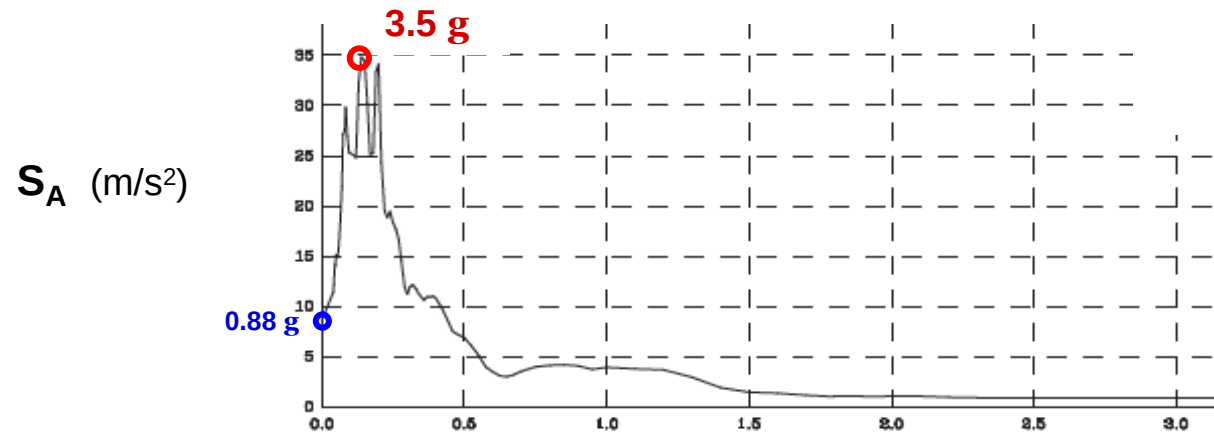


Site: **Lyttelton Port Company (LPCC)**

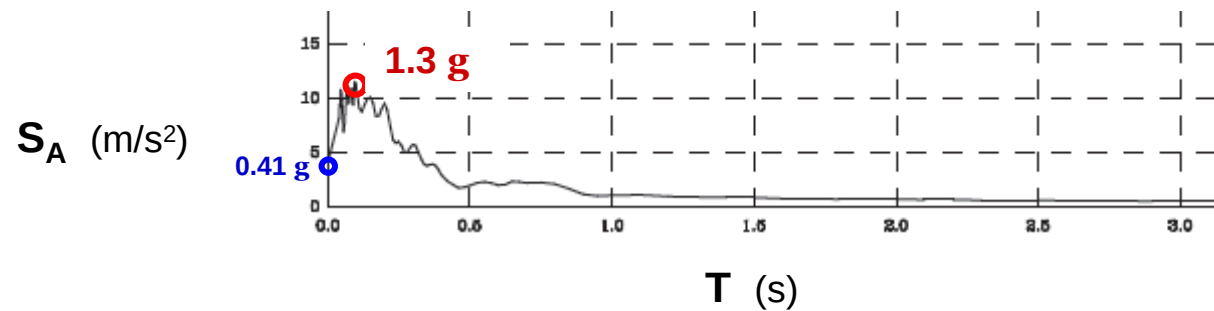
Epicentral Distance: **2 km**



Component N10W



Component S80W



Component UP

Καταγραφές σε ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΘΕΝ Εδαφος :

