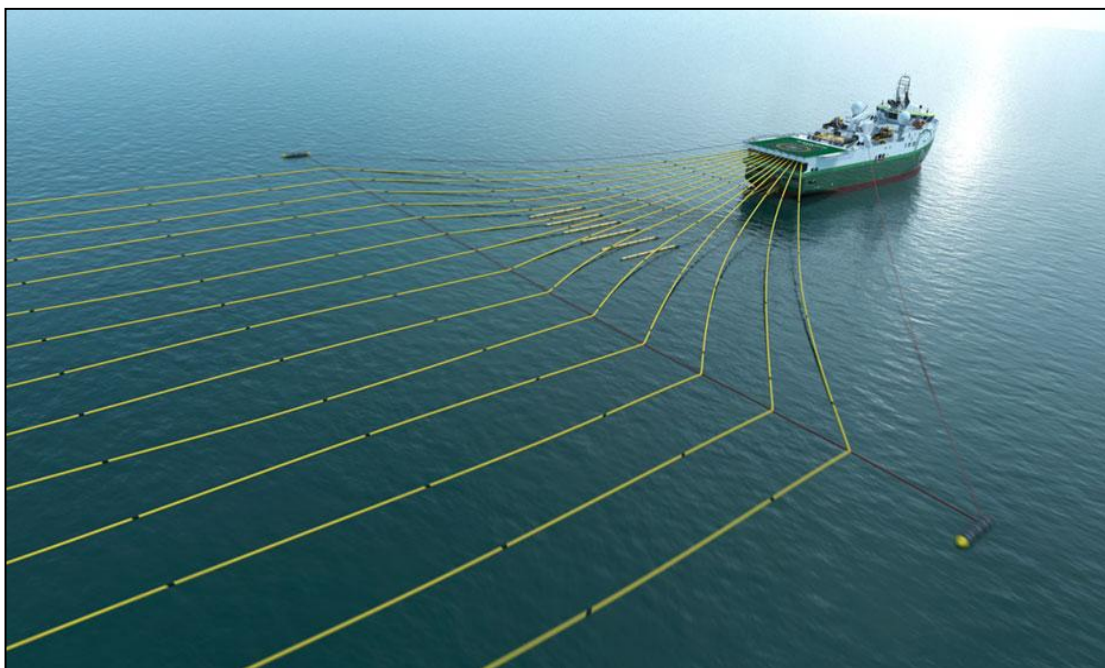




ΤΣΟΥΡΒΑΚΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΟΜΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΙΟΝΙΟΥ.*



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

- Βαφείδης Αντώνιος, Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης (Επιβλέπων)
- Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης
- Σουπιός Παντελής, Καθηγητής King Fahd University of Petroleum and Minerals -KFUPM

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία δημιουργήθηκαν συνθετικά δεδομένα σεισμικής ανάκλασης σε θαλάσσια περιοχή στο Νότιο Ιόνιο με στόχο την επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων και τεχνικών τόσο στο στάδιο της συλλογής όσο και στο στάδιο της επεξεργασίας των πραγματικών δεδομένων. Για τη δημιουργία τους, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab(TM), στο εργαστήριο εφαρμοσμένης γεωφυσικής του Πολυτεχνείου Κρήτης, το οποίο βασίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών. Χρησιμοποιώντας στοιχεία από υπάρχοντα δεδομένα σεισμικής ανάκλασης καθώς και γεωλογικές πληροφορίες από την ευρύτερη περιοχή κατασκευάστηκε σεισμικό μοντέλο μήκους 17500 m και βάθους 12000 m.

Ως πρώτο βήμα έγινε η ταξινόμηση των συνθετικών δεδομένων κοινής πηγής σε καταγραφές κοινού ενδιαμέσου σημείου. Ακολούθησε η διόρθωση κανονικής χρονικής απόκλισης, στη συνέχεια δημιουργήθηκαν σεισμικές τομές υπέρθεσης χρησιμοποιώντας όλα τα ίχνη ή μερικά από αυτά τα οποία αντιστοιχούν σε κοντινά στην σεισμική πηγή υδρόφωνα (μερική υπέρθεση). Στην σεισμική τομή μερικής υπέρθεσης η οποία απεικονίζει καλύτερα τους ανακλαστήρες εφαρμόστηκαν τεχνικές σεισμικής χωροθέτησης για την ανακατασκευή των ανακλαστήρων και την τοποθέτησή τους στην σωστή θέση.

Χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι σεισμικής χωροθέτησης του Kirchhoff, των πεπερασμένων διαφορών και η μέθοδος μετατόπισης φάσης στο χώρο συχνότητας κυματάριθμου. Ειδικότερα πραγματοποιήθηκαν δέκα δοκιμές για σεισμικά μοντέλα όπου η σεισμική ταχύτητα ή η μέση τετραγωνική ταχύτητα εξαρτάται από την θέση του κοινού ενδιαμέσου σημείου και από τον διπλό κατακόρυφο χρόνο. Η βέλτιστη χωροθετημένη σεισμική τομή προέκυψε από την μέθοδο σεισμικής χωροθέτησης στο χώρο συχνότητας κυματάριθμου.

Τέλος από την σύγκριση αυτής της χωροθετημένης τομής με το αρχικό γεωλογικό μοντέλο προέκυψε ότι η επιλογή των παραμέτρων του πειράματος καθώς και των μεθόδων επεξεργασία είναι η βέλτιστη, καθώς η σεισμική ανάκλαση απεικονίζει πολύ καλά τους ανακλαστήρες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ.....	6
1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ ΟΡΟΣΕΙΡΩΝ.....	6
1.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	6
1.2.1 ΖΩΝΗ ΠΑΞΩΝ.....	8
1.2.2 ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	11
ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ.....	11
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2.2 ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	11
2.3 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ.....	13
2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.....	13
2.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	25
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	25
3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	25
3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	33
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	33
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ.....	34
4.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ.....	36
4.4 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΥΠΕΡΘΕΣΗ.....	37

4.5 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	46
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	48

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή κο. Βαφείδη Αντώνιο για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, για την υπομονή του όλο αυτό το διάστημα όπως επίσης και για το άριστο κλίμα συνεργασίας κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Συνεχίζοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διδάκτορα κο. Ανδρονικίδη Νικόλαο για την καθοριστική συμβολή του κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων, την υπομονή που έδειξε όλο αυτό το διάστημα και τις πολύτιμες παρατηρήσεις του για την δημιουργία της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Επίσης ευχαριστώ πολύ τον Δρ. Κρητικάκη Γεώργιο για την πολύτιμη βοήθεια του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου όπως και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου σε εύκολες και δύσκολες καταστάσεις.

Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στη μνήμη της γιαγιάς μου και της νονάς μου που έφυγαν από κοντά μας πολύ ξαφνικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

1.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ ΟΡΟΣΕΙΡΩΝ

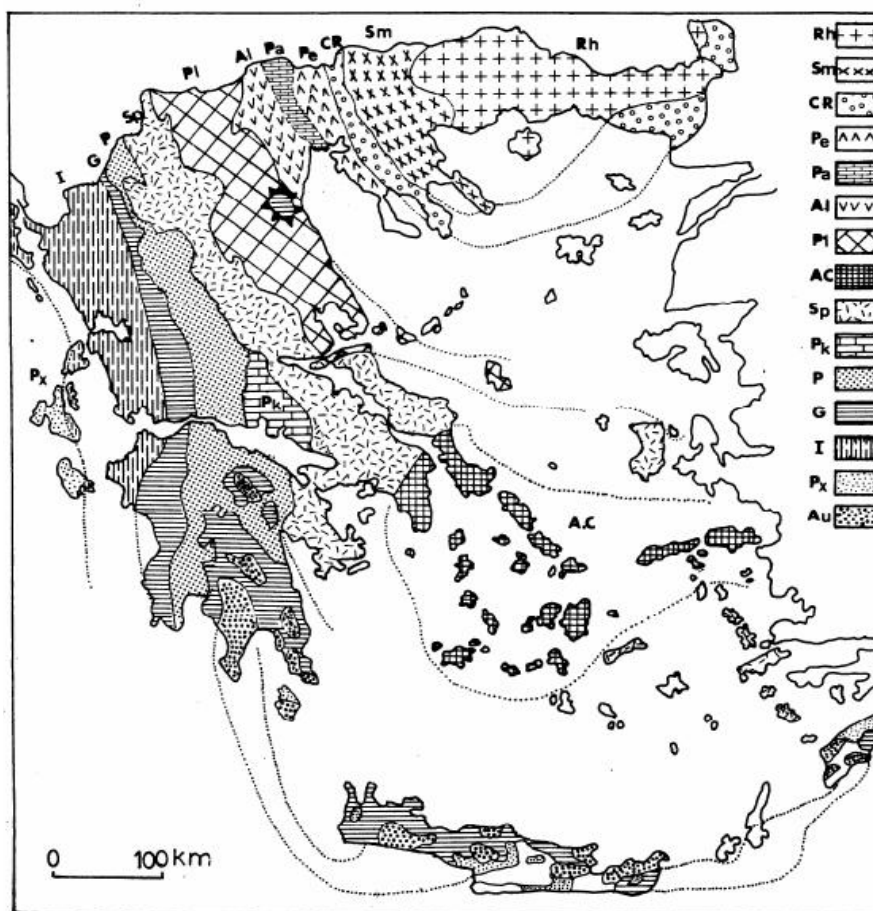
Η διαίρεση της Ελλάδας σε γεωτεκτονικές ζώνες βασίζεται στη θεωρία του Aubouin (1965), σε μία αλπική παλαιογεωγραφία με την παραδοχή του δυαδικού συστήματος αυλάκων-ράχων, το λεγόμενο αλπικό γεωσύγκλινο. Το τριαδικό είναι ένα τμήμα του αλπικού σύμφωνα με το οποίο, το Ελληνικό γεωσύγκλινο είχε στον πυθμένα του διάφορα μεγέθη υποθαλάσσιων ράχων διαχωρίζοντας έτσι τις βαθιές από τις βαθύτερες αύλακες. Κατά τη διάρκεια της αλπικής ιζηματογένεσης το συγκεκριμένο τμήμα υπέστη διάφορες τροποποιήσεις, οι οποίες προήλθαν από τη δράση ενδογενών δυνάμεων που είχαν ως αποτέλεσμα τελικά να αναδύονται τμήματα του πυθμένα της Τηθύος.

Ο Ελληνικός χώρος χωρίστηκε σε ζώνες (Σχήμα 1.4), όπου η κάθε μία έχει τα δικά της στρωματογραφικά γνωρίσματα και γεωγραφική εξέλιξη. Η διαίρεση αυτή στηρίζεται στα αλπικά ιζήματα, τα οποία αντανakλούν την παλαιό-γεωγραφική κατάσταση της κάθε ζώνης.

1.2 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Η Ελλάδα χωρίζεται στις εσωτερικές και εξωτερικές γεωτεκτονικές ζώνες (Σχήμα 1.1). Οι εσωτερικές γεωτεκτονικές ζώνες έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό, την επιρροή τους από δύο ορογενετικά φαινόμενα. Το παλαιότερο ορογενετικό φαινόμενο κατά το κατώτερο Κρητιδικό ονομάζεται παλαιοαλπικό ενώ το νεότερο κατά το τέλος του Ηωκαίνου, το οποίο αναφέρεται ως μεσοαλπικό. Επίσης περιλαμβάνονται περιοχές στις οποίες συναντώνται οφιολιθικές ζώνες. Από τα δυτικά ως προς τα ανατολικά διακρίθηκαν μια σειρά ισοπικών ζωνών, οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως μεταμορφωμένα αλλά και ιζηματογενή πετρώματα. Στις εσωτερικές ισοπικές ζώνες περιλαμβάνεται και η περιοχή του Αιγαίου πελάγους για την οποία τόσο η γεωλογική όσο και η γεωτεκτονική εξέλιξη παραμένουν σχεδόν άγνωστες. Αυτό συμβαίνει διότι η περιοχή αυτή είναι κατά κύριο λόγο νησιωτική και έτσι η χαρτογράφηση δομών και

σχηματισμών είναι δύσκολη και κυρίως ασυνεχής. Οι εξωτερικές ζώνες, αποτελούν τμήμα της Αλπικής οροσειράς και δημιουργήθηκαν κατά τη σύγκρουση των ηπείρων της Αφρικής και της Ευρασίας. Η Ιόνια ζώνη και η ζώνη Παξών, ανήκουν στις εξωτερικές ζώνες, όπου και θεωρήθηκε ότι λήφθηκαν τα δεδομένα σεισμικής ανάκλασης του πειράματος.

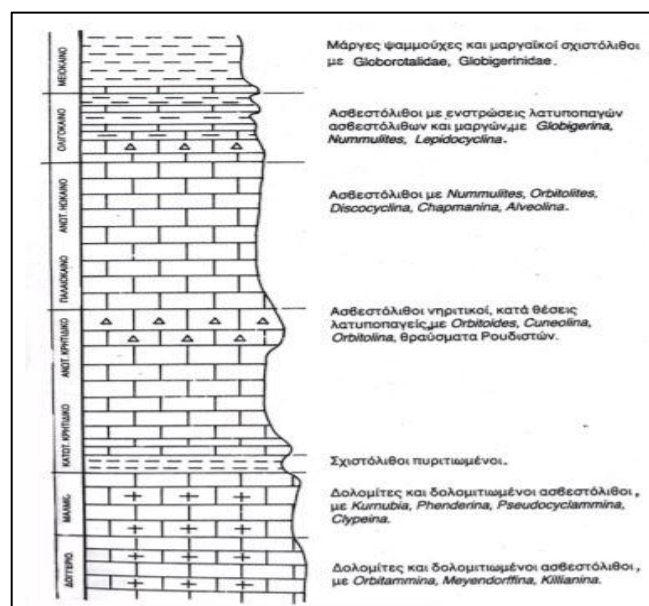


Σχήμα 1.1: Γεωτεκτονική διάταξη των Ελληνίδων ζωνών Rh: Μάζα της Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική μάζα, CR: Περιροδοπική ζώνη, Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας, Pl: Πελαγονική ζώνη, Ac: Αττικο-Κυκλαδική ζώνη, Sp: Υποπελαγονική ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού -Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου -Τρίπολης, I: Ιόνιος ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα πλακωδών ασβεστολίθων (Plattencalk) (Μουντράκης, 1985).

