

ΔΙΚΑΣΤΙΚΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ (FORENSIC SEISMOLOGY)

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΑΓΓΕΛΟΥ Γ. ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ

Κύριε Πρόεδρε, Κύριοι Συνάδελφοι, Κυρίες και Κύριοι,

Θεωρώ πρώτιστον καθήκον να εκφράσω προς τὰ σεβαστά μέλη τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν καὶ ἀπὸ τὸ βῆμα αὐτὸ τίς θερμὲς εὐχαριστίες μου, διότι μὲ τὴν ψῆφον των ἠξιώθη τῆς μεγάλης τιμῆς νὰ συγκαταλέγωμαι σήμερα μεταξὺ τῶν μελῶν τοῦ Ἀνωτάτου Πνευματικοῦ Ἰδρύματος τῆς χώρας μας.

Κύριε Πρόεδρε, ἔχω ὑποχρέωσιν ὅπως εὐχαριστήσω ὑμᾶς ὅλως ἰδιαίτερος γιὰ τοὺς τόσον ἐπαινετικούς λόγους μὲ τοὺς ὁποίους εἶχατε τὴν καλωσύνην νὰ μὲ τιμήσετε κατὰ τὴν σημερινὴν ἐπίσημον ὑποδοχὴν μου ὡς νέου μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν.

Ἰδιαίτερες χάριτες ὀφείλω καὶ πρὸς τὸν ἀγαπητὸν φίλον, Ἀντιπρόεδρον κύριον Λουκᾶν Μούσουλον ποὺ μοῦ ἔκαμε τὴν τιμὴν νὰ παρουσιάσῃ καὶ δημοσίᾳ τὸ μέχρι τοῦδε ἐπιστημονικόν μου ἔργον μὲ τόσον φιλόφρονος λόγους.

Ὡς θέμα τῆς σημερινῆς ὁμιλίας μου ἐπέλεξα ἓνα θέμα ἐλάχιστα γνωστὸν στὸ εὐρύτερον κοινόν. Τὸ θέμα φέρεται ὑπὸ τὸν ἰδιότυπον τίτλον «Δικαστικὴ Σεισμολογία».

Πρὶν ἀναπτύξω τὸ θέμα αὐτὸ ἄς μοῦ ἐπιτραπῇ νὰ συγκεντρώσω γιὰ λίγο τὴν σκέψιν μου πρὸς τὴν ἱερὰν μνήμην τῶν γονέων μου, οἱ ὁποῖοι ὑπεβλήθησαν σὲ πολλὰς στερήσεις γιὰ νὰ διασφαλίσουν τὴν φοίτησίν μου στὸ Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Ἡ σκέψις μου στρέφεται ἐπίσης εὐλαβῶς πρὸς τὸν ἀείμνηστον Καθηγητὴν μου, Ἀκαδημαϊκὸν Βασίλειον Αἰγινήτην, ὁ ὁποῖος μὲ καθωδήγησε μὲ πατρικὴν ὄντως στοργὴν στὰ πρῶτα βήματα τῆς μεταπτυχιακῆς σταδιοδρομίας μου. Τίς αὐτὲς χάριτες ὀφείλω καὶ στὸν ἀείμνηστον Καθηγητὴν Γεώργιον Γεωργαλᾶν, Πρόσεδρον μέλος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν. Ἡ συνδρομὴ ἀμφοτέρων ὑπῆρξεν ἀποφασιστικὴ στὴν περαιτέρω ἐπιστημονικὴν μου ἐξέλιξιν.

Τὸ θέμα τῆς σημερινῆς ὁμιλίας δὲν ἐμπίπτει στὰ πλαίσια τῆς Κλασσικῆς Σεισμολογίας. Ὁ ὅρος Δικαστικὴ Σεισμολογία (Forensic Seismology) εἰσήχθη ἀπὸ τὸν Ἀγγλον Γεωφυσικὸν τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Cambridge, Πρόεδρον τῆς Ἐπιτροπῆς Ἀτομικῆς Ἐνεργείας στὴν Ἀγγλίαν, Dr. Hal I.S. Thirlaway στίς ἀρχὲς τῆς δεκαετίας τοῦ 1960.

Ἡ Ἱατροδικαστικὴ (*Forensic Medicine*) εἶναι, ὡς γνωστόν, ἀπὸ δύο αἰῶνες εἰδικὸς κλάδος τῆς Ἱατρικῆς ποὺ βοηθάει τὸν ἐκπρόσωπον τοῦ νόμου στὴν ἐξακρίβωσιν ἑνὸς ἐγκλήματος, ἢ στὴν διάσωσιν ἑνὸς ἀθώου ἀπὸ ἐσφαλμένην κατηγορίαν γιὰ ἐγκλημα ποὺ δὲν διέπραξε. Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν Ἱατροδικαστικὴν, ἢ Δικαστικὴν Σεισμολογίαν εἶναι νέος εἰδικὸς κλάδος τῆς Σεισμολογίας ποὺ βοηθάει τὴν Πολιτείαν στὴν ἐξακρίβωσιν ἑνὸς πολιτικοῦ ἐγκλήματος, ὡς εἶναι ἡ παραβίασις τῆς συνθήκης ποὺ ἀπαγορεύει τὶς μυστικὰς δοκιμὰς πυρηνικῶν ὄπλων, ἢ στὴν ἀπαλλαγὴν μιᾶς ἀθώας χώρας ἀπὸ μίαν τέτοιαν ἐσφαλμένην κατηγορίαν. Ἡ Δικαστικὴ Σεισμολογία ἐγεννήθη ἀπὸ τὴν ἀνάγκην ἀνευρέσεως ἀσφαλοῦς τρόπου διακρίσεως μεταξὺ τῶν φυσικῶν καὶ θερμοπυρηνικῶν σεισμῶν ἀπὸ μεγάλην ἀπόστασιν.

Ὅταν τὸ 1958 ἤρχισαν συνομιλίαι μεταξὺ τῶν Ἀμερικανῶν, Βρεττανῶν καὶ Ρώσων γιὰ τὴν ἀπαγόρευσιν τῶν πυρηνικῶν δοκιμῶν, οἱ Σεισμολόγοι, ἐμπλακέντες στὶς δολιχοδρομίαις τῶν Μεγάλων Δυνάμεων, συνειδητοποίησαν πολὺ γρήγορα ὅτι δὲν ἦσαν εἰς θέσιν νὰ διακρίνουν σαφῶς τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς ἀπὸ τὶς μυστικὰς ὑπόγειαις δοκιμὰς πυρηνικῶν ὄπλων, ποὺ εἶχον ἤδη ἀρχίσει ἀπὸ τὸ 1946. Στὶς προσπάθειαις τῶν Μεγάλων Δυνάμεων γιὰ τὸν περιορισμὸν τῶν πυρηνικῶν ὄπλων, ἢ συμμετοχῇ τῶν Φυσικῶν καὶ Σεισμολόγων ἦτο τοιαύτης σπουδαιότητος, ὥστε πολὺ γρήγορα κατέληξαν ὁ *Nikita Krushchev*, ὁ *Harold Macmillan* καὶ ὁ *John F. Kennedy* νὰ γίνουν ἐρασιτέχναι Σεισμολόγοι.

Ἡ παροῦσα ὁμιλία ἀναφέρεται, κυρίως, στοὺς θερμοπυρηνικοὺς σεισμοὺς καὶ στὶς ἐπιστημονικὰς μελέταις ποὺ διεξήχθησαν γιὰ τὴν ἀνεύρεσιν ἀκριβῶν μεθόδων διακρίσεως τῶν ἀπὸ τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς. Χωρὶς τὰ μέσα αὐτὰ οἰαδήποτε συνθήκη ἀπαγορεύσεως τῶν πυρηνικῶν δοκιμῶν θὰ ἦτο εὐκολον νὰ παραβιασθῇ ἀπὸ τοὺς ἐνδιαφερομένους. Πίσω ἀπὸ τὶς προσπάθειαις ἐπιτυχοῦς φωράσεως τῶν ὑπογείων πυρηνικῶν ἐκρήξεων καὶ τὶς ἀπόπειραις ἀποκρύψεώς των, μὲ ποικιλίαν τεχνασμάτων, ὑπάρχει μία μεγάλη ἐπιστημονικὴ ἱστορία, τὴν ὁποίαν θὰ προσπαθήσω νὰ ἐκθέσω ἐν συντομίᾳ.

Θ' ἀρχίσω μὲ τὴν ἱστορίαν τῆς πυρηνικῆς λέσχης.

Ὁ πυρηνικὸς αἰὼν ἤρχισε μὲ τὴν Ἀμερικανικὴν ἀτομικὴν δοκιμὴν μὲ τὸ ὄνομα *Trinity* στὴν ἐρημον τοῦ Νέου Μεξικοῦ τὴν 16 Ἰουλίου 1945. Κατὰ τὴν ἐκρηξιν τῆς συσκευῆς, ποὺ εἶχε τοποθετηθῆ σὲ χαλύβδινον πύργον ἠλευθερώθη ἐνέργεια ποὺ ἦτο ἰσοδύναμος σὲ ἰσχὺν μὲ 19.300 τόνους *Τρι-Νιτρο-Τολουόλης*, γνωστῆς μὲ τὰ ἀρχικὰ *TNT*. Ἐνα ἔντονον φῶς ἐφώτισε τὰ μακρυνὰ βουνά, ἕνα ἀπότομον κῦμα θερμότητος κατέκλυσε τὴν περιοχὴν, καὶ ἀμέσως μία τρομερὴ βοῆ ἠκούσθη καθὼς τὸ ὠστικὸν κῦμα ἀντήχησε στὴν κοιλάδα. Ὁ Ἀμερικανὸς Πυρηνικὸς Φυσικὸς *J. Robert Oppenheimer* διηγεῖτο ἀργότερα, ὅτι τὴν στιγμὴν τῆς ἐκρήξεως τοῦ ἐφάνη σὰν νὰ εἶδε τὸν

θάνατον νά θρυμματίζη τὸ σύμπαν. Τὴν ἰδίαν ἐντύπωσιν λίγο-πολύ ἐδοκίμασαν καὶ ὄσοι ἄλλοι ἦσαν μαζί του.

Τὸν ἐπόμενον μῆνα δύο ἀτομικὲς βόμβες πού ἐρρίφθησαν ἀπὸ Ἀμερικανικὰ ἀεροπλάνα στὶς ἰαπωνικὲς πόλεις *Hiroshima* καὶ *Nagasaki* ἐγκαινίασαν τὸν αἰῶνα τοῦ πυρηνικοῦ πολέμου. Ἡ πρώτη ἀτομικὴ βόμβα μὲ τὸ χαϊδευτικὸν ὄνομα *Little Boy* πού ἔπεσε στὴν *Hiroshima* τὴν 6 Αὐγούστου 1945 ἱσοπέδωσεν 11 τετραγωνικὰ χιλιόμετρα τῆς πόλεως καὶ ἐφόνευσε περίπου 70.000 ἄτομα· μεταξὺ αὐτῶν καὶ πολλοὺς στρατιῶτες τῆς Δευτέρας Ἰαπωνικῆς Στρατιᾶς. Ἡ δευτέρη βόμβα, μὲ τὸ ὄνομα *Fat Man*, ἐφόνευσε στὸ *Nagasaki* τὴν 9 Αὐγούστου περίπου 39.000 ἄτομα. Τὴν 15 Αὐγούστου ἡ Ἰαπωνικὴ Αὐτοκρατορία παρεδόθη ἄνευ ὄρων. Ἀργότερα κατέστη γνωστὸν ὅτι ὁμᾶς Ἰαπῶνων Φυσικῶν εἶχε προσπαθήσει, στὶς ἀρχὲς τοῦ 1945, νὰ κατασκευάσῃ ἀτομικὴν βόμβαν. Μετὰ τὴν καταστροφὴν τοῦ Αὐγούστου ἡ προσπάθεια αὕτη ἐγκατελείφθη.

Μὲ τὴν ἠθικὴν τοῦ πολιτισμένου κόσμου σὲ ἀναστολήν, λόγῳ τοῦ πολέμου, πολὺ ὀλίγοι εἶχον προῖδει τὶς οἰκολογικὲς συνέπειες πού θὰ προεκαλοῦντο ἀπὸ τὰ ραδιενεργὰ σωματίδια τῶν ἀτομικῶν ἐκρήξεων. Ὀλίγοι διανοήθησαν, ὅτι ἐκτὸς ἀπὸ τὶς Ἠνωμένες Πολιτεῖες, κάθε Ἔθνος θὰ ἠδύνατο νὰ κατασκευάσῃ τέτοια φονικὰ ὄπλα. Ὁ *Harry Truman* ἐξαίρων τὸ ἔργον τῶν Πυρηνικῶν Φυσικῶν ἐχαρακτήρισε τοῦτο ὡς «τὸ μεγαλύτερον ἐπίτευγμα τῆς ὀργανωμένης ἐπιστήμης».

Τὸ 1946 καὶ 1948 οἱ Ἠνωμένες Πολιτεῖες διὰ ν' ἀποφύγουν ἐν μέρει περιβαλλοντολογικὲς ἐπιπτώσεις στὴν Ἀμερικὴν διεξήγαγον νέες δοκιμὲς ἀτομικῶν βομβῶν σὲ ἀπομεμακρυσμένες θέσεις τοῦ Εἰρηνικοῦ Ὠκεανοῦ. Ἡ ὑποβρύχιος ἔκρηξις *Baker* τὴν 24 Ἰουνίου 1946, κοντὰ στὴν κοραλιογενῆ νῆσον *Bikini*, εἶναι ἡ πρώτη ὑποθαλασσία πυρηνικὴ ἔκρηξις πού τὰ ἐλαστικά της κύματα ἀνεγράφησαν σὲ πολλοὺς σεισμογραφικοὺς σταθμοὺς.

Ἐπιστήμονες καὶ Πολιτικοὶ τῆς Δύσεως, πού ἐπίστευον εὐρέως ὅτι μόνον οἱ Ἠνωμένες Πολιτεῖες εἶχον τὴν ἰκανότητα νὰ κατασκευάζουν πυρηνικὲς βόμβες, ἐξ-επλάγησαν ὅταν ἐπληροφορήθησαν γιὰ τὴν πρώτην ἐπιτυχή ἀτομικὴν δοκιμὴν τῆς Σοβιετικῆς Ἐνώσεως. Ἡ ἔκρηξις ἀπεκαλύφθη ἀπὸ τὴν ραδιενέργειαν βρόχινου νεροῦ πού συνελέγη ἀπὸ τὸ Ναυτικὸν τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν. Ἡ ἔκρηξις ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ἐδάφους στὴν ἔρημον *Usturt*, μεταξὺ τῆς Κασπίας λίμνης καὶ τῆς λίμνης *Aral*, τὴν 29 Αὐγούστου 1949.

Παρὰ τὴν ὑποτίμησιν τῆς Σοβιετικῆς ἐπιστήμης ἀπὸ τὴν Δύσην, ἡ Ρωσία ὅλως ἀντιθέτως εἶχε πολὺ ὑποστηρίξει τὴν ἔρευναν ἐπὶ τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς, καὶ ἀπὸ πολλὰ ἔτη εἶχε σημειώσει προόδους. Ὁ διάσημος Κινέζος Ἀτομικὸς Φυσικὸς *Chien San-chiang*, πού εἶχεν ἀποφοιτήσει ἀπὸ τὴν Σορβόννην τὸ 1943, εἶχεν ἀναγκασθῆ

κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, να παραμείνη στην Γαλλίαν. Ὁ Chien, μέσω Γάλλων πρακτόρων, μετεβίβασε στην Ρωσίαν όλες τις πληροφορίες πού εἶχε συλλέξει ἀπὸ τὰ ἐργαστήρια Joliot-Curie. Μετὰ τὸν πόλεμον ὁ Chien διωρίσθη Διευθυντὴς τοῦ Ἰνστιτούτου ἀτομικῶν ἐρευνῶν στὴν Κίναν. Κατὰ τοὺς Κινέζους, ἡ μεταπολεμικὴ βοήθεια τῶν Ρώσων πρὸς τὴν Κίναν ἦτο ἀπλὴ ἀνταμοιβὴ τῶν ὑπηρεσιῶν πού εἶχε παράσχει στὴν Σοβιετικὴν Ἐνωσιν ὁ Chien San-chiang. Μετὰ τὴν ἀτομικὴν ἔκρηξιν στὴν Hiroshima, τὴν 6 Αὐγούστου 1945, ὁ Στάλιν τὴν ἰδίαν ἡμέραν ἀνέθεσε τὴν ἐποπτεῖαν τοῦ Ρωσικοῦ ἐρευνητικοῦ προγράμματος, πού ἦτο ἀντίστοιχον τοῦ Ἀμερικανικοῦ προγράμματος Manhattan, στὸν ἀρχηγὸν τῆς Σοβιετικῆς ἀσφαλείας Laurenti Berria. Ὀλίγον ἀργότερα, ὁ Ἀτομικὸς Φυσικὸς Klaus Fuchs, πού εἶχεν ἐνεργῶς συμμετάσχει στὶς ἐργασίαι τοῦ προγράμματος Manhattan τὸν Φεβρουάριον καὶ Ἰούνιον 1945, μετεβίβασε κάθε τι πού ἐγνώριζε γιὰ τὴν ἀτομικὴν βόμβαν στὸν Σοβιετικὸν κατάσκοπον Harry Gold. Ὁ Klaus Fuchs, Γερμανὸς πρόσφυγας στὴν Βρετανίαν, κατεδικάσθη ἀργότερα στὴν Ἀγγλίαν ἐπὶ προδοσίᾳ.

Ὁ ρυθμὸς τῶν ἀτομικῶν δοκιμῶν γιὰ στρατιωτικούς σκοποὺς ἐπεταχύνθη στὴν Ἀμερικὴν μὲ τὴν πυροδότησιν στὸν ἀέρα πέντε ἀτομικῶν ὄπλων στὴν ἔρημον τῆς Νεβάδας στὶς ἀρχὰς τοῦ 1951. Ἡ ἔρημος τῆς Νεβάδας, ἀραιότατα κατοικουμένη, κατέστη περιφνημὸς ὡς τόπος ἀτομικῶν δοκιμῶν, εἶναι δὲ γνωστὸς σήμερα μὲ τὰ ἀρχικὰ NTS (= Nevada Test Site). Ὁ κόσμος εἰσῆλθε στὸν θερμοπυρηνικὸν αἰῶνα τὴν 31 Ὀκτωβρίου 1952, ὅταν ἐξερράγη ἡ πρώτη ὑδρογονικὴ βόμβα μὲ τὸ ὄνομα Mike, στὴν κοραλιογενῆ νήσον Enivetok στὸν Εἰρηνικὸν Ὠκεανόν. Ἡ Mike ἦτο ἰσοδύναμος σὲ ἐνέργειαν μὲ 14 ἑκατομμύρια τόνους ἐκρηκτικῆς ὕλης TNT. Μετὰ τὴν Mike ἠκολούθησαν πέντε παρόμοιαι ἐκρήξεις τὸν Φεβρουάριον καὶ Μάρτιον 1954. Ἡ μεγαλύτερα μὲ τὸ ὄνομα Bravo, πού ἐξερράγη τὴν 28 Φεβρουαρίου 1954, παρήγαγεν ἐλαστικὰ κύματα πού ἔδωσαν πολὺ σαφεῖς ἀναγραφὰς σὲ μακρυνὰ Σεισμοσκοπεῖα.