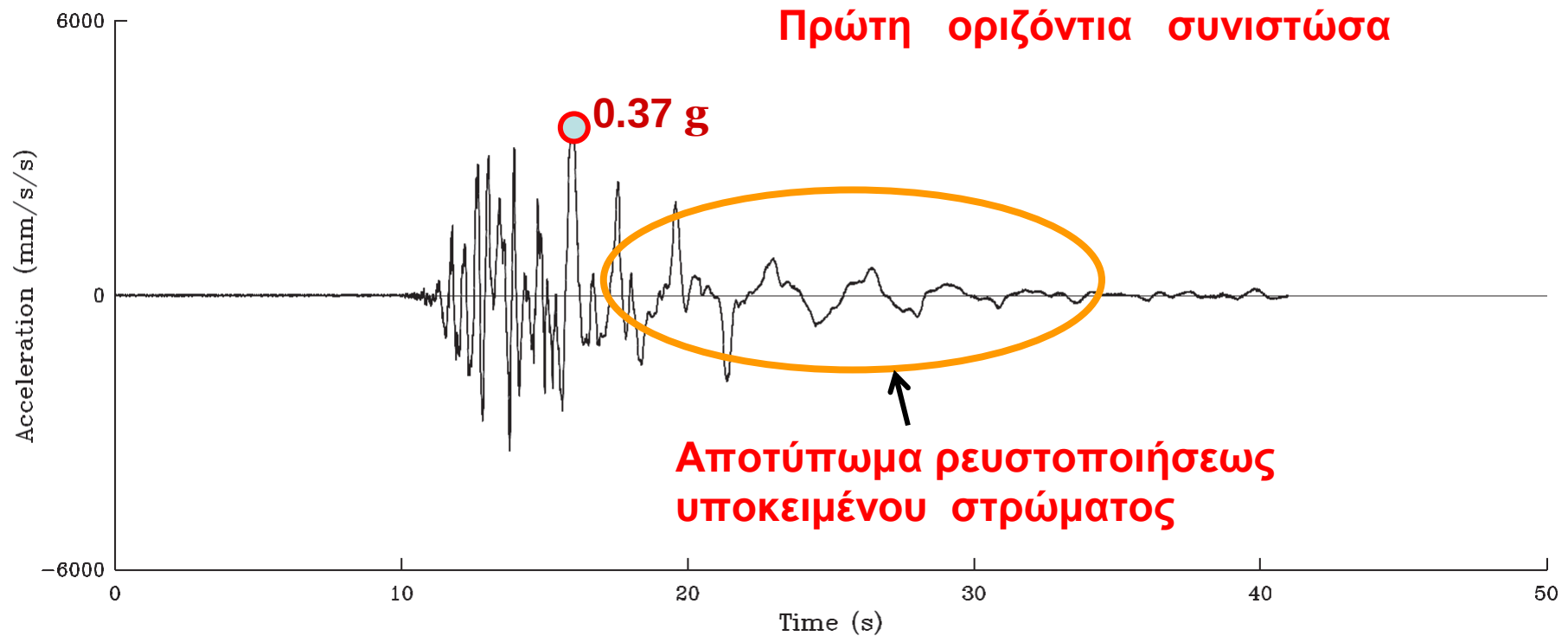
1) CHHC

2) SHLC

1) Site: **Christchurch Hospital (CHHC)**

Epicentral Distance: **10 km**

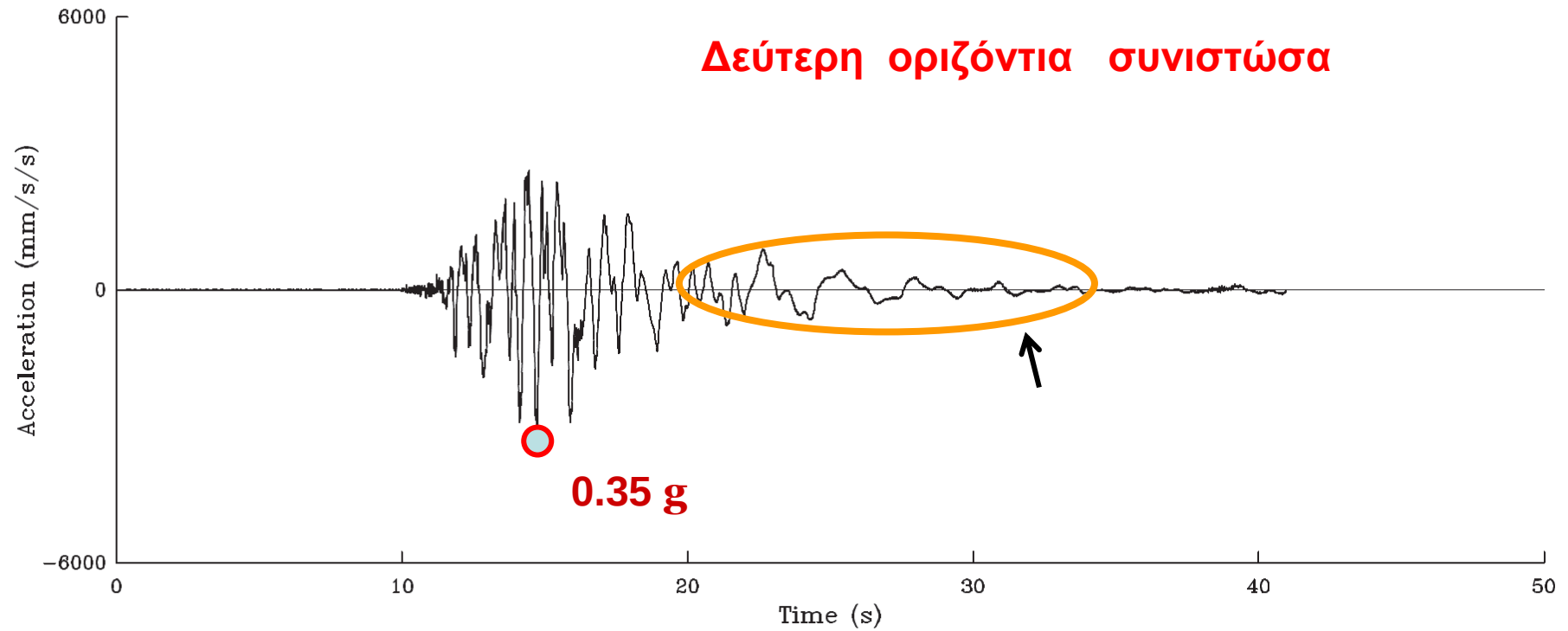
Component S89W ⊕ Peak value: 3577.1 mm/s/s