1.2.1 ΖΩΝΗ ΠΑΞΩΝ

Η ζώνη Παξών η αλλιώς Προαπούλια ζώνη, κατέχει τα ανατολικότερα τμήματα της Απουλίας πλάκας, η οποία εκτείνεται έως το νοτιοανατολικό άκρο της Ιταλίας. Θεωρείται ως αυτόχθονη ενότητα πάνω στην οποία επωθείται η Ιόνια ζώνη και κύριο χαρακτηριστικό της είναι η συνεχής νηριτική ιζηματογένεση και η απουσία φλύσχη. Η στρωματογραφική διάρθρωση της ζώνης Παξών (Σχήμα 1.2) αποτελείται από νηριτικούς ασβεστόλιθους, από δολομίτες αλλά και εβαπορίτες κυρίως ανωτριάδικής έως και μεσοϊουρασικής ηλικίας και αποτελούν τα παλαιότερα ιζήματα της ζώνης αυτής εμφανίζοντας μια αναλογία με τα αντίστοιχα της Ιόνιας ζώνης. Η ακολουθία συνεχίζεται από δολομίτες και νηριτικούς ασβεστολίθους που ανήκουν στο ανώτερο ιουρασικό με παρεμβολές από μάργες και στρώσεις πυριτικών σχιστολίθων που συνεχίζονται σε ολόκληρο το Κρητιδικό μέχρι και το Παλαιογενές (Παλαιόκαινο - Ηώκαινο - Ολιγόκαινο). Τέλος, κυρίως ψαμμούχοι μαργαϊκοί σχηματισμοί οι οποίοι εναλλάσσονται με λατυποπαγείς ασβεστολίθους που υποκαθιστούν την τυπική φλυσχική ιζηματογένεση των άλλων γεωτεκτονικών ζωνών και ανήκουν στο Μειόκαινο.

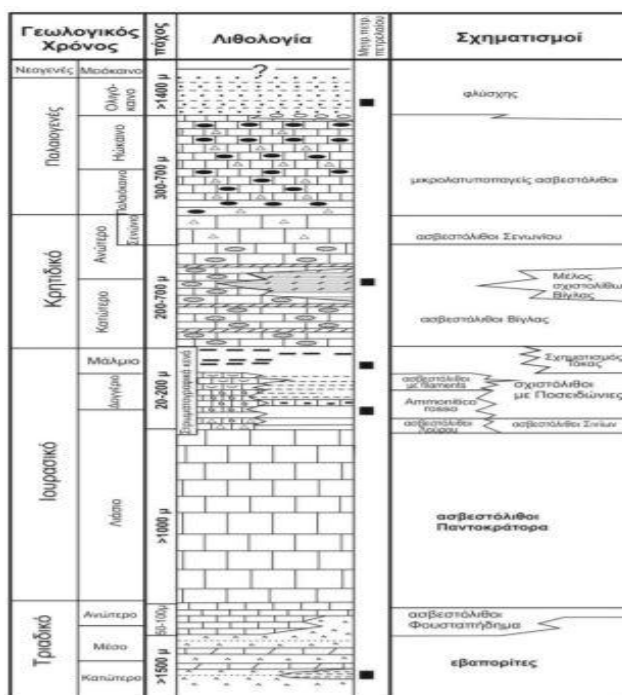
(<https://nemertes.lis.upatras.gr/>).



Σχήμα 1.2: Λιθοστρωματογραφική στήλη της ζώνης Παξών (Καρακίτσος, 2006).

1.2.2 ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ

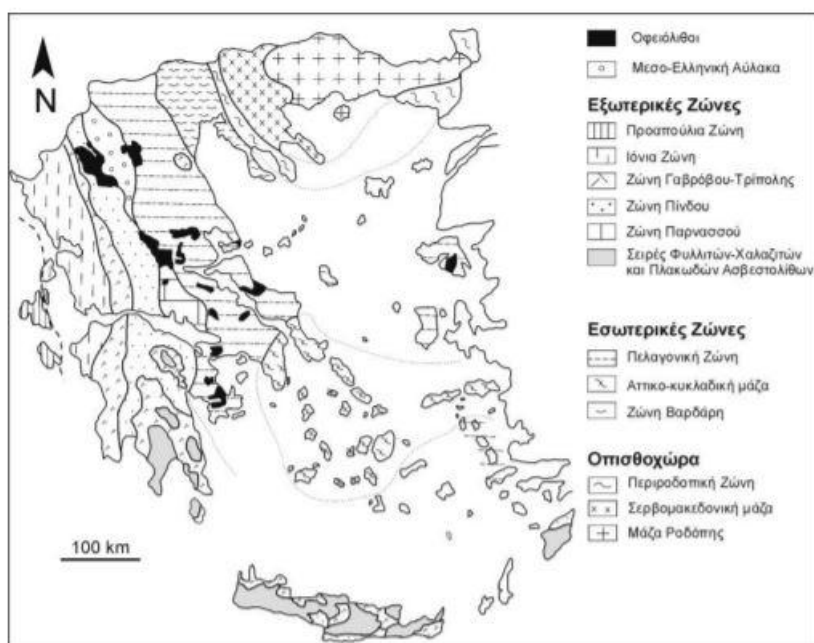
Έλαβε την ονομασία Ιόνια ζώνη από τον A. Philippon, ενώ οι F. Norcsa και Renz την αποκάλεσαν Αδριατικο-ιόνια ζώνη, η οποία αποτελούσε μία υποθαλάσσια αύλακα και μαζί με τη ζώνη Τριπόλεως συνιστούσε κατά τον Aubouin ένα μείο-γεωσύγκλινο. Δυτικά εφίππευει με την Προαπούλια ζώνη, ενώ ανατολικά εκτείνεται προς τη ζώνη Τριπόλεως. Ως κύριο χαρακτηριστικό στη βάση της θεωρείται ο γύψος όπως και το ορυκτό άλας, τα οποία εμφανίζονται και ανώτερα στρώματα και ανήλθαν λόγω διαφυρισμού. Ακολουθεί μια συνεχής ιζηματογένεση, όπου επικρατούν εβαπορίτες προκαρνικής ηλικίας οι οποίοι συνοδεύονται από ασβεστολιθικά λατυποπαγή, όπως δολομίτες, κερατόλιθοι, νηριτικοί ασβεστόλιθοι και αργιλικοί σχιστόλιθοι με τους οποίους σχετίζεται μια σειρά πλακωδών μαρμάρων με διαστρώσεις πυριτολίθων, γνωστή ως σειρά των Plattencalk η πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3: Στρωματογραφική στήλη της Ιόνιας ζώνης (Κατσικάτσος, 1992).

Σχηματισμοί οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση υδρογονανθράκων είναι οι Τριαδικοί εβαπορίτες. Αποτελούν μέρος της βάσης της ιζηματογενούς ακολουθίας της Ιόνιας λεκάνης. Κατά τη διάρκεια της συμπιεστικής φάσης της ορογένεσης είναι πιθανό να δημιουργηθούν διαφυρικές δομές άλατος οι οποίες αποτελούν κατάλληλες παγίδες υδρογονανθράκων.

«Συνολικά οι παγίδες μπορεί να αντιπροσωπεύονται από στρωματογραφικά χαρακτηριστικά σε Μειοκαινικούς ψαμμίτες, αντικλινικές δομές σε Μεσοζωϊκούς ή Ηωκαινικούς ασβεστολιθικούς ταμιευτήρες με κάλυμμα φλύσχη ή Νεογενή κλαστικά, καθώς επίσης διαφυρικές δομές γύρω από δομές άλατος» (Σ.Μ.Π.Ε., 2014).