Τὴν πρώτην Ρωσικὴν πυρηνικὴν δοκιμὴν τοῦ 1949 ἠκολούθησε σειρὰ ἄλλων ἀτομικῶν ἐκρήξεων. Τὸν Αὐγούστου τοῦ 1953, οἱ Ρωσικὲς δοκιμὲς εἶχον φθάσει τὴν ἰσχὺν πού εἶχον οἱ Ἀμερικανικὲς ἐκρήξεις στὴν Νεβάδα. Ὁ ἀκριβὴς ἀριθμὸς τῶν Ρωσικῶν ἀτομικῶν ἐκρήξεων εἶναι ἄγνωστος, καὶ πιθανῶς οὐδέποτε θὰ δοθῆ στὴν δημοσιότητα. Ἡ ἀποκάλυψις τῶν Σοβιετικῶν ἀτομικῶν ἐκρήξεων, πού ἐγένοντο ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, ἐβασίσθη κυρίως στὰ ραδιενεργὰ προϊόντα διασπάσεως πού ἀνευρέθησαν στὴν Δύσιν. Τὰ ἐλαστικὰ κύματα πού παρήγοντο ἀπὸ τὴν πυροδότησιν τῶν Ρωσικῶν ἀτομικῶν συσκευῶν, τοῦ χρησιμοποιοῦθέντος τότε μεγέθους, ἦτο ἀδύνατον ν' ἀναγραφοῦν μὲ τοὺς τότε λειτουργοῦντας σεισμογράφους ἔξ-

ωθεν τῆς Σοβιετικῆς Ἐνώσεως. Πέραν τοῦ σιδηροῦ παραπετάσματος ἐπικρατοῦσεν ἀπόλυτος σιγή γύρω ἀπὸ τὸ πρόγραμμα τῶν Ρωσικῶν πυρηνικῶν ἐκρήξεων. Ἦτο ἡ ἐποχὴ τῶν διαδόσεων περὶ ἐπικειμένον παγκοσμίου πολέμου, τοῦ πολέμου τῆς Κορέας (25 Ἰουνίου 1950) καὶ τῶν εἰρηνικῶν ἐπιθέσεων τῆς Ρωσίας (Ἀνατολικὴ Γερμανία, 1953· Πολωνία καὶ Οὐγγαρία, 1956).

Πίσω ἀπὸ τὴν διπλωματίαν καὶ τὴν προπαγάνδαν, οἱ προσπάθειες τῶν Ἐθνῶν γὰ νέους σχεδιασμοὺς καὶ δοκιμὲς πυρηνικῶν ἐκρηκτικῶν εἶχον φθάσει σὲ ὕψιστον σημεῖον. Ἀκριβῶς τότε, τὴν 12 Αὐγούστου 1953, ἐξερράγη στὴν ἀτμόσφαιραν, ἄνωθεν τῆς Σιβηρίας, ἡ πρώτη Σοβιετικὴ ὑδρογονικὴ βόμβα.

Ἡ Μεγάλῃ Βρετανίᾳ εἰσῆλθε στὴν πυρηνικὴν λέσχην μὲ μίαν δοκιμὴν ἀτομικῆς βόμβας στὶς νήσους *Monte Bello*, ποὺ εἶναι κοντὰ στὴν Αὐστραλίαν. Μετὰ τὴν βελτίωσιν τῶν μικρῶν ἀτομικῶν βομβῶν στὴν Αὐστραλίαν, οἱ Βρεττανοὶ ἤρχισαν τὸ 1957 δοκιμὲς ὑδρογονικῶν θερμοπυρηνικῶν βομβῶν στὸν Εἰρηνικὸν Ὠκεανόν, κοντὰ στὶς νήσους *Christmas*. Μέχρι τὸ 1974 οἱ πυρηνικὲς συσκευὲς τῆς Ἀγγλίας ἠλέγχοντο, σὲ συνεργασίαν μὲ τὶς Ἡνωμένους Πολιτεῖες, στὸ ὑπόγειον πεδῖον δοκιμῶν τῆς *Neβάδας*.

Ἡ Γαλλία ἤρχισε τὶς πρῶτες ἐκρήξεις ἀτομικῶν βομβῶν ἀπὸ πύργους, στὴν ἔρημον τῆς Σαχάρας τὸ 1960, ὅταν ἡ Ἀλγερία ἀνῆκεν ἀκόμη στὴν Γαλλίαν. Ἡ πρώτη Γαλλικὴ ὑπογεῖα πυρηνικὴ ἐκρήξις ἔλαβε χώραν στὰ ὄρη τῆς Ἀλγερίας *Ahaggar* τὸ 1961. Οἱ ὑπόγειες δοκιμὲς συνεχίσθησαν στὴν Ἀλγερίαν μέχρι τὸ 1966, παρ' ὅτι ἡ Ἀλγερία εἶχε καταστῆ ἀπὸ τὸ 1962 ἀνεξάρτητον Κράτος. Κατὰ δημοσιογραφικὰς πληροφορίες τὸν Μάρτιον τοῦ 1963 ἐγένοντο 4 ὑπόγειες ἐκρήξεις κοντὰ στὸ *In-Ekker*. Ἀργότερα ἀπεκαλύφθη ὅτι συνέβησαν στὴν Σαχάραν ἐν συνόλῳ 17 δοκιμὲς βομβῶν ἀπὸ αὐτὲς 13 ἦσαν ὑπόγειες. Τὰ ἐλαστικὰ κύματα ποὺ παρήχθησαν κατὰ τὶς μεγαλύτερες ὑπόγειες ἐκρήξεις στὴν Σαχάραν ἀνεγράφησαν μέχρις ἀποστάσεως 19.000 χιλιομέτρων ἀπὸ 13 σεισμογραφικοὺς σταθμοὺς καὶ πλέον. Οἱ θερμοπυρηνικὲς δοκιμὲς ἀπὸ τὴν Γαλλίαν ἤρχισαν κοντὰ στὴν κοραλιογενῆ νῆσον *Mirigroa*, στὸν Εἰρηνικὸν Ὠκεανόν, τὸ 1966. Οἱ δοκιμὲς αὐτὲς συνεχίσθησαν κατὰ διαστήματα μέχρι τὸ 1975.

Ἡ πρώτη Κινέζικη ἀτομικὴ βόμβα ἐξερράγη στὴν ἀτμόσφαιραν τὴν 16 Ὀκτωβρίου 1964. Ἡ πρώτη θερμοπυρηνικὴ συσκευὴ ἐδοκιμάσθη τὸ 1967, κοντὰ στὸ *Lop Nor*, στὴν ἐπαρχίαν *Sinkiang*, 800 χιλιόμετρα περίπου ἀπὸ τὰ Σοβιετικὰ σύνορα. Μέχρι τὸ 1972 εἶχον πυροδοτηθῆ στὰ πεδία δοκιμῶν τῆς ἐπαρχίας *Sinkiang* τοῦλάχιστον 13 πυρηνικὲς συσκευὲς· ἀπὸ αὐτὲς μόνον αὐτὴ ποὺ ἐξερράγη τὴν 22 Σεπτεμβρίου 1969 φαίνεται νὰ ἦτο ὑπογεῖα. Τόσον ἡ Κίνα, ὅσον καὶ ἡ Γαλλία ἦσαν τῆς

γνώμης, ότι δὲν ἐδεσμεύοντο ἀπὸ τὴν συνθήκην τοῦ 1963, ποὺ ἀπαγορεύει τὶς πυρηνικὲς ἐκρήξεις στὸν ἀέρα καὶ στὴν θάλασσαν.

Ἡ Ἰνδία ἔγινε μέλος τῆς πυρηνικῆς λέσχης τὴν 18 Μαΐου 1947. Ἡ ἀτομικὴ συσκευή, ἰσχύος 10 - 15 χιλιάδων τόνων ἐκρηκτικῆς ὕλης TNT ἐξεργάγη σὲ βάθος 100 μέτρων στὶς Δυτικὲς Ἰνδίες, στὴν ἔρημον Rajasthan. Ἀπὸ τὴν ἐκρηξιν ἐδημιουργήθη κρατὴρ εὗρους 200 μέτρων.

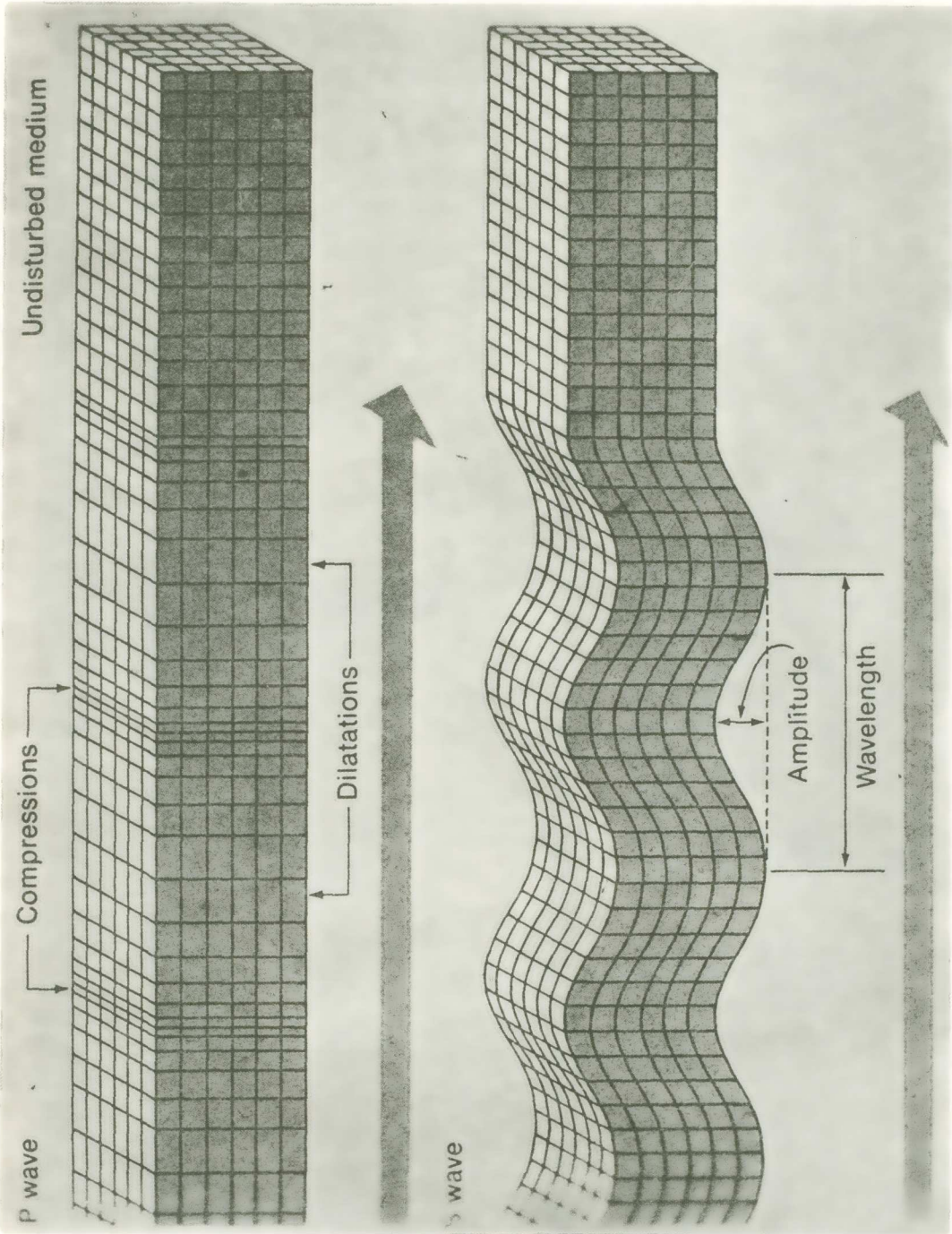
Μέχρι τὴν 4 Αὐγούστου 1963, παραμονὴν τῆς ὑπογραφῆς τῆς Διεθοῦς συνθήκης, ποὺ ἀπαγορεύει τὶς ἀτομικὲς δοκιμὲς στὸν ἀέρα καὶ στὴν θάλασσαν, οἱ Ἀμερικανοὶ εἶχον κάμει 193 ἐκρήξεις στὴν ἀτμόσφαιραν, 84 ὑπόγειες καὶ 5 ὑποθαλάσσιες. Ἀπὸ τοὺς Ρώσους εἶχον γίνει 161 στὴν ἀτμόσφαιραν, 2 ὑπόγειες καὶ μία ὑποθαλάσσια· ἀπὸ τοὺς Βρεττανοὺς 21 στὴν ἀτμόσφαιραν καὶ 2 ὑπόγειες, καὶ ἀπὸ τοὺς Γάλλους 4 στὴν ἀτμόσφαιραν καὶ 4 ὑπόγειες. Συνολικῶς εἶχον γίνει 477 ἐκρήξεις. Στὸ σύνολον αὐτὸ δὲν περιλαμβάνονται οἱ μυστικὲς, καὶ αὐτὲς ποὺ εἶχον γίνει στὶς ἀρχὲς τῆς πυρηνικῆς περιόδου.

Λόγω τοῦ ἀνταγωνισμοῦ τῶν Μεγάλων Δυνάμεων σὲ πυρηνικὲς δοκιμὲς καὶ τῶν βλαβερῶν ἐπιπτώσεών των στὸ περιβάλλον, τὸ 1958 ἡ Μεγάλη Βρεττανία, ἡ Ἀμερικὴ καὶ ἡ Ρωσία ὑπὸ τὸ βᾶρος τῆς γενικῆς κατακραυγῆς ἀπεφάσισαν ν' ἀποστείλουν στὴν Γενεύην τοὺς ὑπουργοὺς τῶν ἐξωτερικῶν, ὅπως συζητήσουν τοὺς ὅρους μιᾶς Διεθοῦς Συνθήκης, ποὺ θὰ ἀπηγόρευεν ὅλες τὶς πυρηνικὲς ἐκρήξεις. Κατόπιν μακρῶν συζητήσεων, συνεστήθη τὸν Ἰούλιον 1958 τεχνικὴ ὁμάς ἐργασίας ἀπὸ Φυσικοὺς καὶ Σεισμολόγους μὲ σκοπὸν νὰ ὑποδείξῃ ἐπιστημονικὲς μεθόδους ἱκανὲς ν' ἀποκαλύπτουν τὶς παραβιάσεις τῶν ὅρων τῆς ὑπὸ διαπραγμάτευσιν συνθήκης.

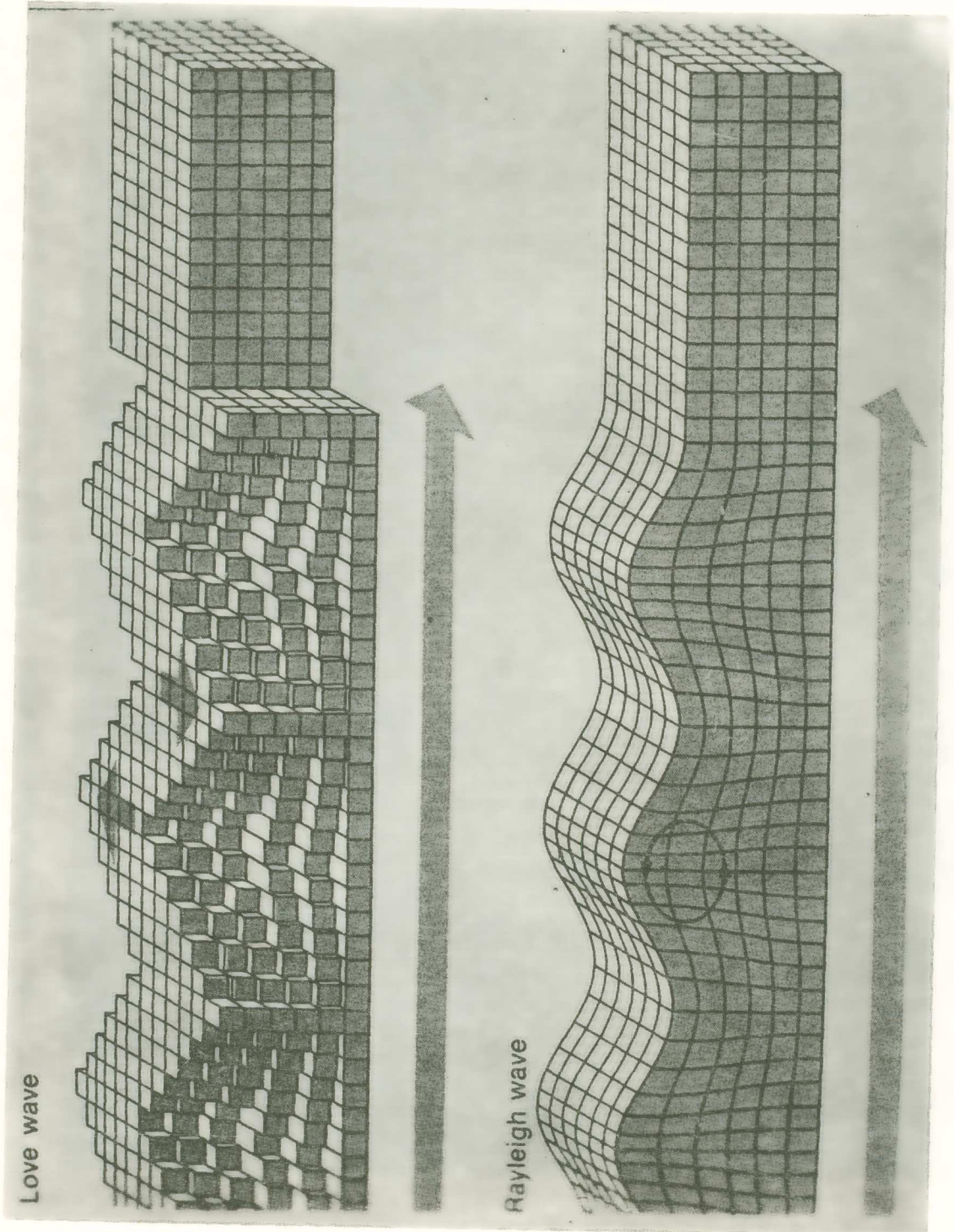
Ἀπὸ τὶς πρῶτες συζητήσεις μεταξὺ τῶν μελῶν τῆς συσταθείσης ὁμάδος κατέστη φανερόν, ὅτι μόνον οἱ πυρηνικὲς δοκιμὲς ποὺ ἐγίνοντο στὴν ἀτμόσφαιραν καὶ στὴν ὑδρόσφαιραν θὰ ἠδύναντο ν' ἀποκαλυφθοῦν μὲ βεβαιότητα. Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ραδιενεργὰ προϊόντα διασπάσεως, ποὺ δύνανται νὰ διαπιστωθοῦν μὲ φυσικὲς μεθόδους, κατὰ τὶς ἐναέριες καὶ ὑποβρύχιες πυρηνικὲς ἐκρήξεις παράγονται, κατὰ κανόνα, ἐλαστικὰ κύματα ποὺ ἀναγράφονται ἀπὸ εὐαισθητοὺς σεισμογράφους.

