

# ΤΟ ΒΗΜΑ science

[www.tovima.gr/science/](http://www.tovima.gr/science/)

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΨΥΧΑΡΗ



## Ανάχωμα στη δύναμη του τσουνάμι

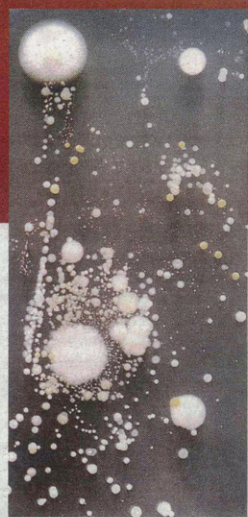
Υπάρχει τρόπος να αποκρούσουμε την **καταστροφική δύναμη** των γιγάντιων κυμάτων; Η **γνώση** είναι το μόνο όπλο μας και έλληνες ερευνητές προτείνουν μια νέα «**κλίμακα Τσουνάμι**» που μπορεί να μας... ανοίξει τα μάτια

Δύο μεγάλοι σεισμοί, ο ένας στον Ινδικό Ωκεανό το 2004 και ο άλλος βορειοανατολικά των ακτών της Ιαπωνίας το 2011, ακριβώς δύο χρόνια πριν, δημιούργησαν κύματα που φθάνοντας στις ακτές προξένησαν τρομακτικές καταστροφές. Τα δύο αυτά συμβάντα, χάρη και στα νέα μέσα παρακολούθησης των διαφόρων σεισμικών και μετεωρολογικών φαινομένων, εροδίασαν τους επιστήμονες με μια μεγάλη ποσότητα δεδομένων, που όμοιά της δεν διέθεταν πριν. Μια δραστήρια ομάδα ελλήνων επιστημόνων με επικεφαλής τον καθηγητή Ευθύμη Λέκκα εκμεταλλεύθηκε με τον καλύτερο τρόπο αυτά τα στοιχεία και ύστερα από δύο χρόνια δουλειάς παρουσιάζει στην παγκόσμια κοινότητα μια πρόταση για τη χρήση δωδεκα-

βάθμιας κλίμακας για την εκτίμηση της δράσης των τσουνάμι. Με βάση αυτά μπορούν να εξαχθούν τα μεγέθη παλαιότερων παρόμοιων συμβάντων αλλά και να γίνει μια εκτίμηση για την έκταση των καταστροφών που μπορεί να προκληθούν σε μια παράκτια περιοχή λόγω της διαμόρφωσης των ακτών αλλά και της οποιας οικιστικής πολιτικής.

Το «BHMAScience» ξεναγεί τους αναγνώστες στη δυστοπία των πρόσφατων τσουνάμι, περιγράφει την προσπάθεια των ελλήνων ερευνητών και δίνει στοιχεία για τη σχέση των φαινομένων αυτών με την ευρύτερη γειτονία μας της Μεσογείου.

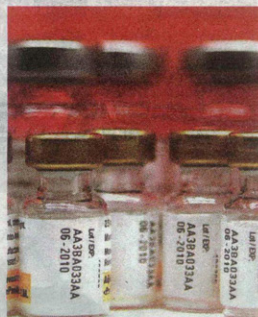
ΤΟΥ **ΑΛΚΗ ΓΑΛΔΑΔΑ**  
ΣΕΛ. 4-5



### ΠΕΔΙΟ ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ Η ΖΟΥΓΚΛΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ

Αν ακουμπήσετε κι εσείς το κινητό σας σ' ένα τρυβλίο που θρέφει τα βακτήρια, ποιος ξέρει τι θα ανακαλύψετε!