Site: **Christchurch Hospital (CHHC)**

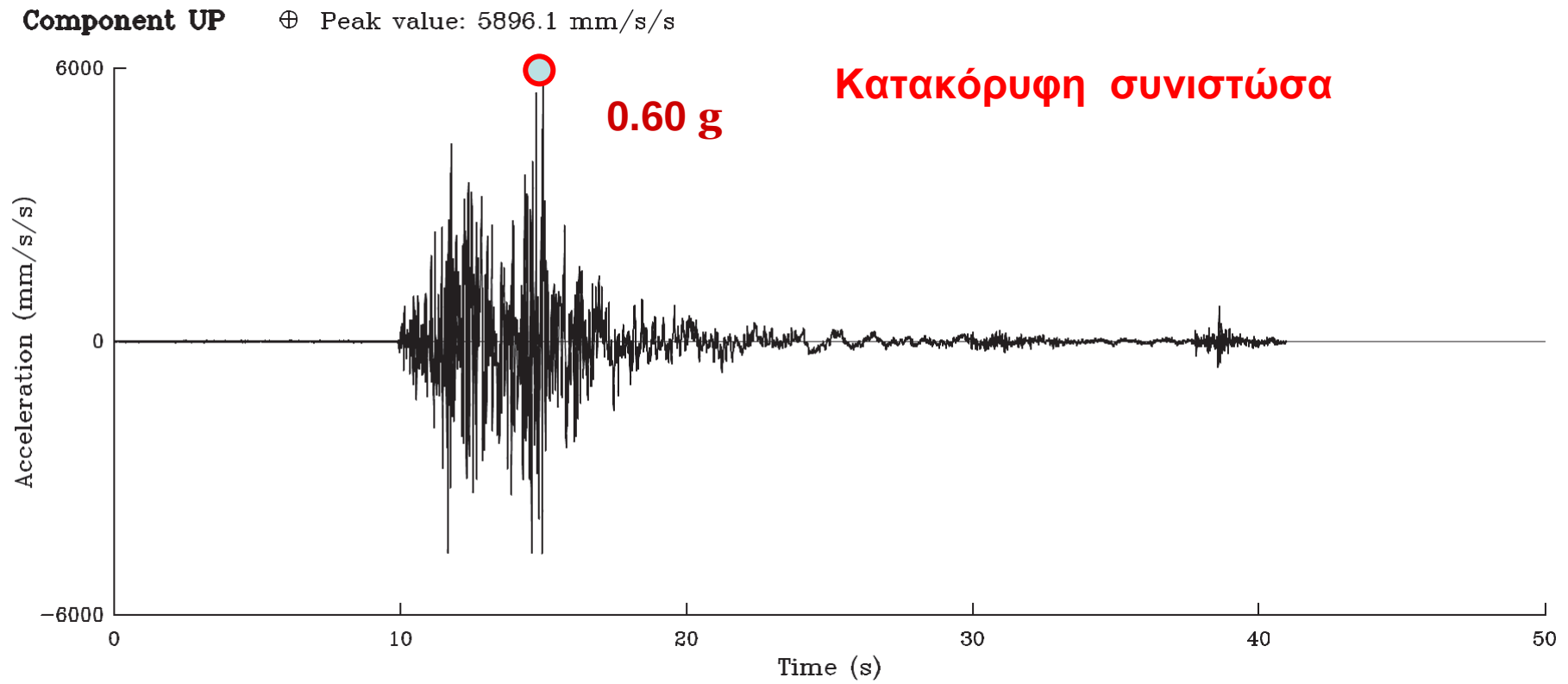
Epicentral Distance: **10 km**

Component N01W ⊕ Peak value: -3387.1 mm/s/s

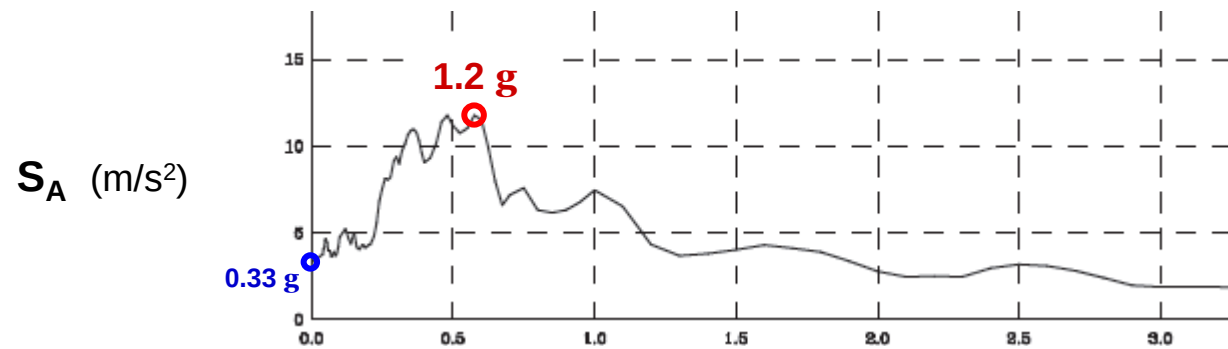


Site: **Christchurch Hospital (CHHC)**

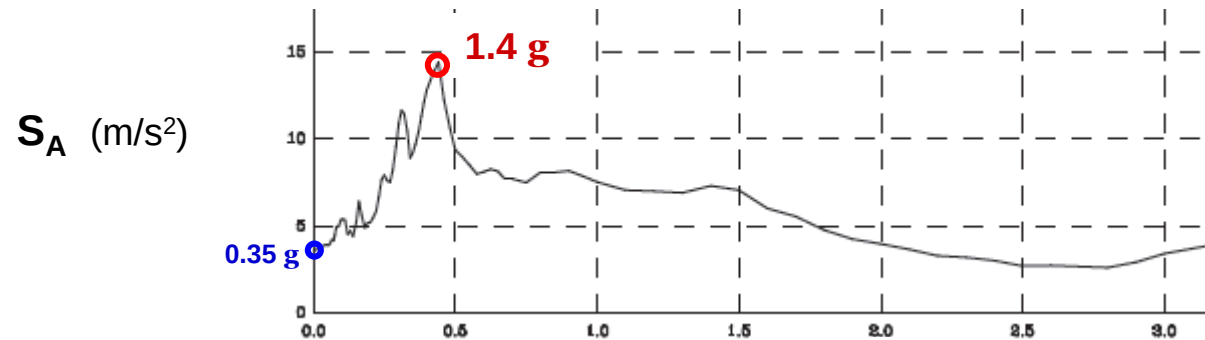
Epicentral Distance: **10 km**



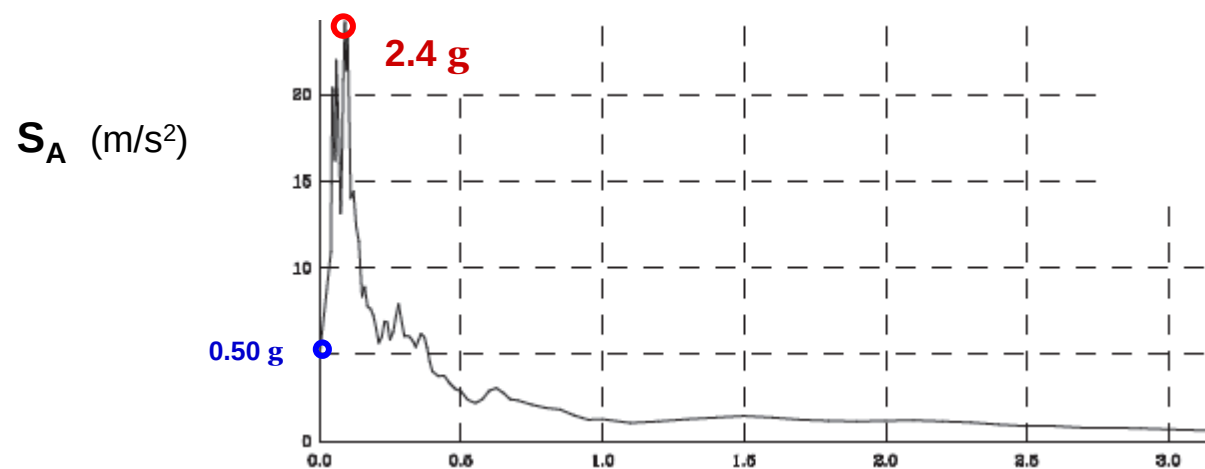
Site: **Christchurch Hospital (CHHC)** Ελαστικά Φάσματα Αποκρίσεως ($\xi = 5\%$)



Component N01W



Component S89W



Component UP

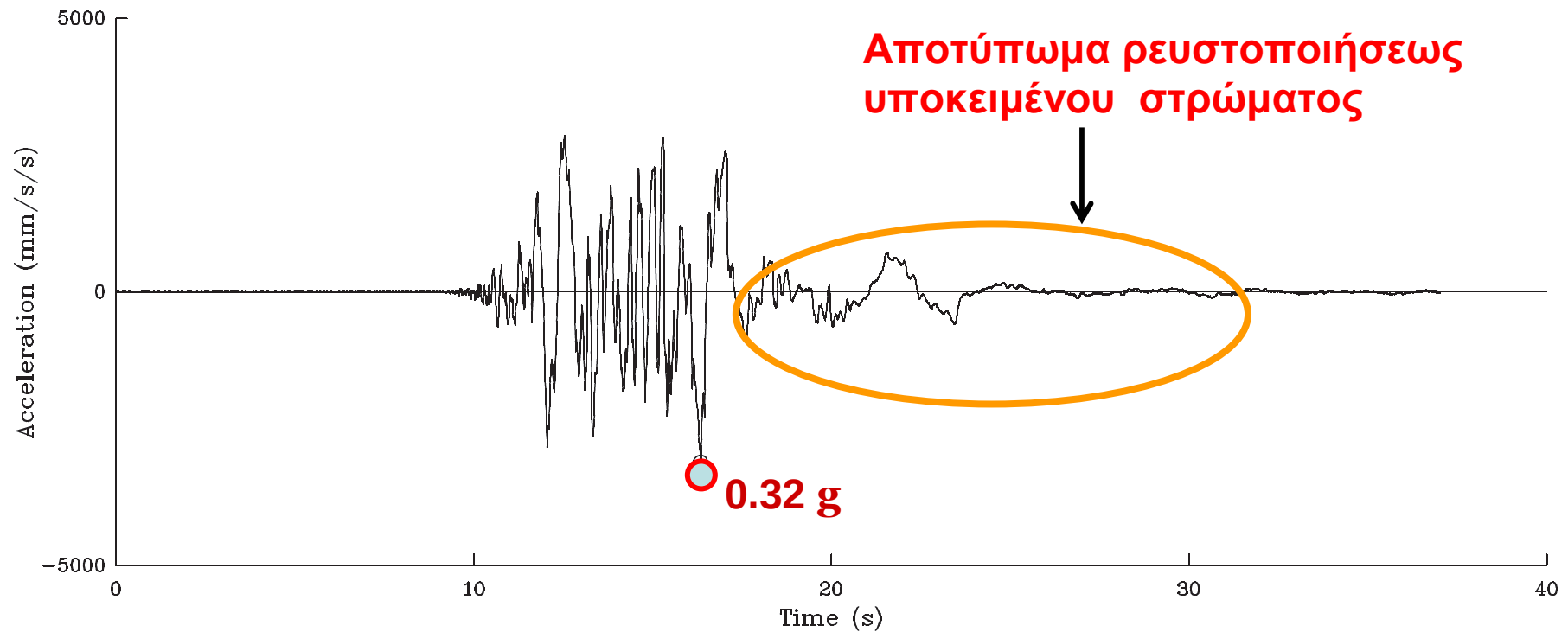
T (s)