Σχήμα 1.4: Τεκτονικός χάρτης των Ελληνίδων (Jacobshagen et al. 1978b, τροποποιημένος)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

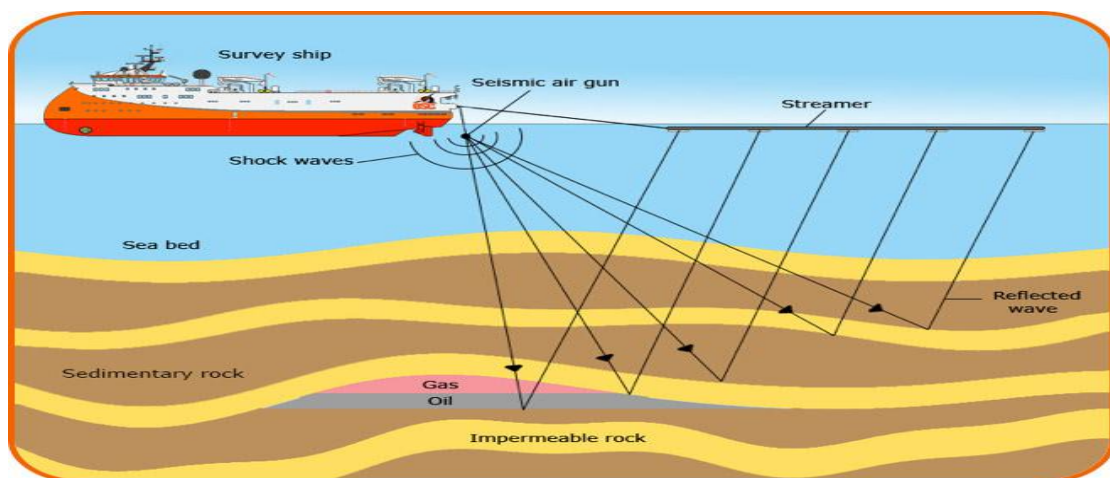
ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΜΙΚΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σεισμική ανάκλαση ανήκει στις γεωφυσικές μεθόδους διασκόπησης, βασίζεται στους νόμους διάδοσης των ελαστικών κυμάτων παρουσιάζοντας πλεονεκτήματα, όπως η λεπτομερής αποτύπωση των υπεδαφικών δομών αλλά και μειονεκτήματα, όπως είναι το μεγάλο κόστος αλλά και η χρονοβόρα επεξεργασία. Σεισμικά κύματα παράγονται με τη βοήθεια τεχνητών πηγών, τα οποία ανακλώνται και διαθλώνται στις διαχωριστικές επιφάνειες των στρωμάτων και επιστρέφουν στην επιφάνεια της γης, απ' όπου και τα καταγράφουμε με τους δέκτες. Στις θαλάσσιες διασκοπήσεις, τα υδρόφωνα καταγράφουν τη διαφορά πίεσης του νερού σε συνάρτηση με το χρόνο.

Η σεισμική ανάκλαση έχει καθιερωθεί ως η πλέον αξιόπιστη γεωφυσική μέθοδος αναζήτησης υδρογονανθράκων με το 95% των δαπανών των γεωφυσικών διασκοπήσεων να διατίθεται σε αυτήν. Χρησιμοποιείται στο προγεωτρητικό στάδιο της αναζήτησης αλλά και μετά την αρχική ανακάλυψη.

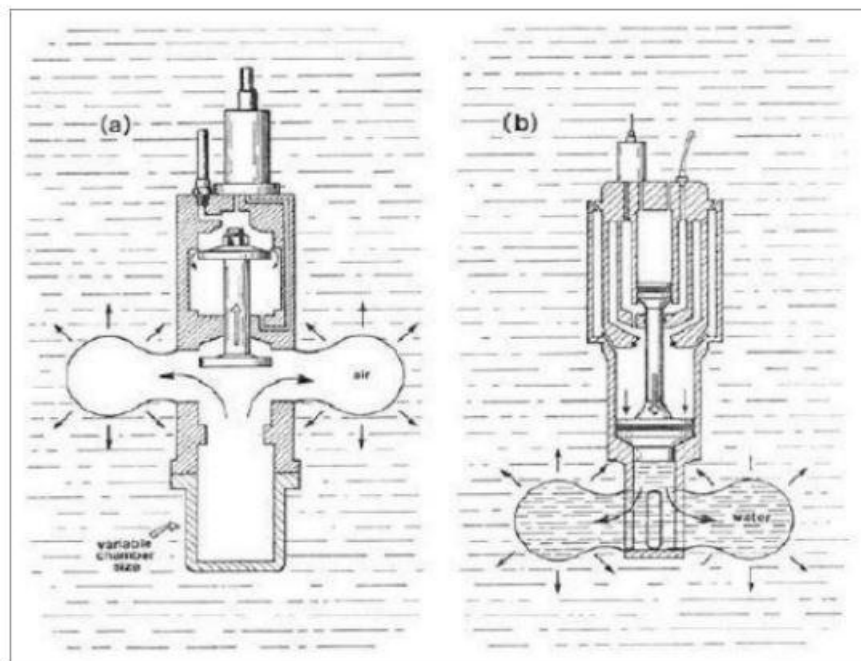
2.2 ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ



Σχήμα 2.1: Γεωφυσική διασκόπηση σε θαλάσσιο περιβάλλον.

Για να γίνει μια θαλάσσια σεισμική έρευνα απαραίτητο είναι ένα πλοίο, το οποίο σέρνει καλώδιο μήκους μερικών χιλιομέτρων (Σχήμα 2.1), πάνω στο οποίο είναι συνδεδεμένα τα υδρόφωνα. Η σεισμική πηγή στις θαλάσσιες διασκοπήσεις είναι ως επί το πλείστον το αεροβόλο (air-gun). Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων οι αποστάσεις πηγής-υδροφώνων, παραμένουν σταθερές. Το αεροβόλο (Σχήμα 2.2) αποτελείται από ένα θάλαμο πυροδότησης, από ένα δοχείο υψηλής πίεσης και ένα αεροσυμπιεστή ή έμβολο εκτόνωσης. Η απότομη εκτόνωση του αέρα στο νερό, δημιουργεί παλμό και με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία φυσαλίδα υψηλής πίεσης η οποία κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης αυξάνει τη διάρκεια του παραγόμενου κύματος. (Βαφείδης, 2011)

Επίσης, υπάρχουν όλα τα απαραίτητα όργανα εντοπισμού θέσης, βυθομετρικά όργανα, γυροσκοπικές πυξίδες, ραντάρ, συσκευές ραδιοεπικοινωνίας και πολυκάναλα ψηφιακά καταγραφικά τα οποία καταγράφουν όλες τις μεταβολές. Στις θαλάσσιες διασκοπήσεις χρησιμοποιούνται υδρόφωνα αναλογικού ή πιεζοηλεκτρικού τύπου, έτσι ώστε η ασκούμενη πίεση να μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση και το κύριο υλικό τους είναι συνήθως το τιτανιούχο βάριο.



Σχήμα 2.2: Δύο τύποι θαλάσσιας σεισμικής πηγής a) bolt air gun, b) sodera water gun
(Βαφείδης, 2011)

2.3 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Είναι ελαστικά κύματα τα οποία παράγονται είτε με φυσικούς τρόπους είτε με τεχνητούς, ονομάζονται σεισμικά κύματα και διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες:

- i) *Τα Κύματα Χώρου*
 - ii) *Τα Επιφανειακά Κύματα*
-
- i) Τα κύματα χώρου διακρίνονται σε διαμήκη (P-waves) και εγκάρσια (S-waves). Τα διαμήκη διαδίδονται μέσω στερεών αλλά και υγρών. Έχουν τη μεγαλύτερη ταχύτητα διάδοσης από τα υπόλοιπα κύματα και την ικανότητα να προκαλούν ταλαντώσεις κατά τη διεύθυνση διάδοσης. Τα εγκάρσια έχουν ταχύτητα μικρότερη από τα διαμήκη αλλά είναι πιο ισχυρά, η ταλάντωση των υλικών σημείων του πετρώματος είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης τους και δεν διαδίδονται στα ρευστά,
 - ii) Τα επιφανειακά κύματα διακρίνονται στα κύματα 'Love' (L-waves), τα οποία διαδίδονται παράλληλα σε μία ελεύθερη επιφάνεια, έχουν μικρότερες ταχύτητες από τα κύματα χώρου και δημιουργούν πλευρικές μετακινήσεις στην επιφάνεια του εδάφους. Και επίσης στα κύματα 'Rayleigh' (R-waves), τα οποία είναι τα πιο περίπλοκα αλλά και πιο αργά συγχρόνως από τα υπόλοιπα είδη κυμάτων στα οποία η ταλάντωση η οποία εκτελείται από τα σωματίδια του εδάφους που βρίσκονται πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια, διαγράφει ελλειπτική κίνηση στο επίπεδο διάδοσης των κυμάτων αυτών.