ΣΕΛ. 3



### ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΑ ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΓΡΙΠΗ;

Ερωτήσεις και απαντήσεις για την πρόσφατη επιδημία και τι μπορούμε να περιμένουμε

ΣΕΛ. 8-9



### «ΒΡΑΒΕΥΣΗ» ΤΑ ΟΣΚΑΡ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ

Τον Ντάνιελ Ντέι-Λούις του ζωικού βασιλείου και άλλα φαινόμενα που αξίζουν Όσκαρ ξεχωρίσαμε για εσάς

ΣΕΛ. 6-7

ΤΟΥ **ΑΛΚΗ ΓΑΛΔΑΔΑ**  
algaldada@yahoo.gr

Είμαι αυτή τη στιγμή επισκέπτης σε μια έκθεση με φωτογραφίες που κάνουν την καρδιά του καθενός νομίζω να σφίγγεται. Μαζί μου βέβαια σε αυτή την επίσκεψη καλεσμένος είναι και ο αναγνώστης, καθώς το βλέμμα μας περιπλανιέται επάνω στις φωτογραφίες που προσπαθούν να κλείσουν μέσα στις δύο διαστάσεις την πολυδιάστατη καταστροφή από το τελευταίο τσουνάμι. Αυτό που γεννήθηκε από τον σεισμό των 9 ρίχτερ περίπου, έξω από τις ακτές της Ιαπωνίας, ακριβώς δύο χρόνια πριν. Λες και ένας μοχθηρός γίγαντας έπαιξε με τα υπάρχοντα των ανθρώπων κοντά στις ακτές. Και θα διασκεδάσε αρκετά τοποθετώντας καρδιά επάνω σε σπίτια, σπίτια επάνω σε αυτοκίνητα, αναποδογυρίζοντας κτίρια, σκορπώντας με απίστευτη επιμέλεια ξύλα, φράχτες, δένδρα, ρούχα, βράχους της θάλασσας και μπόλικες λάσπες. Και οι τσάντες των παιδιών ενός σχολείου, λασπωμένες, εγκαταλειμμένες κι αυτές και κυρίως μακριά από τους μικρούς ιδιοκτήτες τους.

### Στριμώχνοντας τον γίγαντα

Μπορείς να στριμώξεις όμως αυτόν τον γίγαντα στα σχοινιά; Να προβλέψεις τις κινήσεις του; Να τον εγκλωβίσεις μέσα σε αριθμητικά δεδομένα; Η απάντηση μπορεί και να είναι «ναι». Γιατί μια νέα παγκόσμια κλίμακα για την εκτίμηση των εντάσεων και των επιπτώσεων των τσουνάμι προτείνεται να τεθεί σε ισχύ με αφορμή τα μεγάλα καταστροφικά γεγονότα του 2004 στον Ινδικό Ωκεανό και του 2011 στην Ιαπωνία, έπειτα από πρόταση μάλιστα ελληνικών επιστημόνων. Η Ερευνητική Επισημοτική Ομάδα του Πανεπιστημίου Αθηνών με επικεφαλής τον καθηγητή **Ευθύμη Λέκκα**, πρόεδρο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας και αντιπρόεδρο

του ΟΑΣΠ, και τους ερευνητές **Εμμανουήλ Ανδρεαδάκη**, **Ειρήνη Κωστάκη** και **Ελίνα Καπουράνη**, έστειλε, και έχει εγκριθεί η δημοσίευσή της έπειτα από αυστηρή διαδικασία στο αναγνωρισμένο σεισμολογικό περιοδικό **Bulletin of the Seismological Society of America**, μια αξιόπροσεκτη πρόταση που περιλαμβάνει σειρά ολόκληρη από νέα κριτήρια. Με βάση αυτά θα εκτιμώνται στο εξής οι εντάσεις των τσουνάμι. Η δημοσίευσή έχει τίτλο «*A Proposal for a New Integrated Tsunami Intensity Scale (ITIS-2012)*» και θα εμφανιστεί αυτές τις ημέρες και στην έντυπη έκδοση του επιστημονικού περιοδικού. Ειδικότερα, η νέα κλίμακα εκτίμησης εντάσεων με τίτλο **Integrated Tsunami Intensity Scale 2012** και ακρωνύμιο **ITIS 2012**, περιλαμβάνει τα παρακάτω έξι κριτήρια, που πρέπει να συναξιολογούνται.

### ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ,

από το τσουνάμι της Σαντορίνης το 1650 π.Χ. ως σήμερα υπολογίζεται πως εμφανίστηκαν πάνω από 20 περιπτώσεις τσουνάμι, δηλαδή γύρω στο 10% της... παγκόσμιας παραγωγής.

### Τα 6 κριτήρια

**1 Φυσικά χαρακτηριστικά του φαινομένου:** ύψος κύματος, διείσδυση κύματος στην ξηρά, μέγιστο υψόμετρο κατάκλυσης κ.λπ.

**2 Επιπτώσεις στο ανθρώπινο περιβάλλον:** αντίληψη του φαινομένου, αντίδραση, συμπεριφορά, αριθμός θυμάτων.

**3 Επιπτώσεις σε κινούμενα αντικείμενα:** μικρές βάρκες, σκάφη, βαριά αντικείμενα, σιδηρόδρομοι, αυτοκίνητα κ.λπ.

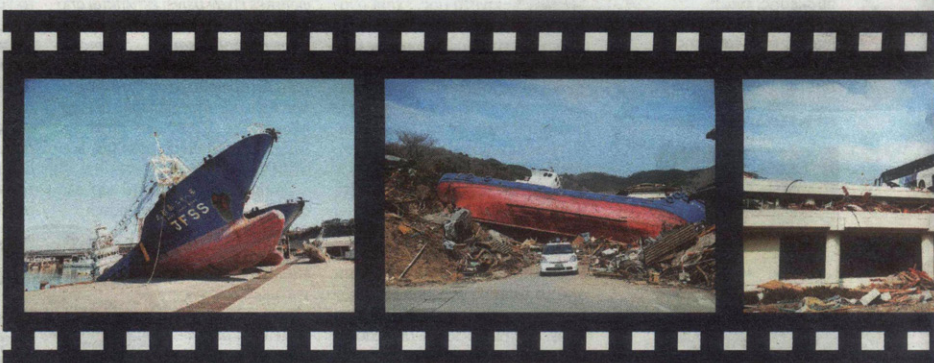
**4 Επιπτώσεις σε έργα υποδομής:** λιμενικές εγκαταστάσεις, αντιδιαβρωτικά έργα, έργα προστασίας από τσουνάμι, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.λπ.

**5 Επιπτώσεις στο γεωπεριβάλλον:** ανύψωση και καταβύθιση φλοιού, μορφολογικές αλλοιώσεις, διάβρωση, μεταφορά και απόθεση συντριμμιών, αποψίλωση χλωρίδας κ.λπ.

**6 Επιπτώσεις στο δομημένο περιβάλλον:** σε παντός είδους κατασκευές και κτίρια, σε αστικό και μη περιβάλλον, ήτοι κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία, κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, ξύλινες

# Κυκλώνοντας το τσουνάμι

Μια «κλίμακα Τσουνάμι» προτείνουν έλληνες ερευνητές σε μια προσπάθεια να «ζυγισθεί» ο εχθρός για να αντιμετωπισθεί καλύτερα



κατασκευές, μεταλλικές κατασκευές.

### Το κύμα του λιμανιού

Τσουνάμι σημαίνει «κύμα του λιμανιού» και αναφέρεται στο κύμα που προκαλεί-

ται όταν συμβεί ένας σεισμός με μέγεθος μεγαλύτερο από 6 ρίχτερ σε θαλάσσια περιοχή. Τα κύματα αυτά διαφέρουν από τα συνηθισμένα που βλέπουμε να φθάνουν στην ακτή, ιδιαίτερα σε επο-