2) Site: **Shirley Library (SHLC)**

Distance: **11 km**

Πρώτη οριζόντια συνιστώσα

Component S40W ⊕ Peak value: -3121.1 mm/s/s

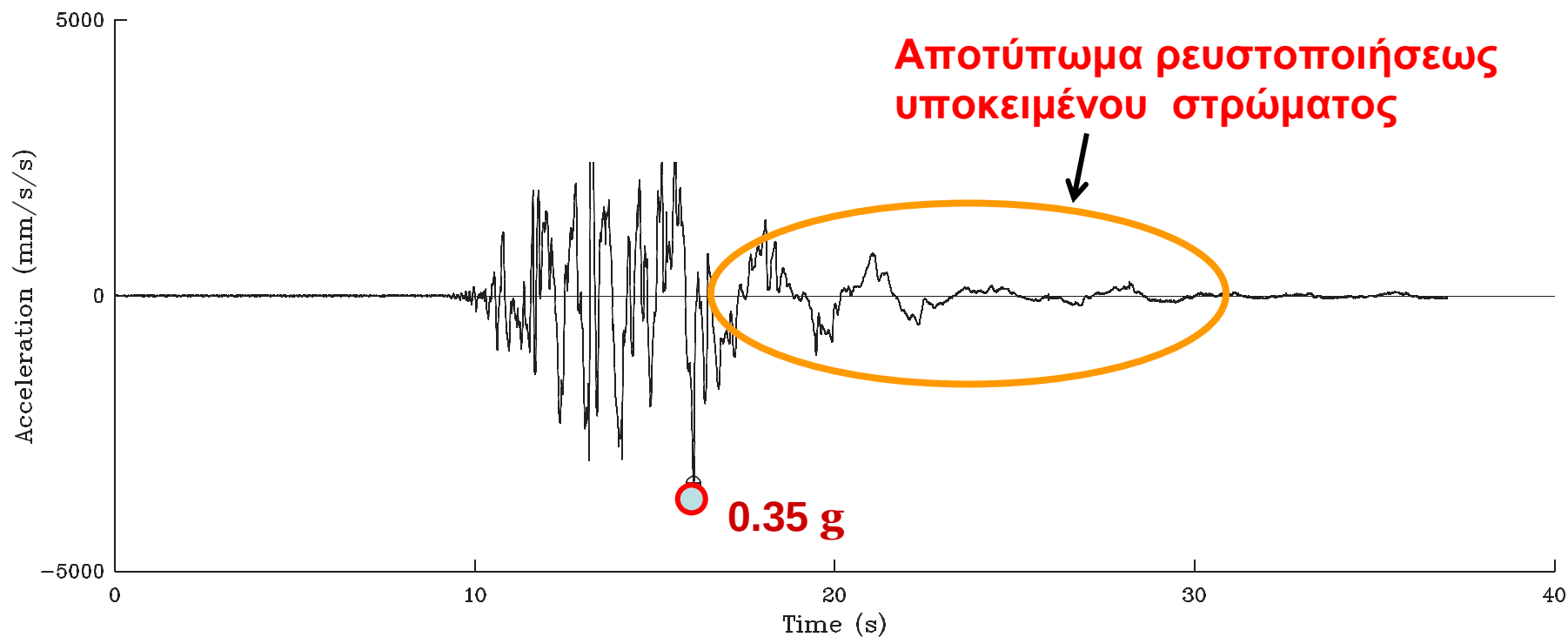


Site: **Shirley Library (SHLC)**

Distance: **11 km**

Δεύτερη οριζόντια συνιστώσα

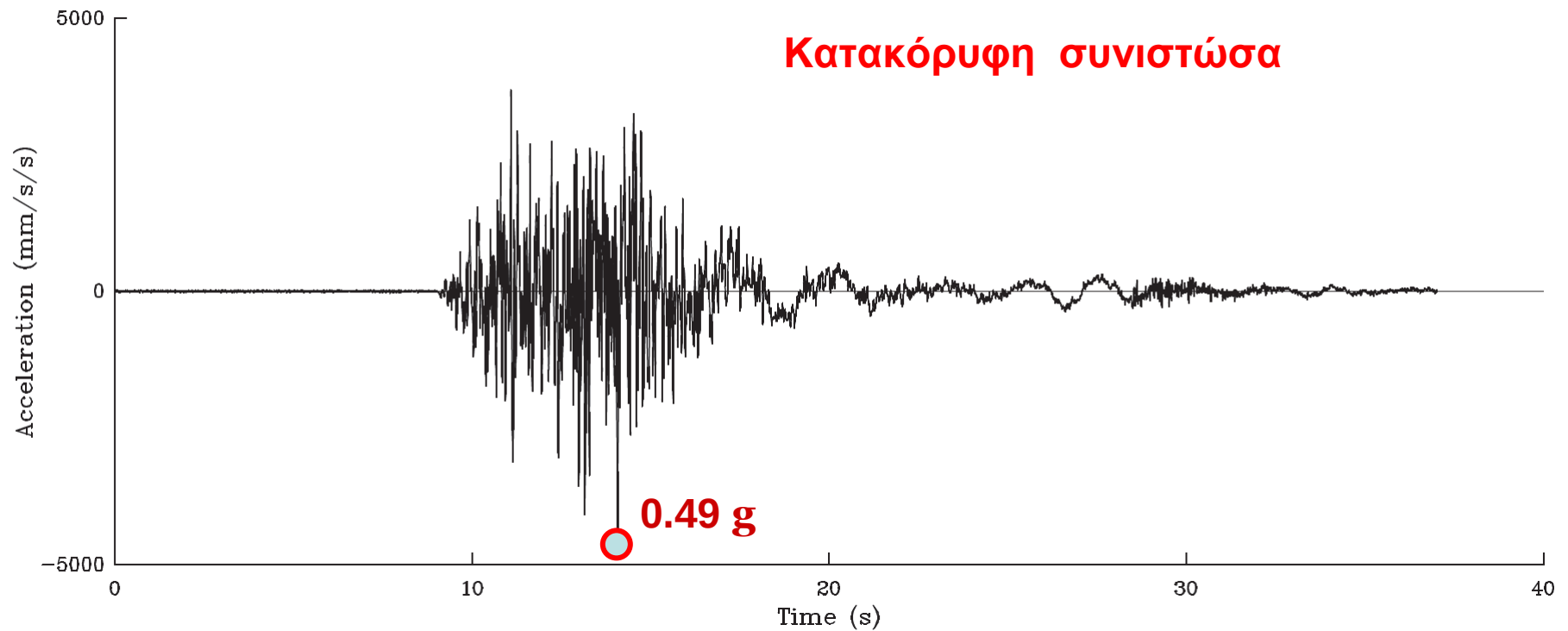
Component S50E ⊕ Peak value: -3410.8 mm/s/s