Σὲ κάθε διατάραξιν τῆς ἰσορροπίας ἐνὸς ἐλαστικοῦ μέσου, ἡ ὕλη ἀντιδρᾷ στὴν μεταβολὴν τοῦ ὄγκου καὶ τοῦ σχήματός της. Ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τῆς ὕλης στὴν μεταβολὴν τοῦ ὄγκου της παράγονται ἐλαστικὰ κύματα συμπυκνώσεως καὶ ἀραιώσεως, ἢ ἄλλως ἐπιμήκη ἢ διαμήκη κύματα, ἀνάλογα πρὸς τὰ ἠχητικὰ κύματα· παράλληλα, ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τῆς ὕλης στὴν μεταβολὴν τοῦ σχήματός της παράγονται ἐγκάρσια κύματα ἀνάλογα πρὸς τὰ φωτεινὰ κύματα (βλ. εἰκ. 1).

Ὅταν γίνεται ἡ διατάραξις σὲ στερεὰν ὕλην, ὅπως στοὺς σεισμοὺς καὶ στὶς ὑπόγειες ἐκρήξεις, παράγονται συγχρόνως ἐπιμήκη καὶ ἐγκάρσια κύματα· τὰ κύματα αὐτὰ



Εικ. 1. Γραφική απεικόνιση της κινήσεως σε ελαστικών μέσων των κυμάτων χώρου (Bolt, 1976).



Είκ. 2. Γραφική απεικόνιση της κινήσεως σε ελαστικόν μέσον τῶν κομάτων ἐπιφανείας (Bolt, 1976)

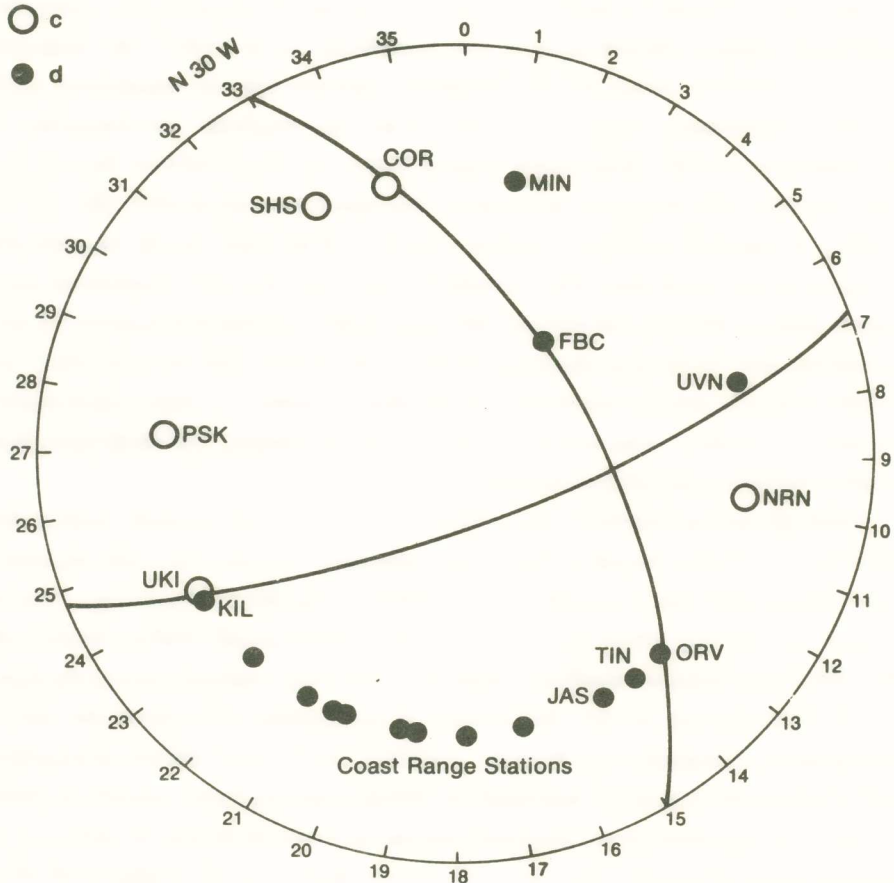
διαδίδονται μέσα στο γήινο σώμα καθ' ὅλες τὶς διευθύνσεις ὡς κύματα χώρου. Ὄταν τὰ κύματα χώρου προσκρούσουν σὲ ἐπιφάνειαν ἀσυνεχείας, πού χωρίζει δύο μέσα μεταδόσεως μὲ διάφορες ἐλαστικὲς ιδιότητες, ὅπως εἶναι λ.χ. ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, τὰ κύματα διαθλῶνται καὶ ἀνακλῶνται ἀπὸ τὴν συμβολὴν τῶν ἀπ' εὐθείας καὶ ἐξ ἀνακλάσεως ἐπιμήκων κυμάτων, ὡς καὶ τῶν ἐγκαρσίων κραδασμῶν, παράγονται ἐπιφανειακὰ κύματα· δηλαδή κύματα πού διαδίδονται κατὰ πλάτος τῆς ἐπιφανείας ἀσυνεχείας. Ἀπὸ τὴν συμβολὴν τῶν ἐπιμήκων κυμάτων καὶ τῶν παραγῶγων αὐτῶν παράγονται ἐπιφανειακὰ κύματα *Rayleigh*, καὶ ἀπὸ τὴν συμβολὴν τῶν ἐγκαρσίων καὶ τῶν παραγῶγων αὐτῶν ἐπιφανειακὰ κύματα *Love*, ὡς ἀποκαλοῦνται ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα ὀνόματα τῶν Φυσικῶν, πού πρῶτοι ἠρεύνησαν τὰ κύματα αὐτὰ (βλ. εἰκ. 2).

Ὄταν ἡ ἐλαστικὴ διατάραξις γίνεται στὸν ἀέρα ἢ σὲ ὑγρὰ, ἐπειδὴ τὰ μέσα αὐτὰ δὲν παρουσιάζουν ἀντίστασιν στὴν μεταβολὴν τοῦ σχήματός των, παράγονται μόνον ἐπιμήκη κύματα. Οὕτως οἱ ἀναγραφῆς τῶν ἐλαστικῶν κυμάτων πού παράγονται κατὰ τὶς ἐναέριες καὶ ὑποβρυχίαις ἐκρήξεις διακρίνονται εὐκόλα ἀπὸ τὶς ἀναγραφῆς τῶν φυσικῶν σεισμῶν, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐπιμήκη, ἐγκάρσια καὶ ἐπιφανειακὰ κύματα. Ἐπὶ πλέον τὸ πρῶτον κύμα πού ἀναγράφεται κατὰ τὶς ἐναέριες καὶ ὑποβρυχίαις ἐκρήξεις εἶναι πάντοτε κύμα συμπυκνώσεως.

Κατὰ τὴν πρώτην περίοδον τῶν συζητήσεων, τὰ μέλη τῆς τεχνικῆς ομάδος ἦσαν αἰσιόδοξα, ὅτι θὰ ἦτο δυνατὴ ἡ ἀποκάλυψις μυστικῶν ὑπογείων δοκιμῶν πυρηνικῶν ὀπλων ἰσχύος ἄνω τῶν 5 χιλιάδων τόνων TNT (= Τρι Νιτρο-Τολουόλης). Γιὰ τὴν ἐπίτευξιν τοῦ σκοποῦ αὐτοῦ ἦτο ἀναγκαῖον ὅπως δημιουργηθῆ διεθνὲς δίκτυον ἀπὸ 170 - 180 σεισμολογικοὺς σταθμοὺς. Κάθε ἓνας ἀπὸ τοὺς σταθμοὺς αὐτοὺς θὰ ἔπρεπε νὰ ἦτο ἐξοπλισμένος μὲ δύο ὀριζοντίους σειсмоγράφους καὶ συστοιχίαν ἀπὸ 10 κατακορύφους σειсмоγράφους βραχείας περιόδου, σὲ ἕκτασιν ὀλίγων χιλιομέτρων. Κάθε σταθμὸς θὰ ἔπρεπε νὰ περιλαμβάνῃ ἐπίσης σειсмоγράφους μακρᾶς περιόδου. Ἐπὶ πλέον στοὺς νησιωτικοὺς σταθμοὺς καὶ σὲ 10 πλοῖα θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπάρχουν καὶ ὑδροακουστικὲς συσκευές. Ἀπὸ τοὺς 110 περίπου ἠπειρωτικοὺς σταθμοὺς 24 θὰ ἐγκαθίσταντο στὴν Βόρειον Ἀμερικὴν καὶ στὴν Γροιλανδίαν, 6 στὴν Εὐρώπην, καὶ 34 στὴν Ἀσίαν. Περίπου 20 ἄλλοι σταθμοὶ θὰ ἐγκαθίσταντο σὲ μεγάλας νήσους, καὶ ἄλλοι 40 σὲ μικρὰ νησιά.

Σὲ φυσικοὺς σεισμοὺς πού ἀναγράφονται ἀπὸ πολλοὺς σταθμοὺς κατὰ διαφόρους ἀξιμουθιακὰς διευθύνσεις, οἱ πρῶτες ἀφίξεις εἶναι κύματα συμπίεσεως ἢ κύματα ἀραιώσεως. Τὸ σύνολον τῶν ἀφίξεων αὐτῶν σὲ στερεογραφικὴν προβολὴν τῶν σταθμῶν σχηματίζουν 2 τεταρτοκύκλια ἀπὸ συμπίεσεις καὶ 2 τεταρτοκύκλια ἀπὸ ἀραιώσεις (βλ. εἰκ. 3). Στὶς ὑπόγειες ἐκρήξεις οἱ πρῶτες ἀφίξεις εἶναι, κατὰ κανόνα, σ' ὅλες τὶς ἀξιμουθιακὰς διευθύνσεις κύματα συμπίεσεως. Οὕτως οἱ ἐμπειρογνώμονες

Ἀνατολῆς καὶ Δύσεως ἐπίστευον ὅτι ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν πρώτων ἀφίξεων, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν πολικότητά των σὲ ἀναγραφῆς σταθμῶν, κατὰ διαφόρους ἀζιμουθιακῆς διευθύνσεις σὲ σχέσιν πρὸς τὸ ἐπίκεντρον, θὰ ἠδύναντο εὐκόλα νὰ διακριθοῦν τὰ 90%



Εἰκ. 3. Διάταξις τῶν εἰσόδων τῶν ἐπιμήκων κυμάτων με ἀντίθετες πολικότητες σὲ σφαῖραν ποὺ περιβάλλει τὴν ἐστίαν σεισμοῦ, στὸ Chico τῆς Καλιφορνίας, τῆς 24 Μαΐου 1966, κατὰ Lomnitz καὶ Bolt, 1967 (Bolt, 1976).

καὶ πλέον τῶν ἠπειρωτικῶν σεισμῶν. Ἄς σημειωθῆ ὅτι κάθε χρόνον συμβαίνουν περίπου 10.000 σεισμοὶ μεγέθους 4 1/4 καὶ ἄνω. Γιὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἔκρινον ὅτι κάθε σταθμὸς θὰ ἔπρεπε νὰ ἦτο ἐπηνδρωμένος με 30 τεχνικοὺς καὶ ἐπιστήμονες.

Σὲ ἔκθεσιν τῆς 11 Αὐγούστου 1958 οἱ ἐμπειρογνώμονες ἀνέφερον ὡς δεύτερον ἐπικουρικὸν κριτήριον τὸ βάθος τῆς ἐστίας. Οἱ ὑπόγειες ἐκρήξεις γιὰ τεχνικοὺς καὶ

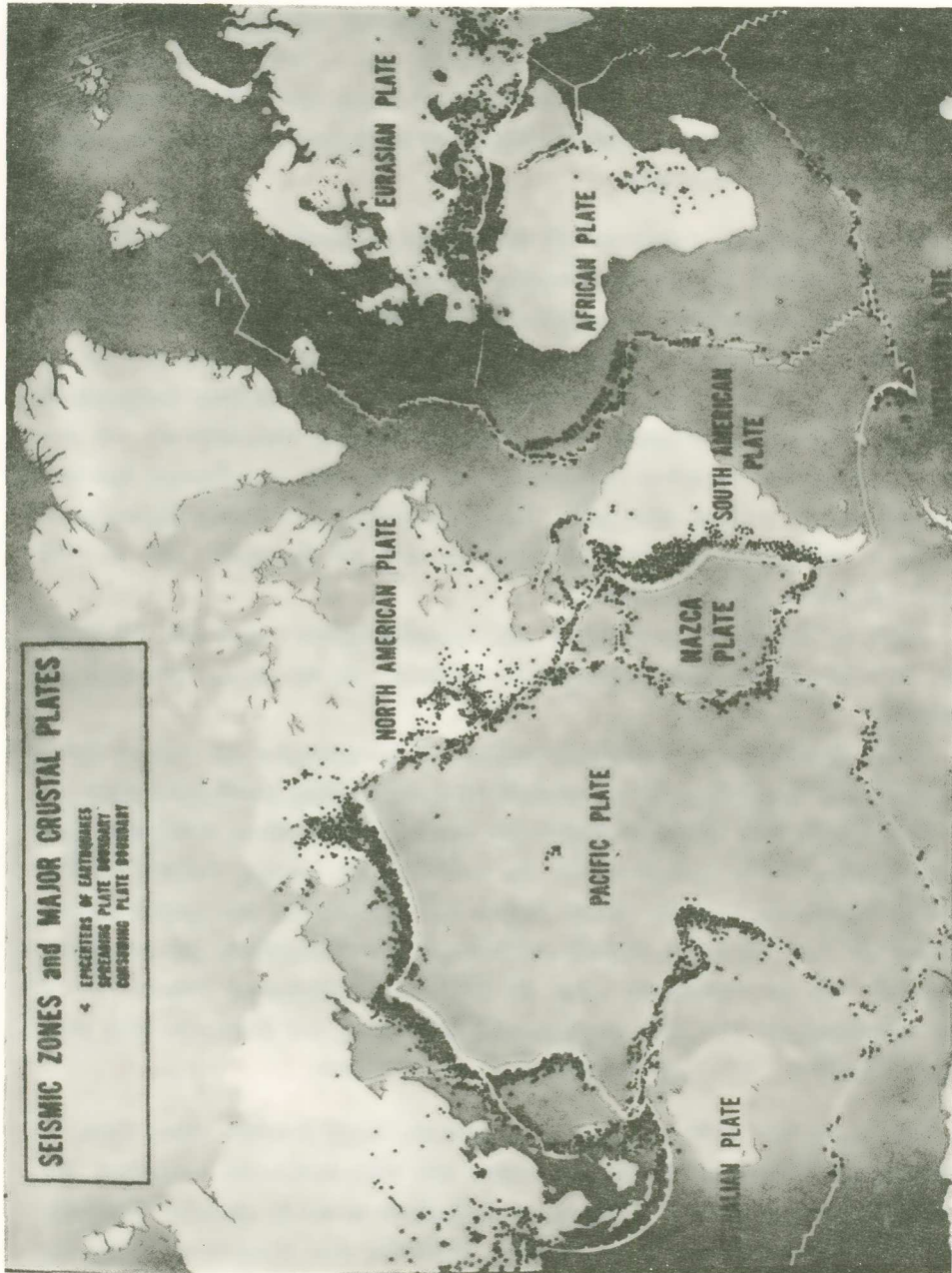
οικονομικούς λόγους γίνονται, κατά κανόνα, σὲ μικρὸν βάθος. Πάντως ὑπάρχουν γεωτρήσεις γὰρ πετρέλαιον ποὺ φθάνουν τὰ 8 χιλιόμετρα. Σὲ περίπτωσιν σεισμῶν βάθους 16 χιλμ., τὸ σφάλμα ὑπολογισμοῦ ἀπὸ μακρυνῆς παρατηρήσεις δύναται νὰ φθάνη τὰ 6 χιλμ. Ἐπὶ πλέον, πολλοὶ σεισμοί, ὡς λ.χ. τὰ 90% τῶν σεισμῶν ποὺ συμβαίνουν στὴν Κεντρικὴν Καλιφόρνιαν, ἔχουν τὴν ἐστίαν των σὲ βάθος μικρότερον τῶν 5 χιλμ. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς τὸ βάθος τῆς πηγῆς τοῦ συμβάντος δὲν μπορεῖ ν' ἀποτελέσῃ διαγνωστικὸν μέσον.

Ὡς τρίτον βοηθητικὸν κριτήριον θὰ ἠδύνατο νὰ χρησιμοποιηθῆ ἡ θέσις τοῦ ἐπι-κέντρου τοῦ σεισμοῦ. Ἡ μεγάλη πλειονότης τῶν φυσικῶν σεισμῶν προέρχονται ἀπὸ σεισμικὲς ζώνες ποὺ κεῖνται στὶς παρυφῆς τῶν λιθοσφαιρικῶν πλακῶν (βλ. εἰκ. 4). Οὕτω κάθε ἀναγραφή σεισμοῦ ποὺ προέρχεται ἀπὸ ἀσεισμικὲς περιοχὰς ποὺ δὲν φιλοξενοῦν σεισμικὲς ἐστῖες δύναται νὰ θεωρηθῆ ὑποπτος. Κάθε ὑποπτος ἀναγραφή θὰ πρέπει νὰ ἐλέγχεται δι' ἐπιτοπίου ἐπισκέψεως τῆς περιοχῆς ἀναχωρήσεως τοῦ σεισμικοῦ σήματος. Ἡ τελευταία πρότασις ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τοὺς Ρώσους ἐμπειρογνώμονες μὲ πολὺ μεγάλην ἐπιφύλαξιν. Ἀργότερα τὸ θέμα αὐτὸ ἐγένετο ἀντικείμενον ἰδιαίτερων συζητήσεων μεταξὺ τοῦ Krushchev καὶ τοῦ Kennedy, καὶ τὸ 1974 μεταξὺ τοῦ Nixon καὶ τοῦ Brezhnev.

Μετὰ τὴν διανομὴν τῆς ἐκθέσεως τῶν ἐμπειρογνομένων, συνήλθον τὸν Νοέμβριον 1958 τὰ πολιτικὰ μέλη τῶν ἀντιπροσωπειῶν γιὰ τὴν διατύπωσιν τῶν ὄρων τῆς συνθήκης.