χή κακοκαιρίας, διότι εκείνα οδηγούνται από την πνοή του ανέμου, άρα έχουν την ταχύτητά του και σβήνουν γρήγορα. Στο τσουνάμι η ταχύτητα καθορίζεται από το βάθος. Στους μεγάλους ωκεανούς, όπου το βάθος μπορεί να φθάσει και τα 5.000 μέτρα, έχουν μετρηθεί ταχύτητες ακόμη και 220 μέτρων το δευτερόλεπτο. Σε βάθος 500 μέτρων η ταχύτητα πέφτει στα 70 μέτρα το δευτερόλεπτο. Φθάνοντας στα ρηχά το μπροστινό μέρος του κύματος κόβει απότομα ταχύτητα και έτσι το νερό που έρχεται πιο πίσω αρχίζει να... σκαρφάλωνει αυξάνοντας το ύψος και τη μάζα του κύματος, δίνοντάς του έτσι ακόμη πιο καταστροφικές δυνατότητες. Επίσης, σε αντιστοιχία με τους μετασεισμικούς μπορεί να συμβεί να σωρσώσουν την ακτή περισσότερο από ένα τέτοιο κύμα. Ενοείται πως οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι βαρύτερες διότι πέρα από τις καταστροφές στην ξηρά και όλος ο υποβρύχιος παράκτιος κόσμος

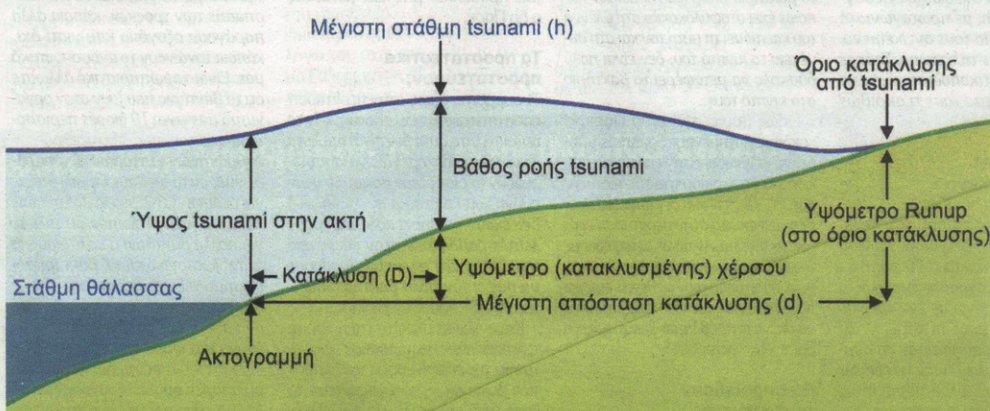


### ΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

12

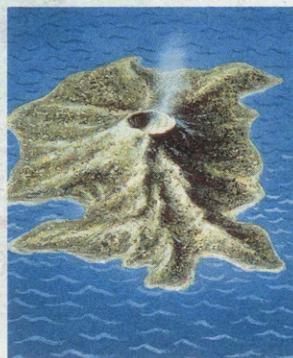
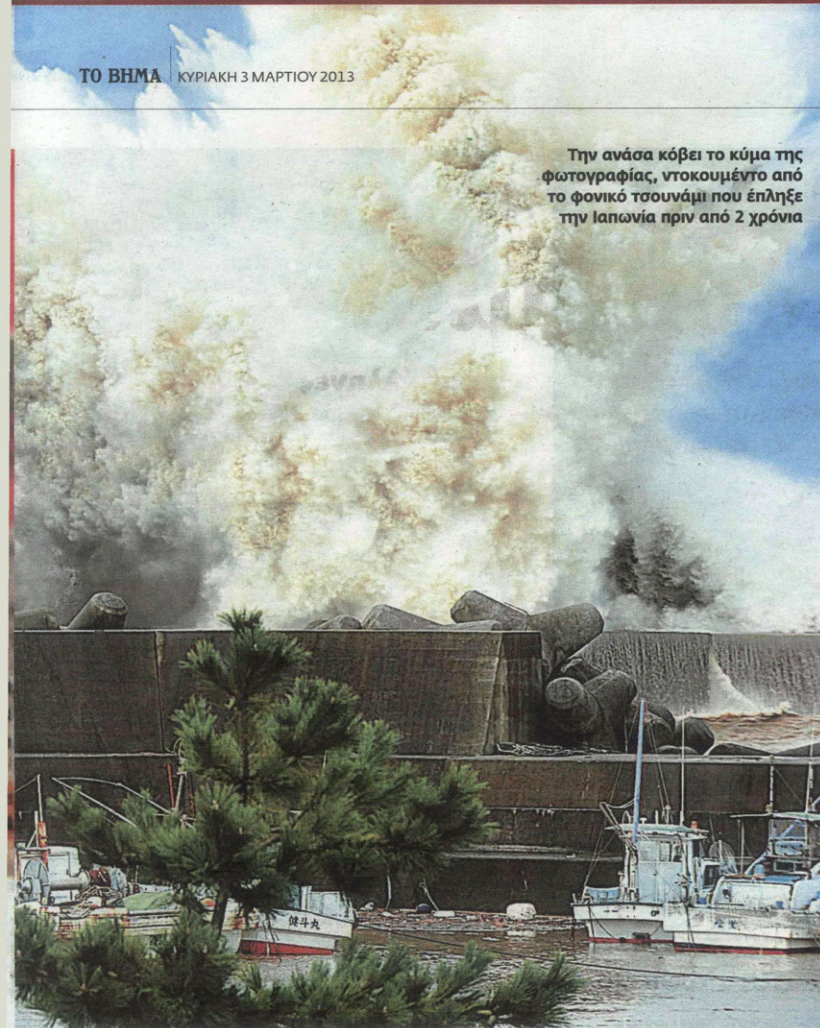
βαθμίδες θα έχει η προτεινόμενη από τους έλληνες ερευνητές κλίμακα για την εκτίμηση της καταστροφικής δράσης ενός τσουνάμι.