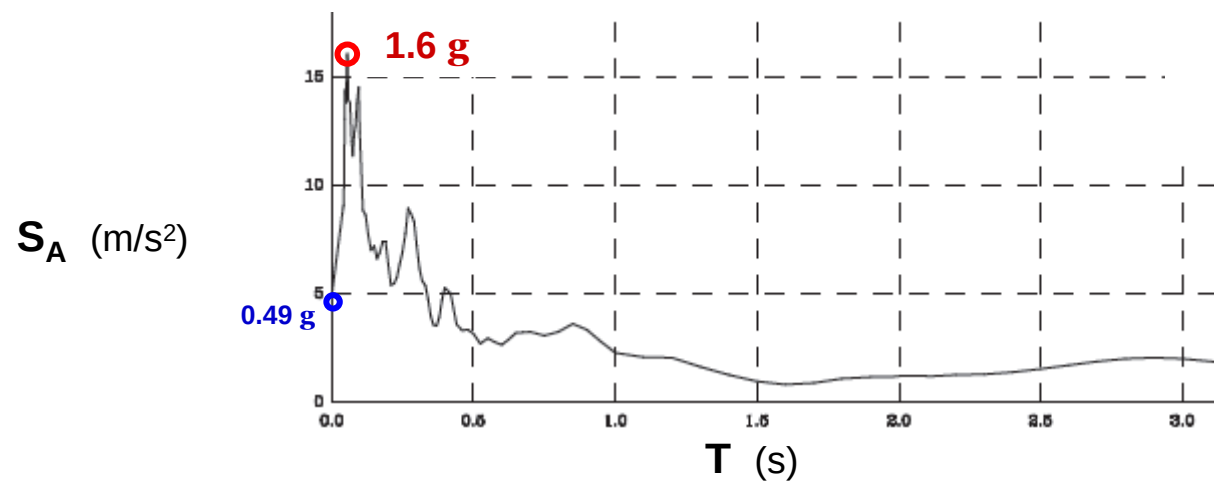
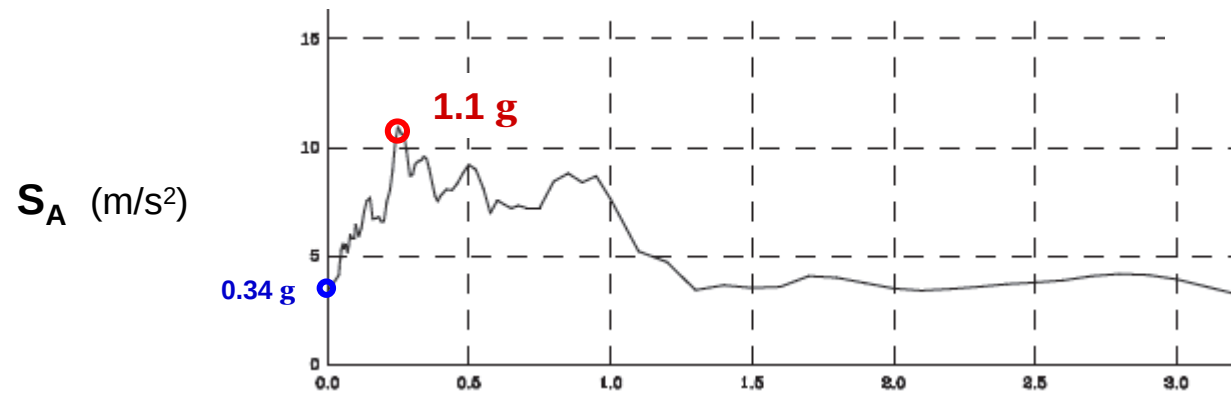
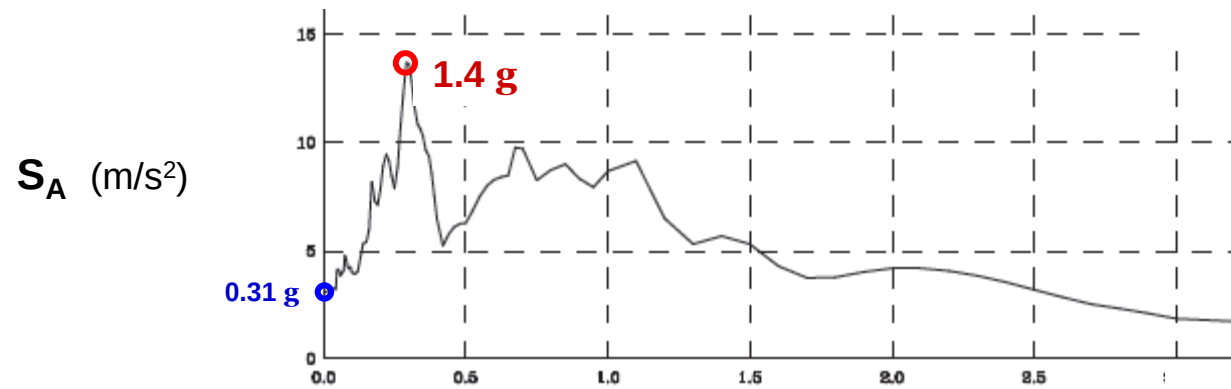