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν διαπραγματεύσεων οἱ ἀντιπρόσωποι τῆς Δύσεως διετύπωσαν ζωηρὰς ἀμφιβολίας, ἐὰν τὰ προταθέντα κριτήρια ἦσαν ἱκανὰ καὶ ἐπαρκῆ γιὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῶν ὑπογείων πυρηνικῶν ἐκρήξεων. Πρόσφατα πειράματα στὴν Ἀμερικὴν εἶχον δείξει, μεταξὺ ἄλλων, ὅτι τὸ πλάτος τῆς πρώτης ἀφίξεως δὲν ἦτο ἀσφαλὲς διαγνωστικὸν μέσον, ἐὰν τὸ πλάτος τοῦ κύματος δὲν ἦτο τριπλάσιον τοῦ πλάτους τοῦ ἔδαφικοῦ σάλου, δηλαδὴ τοῦ πλάτους τῶν διαταράξεων τῶν σεισμικῶν ἀναγραφῶν ἀπὸ μετεωρολογικὰ αἰτία. Οἱ Σοβιετικοὶ ἐπιστήμονες διεφώνησαν ὡς πρὸς τὴν ἀκρίβειαν τῶν νέων πειραματικῶν δεδομένων, καὶ ἀπέδωσαν αὐτὰ στὴν μικρὰν εὐαισθησίαν τῶν χρησιμοποιηθέντων σεισμογράφων.

Τὴν 12 Ἰουνίου 1959 ἡ τεχνικὴ ὁμάς ἐργασίας ἔλαβε ἐντολήν, ὅπως ἐπανεξετάσῃ τὰ προταθέντα μέσα ἐλέγχου ὑπὸ τὸ φῶς τῶν νέων σεισμικῶν δεδομένων. Ἐν ὄψει τοῦ γεγονότος, ὅτι δὲν δύναται νὰ διεξαχθοῦν μυστικὲς ὑπόγειες πυρηνικὲς ἐκρήξεις σὲ οἰανδήποτε χώραν τῆς Δύσεως, ἐνῶ αὐτὸ εἶναι δυνατὸν σὲ χώρες τῆς Ἀνατολῆς, οἱ Ρώσοι ἐμπειρογνώμονες ἔδειξαν ὅτι δὲν ἐνδιαφέροντο γιὰ τὴν ἀποτελεσματικότητά τῶν μέσων φωράσεως. Οὕτως οἱ Ἀμερικανοὶ ἐπιστήμονες ἀνέλαβον



Εικ. 4. Η πρώτη παρουσίασις των μεγαλύτερων τεκτονικών πλακών και τῆς συμπαρομορούσης σεισμικῆς δράσεως ἀπὸ τὴν Γεωδυναμικὴν ἐπιτροπὴν τῆς Ἐθνικῆς Ἀκαδημίας τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν (Bates et al., 1982).

τὴν εὐθύνην, ὅπως μόνοι τους βελτιώσουν τὰ μέσα ἀποκαλύψεως τῶν μυστικῶν ὑπογείων ἐκρήξεων.

Ἦδη ἀπὸ τὴν 28 Δεκεμβρίου 1958 εἶχε συσταθῆ ἀπὸ τὸν Eisenhower ἐπιτροπὴ ἀπὸ Γεωφυσικοὺς καὶ Ἡλεκτρονικοὺς, ὑπὸ τὴν προεδρίαν τοῦ Ἀντιναυάρχου Lloyd Berkner, ὅπως ἐξετάσουν τὴν δυνατότητα βελτιώσεως τοῦ συστήματος ἐλέγχου ποῦ εἶχε προταθῆ στὴν Γενεύην. Τὸν Ἰούνιον 1959 ἡ ἐπιτροπὴ Berkner σ' ἔκθεσίν της διετύπωσε τὴν αἰσιόδοξον ἄποψιν ὅτι θὰ ἦτο δυνατὴ ἐντὸς μιᾶς 3/ετίας ἡ βελτίωσις τοῦ συστήματος φωράσεως καὶ ἀναγνωρίσεως τῶν ὑπογείων ἐκρήξεων. Γιὰ τὴν ἐπίτευξιν τοῦ σκοποῦ αὐτοῦ ἦτο ἀνάγκη νὰ ἐπιχορηγηθῆ ἐπαρκῶς ὠρισμένοι κύκλος σεισμολογικῶν ἐρευνητικῶν προγραμμάτων ποῦ περιλαμβάνοντο στὴν ἔκθεσιν. Ἐκ τῶν ὑστέρων ἀπεδείχθη ὅτι ἐχρειάσθησαν 12 ἔτη.

Τὴν 3 Νοεμβρίου 1959, κατόπιν προτάσεως τῶν Ρώσων, συνεστήθη μικτὴ ἐπιτροπὴ ἀπὸ Φυσικοὺς, Σεισμολόγους καὶ Πολιτικοὺς, ὅπως ἐξετάσουν ἀπὸ κοινοῦ ὄχι μόνον τὴν ἀξιοπιστίαν τῶν σεισμικῶν δεδομένων, ἀλλὰ καὶ τὴν σύνθεσιν καὶ τὶς δικαιοδοσίαις τῶν ἀποστολῶν, ποῦ θὰ ἐξήταζον ἐπιτοπίως τὶς θέσεις προελεύσεως ἐλαστικῶν κυμάτων ἀπὸ ὑποπτα πυρηνικὰ συμβάντα. Οἱ Ἀμερικανοὶ Σεισμολόγοι ἐπέμενον ὅτι ἡ πολιτικότης τῶν πρώτων ἀφίξεων, δηλαδὴ ἐὰν τὰ πρώτα κύματα εἶναι κύματα συμπυκνώσεως (c), ἢ κύματα ἀραιώσεως (d) μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῆ ὡς διαγνωστικὸν μέσον, μόνον στὶς περιπτώσεις ὑπογείων ἐκρήξεων μεγάλης ἰσχύος.

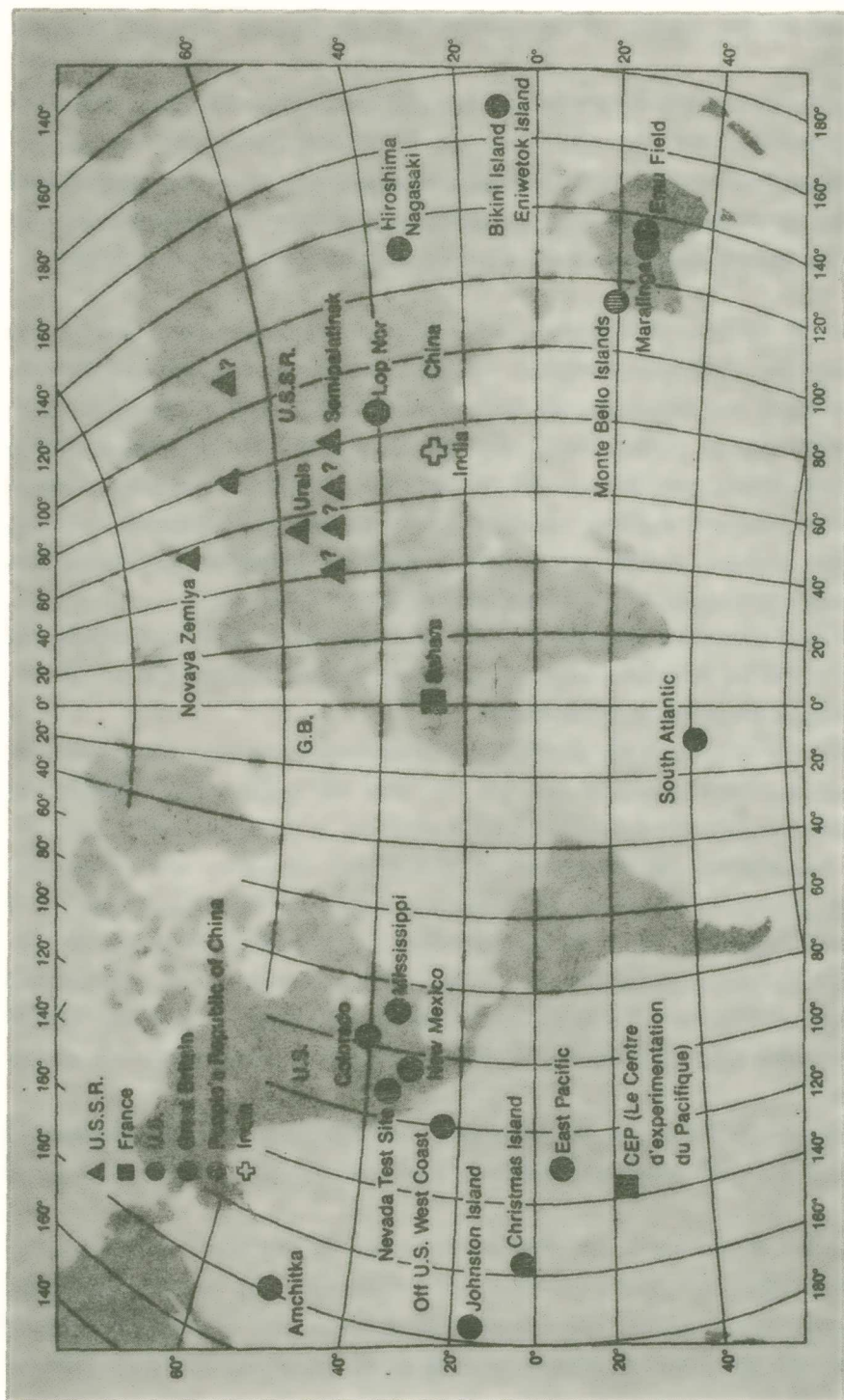
Μεγαλύτερον πρόβλημα ἐδημιουργήθη ὅταν ὁ Hans Bethe, Φυσικὸς μὲ βραβεῖον Nobel στὴν Φυσικὴν τὸ 1967, ἐπεκαλέσθη τὴν θεωρίαν ἀποσυζεύξεως. Ἡ θεωρία αὕτη εἶχε διατυπωθῆ ἀπὸ τὸν Ἀμερικανὸν Φυσικὸν Albert Latter τὸν Ἰανουάριον 1959. Κατὰ τὸν Latter καὶ τοὺς συνεργάτες του, ἐὰν ὠρισμένη ἐκρηκτικὴ ὕλη πυροδοτηθῆ σὲ ὑπόγειον ἔγκοilon, ποῦ τὸ βάθος καὶ οἱ διαστάσεις του εἶναι ἀρκούντως μεγάλες, ὥστε τὸ περιβάλλον πέτρωμα λόγῳ τοῦ μεσολαβοῦντος στρώματος ἀέρος νὰ ὑποστῆ μόνον ἐλαστικὴν παραμόρφωσιν, τὸ πλάτος τοῦ σεισμικοῦ κύματος θὰ εἶναι μέχρι 300 φορές μικρότερον τοῦ πλάτους ποῦ παράγεται ἐὰν τὸ ὑπόγειον ἔγκοilon ἔχη τὶς διαστάσεις τῆς μάζης τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης. Πειράματα περιορισμένης κλίμακος ποῦ εἶχον διεξαχθῆ ἐν τῷ μεταξὺ σὲ ὄρυχεῖον τῆς Κορνουάλης, στὴν Ἀγγλίαν, ἀπὸ τὸν Carpenter καὶ τοὺς συνεργάτες του, εἶχον ἐπιβεβαιώσει τὴν θεωρίαν ἀποσυζεύξεως τοῦ Latter.

Ἐν ὄψει τῆς δυνατότητος ἀπομιμήσεως φυσικῶν σεισμῶν μὲ σειρὰν ἀλλεπαλλήλων πυρηνικῶν ἐκρήξεων σὲ διάστημα ὀλίγων δευτερολέπτων καὶ ἐφαρμογῆς καὶ ἄλλων μεθόδων ἀποκρύψεως τῶν ὑπογείων πυρηνικῶν δοκιμῶν, ὡς λ.χ. μὲ τὴν αὐτόματον πυροδότησιν αὐτῶν κατὰ τὴν στιγμὴν ἀκριβῶς ποῦ διέρχονται τὰ σεισμικὰ κύματα ἐνὸς φυσικοῦ σεισμοῦ, οἱ Ἀμερικανοὶ ἐπιστήμονες ἦσαν πολὺ προσεκτικοί.

ἐνήμεροι ἤδη πλήρως τῶν πολιτικῶν ἐπιπτώσεων πού θά εἶχεν ἡ ἐπιστημονική των θέσις στήν διατύπωση τῶν ὄρων τῆς συνθήκης, ἐξέφρασαν ζωηρές ἐπιφυλάξεις γιά τήν ἀξιοπιστίαν τῶν μέσων ἐλέγχου πού εἶχον προταθῆ ἀπό τήν τεχνικήν ὀμάδα ἐργασίας. Οἱ Σοβιετικοί ἐπιστήμονες ἀντέδρασαν, καί διετύπωσαν ἐμμέσως τήν ὑπόνοιαν ὅτι οἱ Δυτικοί ἀντιπρόσωποι εἶχον σκοπίμως ὑποσκάψει τὸ σύστημα ἐλέγχου πού εἶχε προταθῆ κατά τήν συνδιάσκεψιν τοῦ 1958. Ἡ σκληρῆ γλῶσσα πού ἐχρησιμοποίησαν οἱ Σοβιετικοί ἀντιπρόσωποι ἐλύπησε πολὺ τοὺς Ἀμερικανούς καὶ Βρετανούς ἐπιστήμονες· μερικοὶ ἀπὸ αὐτοὺς εἶχον ἤδη συνάψει φιλικές σχέσεις μὲ Ρώσους συναδέλφους, Φυσικοὺς καὶ Σεισμολόγους. Πολλοὶ Πολιτικοὶ πού ἔτρεφον ζωηρές ἐλπίδες γιά μίαν πλήρη ἀπαγόρευσιν τῶν πυρηνικῶν δοκιμῶν ἠσθάνθησαν μέγαν ἀπογοήτευσιν. Οἱ διαπραγματεύσεις πού εἶχον ἀρχίσει τὴν 25 Νοεμβρίου ἔπερατώθησαν τὴν 18 Δεκεμβρίου 1959 μὲ πλήρη διαφωνίαν στὰ σπουδαιότερα ὑπὸ συζήτησιν θέματα.

Οἱ Πολιτικοὶ ἀντιπρόσωποι συνέχισαν τίς συζητήσεις στήν Γενεύην μέχρι τὴν 29 Ἰανουαρίου 1962. Τὸ κύριον θέμα τῆς πολιτικῆς διασκέψεως ἦτο ὁ ἐτήσιος ἀριθμὸς τῶν ἐπιτοπίων ἐπισκέψεων πού θά ἐπετρέποντο στὸ ἔδαφος κάθε χώρας, πού θά ἐθεωρεῖτο, ἀπὸ τίς σεισμικὲς ἀναγραφές, ὑποπτος παραβιάσεως τῶν ὄρων τῆς συνθήκης. Οἱ Σοβιετικοὶ ἀντιπρόσωποι ὑπεστήριζον ὅτι 3 τὸ πολὺ ἐπιτόπιες ἐπισκέψεις τὸν χρόνον ἦσαν ἐπαρκεῖς. Οἱ Ἀμερικανοὶ ἐφρόνουν ὅτι τοὐλάχιστον 5, ἂν ὄχι 7, ἦσαν ἀναγκαῖες. Ἀπὸ τὸ 1959 ἕως τὸ 1963 ἡ κυρία διαφωνία τῶν ἀντιπροσώπων περιορίσθη στὸ θέμα τοῦτο. Σκοπὸς τῶν ἀντιπροσώπων Ἀνατολῆς καὶ Δύσεως, ὡς κατεφάνη ἀργότερα, ἦτο ἡ καθυστέρησις τῆς ὑπογραφῆς τῆς συνθήκης. Ἡ ἀνάπτυξις ὀπλων μὲ πυρηνικὲς κεφαλὰς ἀπαιτοῦσε δοκιμὲς πεδίου πολλῶν συσκευῶν πού δὲν μποροῦσαν νὰ διεξαχθοῦν ὑπὸ τὸ κράτος τοῦ σχεδίου συνθήκης πού εἶχε προταθῆ τὸ 1958. Ἐλέχθη ὅτι ἐὰν εἶχεν ἐγκριθῆ τὸ σχῆμα ἐλέγχου πού εἶχε προταθῆ, μὲ ὅλες τίς ἀτέλειες πού ἀνεκαλύφθησαν ἀργότερα, οἱ συνέπειες θά ἦσαν καταστρεπτικὲς γιά τὴν παγκόσμιον ὕφεσιν. Οἱ στρατιωτικὲς ἀπαιτήσεις θά ἠνάγκαζον τὸ ἓνα ἢ καὶ τὰ δύο ἀντίπαλα μέρη νὰ κάμουν μυστικὲς δοκιμὲς, ἢ τοὐλάχιστον νὰ θεωρηθοῦν ἀμοιβαίως ὑποπτοί.

Μετὰ τὸν ὄντως σοβαρὸν κίνδυνον πυρηνικῆς συγκρούσεως στήν κρίσιν τῆς Κούβας τὸν Ὀκτώβριον 1962, οἱ Μεγάλαις Δυνάμεις ἀνεζήτησαν τρόπους συμφιλίωσης. Ἡ συνεχιζομένη, κατὰ κοινήν ὁμολογίαν, αὐξήσις τῶν κινδύνων ἀπὸ τὴν πτώσιν ραδιενεργοῦ σκόνης, καὶ ἡ μείωσις τῶν στρατιωτικῶν ἀπαιτήσεων γιά δοκιμὲς πυρηνικῶν ὀπλων στήν ἀτμόσφαιραν, ἔστρεψε τὸ ἐνδιαφέρον τῶν πυρηνικῶν Δυνάμεων στὶς ὑπόγειες δοκιμὲς. Οἱ Γερουσιαστὲς καὶ τὸ Γενικὸν Ἐπιτελεῖον Ἐθνικῆς Ἀμύνης τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν ἦσαν ἀντίθετοι στήν ὑπογραφὴν μιᾶς συν-



Εικ. 5. Παγκόσμιος χάρτης με τις θέσεις των πυρηνικών δοκιμών διαφόρων Κρατών από το 1945 έως το 1974. Δεν σημειώνεται μερικές θέσεις, όπου έγιναν πυρηνικές εκρήξεις στην Ρωσία για ειρηνικούς σκοπούς (Bolt, 1976).

θήκης που θα ήτο δυνατόν να παραβιασθή από τους Ρώσους με μικρές υπόγειες δοκιμές.