2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Αρχή Huygens

Όλα τα σημεία ενός μετωπικού κύματος θεωρούνται ως πηγές για τη δημιουργία νέων δευτερευόντων μετωπικών κυμάτων. Η νέα αυτή θέση του δευτερεύοντος μετωπικού κύματος, μετά από χρόνο t συμπίπτει με την περιβάλλουσα επιφάνεια όλων αυτών των σφαιρικών κυμάτων.

Νόμος Snell

Σύμφωνα με τον νόμο του Snell, ο λόγος των ημιτόνων των γωνιών που σχηματίζουν οι σεισμικές ακτίνες με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων, είναι ίσος με το λόγο των αντίστοιχων ταχυτήτων διάδοσης των κυμάτων.

Αρχή Fermat

Η διάδοση των κυμάτων μεταξύ δύο σταθερών σημείων, ακολουθεί τροχιά τέτοια ώστε ο χρόνος διάδοσης να είναι ο ελάχιστος, από όλες τις πιθανές τροχιές. Τα σεισμικά κύματα ακολουθούν τροχιές ελάχιστου χρόνου.

Συντελεστής Ανάκλασης

Όταν ένα αρμονικό κύμα προσπίπτει κάθετα σε μια διαχωριστική επιφάνεια, τότε ένα μέρος της σεισμικής ενέργειας ανακλάται και διαθλάται αντίστοιχα. Γνωρίζοντας το πλάτος του κύματος, μπορούμε να υπολογίσουμε τα πλάτη του ανακλώμενου και διαθλώμενου κύματος.

$$R = \frac{\alpha_1 \rho_1 - \alpha_2 \rho_2}{\alpha_1 \rho_1 + \alpha_2 \rho_2} \quad (2.1)$$

Όπου, α , ρ η ταχύτητα και η πυκνότητα των στρωμάτων αντίστοιχα.

Ακουστική Εμπέδηση

Ορίζεται, από το γινόμενο της σεισμικής ταχύτητας α του μέσου διάδοσης και της πυκνότητας του σχηματισμού ρ (2.2).

$$Z = \alpha \times \rho \quad (2.2)$$

Οι συντελεστές ανάκλασης και διάθλασης (2.3) συνήθως εκφράζονται συναρτήσει της ακουστικής εμπεδήσης.

$$T_1 = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad R = \frac{(Z_1 - Z_2)}{(Z_1 + Z_2)} \quad (2.3)$$

Συχνότητα Nyquist

Η ψηφιακή καταγραφή παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι αυξάνει το διάστημα δυνατότητας του καταγραφικού αλλά μειονεκτεί στη σωστή περιγραφή των σημάτων υψηλών συχνοτήτων. Η συχνότητα Nyquist, εξαρτάται από το διάστημα δειγματοληψίας Δt και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$f_N = \frac{1}{2\Delta t} \quad (2.4)$$

Ο χρόνος που χρειάζεται μια σεισμική ακτίνα για να διασχίσει σε κατακόρυφη διεύθυνση τα στρώματα (2.6), ονομάζεται **διπλός χρόνος διαδρομής** της κατακόρυφης ακτίνας και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$T_n(0) = \frac{2h_n}{a_n} = 2 \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{a_j} \quad (2.5)$$

Ο διπλός χρόνος διαδρομής $T_n(x)$ που αντιστοιχεί σε οριζόντια απόσταση πηγής-γεωφώνου x , υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$T_n^2(x) = \frac{x^2}{(a_n)^2} + \left(\frac{2h_n}{a_n}\right)^2 \quad (2.6)$$

Όπου h_n : το βάθος μέχρι τη διαχωριστική επιφάνεια

Μέση Τετραγωνική Ταχύτητα

Ως μέση τετραγωνική ταχύτητα ορίζεται (2.8), η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του τετραγώνου των ταχυτήτων, πολλαπλασιασμένων με συντελεστές βαρύτητας, τους διπλούς χρόνους διαδρομής t . Χρησιμοποιείται για τη γεωλογική ερμηνεία σεισμικών τομών.

$$\dot{V}_n = \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_j^2 t_j}{\sum_{j=1}^n t_j} \right]^{1/2} \quad (2.7)$$

Όπου a_j : η μέση τιμή της σεισμικής ταχύτητας a ,

t_j : ο διπλός χρόνος διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων.

Η εξίσωση της μέσης τετραγωνικής ταχύτητας υπολογίσθηκε από τους Dix (1955), Durbraun (1954) και Kerry (1951) και αποτελεί την κυριότερη εξίσωση για τον υπολογισμό των σεισμικών ταχυτήτων.

Εξασθένιση των Ελαστικών Κυμάτων με την Απόσταση

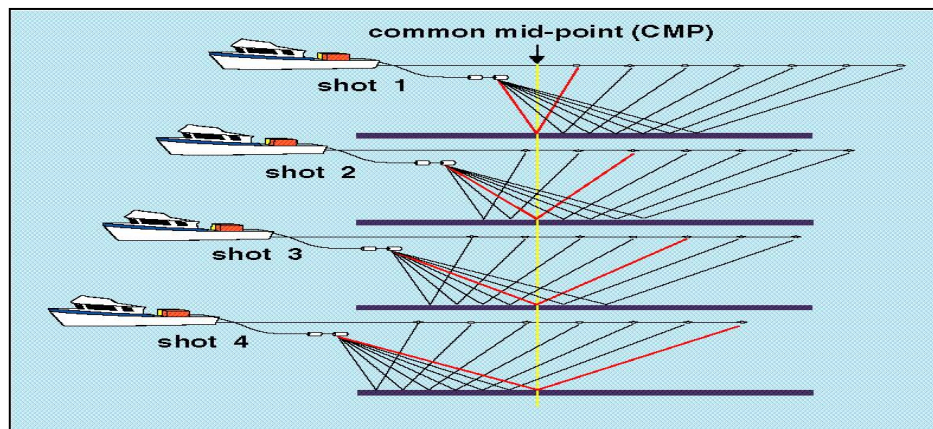
Όταν τα πλάτη των ελαστικών κυμάτων συναντήσουν διαχωριστικές επιφάνειες τότε μεταβάλλονται. Κατά τη διάρκεια διάδοσής τους προκαλείται εξασθένιση η οποία διακρίνεται είτε σε γεωμετρική διασπορά είτε σε απόσβεση, λόγω του ότι ένα μέρος της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα. Η γεωμετρική διασπορά δεν εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης σε αντίθεση με την απόσβεση, η οποία εξαρτάται από τις ιδιότητες αυτές. Το πλάτος των σεισμικών κυμάτων, τα οποία διαδίδονται σε ένα πολυστρωματικό μέσο, εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των διαχωριστικών επιφανειών, από τους συντελεστές ανάκλασης και διάθλασης όπως επίσης, εξαρτώνται από τη γωνία πρόσπτωσης, τις ταχύτητες και τις πυκνότητες των στρωμάτων. Είναι όμως, αντιστρόφως ανάλογο της απόστασης r , από την πηγή λόγω του ότι η ολική ενέργεια κατανέμεται σε επιφάνεια. Έτσι, αποδεικνύεται ότι λόγω της γεωμετρικής διασποράς, η ενέργεια του κύματος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα του τετραγώνου της απόστασης, την οποία έχει διανύσει το κύμα.