Site: **Shirley Library (SHLC)**

Distance: **11 km**

Component UP ⊕ Peak value: -4792.5 mm/s/s



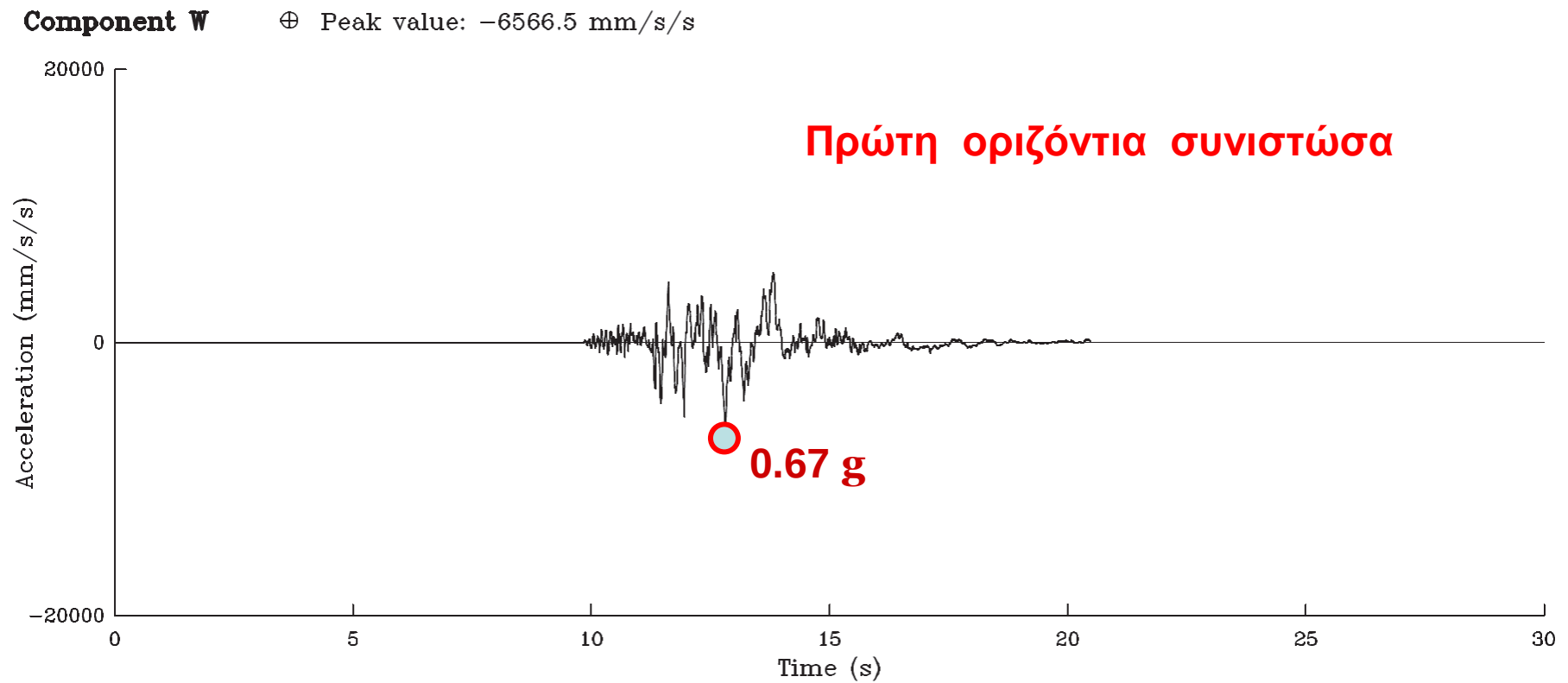


Και μια δυσεξήγητη καταγραφή:

Pages Road Pumping Station
PRPS

Site: **Pages Road Pumping Station**

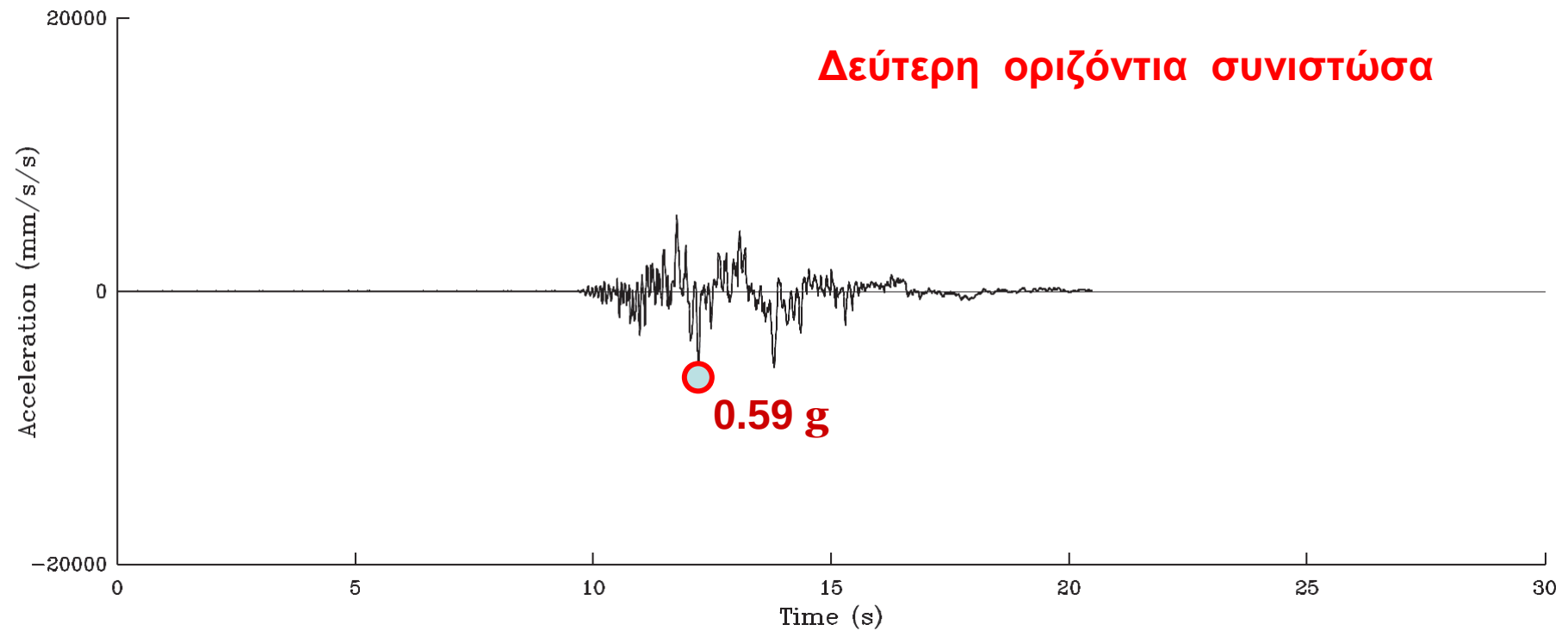
Distance: **8 km**



Site: **Pages Road Pumping Station**

Distance: **8 km**

Component S ⊕ Peak value: -5841.2 mm/s/s

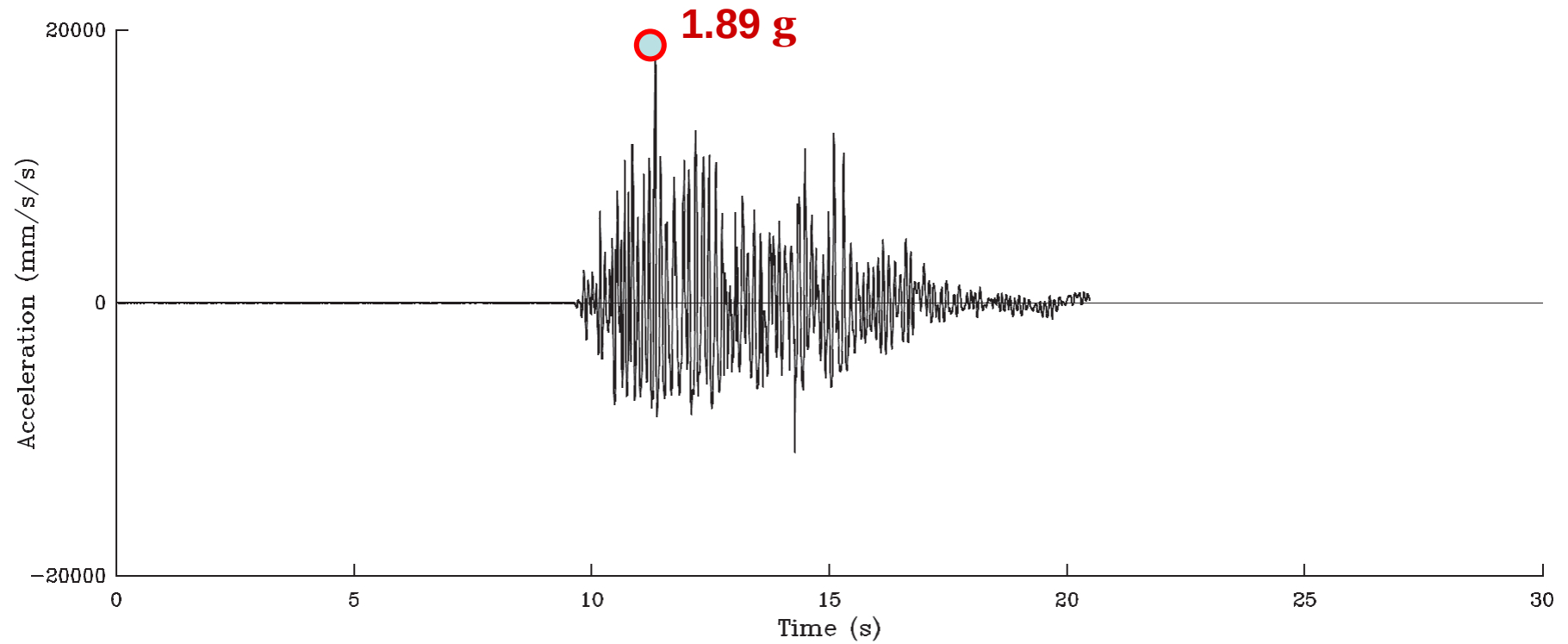


Site: **Pages Road Pumping Station**

Distance: **8 km**

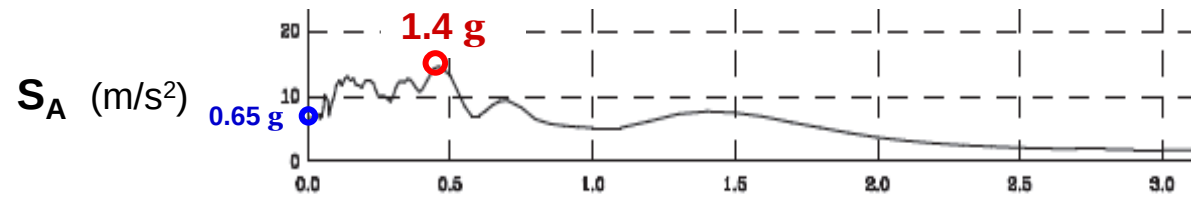
Κατακόρυφη συνιστώσα

Component UP ⊕ Peak value: 18509.5 mm/s/s

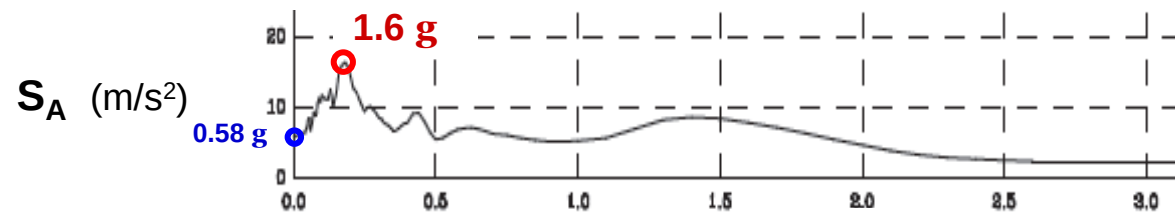