Τὸν Ἰούνιον 1963 ὁ Krushchev, ὀμιλῶν στὸ Ἀνατολικὸν Βερολῖνον, ἀνεκάλεσε τὴν συγκατάθεσιν ποὺ εἶχε ἤδη δώσει γιὰ 3 ἐπιτόπιες ἐπισκέψεις τὸν χρόνον. Παραλλήλως ἐδήλωσεν ὅτι θὰ ἦτο πρόθυμος νὰ συμφωνήσῃ σὲ μίαν συνθήκην ποὺ θὰ ἀπαγόρευε τὶς ὑποβρύχιες, ἐναέριες καὶ διαστημικὲς δοκιμές· γιὰ πρώτην φοράν δὲν ἐπέμενε γιὰ μερικὴν ἀπαγόρευσιν τῶν ὑπογείων δοκιμῶν χωρὶς ἐπιτόπιον ἔλεγχον.

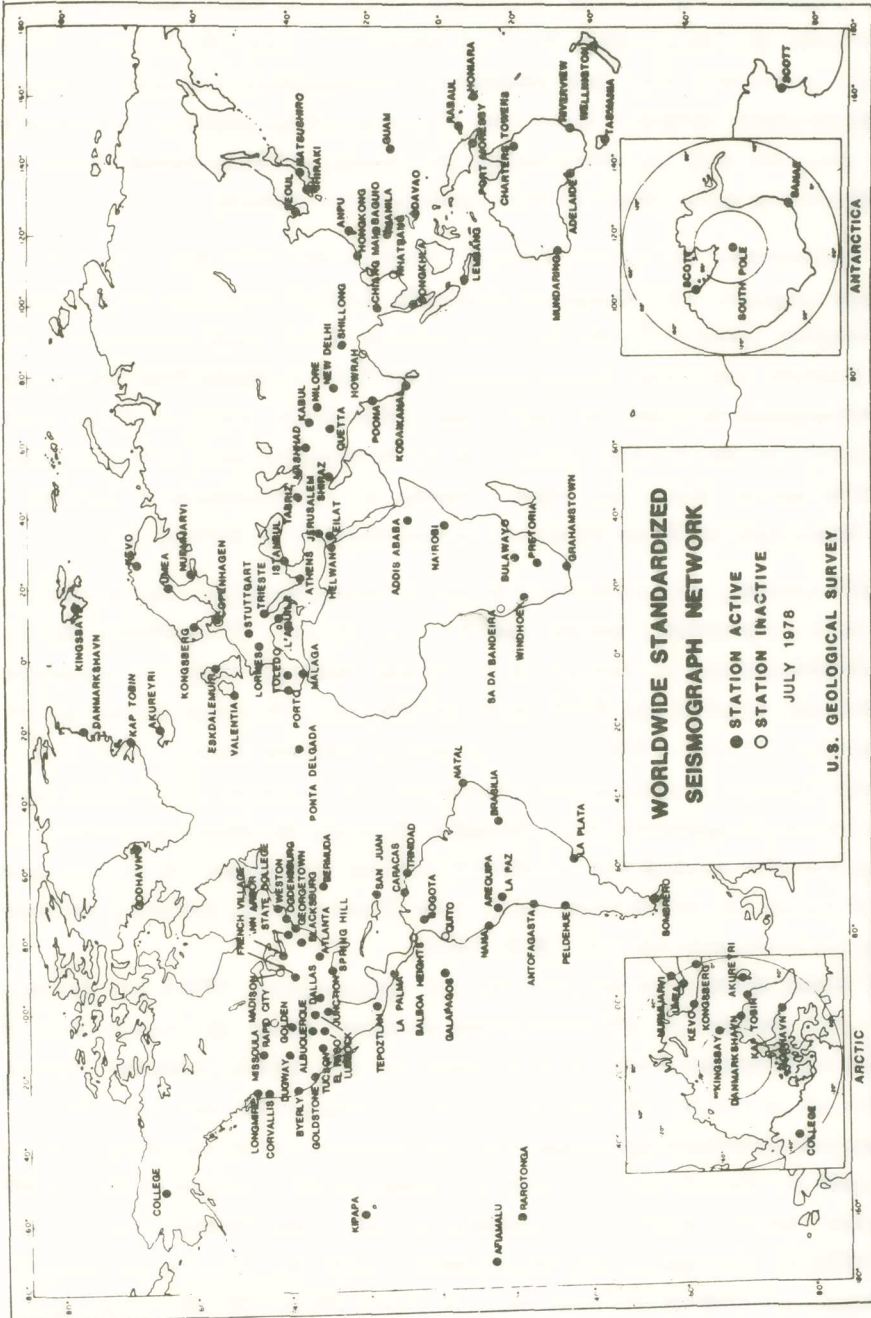
Τὴν 15 Ἰουλίου 1963 ἤρχισαν στὴν Μόσχαν διαπραγματεύσεις μεταξὺ τῶν τριῶν μεγάλων πυρηνικῶν Δυνάμεων, καὶ τὴν 5 Αὐγούστου ὑπεγράφη μία περιορισμένη συνθήκη ποὺ ἀπαγορεύει τὴν διεξαγωγὴν σὲ καιρὸν εἰρήνης πυρηνικῶν ἐκρήξεων ἐπάνω ἀπὸ τὸ στερεὸν σῶμα τῆς Γῆς. Ἡ τήρησις τῶν ὄρων τῆς συνθήκης ἀνετέθη στὰ ἔθνη μὲσα ἐλέγχου. Μὲ τὴν συνθήκην τοῦ 1963 ἀπηγορεύθησαν καὶ οἱ ἐπιφανειακὲς ἀτομικὲς ἐκρήξεις γιὰ εἰρηνικοὺς βιομηχανικοὺς ἢ μηχανικοὺς σκοποὺς ἐὰν ὑπῆρχε κίνδυνος νὰ διαφύγουν ραδιενεργὰ προϊόντα διασπάσεως καὶ νὰ ὑπερβοῦν τὴν μεθοριακὴν γραμμὴν τοῦ Κράτους, ὅπου θὰ ἐγίνετο ἡ ἐκρήξις.

Τὸ 1964 ἡ συνθήκη ὑπεγράφη ἀπὸ 116 καὶ πλέον Ἔθνη. Ἡ Κίνα, ἡ Γαλλία καὶ ἡ Ἰνδία καὶ ἄλλες ὑποψήφιες πυρηνικὲς Δυνάμεις, ὅπως ἡ Ἰαπωνία καὶ τὸ Ἰσραήλ, ἠρνήθησαν νὰ ὑπογράψουν τὴν συνθήκην.

Μετὰ τὴν ὑπογραφήν τῆς συνθήκης, οἱ Ὑπερδυνάμεις ἠῤῥησαν τὸν ρυθμὸν τῶν ὑπογείων πυρηνικῶν ἐκρήξεων (βλ. εἰκ. 5). Ἀπὸ τὴν ἡμέραν τῆς ὑπογραφῆς τῆς συνθήκης, ἦτοι ἀπὸ τὴν 5 Αὐγούστου 1963 μέχρι τὴν 1 Ἰανουαρίου 1973, κατ' ἐπίσημον ἀνακοίνωσιν τοῦ σεισμολογικοῦ ἐρευνητικοῦ ἰδρύματος τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Ἀμύνης τῆς Σουηδίας, οἱ Ἀμερικανοὶ διεξήγαγον 251 ὑπόγειες ἐκρήξεις, ἡ Σοβιετικὴ Ἐνωση 119, καὶ ἡ Μεγάλῃ Βρετανία 2. Ἐπὶ πλέον διεξήχθησαν 29 ἐναέριες καὶ 9 ὑπόγειες ἐκρήξεις ἀπὸ τὴν Γαλλίαν, ὡς καὶ 13 ἐναέριες καὶ 1 ὑπογεία ἀπὸ τὴν Κίναν. Πιστεύεται ὅτι ὁ πραγματικὸς ἀριθμὸς τῶν ὑπογείων ἐκρήξεων ποὺ διεξήχθησαν ἀπὸ τοὺς Ἀμερικανοὺς καὶ Ρώσους εἶναι μεγαλύτερος αὐτῶν ποὺ ἀνεκοινώθησαν.

Μέχρι τὸ 1972 ἐγένοντο διαπραγματεύσεις γιὰ 5 ἄλλες παραπλήσιες συνθηκὲς μὲ ἓνα κοινὸν ὄρον. Ἡ παραβίασις ὅλων τῶν συνθηκῶν θὰ ἐλέγχεται μὲ ἔθνη μόνον μέσα.

Κατόπιν τῆς ἀρνήσεως τῶν Ρώσων ὅπως συμμετάσχουν σὲ μιὰ κοινήν προσπάθειαν βελτιώσεως τῶν μέσων φωράσεως καὶ ἀναγνωρίσεως τῶν ὑπογείων ἐκρήξεων, ἡ ὑπηρεσία προγραμμάτων προκεχωρημένων ἐρευνῶν τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Ἀμύνης τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν, γνωστῆς μὲ τὰ ἀρχικά της ARPA (= Advanc-



Εικ. 6. Οι σταθμοί του παγκοσμίου δικτύου προτύπων σεισμογράφων από την ARPA στο πλαίσιο του προγράμματος VELA (Bates et al., 1982).

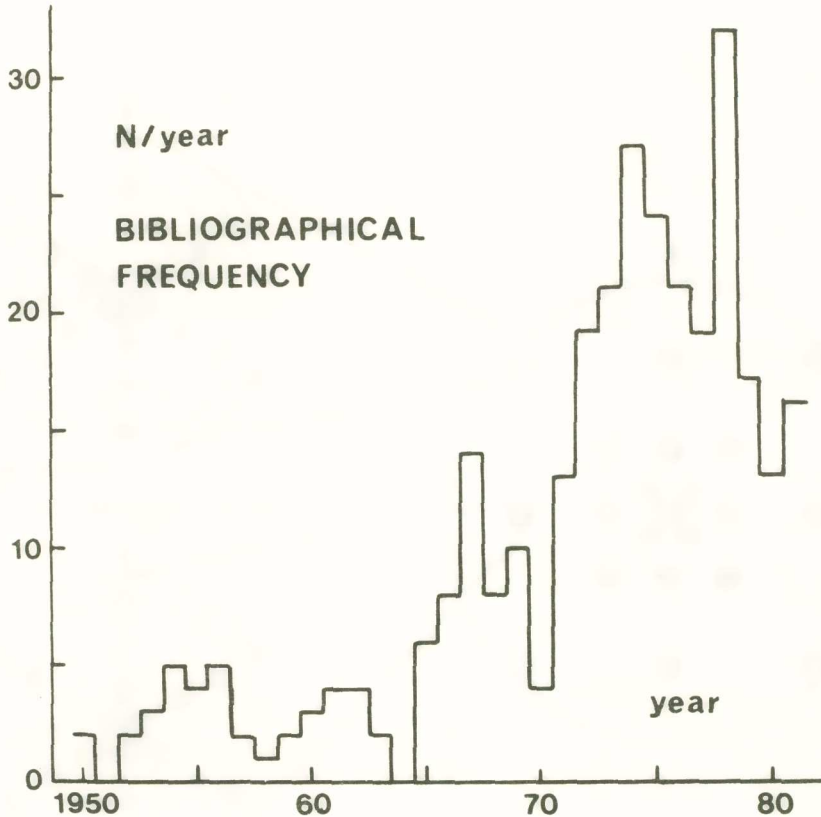
ed Research Projects Agency), συνέστησε τὸ 1960 εἰδικὸν φορέα ὑπὸ τὸ ὄνομα *VELA UNIFORM PROGRAM*. Ἡ σύστασις τοῦ φορέως *VELA* ἀποτελεῖ σταθμὸν στὴν ἱστορίαν τῆς Σεισμολογίας. Ὁ *VELA* ἀνέλαβε κατ' ἀρχὴν τὴν ἐπιχορήγησιν καὶ ἐποπτεῖαν ἐκτελέσεως ὄλων τῶν ἐρευνητικῶν προγραμμάτων ποὺ εἶχον ὑποδειχθῆ ἀπὸ τὴν ἐπιτροπὴν *Berkner*. Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἔλαβον μέρος καὶ ἄλλα ἐρευνητικὰ κέντρα τῆς Δύσεως, ὁ *VELA* ἀνέλαβε ἀκόμη τὴν ἐπιχορήγησιν καὶ τριῶν τύπων δικτύων σεισμολογικῶν σταθμῶν.

Ἡ ἐγκατάστασις τοῦ πρώτου ἀνοικτοῦ τύπου ἀνετέθη στὴν Παράκτιον καὶ Γεωδαιτικὴν ὑπηρεσίαν τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν (*USCGS = United States Coast and Geodetic Survey*). Τὸ δίκτυον αὐτὸ γνωστὸν μὲ τὸ ὄνομα «Παγκόσμιον Δίκτυον Σταθμῶν Προτύπων Σεισμογράφων» (*WWSSN = World-Wide Standardized Seismograph Network*) ἀποτελεῖται ἀπὸ 120 σταθμοὺς ποὺ ἔχουν ἐγκατασταθῆ σὲ 60 χῶρες (βλ. εἰκ. 6). Στὶς χῶρες αὐτὲς δὲν περιλαμβάνονται ἡ Κίνα, ἡ Αὐστρία, ἡ Ἑλβετία καὶ οἱ Ἀνατολικὲς χῶρες. Ἐπίσης δὲν περιλαμβάνεται ὁ Καναδᾶς, ὁ ὁποῖος ἐπροτίμησε νὰ ἰδρύσῃ ἰδικὸν τοῦ δίκτυον σταθμῶν μὲ ἀνάλογα ὄργανα.

Κάθε πρότυπος σταθμὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ 3 σεισμογράφους βραχείας περιόδου (*1 sec*), καὶ 3 σεισμογράφους μακρᾶς περιόδου (*15 - 30 sec*). Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἐδαφικῆς κινήσεως ποικίλλει, ἀνάλογα μὲ τὶς τοπικὲς συνθήκες, στοὺς μὲν σεισμογράφους βραχείας περιόδου ἀπὸ 3.125 μέχρι 400.000, στοὺς δὲ σεισμογράφους μακρᾶς περιόδου ἀπὸ 750 μέχρι 6.000. Ἡ ἐγκατάστασις τοῦ δικτύου ἐπερατώθη τὸ 1967 μὲ συνολικὴν δαπάνην 10 ἑκατομμυρίων δολλαρίων. Οἱ ἀναγραφῆς τῶν σεισμογράφων τοῦ δικτύου συγκεντρώνονται στὶς Ἠνωμένες Πολιτεῖες σὲ εἰδικὴν βιβλιοθήκην μικροφίλμ ποὺ εἶναι προσιτὴ στοὺς Σεισμολόγους ὅλου τοῦ κόσμου. Ἡ συλλογὴ αὐτὴ ἀποτελεῖ σήμερον τὴν σπονδυλικὴν στήλην στὴν ἐξερεύνησιν τῆς ἀνατομίας καὶ φυσιολογίας τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς (*Bolt, 1982*).

Οἱ ὀλικὲς δαπάνες γιὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν προγραμμάτων *VELA* στὸ διάστημα 1960 - 1971 ἀνῆλθον σὲ 250 ἑκατομμύρια δολλάρια. Πέραν τῆς δωρεᾶς πρὸς τὸ Ἐθνικὸν καὶ Καποδιστριακὸν Πανεπιστήμιον τοῦ ἐν Ἀθήναις προτύπου σταθμοῦ, ποὺ εἶναι σὲ λειτουργίαν ἀπὸ τὸ 1964, ἡ Ἑλλὰς ἐπεχορηγήθη ἀπὸ τὸν *VELA* γιὰ σεισμολογικὰ ἐρευνητικὰ προγράμματα μὲ τὴν καθοδήγησιν τοῦ ὀμιλοῦντος, καὶ γιὰ τὴν ἀγορὰν καὶ ἐγκατάστασιν 6 προσθέτων περιφερειακῶν σταθμῶν, ἀξίας 150.000 δολλαρίων. Ἄλλοι 3 σταθμοὶ ἐξωπλίσθησαν μὲ ὄργανα ἀπὸ Ρωσικὴν δωρεὰν μέσῳ τῆς *UNESCO*. Ἀποτέλεσμα τῶν ἐπιχορηγήσεων αὐτῶν ἦτο ἡ ἄμεσος καὶ ἐντυπωσιακὴ αὐξήσις τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σεισμολογικῶν δημοσιεύσεων (βλ. εἰκ. 7) ποὺ ἀναφέρονται στὸν Ἑλληνικὸν χῶρον (*Bath, 1983*).

Γιὰ τὴν περαιτέρω βελτίωσιν τοῦ πλάτους τῶν πρώτων ἀφίξεων ὁ VELA προέβη παραλλήλως στὴν ἐγκατάστασιν δικτύου σεισμικῶν συστοιχιῶν. Θεωρητικῶς ἐὰν προστεθοῦν οἱ πρώτες ἀφίξεις σὲ 100 σεισμόμετρα τὸ πλάτος των γίνεται 100

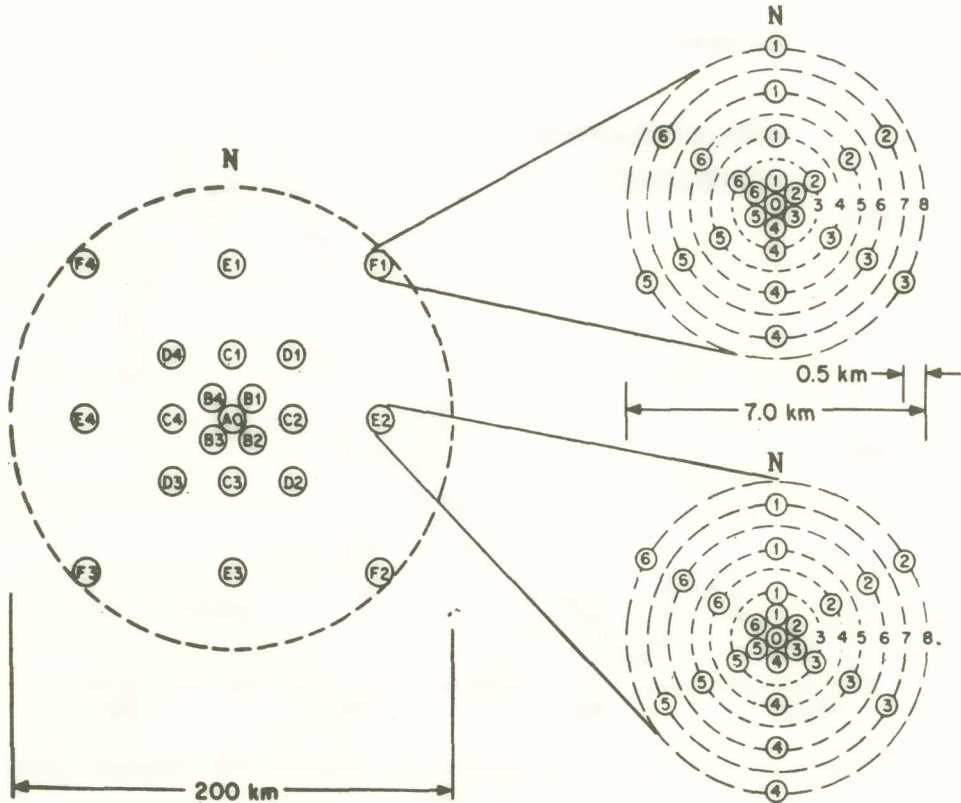


Εἰκ. 7. Ἐτησία συχνότης σεισμικῶν δημοσιεύσεων ἀναφερομένων στὸν Ἑλληνικὸν χῶρον (Bath, 1983).