2.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

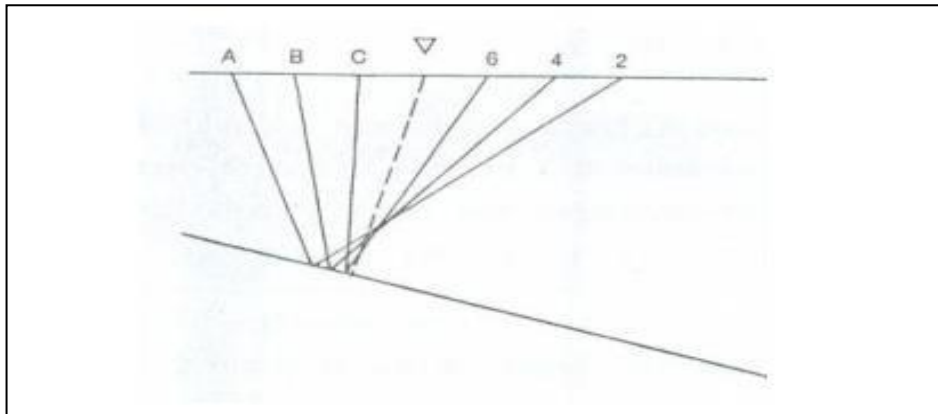
Ταξινόμηση κοινού ενδιαμέσου σημείου

Η γνώση της γεωμετρίας του πειράματος είναι απαραίτητη προκειμένου να ληφθούν δεδομένα κοινού ενδιαμέσου σημείου (CMP) από τα αρχικά δεδομένα κοινής πηγής.

Είναι πιο αποτελεσματική όταν η επιφάνεια ανάκλασης είναι οριζόντια (Σχήμα 2.3) παρά όταν είναι κεκλιμένη (Σχήμα 2.4), διότι σε αυτήν την περίπτωση οι διάφορες αφίξεις δεν αντιστοιχούν σε ανακλάσεις ενός σημείου αλλά μίας περιοχής και τα ίχνη μοιράζονται ένα κοινό ενδιαμέσο σημείο, όχι όμως και ένα κοινό σημείο βάθους.



Σχήμα 2.3: Κοινό ενδιαμέσο σημείο βάθους (<http://walrus.wr.usgs.gov>)



Σχήμα 2.4: Στην περίπτωση κεκλιμένου οριζοντα ανάκλασης το κοινό ενδιάμεσο σημείο δεν συμπίπτει με το κοινό σημείο βάθους (Sodbinow, 1989).

Ο αριθμός των σεισμικών ιχνών, που ανήκουν στην ίδια διάταξη κοινού ενδιάμεσου σημείου, εκφράζει την **υπεδαφική κάλυψη (Fold)**, η οποία είναι μία από τις κυριότερες παραμέτρους της σεισμικής ανάκλασης. Εκφράζει, το πόσες φορές δειγματοληπτείται ο ανακλαστήρας. Υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Fold = \min \left\{ \text{Αριθμός πηγών}, \left(\frac{N}{2} \right) \times \left(\frac{\Delta x}{\Delta s} \right) \right\} \quad (2.8)$$

Όπου, N: αριθμός γεωφώνων,

Δx : ισαπόσταση γεωφώνων

Δs : ισαπόσταση πηγών.

Ανάλυση ταχυτήτων

Η ανάλυση ταχυτήτων έχει ως στόχο τον προσδιορισμό της μέσης τετραγωνικής ταχύτητας μέσω της οποίας παρέχονται στοιχεία και τυχόν αλλαγές στην τιμή της είναι δυνατόν να υποδηλώνουν στρωματογραφικές και λιθολογικές μεταβολές.

Υπολογισμός Τμηματικής Ταχύτητας

Μέσω της σχέσης του Dix, επιτυγχάνεται η μετατροπή των μέσων τετραγωνικών ταχυτήτων σε τμηματικές ταχύτητες:

$$a_n^2 = \frac{V_n^2 - T_n - V_{n-1}^2 - T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}} \quad (2.9)$$

Όπου, n: τμηματική ταχύτητα

V_n : μέση τετραγωνική ταχύτητα

T_n : διπλός κατακόρυφος χρόνος

Διόρθωση κανονικής χρονικής απόκλισης

Η διόρθωση αυτή εφαρμόζεται στους χρόνους διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων και σκοπός της είναι η αναγωγή των αρχικών χρόνων διαδρομής σε αντίστοιχους χρόνους κυμάτων, που διαδίδονται στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Η κανονική χρονική απόκλιση (NMO correction) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta T_{\text{NMO}} = t(x) - t(0) = t(0) \left\{ \left[1 + \left(\frac{x}{V_{\text{NMO}} \cdot t(0)} \right)^2 \right]^{1/2} - 1 \right\} \quad (2.10)$$

Όπου, $t(x)$: διπλός χρόνος διαδρομής,

V_{NMO} : ταχύτητα NMO

$t(0)$: διπλός κατακόρυφος χρόνος.

Η διόρθωση την κανονικής χρονικής απόκλισης (NMO), εκτός της μετατροπής όλων των χρόνων διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων σε χρόνους κυμάτων που διαδίδονται σε κατακόρυφη διεύθυνση, προκαλεί και μία μη επιθυμητή επιμήκυνση του σεισμικού ίχνους (stretch), ο οποίος εξαρτάται από τον χρόνο. (Yilmaz, 1987)

Σεισμική Υπέρθεση

Επιτυγχάνεται με την άθροιση των ιχνών του κοινού ενδιαμέσου σημείου στα οποία έχει εφαρμοστεί η Δυναμική Διόρθωση. Τα σεισμικά ίχνη κοινού ενδιαμέσου σημείου αθροιζόμενα δημιουργούν τη σεισμική τομή υπέρθεσης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη απεικόνιση των ανακλάσεων δηλαδή την εμφάνιση ενός ίχνους για κάθε CMP. Επίσης ευθύνεται τόσο για την αύξηση λόγου σήματος ως προς το θόρυβο όσο και για τη μείωση του όγκου των σεισμικών δεδομένων κυρίως στις θαλάσσιες διασκοπήσεις.

Σεισμική Χωροθέτηση

Η σεισμική χωροθέτηση, αποτελεί μέρος της μεθόδου επεξεργασίας σεισμικών δεδομένων, απαραίτητη για τη γεωλογική τους ερμηνεία. Είναι χρονοβόρα διαδικασία και εφαρμόζεται μετά τη σεισμική υπέρθεση, αφού έχει εξασφαλιστεί καλύτερος λόγος σήματος ως προς το θόρυβο. Ανακατασκευάζει και τοποθετεί σωστά τους ανακλαστήρες που παρουσιάζουν κάποια κλίση και στοχεύει στην κατασκευή γεωλογικής τομής απαλλαγμένη από περιθλάσεις.