### Πώς μετράμε το τσουνάμι



Σχηματικά, οι παράμετροι που λαμβάνουν υπ' όψιν τους οι επιστήμονες προκειμένου να αξιολογήσουν πόσο μπορεί να πληγεί από τσουνάμι μια παράκτια περιοχή

Την ανάσα κόβει το κύμα της φωτογραφίας, ντοκουμέντο από το φονικό τσουνάμι που έπληξε την Ιαπωνία πριν από 2 χρόνια



Η έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης και η συνακόλουθη βύθιση μέρους του νησιού θεωρείται ότι προκάλεσαν καταστροφικό τσουνάμι στο Αιγαίο γύρω στο 1650 π.Χ.

ΠΛΟΥΣΙΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Τσουνάμι στη Μεσόγειο

Στη συντριπτική τους πλειονότητα τα τσουνάμι που γνωρίζουμε ότι έχουν εμφανιστεί στη θαλάσσια περιοχή μέσα από τα στενά του Γιβραλτάρ οφείλονται σε σεισμούς. Κάτω από τη θάλασσα τρεις τεκτονικές πλάκες εφάπτονται και ολισθαίνουν η μία επάνω στην άλλη. Η Ευρασιατική, η Αφρικανική και της Ανατολίας (που περιλαμβάνει Ελλάδα και Τουρκία). Συμβαίνει σε κάποιες χρονικές στιγμές δύο πλάκες που ανήκουν στον γήινο φλοιό, καθώς κινούνται συνεχώς με ταχύτητες μερικών εκατοστών τον χρόνο, λόγω διαφορετικής πυκνότητας, η μία να «σέρνεται» επάνω στην άλλη, ηγναιίνοντας η πυκνότερη προς τα κάτω και η ελαφρύτερη προς τα επάνω. Στο σημείο της συνάντησής τους με τη συνδυασμένη αυτή κίνηση έχουμε κάθε τόσο σεισμό και ταυτόχρονα προκαλείται η μετακίνηση μιας τεράστιας μάζας νερού. Στην περιοχή της Μεσογείου η αφρικανική πλάκα στα δυτικά, έξω από τη ακτές της Αλγερίας, κινείται με μια ταχύτητα περίπου 1 εκατοστού τον χρόνο, ενώ στα ανατολικά, κοντά στις ακτές του Ισραήλ, η ταχύτητα της φθάνει τα 2,5 εκατοστά τον χρόνο και εκεί έχουμε λίγο πιο ευνοϊκές συνθήκες για την εμφάνιση του καταστρεπτικού κυματισμού.