φορὲς μεγαλύτερον, συγχρόνως ὁμως ἀυξάνει τὸ πλάτος τοῦ ἑδαφικοῦ σάλου κατὰ 10 φορὲς. Οὕτως ἡ καθαρὴ αὔξησις τοῦ πλάτους τοῦ σεισμικοῦ σήματος, σὲ σχέσιν πρὸς τὸ πλάτος τῶν τυχαίων ἑδαφικῶν διαταράξεων, εἶναι 10 φορὲς.

Ἡ μεγαλυτέρα σεισμικὴ συστοιχία ἐγκατεστάθη τὸ 1965 στὴν Μοντάναν, κοντὰ στὴν πόλιν Billings. Ἡ συστοιχία αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ 525 κατακόρυφα σεισμόμετρα βραχείας περιόδου, διατεταγμένα σὲ 21 ὁμοκέντρους κύκλους (βλ. εἰκ. 8). Ἡ διάμετρος τοῦ ἐξωτερικοῦ κύκλου εἶναι 200 χιλιόμετρα. Λόγω τοῦ μεγάλου ἀνοίγματος τῆς συστοιχίας, ἡ συστοιχία αὕτη φέρει τὸ ὄνομα LASA (= Large Aperture Seismic Array).

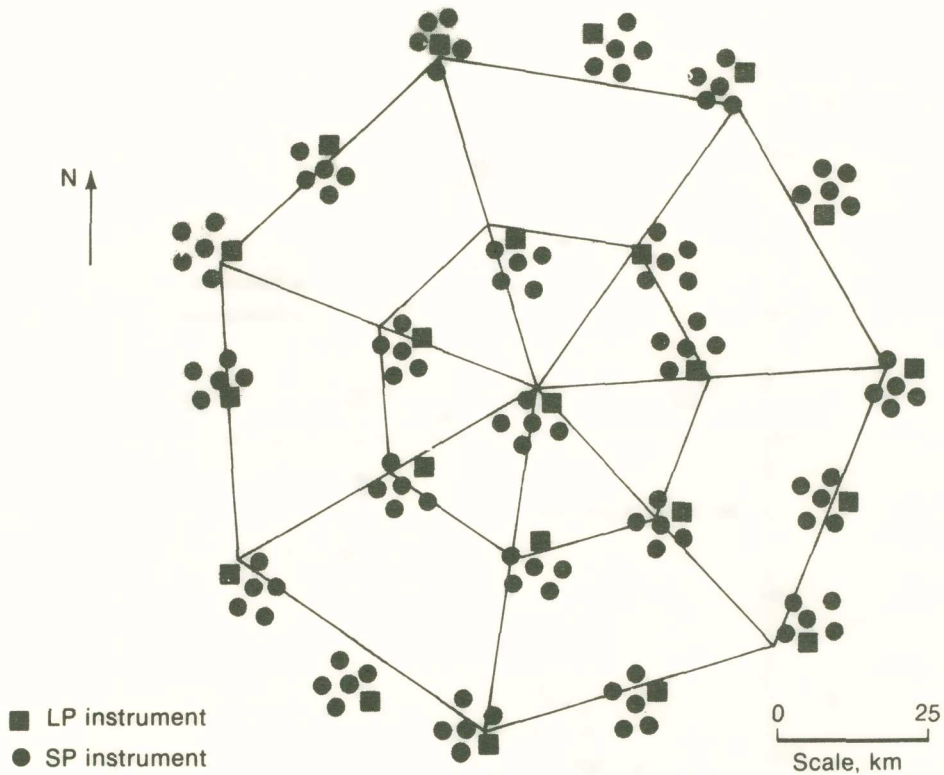
Οι σεισμικές συστοιχίες είναι ανάλογες προς τα ραδιοτηλεσκόπια που χρησιμοποιούν οι Άστρονόμοι για την λήψιν ραδιοσημάτων από μακρινές πηγές του Διαστήματος. Με την συστοιχίαν *LASA* μπορούν να φωραθούν ελαστικά κύματα πλάτους



Είκ. 8. Γενική Διάταξις φωρατών σεισμικής συστοιχίας μεγάλης κλίμακος (*LASA*) στην Μοντάνα των Ήνωμένων Πολιτειών.

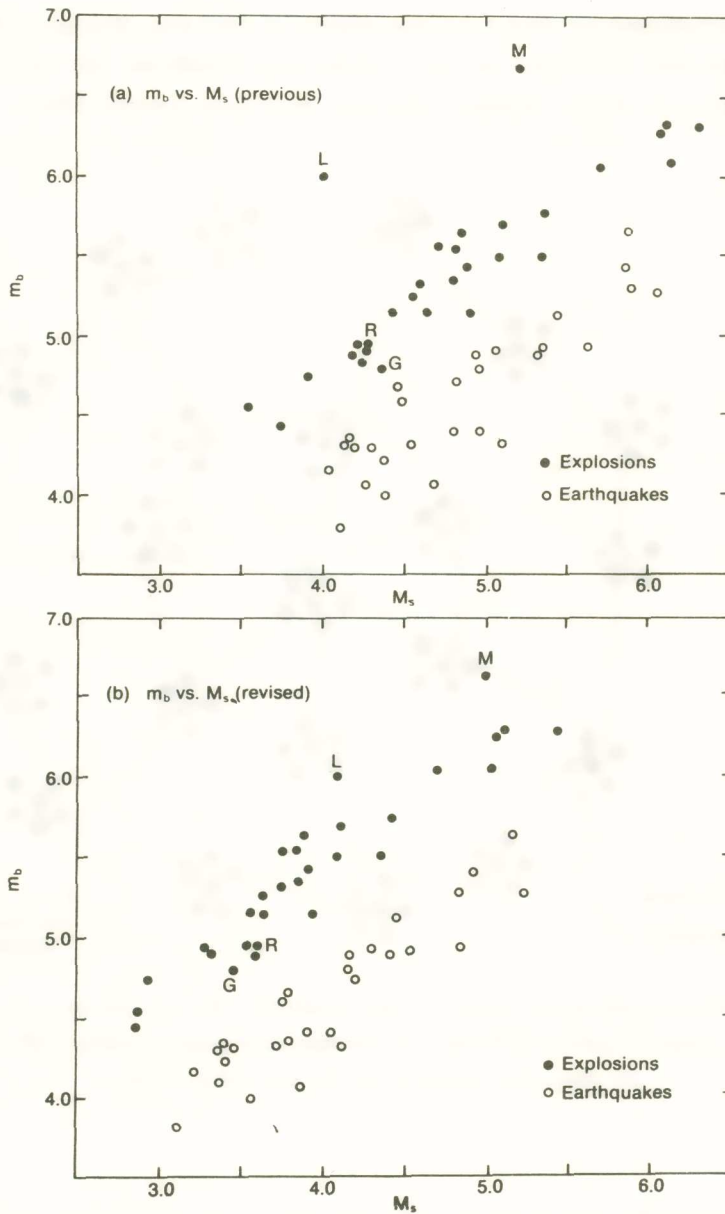
ένος εκατομμυριοστού του εκατοστομέτρου. Χάρη στην μεγάλην διακριτικήν ικανότητα της συστοιχίας *LASA* επετεύχθη τὸ 1970 ἡ ἀναγνώρισις κυμάτων ἐξ ἀνακλάσεως στὴν ἐξωτερικὴν καὶ ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐσωτερικοῦ στερεοῦ πυρήνος τῆς Γῆς, καὶ ὁ ὑπολογισμὸς μὲ ἀκρίβειαν 1 χιλιομέτρου τοῦ βάθους καὶ τοῦ πάχους αὐτῆς (Bolt, 1982).

Με έπιχορήγησιν τοῦ VELA έγκατεστάθησαν τὸ 1967 στὶς Ἑνωμένες Πολιτεῖες 6 ἄλλες σεισμικὲς συστοιχίες, ὡς καὶ 3 ἄλλες στὴν Νορβηγίαν (βλ. εἰκ. 9), στὴν Περσίαν καὶ στὴν Νότιον Κορέαν. Ἀνάλογες συστοιχίες έγκατεστάθησαν ἀπὸ τὴν



Εἰκ. 9. Διάταξις τῆς συστοιχίας NORSTAR στὴν Νορβηγίαν. Ἡ συστοιχία ἀποτελεῖται ἀπὸ 22 σεισμόμετρα μακρῆς περιόδου (LP) καὶ 110 σεισμόμετρα βραχείας περιόδου (SP). Τὸ εὔρος τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται σὲ 125 χιλμ. (Bolt, 1976).

Μεγάλην Βρεττανίαν στὴν Σκωτίαν, στὸν Καναδᾶν, στὴν Αὐστραλίαν, στὴν Ἰνδίαν καὶ στὴν Βραζιλίαν. Μία ἄλλη συστοιχία έγκατεστάθη με Κρατικὴν έπιχορήγησιν ἀπὸ τὸ Ἑπουργεῖον Ἐθνικῆς Ἀμύνης τῆς Σουηδίας. Ὅλες οἱ συστοιχίες ἔχουν έγκατασταθῆ σὲ περιοχὲς ποὺ ἔχουν πολὺ μικρὸν σεισμικὸν θόρυβον. Οὕτως ἡ μεγέθυνσις τοῦ σεισμικοῦ σήματος πλάτους ἐνὸς ἑκατοστομέτρου μπορεῖ, ὑπὸ συνήθεις συνθηκες, νὰ φθάσῃ μέχρι τὰ πέντε ἑκατομμύρια.



Εικ. 10. Σύγκρισις τοῦ ἐνιαίου μεγέθους, m_b , πρὸς τὸ μέγεθος ἐπιφανειακῶν κυμάτων, M_s , φυσικῶν σεισμῶν καὶ ὑπογείων ἐκρήξεων στὴν Βόρειον Ἀμερικὴν. L, M, R καὶ G εἶναι τὰ ἀρχικὰ τῶν ὀνομάτων τῶν ἐκρήξεων Longshot, Milrow, Rulison καὶ Gasbuggy. Τὸ κάτω διάγραμμα δεῖκνύει τὰ ἴδια μεγέθη ἀνηγμένα στὴν ἰδίαν τροχίαν, κατὰ Marshal καὶ Basham, 1972 (Bolt, 1976).

Λόγω τῆς μεγάλης εὐαισθησίας τῶν σεισμικῶν συστοιχιῶν ἐγκατεστάθησαν τελευταίως συστοιχίες γιὰ καθαρῶς σεισμολογικοὺς σκοποὺς καὶ σὲ σεισμικὰς χῶρες ὅπως εἶναι ἡ Κίνα, ἡ Φορμόζα, ἡ Ἰαπωνία καὶ ἡ Νέα Ζηλανδία. Ὑπάρχουν ἐνδείξεις ὅτι οἱ Ρῶσοι λειτουργοῦν ἀνάλογες συστοιχίες στὴν Γεωργίαν καὶ στὴν Κριμαίαν.

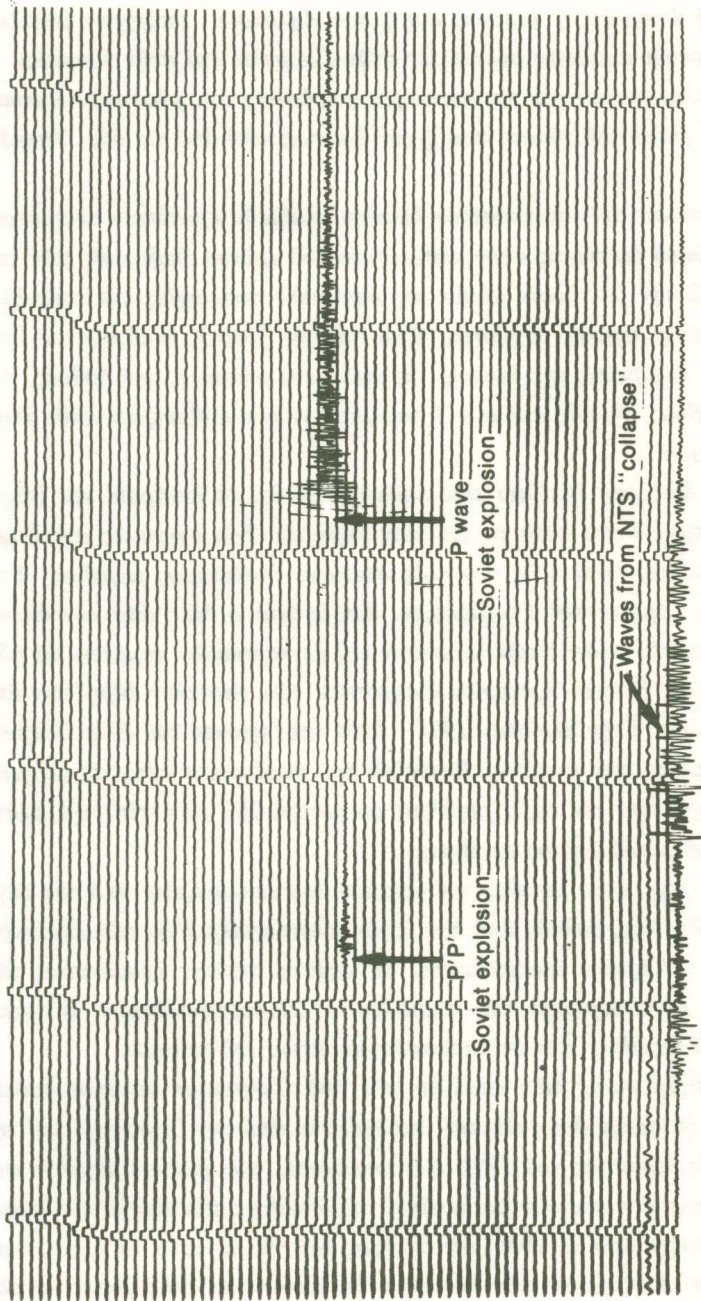
Δὲν ὑπάρχουν πληροφορίες γιὰ τὴν ἰκανότητα φωράσεως τῶν μυστικῶν δικτύων σεισμικῶν σταθμῶν (κλειστοῦ τύπου) ποὺ ἔχουν ἐγκατασταθῆ ἀπὸ τὶς δύο Ὑπερδυνάμεις.

Μὲ τὴν ἐγκατάστασιν τοῦ «παγκοσμίου δικτύου σταθμῶν προτύπων σειсмоγράφων» ἐπετεύχθη αἰσθητὴ βελτίωσις στὸν καθορισμὸν τοῦ χρόνου διαδρομῆς τῶν ἐπιμήκων κυμάτων. Μὲ τὴν βελτίωσιν αὐτὴν, τὶς σεισμικὰς συστοιχίες καὶ τοὺς ἡλεκτρονικοὺς ὑπολογιστὰς μεγάλης ταχύτητος εἶναι σήμερα δυνατὸς ὁ αὐτόματος ὑπολογισμὸς, μὲ ἰκανὴν ἀκρίβειαν, τῆς θέσεως (πλάτους καὶ μήκους), τοῦ βάθους, τοῦ χρόνου καὶ τοῦ μεγέθους, δηλαδὴ καὶ τῶν 5 παραμέτρων ποὺ καθορίζουν κάθε φυσικὸν ἢ τεχνητὸν σεισμόν.

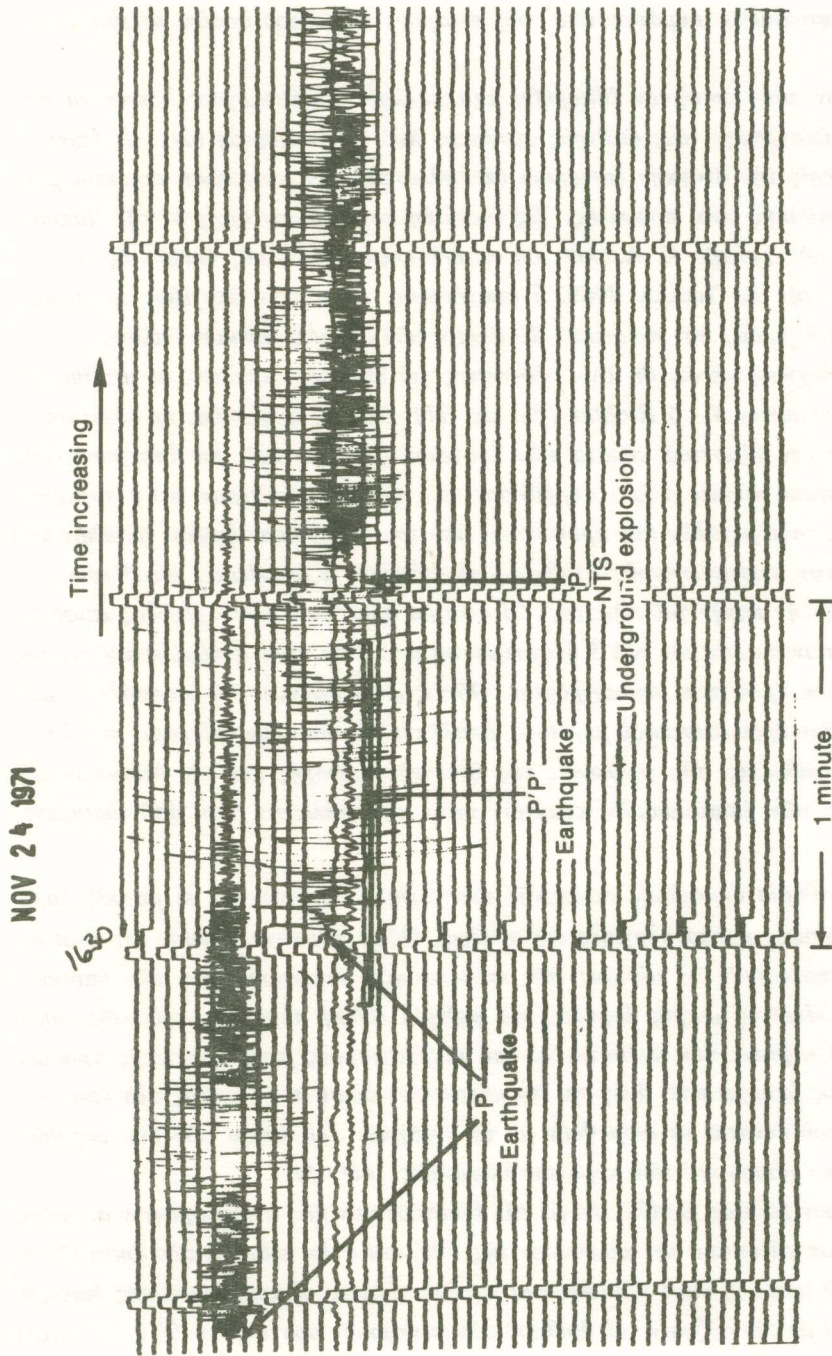
Ἀπὸ τὸ 1959 ἡ ἐπιτροπὴ Berkner εἶχε παρατηρήσει ὅτι τὰ ἐγκάρσια καὶ ἐπιφανειακὰ κύματα ποὺ παράγονται κατὰ τὶς ὑπόγειες ἐκρήξεις εἶναι σχετικῶς μικρότερα ἀπὸ αὐτὰ ποὺ παράγονται κατὰ τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς ἰσοδυνάμου μεγέθους. Στὶς ἀρχὰς τοῦ 1963 δύο Ἀμερικανοὶ Σεισμολόγοι, ἀνεξάρτητα ὁ ἓνας ἀπὸ τὸν ἄλλον, ὑπέδειξαν ὅτι τὸ σχετικὸν πλάτος τῶν ἐπιμήκων καὶ ἐπιφανειακῶν κυμάτων θὰ ἠδύνατο νὰ χρησιμεύσῃ ὡς θετικὸν κριτήριον διακρίσεως τῶν ὑπογείων ἐκρήξεων ἀπὸ τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς. Στὴν περίοδον 1964 - 1966 ὑπολογισμοὶ τοῦ Eric Carpenter ἔδειξαν, ὅτι τὰ πλάτη τῶν κυμάτων Rayleigh ποὺ παράγονται κατὰ τὶς ὑπόγειες ἐκρήξεις θὰ πρέπει νὰ εἶναι μία τάξις μεγέθους μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα πλάτη φυσικῶν σεισμῶν τοῦ αὐτοῦ ἐνιαίου μεγέθους.