Site: **Pages Road Pumping Station**

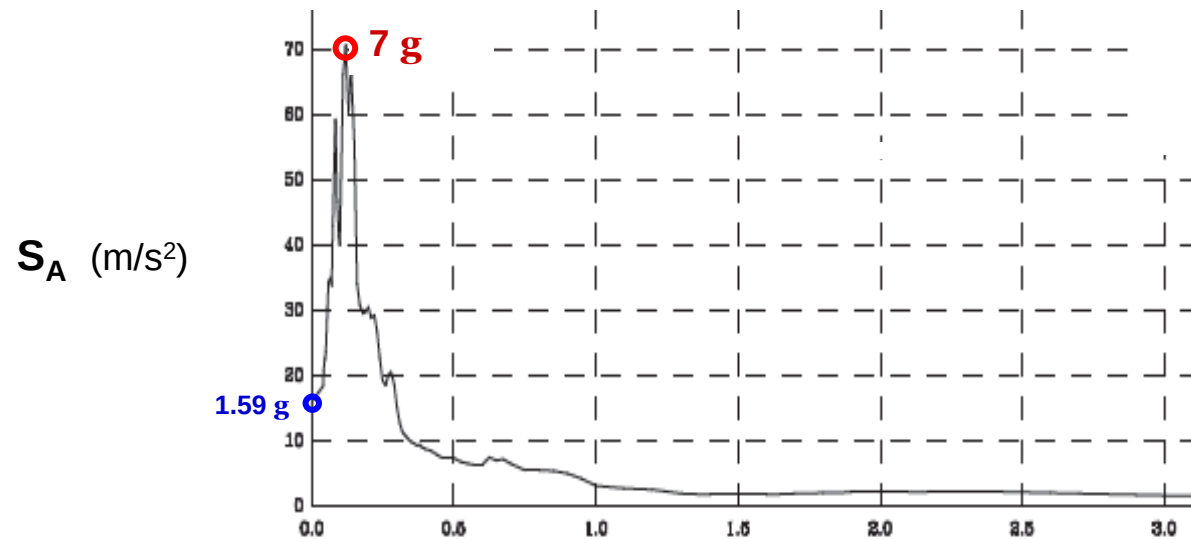
Distance: **8 km**



Component W

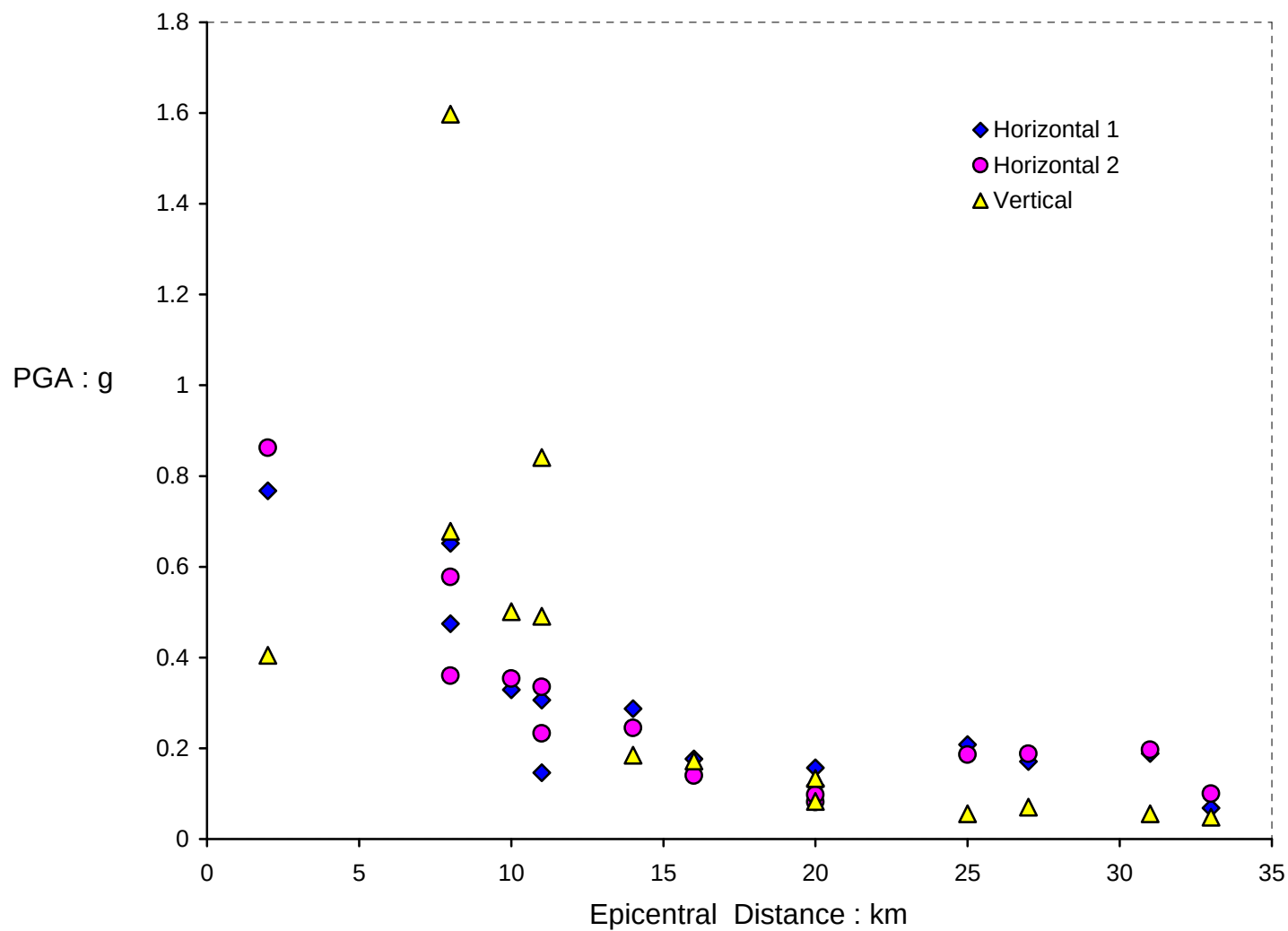


Component S

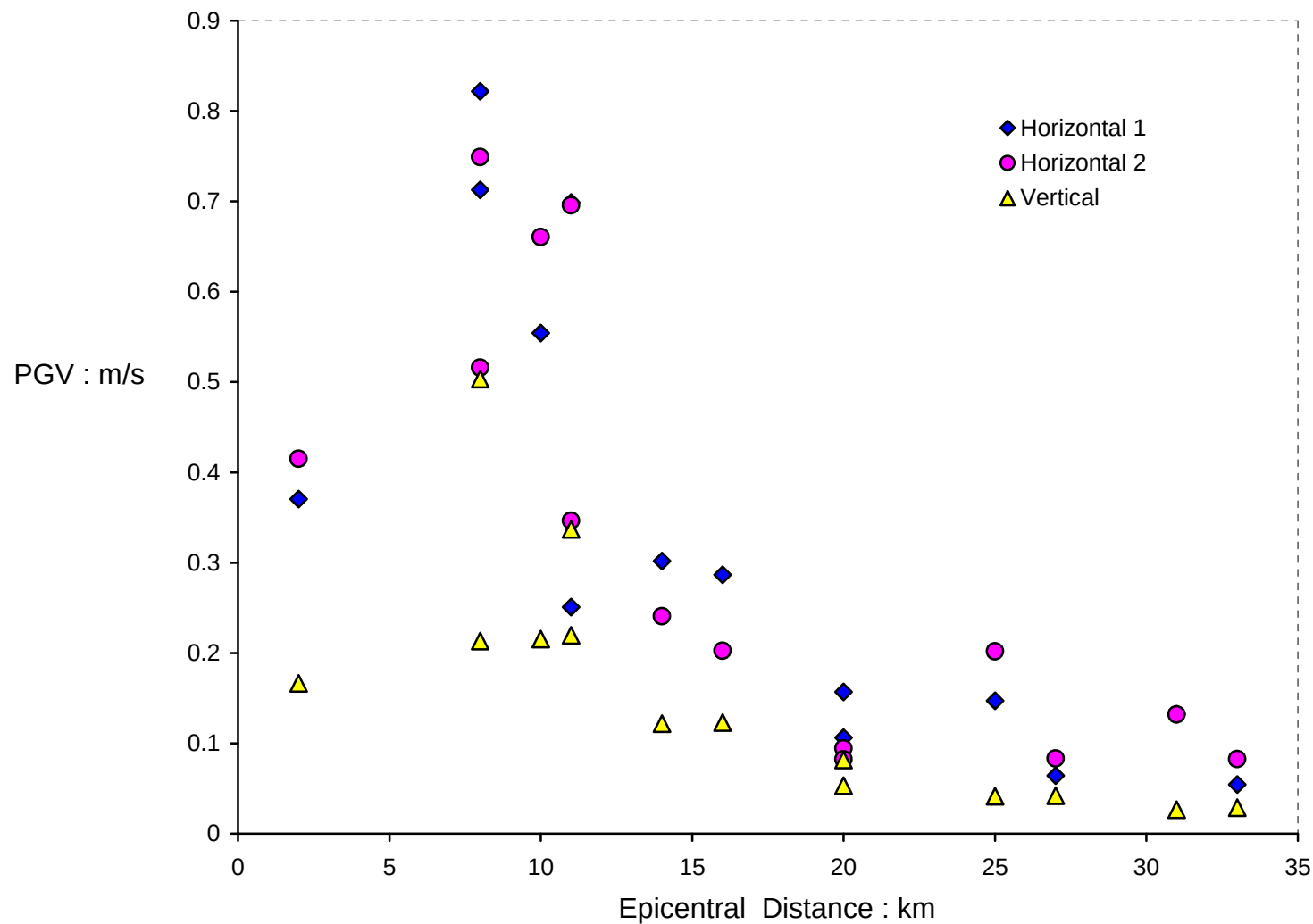


Component UP

Κατανομές των **μεγίστων επιταχύνσεων** συναρτήσει της επικεντρικής απόστασης κάθε καταγραφικού σταθμού



Κατανομές των **μεγίστων ταχυτήτων** συναρτήσει της επικεντρικής απόστασης κάθε καταγραφικού σταθμού



GET
WELL
SOON
CHCH!