Η πλάκα της Ανατολίας κινείται κάπως κυκλικά, με φορά αντίθετη προς αυτή των δεικτών του ρολογιού. Οι κινήσεις αυτές δίνουν την αφορμή για την εμφάνιση σεισμών. Όταν αυτοί είναι στον θαλάσσιο χώρο και με σημαντική ένταση μπορεί να γεννήσουν και τσουνάμι. Στη Μεσόγειο από το 1650 π.Χ., που ένα τσουνάμι δημιουργήθηκε στη Σαντορίνη λόγω της έκρηξης του ηφαιστείου και της βύθισης ενός τμήματος του νησιού, ως σήμερα υπολογίζεται πως έχουν εμφανιστεί τσουνάμι σε λίγο περισσότερες από 20 περιπτώσεις, δηλαδή κάπου κοντά στο 10% της... παγκόσμιας παραγωγής. Στην Ελλάδα οι πιο αξιοσημείωτες περιπτώσεις ήταν το 373 π.Χ. στην Ελική, έξω από το Αίγιο, ενώ λέγεται και ότι στην Πετιόδα της Χαλκιδικής, περίπου την ίδια εποχή, τον στόλο του Ξέρξη τον κατέστρεψε ένα ακόμη τσουνάμι. Το 1303 μ.Χ. έχει καταγραφεί άλλη μία περίπτωση και η τελευταία ήταν το 1956 στην Αμοργό. Στη Μεσσηνή της Ιταλίας είχαμε το 1908 ένα συμβάν και έξω από τις ακτές της Αλγερίας έχουν καταγραφεί συμβάντα το 1365, 1802, 1856, 1980 και το 2003 μ.Χ.



Οι φωτογραφίες της σειράς αυτής παραχωρήθηκαν στο «Βήμα» από τον καθηγητή κ. Ευ. Λέκκα και απεικονίζουν την καταστροφική δύναμη του τσουνάμι της Ιαπωνίας. Ανάμεσά τους και ένα μνημείο για τους μικρούς μαθητές που έχασαν τη ζωή τους από το συμβάν

καταστρέφεται από τις βίαιες μετακινήσεις υλικών.

Τι θα σήμαινε τσουνάμι στο Αιγαίο

Στην περιοχή του Αιγαίου η δόμηση των λιμανιών δεν είναι ιδανική για την αντιμετώπιση ενός τσουνάμι, επειδή οι κόλποι είναι στενοί και επικρατεί οικιστική αταξία στις παραλιακές περιοχές. Τυχόν εμφάνισή του αυτή τη στιγμή, έστω και με ύψος δύο μέτρων, μπορεί να είναι αρκετά καταστρεπτική για ανθρώπους και υλικά. Επίσης, και στην πλευρά του Ιονίου υπάρχουν επιφοβές περιοχές. Και βέβαια και αρκετές άλλες περιοχές της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας συγκεντρώνουν πιθανότητες να εμφανιστεί τσουνάμι, όπως είναι οι νότιες ακτές της Γαλλίας, απέναντι από την Αλγερία. Η αλήθεια όμως είναι ότι στη Γαλλία για παράδειγμα ετοιμάστηκε ολόκληρο δίκτυο καταγραφής με σεισμόμετρα και αισθητήρες για το πού βρίσκεται η στάθμη των νερών, δορυφορικά παρακολούθηση, κέντρο ελέγχου με υπολογιστές με βάση μια πρό-

ταση από το 2007 ενός γάλλου γεροισιαστή (βλ. εδώ: [www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ12061620S.html](http://www.senat.fr/questions/base/2012/qSEQ12061620S.html)). Στην Τουρκία λέγεται πως έχει γίνει το ίδιο. Όπως εξηγεί στο «ΒΗ-