Ἐνιαῖον μέγεθος λέγεται τὸ μέγεθος τοῦ σεισμοῦ ποὺ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν μεγίστην ταχύτητα κραδάνσεως, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λόγον πλάτους/περιόδου τῶν ἐπιμήκων κυμάτων κατὰ τὰ 3 - 4 πρῶτα δευτερόλεπτα. Ἡ μεγίστη ταχύτης κραδάνσεως τῶν κυμάτων Rayleigh, στὴν περιοχὴν τῶν περιόδων 18-22 δευτερολέπτων, ἐπιτρέπει τὸν ὑπολογισμὸν τοῦ μεγέθους τῶν ἐπιφανειακῶν κυμάτων τοῦ σεισμοῦ.

Πειραματικὴ ἐπιβεβαίωσις τῶν ὑπολογισμῶν τοῦ Carpenter κατέστη δυνατὴ μετὰ τὸ ὄργιον τῶν ὑπογείων δοκιμῶν ποὺ διεξήχθησαν ἀπὸ τὴν Ἀμερικὴν καὶ τὴν Ρωσίαν στὰ μέσα τῆς δεκαετίας τοῦ 1960. Χαρτογράφησις τῶν ἐνιαίων μεγεθῶν φυσικῶν καὶ θερμοπυρηνικῶν σεισμῶν συναρτήσῃ τοῦ μεγέθους τῶν ὁμολόγων ἐπιφανειακῶν κυμάτων ἔδειξεν ἀπὸ τὸ 1966, ὅτι ὁ λόγος των θὰ ἠδύνατο νὰ χρησιμεύσῃ ὡς θετικὸν κριτήριον διακρίσεως τῶν ὑπογείων ἐκρήξεων ἀπὸ τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς. Ὄταν τὰ κύματα ἀναχθοῦν στὴν αὐτὴν τροχίαν, γιὰ νὰ ἐξαλειφθῇ ἡ ἐπίδρασις



Εικ. 11. Αναγραφές στο Jamestown, Ρωσικής πυρηνικής δοκιμής στην Νοναγα Zemlya την 27 Σεπτεμβρίου 1971. Στο κάτω μέρος αναγραφή κομάτων από κατάρρευση λόγω πυρηνικής έκρηξης στο πεδίο δοκιμών της Νεβάδας (Bolt, 1976).



Εικ. 12. Αναγραφές στο Jamestown ελαστικών κορμάτων δύο σεισμών την 24 Νοεμβρίου 1971. Ενώ εξακολουθούν να φθάνουν πρηγνικά κύματα εξ ανακλάσεως (P' P') από τον δεύτερον σεισμό, το έδαφος αρχίζει να κινείται από άτομικη έκρηξη στο πεδίο δοκιμών της Νεβάδας (Bolt, 1976).

των περιοχών που διατρέχουν, οι υπόγειες εκρήξεις έχουν συστηματικά μικρότερο μέγεθος επιφανειακών κυμάτων από τους σεισμούς του αυτού ενιαίου μεγέθους (βλ. εικ. 10).

Το νέον αυτό κριτήριο έθεωρήθη από πολλούς Σεισμολόγους ικανόν να επιτρέψει την υπογραφήν νέας διεθνούς συνθήκης που θα απαγορεύη όλες τις υπόγειες εκρήξεις χωρίς την ανάγκην επιτοπίου επαληθεύσεως. Η κοινωνική σημασία μιᾶς τοιαύτης συνθήκης είναι προφανής. Ως ετονίσθη και από τὸν ἀρχηγὸν τῆς Ἰαπωνικῆς ἀποστολῆς πρέσβυ Κ. Asakai, σὲ συνδιάσκεψιν 18/μελοῦς ἐπιτροπῆς γιὰ τὸν ἀφοπλισμὸν τὴν 31 Ἰουλίου 1969, ἡ ἀπαγόρευσις ὄλων τῶν υπογείων πυρηνικῶν δοκιμῶν θὰ ἠμπόδιζε τὴν ποιοτικὴν βελτίωσιν τῶν θερμοπυρηνικῶν ὄπλων.

Ἡ νέα τεχνικὴ ἀπεδείχθη λίαν ἀξιόπιστος γιὰ υπόγειες εκρήξεις, μετὰ μεγέθη ἐπιφανειακῶν κυμάτων 4 - 6 Richter (βλ. εικ. 11), ὑπὸ τις ἀκόλουθες προϋποθέσεις: Πρῶτον, ὅτι τὰ ἐλαστικὰ κύματα τῶν υπογείων εκρήξεων δὲν θὰ ἀποκρύπτονται ἀπὸ τὰ σεισμικὰ κύματα ἄλλων συμβάντων (βλ. εικ. 12). Δεύτερον, ὅτι ἡ σύγκρισις θὰ γίνεται μεταξὺ μεγεθῶν που προκύπτουν ἀπὸ τὸν μέσον ὄρον ὁμοίων μεγεθῶν ἀπὸ 4 τοῦλάχιστον σεισμολογικοῦς σταθμοῦς σὲ διάφορες ἀξιμουθιακὰς διευθύνσεις, σὲ σχέσιν πρὸς τὴν πηγὴν τοῦ σήματος. Οἱ σεισμοὶ ὅμως που ἔχουν μέγεθος ἐπιφανειακῶν κυμάτων μικρότερον τοῦ 5 ἀναγράφονται ἀπὸ 3 τὸ πολὺ σταθμοῦς τοῦ παγκοσμίου δικτύου προτύπων σεισμογράφων. Οὕτως εἶναι δύσκολος ἡ ἐξασφάλισις ἀξιόπιστου μέσου ὄρου σεισμικοῦ μεγέθους, ἀπηλλαγμένου ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἀσυμμέτρου ἀκτινοβολίας, τῆς γεωλογίας τῆς ἐστιακῆς περιοχῆς καὶ τῆς ἀνωμάλου ἐξασθενήσεως τῶν ἐπιφανειακῶν κυμάτων κατὰ τὴν διέλευσίν των ἀπὸ ὠρισμένες περιοχές.

Ἡ εὐαισθησία ὠρισμένης σεισμικῆς συστοιχίας εἶναι δυνατὸν νὰ μειωθῇ παροδικὰ ἀπὸ ἰσχυρὰς μετεωρολογικὰς διαταράξεις. Οὕτω δὲν εἶναι βέβαιον ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ υπολογισθῇ τὸ μέγεθος τῶν ἐπιφανειακῶν κυμάτων ὄλων τῶν υπογείων εκρήξεων. Μερικὰς μικρὰς εκρήξεις σὲ ψαθηρὰ ἐδάφη παράγουν σχετικῶς μικρὰ ἐπιφανειακὰ κύματα, που καλύπτονται ἀπὸ μικροσεισμοῦς μετεωρολογικῆς προελεύσεως. Οὕτως ὑπάρχει κατ' ἀνάγκην ἓνα κατώτερον ὄριον στὸ μέγεθος τῶν υπογείων εκρήξεων που δύναται νὰ φωραθοῦν μετὰ τὸ κριτήριον τοῦ λόγου τῶν δύο μεγεθῶν, τῶν κυμάτων χώρου καὶ τῶν κυμάτων ἐπιφανείας ($m^b : M^c$).

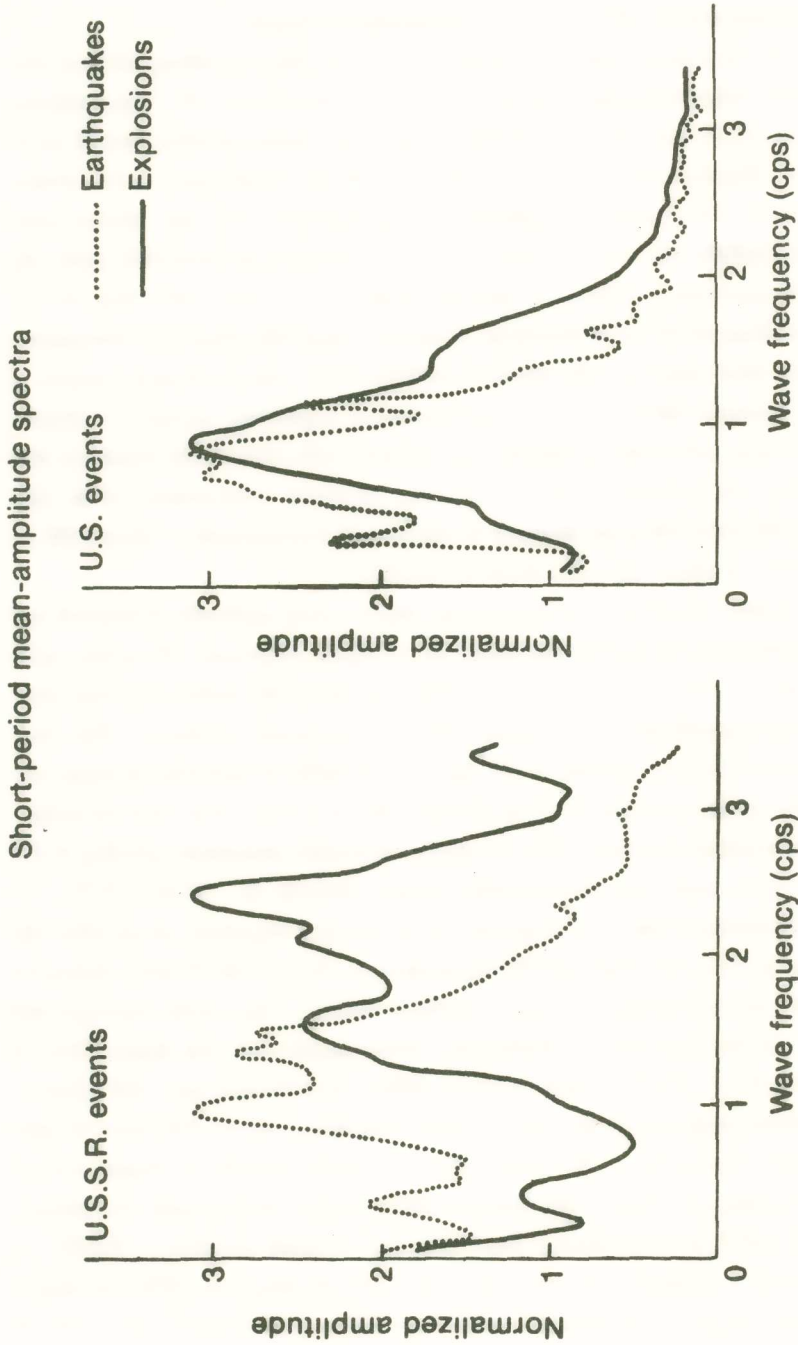
Ἐπάρχουν βάσιμες ἐλπίδες ὅτι μετὰ τὴν ἐγκατάστασιν ἤδη σεισμογράφων σὲ βάθος 2.000 μέτρων κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, καὶ στὸν πυθμὲνα τῶν ὠκεανῶν σὲ βάθος 8.000 μέτρων, ὅπου ἐξαλείφονται σχεδὸν πλήρως οἱ μικροσεισμικὰς διαταράξεις, ὡς καὶ μετὰ τὴν αἴζησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σεισμικῶν συστοιχιῶν, θὰ εἶναι δυνατὴ ἡ φώρασις υπογείων εκρήξεων, σὲ σκληρὸν πέτρωμα, ἰσχύος 2 kt (TNT). Οἱ ἐκρή

ξεις αυτές είναι ισοδύναμοι με σεισμόν έναίσιου μεγέθους 4. Ἡ δαπάνη τῶν νέων συστοιχιῶν υπελογίζετο τὸ 1971 σὲ 130 ἑκατομμύρια δολλάρια.

Μείωσις τοῦ κατωτέρου ὀρίου φωράσεως κατὰ μία τάξιν μεγέθους αὐξάνει τὸν ἀριθμὸν τῶν ὑπὸ παρακολούθησιν σεισμῶν κατὰ τὸν παράγοντα 10. Ὑπολογίζεται ὅτι κάθε χρόνον συμβαίνουν περίπου 15.000 σεισμοὶ μετ' ἐνιαῖον μέγεθος ἴσον ἢ μεγαλύτερον ἀπὸ 4. Περίπου 1% ἀπὸ τοὺς σεισμοὺς αὐτοὺς συμβαίνουν στὴν Ἀσίαν. Ἄρα κάθε χρόνον 150 σεισμικὰ συμβάντα ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν Ἀσίαν χρειάζονται νὰ ὑποβληθοῦν σὲ ἐξονυχιστικὴν ἔρευναν μετ' ὅλα τὰ διαγνωστικὰ μέσα τῆς Δικαστικῆς Σεισμολογίας. Ὑπάρχουν βásiμοι φόβοι ὅτι περίπου 10% ἀπὸ αὐτοὺς δὲν μποροῦν νὰ διακριθοῦν μετ' βεβαιότητα. Γενικῶς, λόγῳ τῆς ὑπάρξεως ἀνωμάλων συμβάντων, τῆς ἐπικαλύψεως τῶν πρώτων ἀφίξεων ἀπὸ μικροσεισμικὰ κύματα, ἢ κύματα ἄλλου σειμοῦ, ἰδίως κατὰ τὶς μετασεισμικὰς περιόδους μεγάλων σεισμῶν, καὶ τῆς δυνατότητος αἰσθητῆς μειώσεως τοῦ πλάτους τῶν ἐλαστικῶν κυμάτων ποὺ παράγονται κατὰ τὶς ὑπόγειες ἐκρήξεις σὲ ὁπὲς μεγάλων διαστάσεων, εἶναι λίαν ἀμφίβολον, ὅτι θὰ καταστῆ ποτὲ δυνατὸν ἡ Δικαστικὴ Σεισμολογία ν' ἀποφανθῆ μετ' ἕνα καθαρὸν «ναὶ» ἢ «ὄχι» γιὰ κάθε ὑποπτον συμβάν.

Ἡ σχέσις ἐνιαίσιου μεγέθους καὶ ἐκρηκτικῆς ἰσχύος εἶναι καθαρῶς ἐμπειρικὴ καὶ ἰσχύει γιὰ πυροδότησιν πυρηνικῆς συσκευῆς σὲ σκληρὸν πέτρωμα. Ἡ σχέσις αὕτη μεταβάλλεται μετ' τὸ εἶδος τοῦ πετρώματος στὴν περιοχὴν τῆς ἐκρήξεως, ποὺ εἶναι ἀδύνατον ν' ἀναγνωρισθῆ ἀπὸ τὰ σεισμικὰ δεδομένα μακρονῶν σταθμῶν. Ἐὰν ὑπογεία ἐκρηξις μετ' ἰσοδύναμον μέγεθος 4 1/4 ἔχει πυροδοτηθῆ σὲ γρανίτην, ἡ ἰσχύς τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης πρέπει νὰ εἶναι 2 - 5 kt (TNT). Ἐὰν ἡ ἐκρηξις ἔχει γίνῃ σὲ ἄλλουβιακὸν χαλαρὸν στρώμα, κεκορεσμένον μετ' νερόν, τὸ ἐνιαῖον σεισμικὸν μέγεθος 4 1/4 ἀντιστοιχεῖ σὲ ἐκρηκτικὴν ὕλην δεκαπλασίας ἰσχύος, δηλαδὴ 20 - 50 kt (TNT).

Γιὰ τοὺς Πολιτικοὺς καὶ τοὺς Στρατιωτικοὺς δὲν ἔχει σημασίαν τὸ μέγεθος τῆς ἐκρήξεως, ἀλλὰ ἡ ἰσχύς τῆς πυροδοτηθείσης πυρηνικῆς ὕλης. Στὴν Ρωσίαν ὑπάρχουν πολλὰς περιοχὰς μετ' ἄλλουβιακὰ στρώματα μεγάλου πάχους, ἰδίως στὴν περιοχὴν τοῦ Καυκάσου καὶ νοτίως τῆς λίμνης Balkhask. Ὄταν ἐκρηκτικὴ ὕλη ἰσχύος ἴσης ἢ μικροτέρας τῶν 20 kt (TNT) πυροδοτεῖται σὲ βάθος μεγαλύτερον τῶν 300 μέτρων, δὲν δημιουργοῦνται στὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους κρατῆρες ποὺ θὰ ἠδύναντο νὰ φωτογραφηθοῦν ἀπὸ δορυφόρους. Ἐν ὄψει τῶν δυσχερειῶν αὐτῶν, ἡ Ρωσία καὶ οἱ Ἕνωμένες Πολιτεῖες κατέληξαν τὸν Ἰούνιον 1974, ἔπειτα ἀπὸ μακρὰς διαπραγματεύσεις ἀπὸ τὸ 1972 νὰ ὑπογράψουν στὴν Μόσχαν διμερῆ συνθήκην (TTBT = Threshold Test-Ban Treaty) ποὺ ἀπαγορεύει ἀπὸ τὴν 31 Μαρτίου 1976 τὴν διεξαγωγὴν ὑπογείων δοκιμῶν πυρηνικῶν ὄπλων μετ' ἰσχύν μεγαλύτεραν τῶν 150 kt (TNT). Ὁ Nixon ἀπέτυχε νὰ πείσῃ τὸν Brezhnev ὅπως ἐπιτρέψῃ ἐπιτόπιες ἐπισκέ-



Εικ. 13. Σύγκρισις φασμάτων σεισμών Καλιφορνίας και 'Ασίας με $m_b \approx 4,5$ πρὸς τὰ φάσματα πυρηνικῶν ἐκρήξεων ἰσοδυναμῶν μεγέθους στὸ πεδίου δοκιμῶν τῆς Νεβιάδας καὶ στὸ Kazakhstan. Τὰ φάσματα ὑπελογίσθησαν ἀπὸ ἀναγραφῆς στὸ Hagfors τῆς Σουηδίας. Ἡ διαφορὰ τῶν φασμάτων δὲν εἶναι τόσο σαφῆς γιὰ τὶς ἐκρήξεις στὴν Νεβιάδα, ὅσον εἶναι γιὰ τὶς ἐκρήξεις στὴν Ρωσίαν, κατὰ Israelson 1971 (Bolt, 1976).