Σεισμική Χωροθέτηση κατά Kirchhoff

Η σεισμική χωροθέτηση Kirchhoff, θεωρεί την κορυφή της καμπύλης περίθλασης ως τη θέση του σημειακού ανακλαστήρα και στηρίζεται στην αρχή του Huygens. Στην πρώτη διόρθωση πραγματοποιείται άθροιση των πλατών κατά μήκος της καμπύλης περίθλασης και εφαρμόζεται συντελεστής κατεύθυνσης στα πλάτη. Η δεύτερη διόρθωση είναι η γεωμετρική διασπορά. Καθώς το κύμα απομακρύνεται από την πηγή, η ενέργεια διασκορπίζεται, οπότε τα πλάτη μειώνονται ανάλογα με τον χρόνο διαδρομής. Στη διάταξη κοινού ενδιαμέσου σημείου, γεώφωνο το οποίο βρίσκεται σε μηδενική οριζόντια απόσταση από την πηγή θεωρείται ότι βρίσκεται πλησιέστερα στον σημειακό ανακλαστήρα και καταγράφει μεγαλύτερα πλάτη από ότι γεώφωνο το οποίο βρίσκεται μακριά από την πηγή. Στη χωροθέτηση Kirchhoff, τα πλάτη διορθώνονται με τον συντελεστή $1/(rv)$, όπου v η ταχύτητα του κύματος και r

η διανυόμενη απόσταση. Η τρίτη και τελευταία διόρθωση αφορά τον συντελεστή κυματομορφής. Είναι φίλτρο φάσης 45 μοιρών με φάσμα πλάτους ανάλογο της τετραγωνικής ρίζας της συχνότητας των σεισμικών δεδομένων. Για την εφαρμογή της λαμβάνονται υπόψη ως παράμετροι ο αριθμός των ιχνών, η κλίση και η ταχύτητα.

Αλγόριθμος χωροθέτησης κατά Kirchhoff στο λογισμικό matlab:

[aryin,tmig,xmig]=kirk_mig(aryin,aryvel,dt,dx,params);

Όπου, τα δεδομένα εισόδου είναι τα εξής:

Aryin : Σεισμική τομή (πίνακας δεδομένων εισόδου).

Arvel: Πίνακας ταχυτήτων Vrms.

x: Διάνυσμα απόστασης.

t: Διάνυσμα χρόνων καταγραφής.

Parameters(1-3): Παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση και καθορισμός ορίων.

Parameters(4-6): Μέγιστη γωνία χωροθέτησης.

Parameters(7): Τύπος παρεμβολής μεταξύ των χρονικών δειγμάτων

Parameters(8-11): Σχετικό με το παράθυρο χωροθέτησης.

Parameters(12): Φίλτρο αποκοπής συχνοτήτων μεγαλύτερων από την συχνότητα Nyquist.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα:

Arymig: Πίνακας σεισμικής χωροθέτησης.

xmig: Πίνακας συντεταγμένων x των αποτελεσμάτων της χωροθέτησης.

tmig: Πίνακας συντεταγμένων t των αποτελεσμάτων της χωροθέτησης.

Σεισμική χωροθέτηση με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Διαφορών

Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών χρησιμοποιείται για τη επίλυση της εξίσωσης του προς τα κάτω διαδιδόμενου (Downward Continuation) κυματικού πεδίου που ισοδυναμεί με τη μετακίνηση των γεωφώνων βαθύτερα μέσα στη γη.

Η παρακάτω εξίσωση αποτελεί τη βάση για τον συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο αλγόριθμο πεπερασμένων διαφορών:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} = \frac{U^2 \cdot \partial^2 Q}{8 \cdot y^2} \quad (2.11)$$

Όπου, Q: το κυματικό πεδίο,

t: ο χρόνος στην τομή χωροθέτησης,

τ: ο εξαγόμενος χρόνος και

y: η συντεταγμένη του ενδιαμέσου σημείου. (Γιαλιτάκη, 2015)

Θεωρητικά, η προσέγγιση αυτή περιορίζει τον αλγόριθμο να διαχειρίζεται κλίσεις έως 15 μοίρες. Στην πράξη, ο αλγόριθμος μπορεί να διαχειριστεί κλίσεις μέχρι 35 μοίρες με επαρκή ακρίβεια. Για την εφαρμογή της χωροθέτησης με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών λαμβάνονται ως παράμετροι το βήμα βάθους και η ταχύτητα. (Κόκκινου, 2002)

Υπερέχει σε σχέση με τις μεθόδους άθροισης για τους παρακάτω λόγους:

- Οι μεταβολές της ταχύτητας αντιμετωπίζονται καλύτερα
- Τα περιθλώμενα κύματα χωροθετούνται καλύτερα
- Ο θόρυβος των περιθλάσεων είναι λιγότερος
- Διατηρούνται τα χαρακτηριστικά των ανακλώμενων κυμάτων

Αλγόριθμος χωροθέτησης με τη μέθοδο Πεπερασμένων Διαφορών στο λογισμικό matlab:

[aryin,tmig,ymig]=fdmig(aryin,aryvel,t,x,dtau);

Όπου, τα δεδομένα εισόδου είναι τα εξής:

Aryin : Σεισμική τομή (πίνακας δεδομένων εισόδου).

Arvel: Πίνακας ταχυτήτων V_{rms} .

x: Διάνυσμα απόστασης.

t: Διάνυσμα χρόνων καταγραφής.

dtau: Βήμα υπολογισμού κυματικού πεδίου.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα:

Arymig: Πίνακας σεισμικής χωροθέτησης.

xmig: Πίνακας συντεταγμένων x των αποτελεσμάτων της χωροθέτησης.

tmig: Πίνακας συντεταγμένων t των αποτελεσμάτων της χωροθέτησης.

Σεισμική Χωροθέτηση με την Μέθοδο Μετατόπισης Φάσης (Gazdag)

Η μέθοδος χωροθέτησης στο χώρο συχνότητας-κυματάριθμου Gazdag ή Phase Shift είναι λίγο πιο πολύπλοκη από τις υπόλοιπες μεθόδους σεισμικής χωροθέτησης και στηρίζεται στο γεγονός ότι το προς τα κάτω διαδιδόμενο κυματικό πεδίο αλλάζει την φάση του σύμφωνα με το βάθος. Δίνεται από τον τύπο:

$$\tilde{p} = (k_x, k_y, z + \Delta z, \omega) = \tilde{p}(k_x, k_y, z, \omega) \exp \left\{ i \Delta z \sqrt{\frac{\omega^2}{v^2} - (k_x^2 + k_y^2)} \right\} \quad (2.12)$$

όπου, p : μετασχηματισμός Fourier του κύματος P στο χώρο f - k

K_x : οριζόντιος κυματάριθμος

K_y : κατακόρυφος κυματάριθμος

ω : γωνιακή συχνότητα

Στη μέθοδο σεισμικής χωροθέτησης Gazdag, για τη διάδοση του κυματικού πεδίου χρησιμοποιούνται οι πραγματικές ταχύτητες των κυμάτων V_{int} σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεθόδους σεισμικής χωροθέτησης, οι οποίες χρησιμοποιούν τις μέσες τετραγωνικές ταχύτητες. Αυτό είναι που την καθιστά, ένα ισχυρό εργαλείο ακρίβειας απεικόνισης δομών. (<http://www.xsgeo.com/course/index.htm>)

Αλγόριθμος χωροθέτησης με τη μέθοδο Phase Shift στο λογισμικό matlab:

[out,tt]=ps_mig(seis,t,x,v,params);

Όπου, τα δεδομένα εισόδου είναι τα εξής:

Seis: Σεισμική τομή (Πίνακας δεδομένων εισόδου).

x: Διάνυσμα απόστασης.

t: Διάνυσμα χρόνων καταγραφής.

v: Πίνακας τμηματικών ταχυτήτων (Vint).

Parameters1: Μέγιστη γωνία χωροθέτησης.

Parameters2: Προσθήκη δειγμάτων μηδενικού πλάτους στο χρόνο για την εφαρμογή του FFT.

Parameters3: Προσθήκη δειγμάτων μηδενικού πλάτους στο χώρο για την εφαρμογή του FFT.