ΜΑScience» ο καθηγητής κ. Ευ. Λέκκας: «Εφαρμόζοντας τη νέα κλίμακα μπορούμε να βαθμονομήσουμε και τα όσα έγιναν στον ελληνικό χώρο στο παρελθόν, αλλά και να καταρ-

τίσουμε «χάρτες κινδύνου» που να απεικονίζουν τις πιθανές ζώνες εντάσεων, ώστε να διαμορφώνονται ανάλογα τα σχέδια σε παραλιακές οικιστικές περιοχές. Ήδη μεγάλο ενδιαφέρον για κάτι τέτοιο εκδηλώνουν ασφαλιστικές εταιρείες εδώ και στο εξωτερικό».

Η χρηστικότητα της 12βάθμιας κλίμακας

Οι ερευνητές που δουλεύουν στο Εργαστήριο Μελέτης & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος (Πανεπιστήμιο Αθηνών) ελπίζουν πως η κλίμακά τους θα τύχει παγκόσμιας αποδοχής και θα χρησιμοποιηθεί από όλους, όπως γίνεται με τις αντίστοιχες των σεισμών. Η κλίμακα ως 12βάθμια είναι απόλυτα συμβατή με τη ήδη υπάρχουσα κλίμακα και ευρέως χρησιμοποιούμενης 12βάθμιας μακροσεισμικής κλίμακας εντάσεων και ειδικότερα με την EMS 1998 (European Macroseismic Scale - 1998), η οποία προσδιορίζει μακροσεισμικές εντάσεις σε δομημένο περιβάλλον και με την ESI

2007 (Environmental Seismic Intensity Scale - 2007), η οποία προσδιορίζει μακροσεισμικές εντάσεις με βάση τις επιπτώσεις στο φυσικό μη δομημένο περιβάλλον.

Η κλίμακα είναι εφαρμόσιμη τόσο σε ιστορικά γεγονότα όσο βέβαια και σε σύγχρονα τσουνάμι, στα οποία ενσωματώνονται και τα δεδομένα νέων τεχνολογιών, όπως για παράδειγμα η χρήση δορυφορικών εικόνων και σύγχρονων εργαλείων (Google Earth). Για κάθε τόπο θα γίνονται προσπάθειες να προσδιοριστούν κρίσιμα στοιχεία, όπως το βάθος μέσα στην ξηρά που μπορεί να φθάσει ένα τέτοιο κύμα, πώς το επηρεάζει η διαμόρφωση του βυθού πριν από την ακτή, τι κινούμενα αντικείμενα υπάρχουν στο νερό και αμέσως έξω από αυτό, η πιθανότητα πρόκλησης πυρκαγιάς από βραχυκυκλώματα, η ύπαρξη σχολείων κοντά στην ακτή και η σεισμικότητα της περιοχής. Αντικειμενικά και υποκειμενικά κριτήρια δένονται μαζί στην εργασία αυτή σε μια προσπάθεια να μπει η συμπεριφορά του γίγαντα κάτω από τον έλεγχο των αριθμών.

Παρουσίαση της κλίμακας στο Πανεπιστήμιο

Η πρώτη παρουσίαση της νέας κλίμακας θα λάβει χώρα τη Δευτέρα 11 Μαρτίου 2013 και ώρα 19.00, ακριβώς δύο χρόνια μετά το μεγάλο τσουνάμι της Ιαπωνίας το 2011, στο Κεντρικό Κτίριο του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Πανεπιστημίου 30), αίθουσα Ι. Δρακόπουλου. Την εκδήλωση διοργανώνει το Εργαστήριο Μελέτης & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, σε σύμπραξη με την Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία, το ΓΕΩΤΕΕ (Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος) και τον ΟΑΣΠ (Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας).



ΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

9,3 β. στην κλίμακα Ρίχτερ ήταν ο σεισμός του 2004 στον Ινδικό Ωκεανό.

10

Λεπτά χρειάστηκε το τσουνάμι για να φθάσει 100 χλμ. μακρύτερα, στις ακτές της Σουμάτρα, λόγω του μεγάλου βάθους των νερών