ψεις για τὸν ἔλεγχον ὑπόπτων συμβάντων. Τὸ μέτρον αὐτὸ θὰ ἐπέτρεπε τὴν ἀπαγόρευσιν ὅλων τῶν ὑπογείων πυρηνικῶν δοκιμῶν (CTBT = Comprehensive Test - Ban Treaty).

Ἡ σεισμικὴ φάρασις τῶν πυρηνικῶν δοκιμῶν δύναται νὰ γίνη μὲ συνδυασμὸν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν διαγνωστικῶν ἐνδείξεων. Θετικὲς ἐνδείξεις θεωροῦνται: (1) Τὸ ἐστιακὸν βάθος, ὅταν εἶναι μεγαλύτερον τῶν 20 χιλιομέτρων. (2) Ὁ λόγος τοῦ ἐνιαίου μεγέθους πρὸς τὸ μέγεθος τῶν ἐπιφανειακῶν κυμάτων. (3) Ἡ τοποθέτησις τοῦ συμβάντος σὲ κατωκοιμένες περιοχάς. Καὶ (4) ἡ σύγκρισις τῶν φασμάτων τῶν ἐπιμήκων καὶ ἐπιφανειακῶν κυμάτων Rayleigh. Οἱ ὑπόγειες ἐκρήξεις εἶναι συνήθως πλουσιώτερες σὲ ἐπιμήκη κύματα ὑψηλῆς συχνότητος, σὲ σχέσιν πρὸς τοὺς φυσικοὺς σεισμοὺς ἰσοδυναμοῦ μεγέθους (βλ. εἰκ. 13).

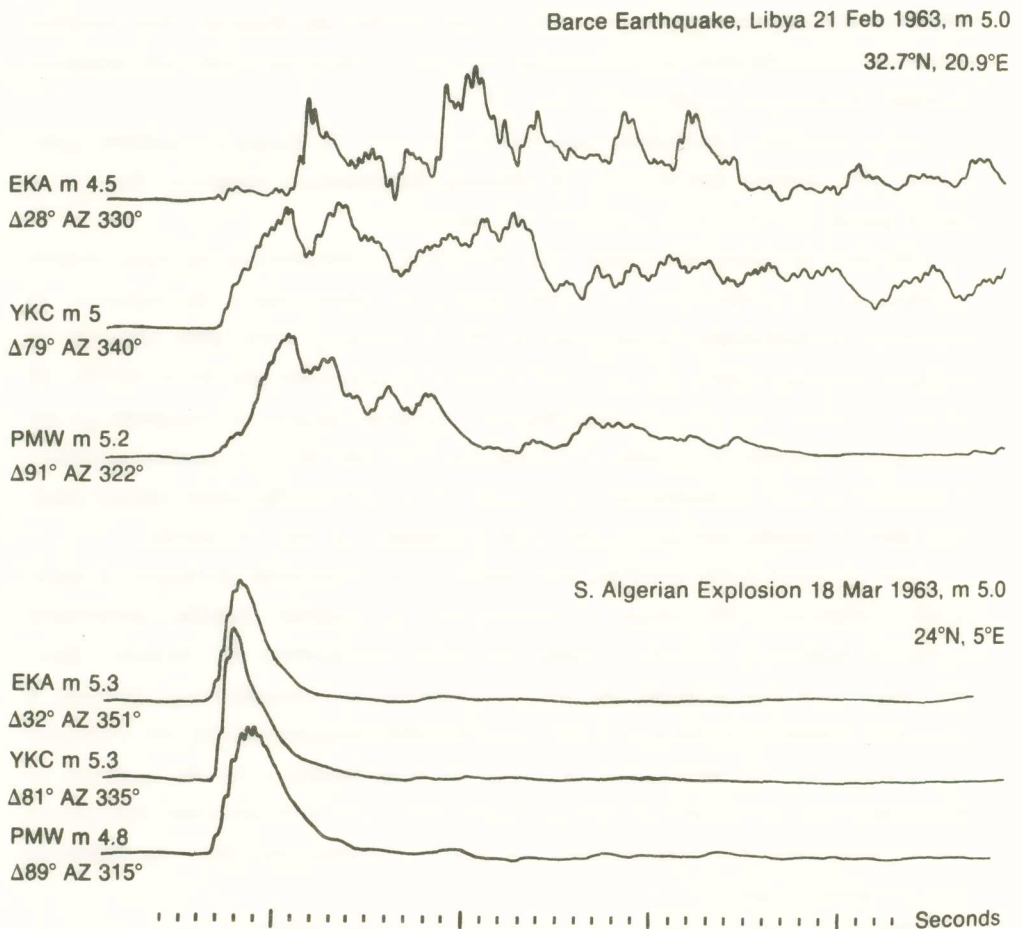
Στις ἀρνητικὰς διαγνώσεις κατατάσσονται: (1) Ἡ ἔλλειψις κυμάτων ἀραιώσεως στὶς πρῶτες ἀφίξεις. (2) Ἡ ἀπουσία ἐπιφανειακῶν κυμάτων. Καὶ (3) ἡ ὁμαλὴ μορφή τῶν ἐπιμήκων κυμάτων (βλ. εἰκ. 14).

Μὲ αὐτὰ τὰ διαγνωστικὰ μέσα εἶναι δυνατὸν στὶς 100 ὑπόγειες ἐκρήξεις, ἐνιαίου μεγέθους ἴσου ἢ μεγαλύτερου τοῦ 5, ποὺ γίνονται σὲ κάποιο μέρος τῆς Εὐρασίας, νὰ φωραθοῦν μὲ βεβαιότητα τοὐλάχιστον οἱ 90. Οἱ ἐκρήξεις αὐτὲς ὅταν γίνονται σὲ σκληρὸν πέτρωμα πρέπει νὰ ἔχουν ἰσχὺν ἴσην ἢ μεγαλύτεραν τῶν 40 kt (TNT). Οἱ ὑπόγειες ἐκρήξεις ποὺ γίνονται στὴν Βόρειον Ἀμερικὴν δύναται νὰ φωραθοῦν μὲ τὴν ἰδίαν βεβαιότητα ἀπὸ τὸ μέγεθος $4 \frac{3}{4}$ καὶ ἄνω (βλ. εἰκ. 15). Οἱ ἐκρήξεις μεγέθους $4 \frac{3}{4}$ ἀντιστοιχοῦν σὲ πυρηνικὴν ὕλην ἰσχύος 20 kt (TNT). Τῆς αὐτῆς τάξεως μεγέθους ἦσαν οἱ βόμβες ποὺ ἐρρίφθησαν στὴν Χιροσίμαν καὶ στὸ Ναγκασάκι.

Ἀπὸ τίς μέχρι τοῦδε δημόσιες ἀνακοινώσεις τῶν πυρηνικῶν Δυνάμεων, ἡ Δικαστικὴ Σεισμολογία δὲν μπορεῖ ν' ἀναγνωρίσῃ τίς ὑπόγειες ἐκρήξεις μικροτέρας ἰσχύος μὲ βεβαιότητα, ποὺ θὰ ἐπέτρεπε τὴν πλήρη ἀπαγόρευσιν τῶν ὑπογείων δοκιμῶν πυρηνικῶν ὄπλων χωρὶς τὴν συνδρομὴν ἐπιτοπίου ἐξακριβώσεως. Πάντως, ἡ Πυρηνικὴ Σεισμολογία ἐπέτυχε νὰ μᾶς δώσῃ ἀκριβεῖς πληροφορίες γιὰ τὴν ἀνατομίαν καὶ φυσιολογίαν τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς. Οἱ πληροφορίες αὐτὲς δὲν ἠδύνατο νὰ ἐπιτευχθοῦν μὲ τὴν Κλασσικὴν Σεισμολογίαν, λόγῳ τῶν ἀναποφεύκτων σφαλμάτων ποὺ ὑπεισέρχονται στὸν ὑπολογισμὸν τοῦ χρόνου γενέσεως καὶ τόπου προελεύσεως τῶν σεισμικῶν κυμάτων.

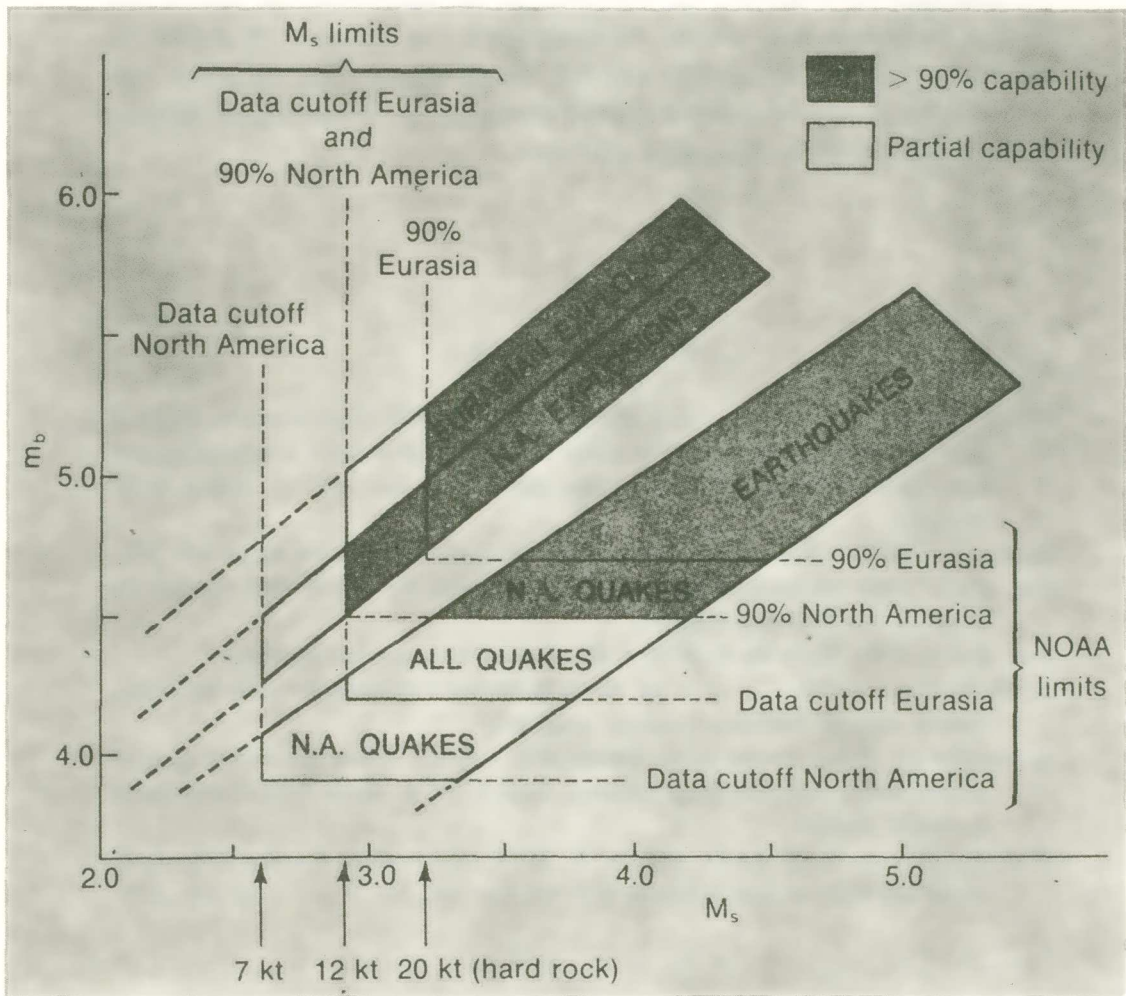
Μέχρι τὸ 1960 ἡ Σεισμολογία εὐρίσκετο στὰ χέρια ὀλίγων δεκάδων ἐπιστημόνων ποὺ διέθεταν μέτριες ἐπιχορηγήσεις καὶ σεισμογράφους κατὰ τὸ πλεῖστον μικρᾶς εὐαισθησίας, ἀξίας ὀλίγων ἑκατοντάδων δολλαρίων. Μετὰ τίς συναντήσεις τῆς Γενεύης, ἡ Κυβέρνησις τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν ἔθεσε στὴν διάθεσιν τῶν Σεισμολόγων ἄφθονα οἰκονομικὰ μέσα: ἐφωδίασεν ὅλον σχεδὸν τὸν κόσμον μὲ πρότυπα ὄρ-

γανα μεγάλης ευαισθησίας, και επιχορήγησε πλήθος προγραμμάτων βασικής έρευνας σε όλες τις χώρες του Δυτικού Κόσμου. 'Αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής ήτο ή προσέλκυσις μεγάλου αριθμού νέων λαμπρών επιστημόνων διαφόρων κλάδων, ακόμη και μη συγγενών. Με ένα τέτοιον έπιτελείον πολλαπλών ειδικοτήτων και τόσα άφθονα χρηματικά μέσα ήτο έπόμενο η Σεισμολογία να εξέλθη ταχέως από την λιθινή εποχήν, πού εύρίσκετο κατά τη γνώμην 'Αμερικανών Γεωρυσιαστών κατά την



Εικ. 14. 'Επιμήκη κύματα από σεισμών (άνω) και έκρηξιν (κάτω) του αυτού ένιάιου μεγέθους ($m^b = 5$). Τα κύματα ήκολούθησαν σχεδόν την ίδιαν τροχιάν προς τις σεισμικές συστοιχίες EKA, YKC και PMW. Διακρίνεται σαφώς ή άπλότης των επιμήκων κυμάτων από πυρηνικήν έκρηξιν (Bolt, 1976).

πρώτην διάσκεψιν τῆς Γενεύης. Τὴν ἰδίαν γνώμην («Stone - Age Science») εἶχε τὸ 1958 καὶ ὁ Sir William (ἀργότερα Λόρδος) Penney. Κατὰ τὸν Bruce Bolt, Καθηγητὴν στὸ Berkeley καὶ Πρόεδρον τῆς Διεθνοῦς Ἑταιρείας Σεισμολογίας καὶ Φυσικῆς τοῦ Ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς, ἡ ἐγκατάστασις τοῦ Παγκοσμίου Δικτύου Προτύπων Σεισμογράφων μετεμόρφωσε τὴν Σεισμολογίαν ἀπὸ παρημελημένην ἀλλὴν τῶν Φυσικῶν Ἐπιστημῶν σὲ καλλιεργημένον κῆπον (Bolt, 1982). Ὁ κῆπος αὐτὸς ἤνθισε



Εἰκ. 15. Διάγραμμα δεικνύον τὴν ἰκανότητα φωράσεως καὶ ἀναγνωρίσεως ὑπογείων πυρηνικῶν ἐκρήξεων στὴν Εὐρασίαν καὶ στὴν Βόρειον Ἀμερικὴν μὲ κριτήριον τὸν λόγον ἐνιαίου μεγέθους πρὸς τὸ μέγεθος τῶν ἐπιφανειακῶν κομάτων. Οἱ ἐκρήξεις στὴν Εὐρασίαν ἔχουν πιθανότητα 90%, νὰ φωραθοῦν ὅταν τὸ μέγεθός των εἶναι $m_b \approx 5$. Κατὰ Καναδικὴν μελέτην (Bolt, 1976).

πολύ γρήγορα και έδωσε θαυμάσιους καρπούς. Στο τέλος της δεκαετίας του 1960 η Σεισμολογία έφθασε σε τέτοιο σημείο ανάπτυξεως, ώστε να υπερκεράσει σε σπουδαιότητα πολλούς κλάδους του κύκλου των Γεωεπιστημών.

Ἡ Δικαστική Σεισμολογία εἶναι καθαρά προϊόν τοῦ ἀχαλινώτου ἀνταγωνισμοῦ καὶ τῆς ἀπεράντου καχυποψίας τῶν δύο Ὑπερδυνάμεων. Ἡ ἐξέλιξις κάθε κλάδου τῶν Θετικῶν Ἐπιστημῶν εἶναι πολλές φορές θέμα τύχης καὶ χρηματικῶν μέσων. Ἄς ἐλπίσωμεν ὅτι ἡ πρόοδος τῆς ἐπιστήμης, μὲ τὸν περιορισμὸν τῆς ἀγνοίας ποὺ ἐπιφέρει, θὰ βοηθήσῃ στὴν μείωσιν, καὶ ἐνδεχομένως στὴν ἐξάλειψιν τῆς δυσπιστίας ποὺ ἐπικρατεῖ σήμερα στὶς σχέσεις τῶν δύο Ὑπερδυνάμεων. Τότε, καὶ μόνον τότε, ὑπάρχει ἐλπίς νὰ καταστῇ δυνατὴ ἡ εἰρηνικὴ συνύπαρξις δύο ἀντιμαχομένων Κόσμων μὲ διαμετρικῶς ἀντίθετα φιλοσοφικά «πιστεύω».

B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- C. C h. B a t e s, F. T h. G a s k e l l, and R. B. R i c e (1982). *Geophysics in the Affairs of Man: A Personalized History of Exploration Geophysics and its Allied Sciences of Seismology and Oceanography*, Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- M. B a t h, (1983): *The Seismology of Greece: A Review*, *Tectonophysics*, Vol. 98, pp. 165 - 208.
- B. A. B o l t, (1976) *Nuclear Explosions and Earthquakes — The Parted Veil*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, California.
- B. A. B o l t, (1982). *Inside the Earth*, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- O. D a h l m a n, and H. I s r a e l s o n (1977). *Monitoring Underground Nuclear Explosions*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- A. D o u g l a s, (1981). *Seismic Source Identification: A Review of Past and Present Research Efforts*, NATO, Advanced Study Institutes, Series C, 74, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- W. P. P o m e r o y, J. W. B e s t, and T h. V. M c E v i l l y (1982): *Test Ban Treaty Verification with Regional Data: A Review*, *Bull. Seis. Soc. Am.*, Vol. 72, No. 6, pp. S89 - S129.