Parameters4: Βήμα εκτύπωσης της προόδου χωροθέτησης.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα:

Out: Πίνακας σεισμικής χωροθέτησης.

tt: Ο συνολικός χρόνος υπολογισμού της χωροθετημένης τομή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

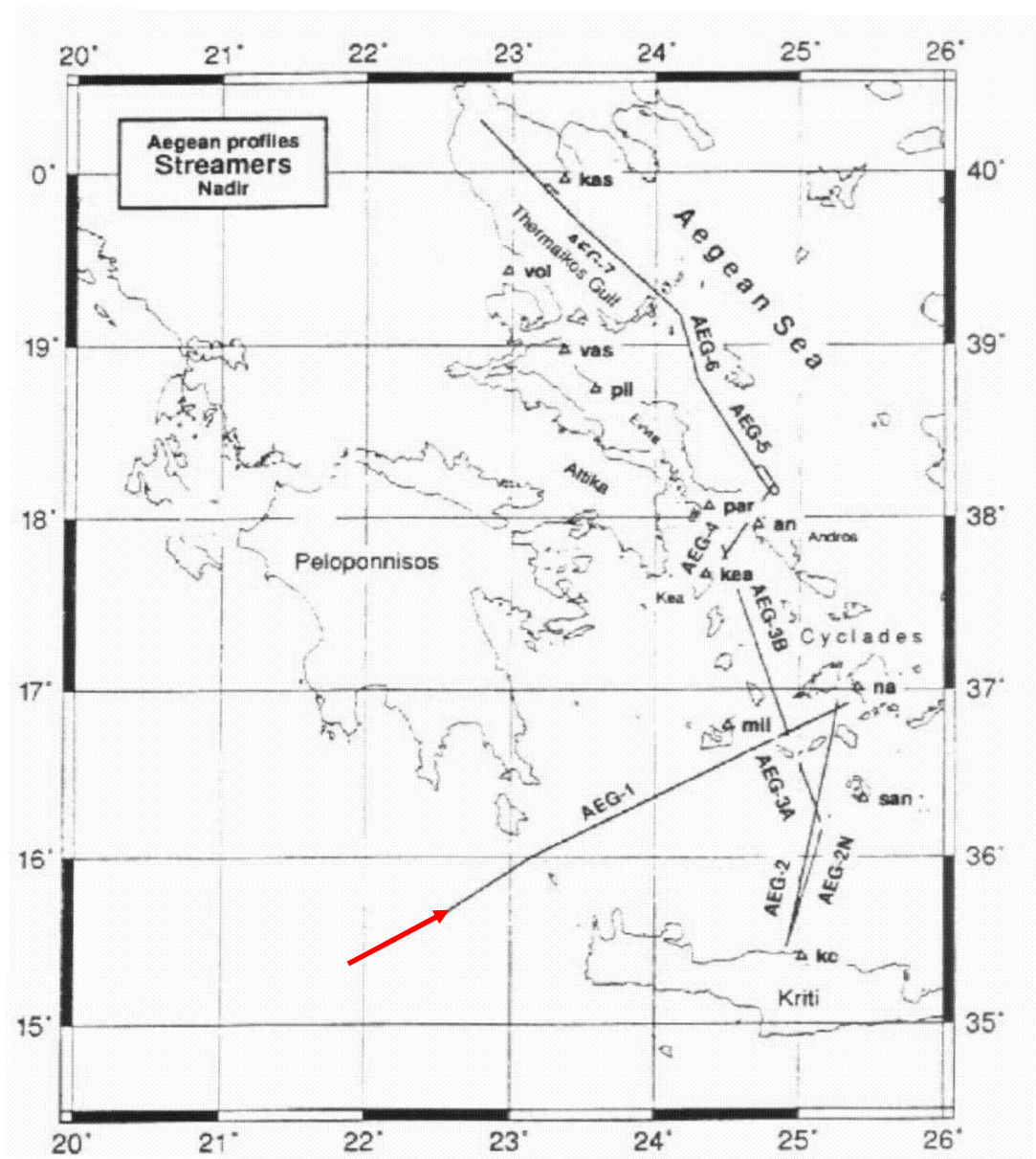
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

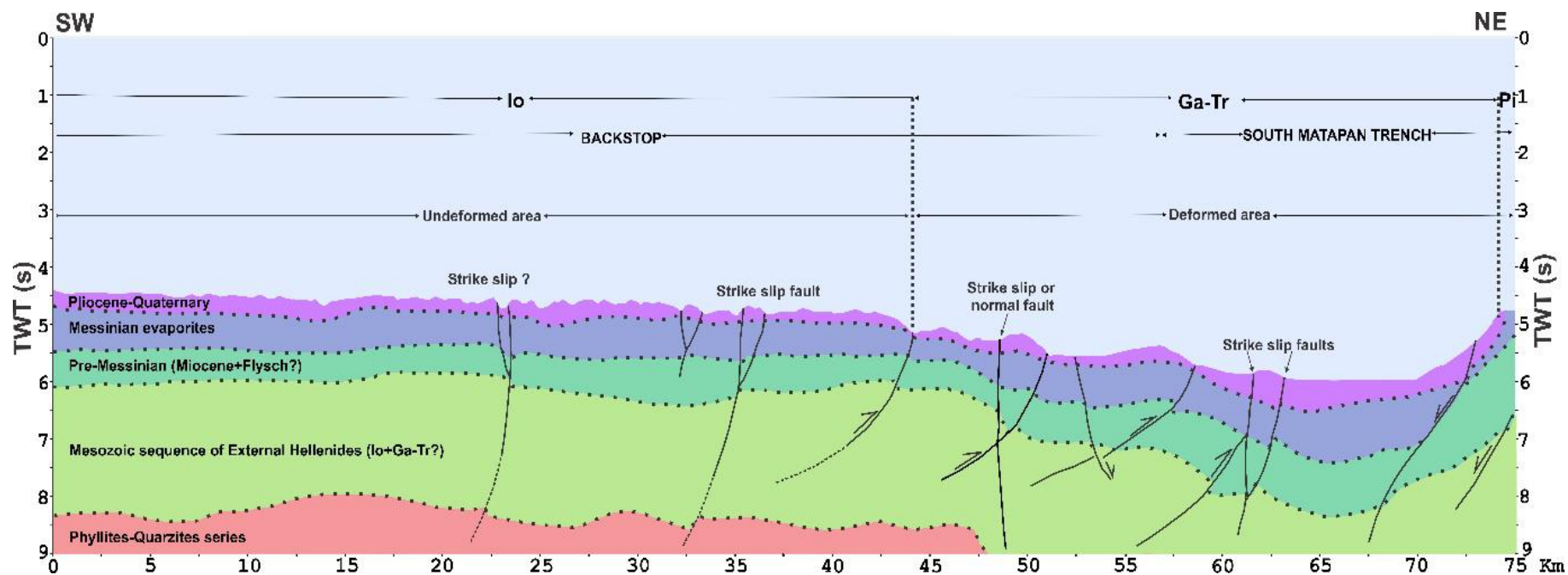
Το γεωλογικό μοντέλο της περιοχής μελέτης (Νότιο Ιόνιο), θεωρήθηκε ότι μπορεί να βασιστεί σε αυτό που προέκυψε από την επεξεργασία θαλάσσιων δεδομένων (Andronikidis et. all 2017, Πίνακας 3.1) στο νοτιοδυτικό τμήμα της σεισμικής γραμμής μελέτης AEG-1 (Σχήμα 3.1). Στην δομή μελέτης αντιστοιχήθηκαν 7 στρώματα (Πίνακας 3.2). Το πρώτο στρώμα αντιστοιχεί σε θαλάσσιο νερό, το δεύτερο σε ιζήματα πλειόκαινου, το τρίτο σε Μεσσήνιους εβαπορίτες, το τέταρτο στρώμα σε προ-Μεσσήνια ιζήματα (Μειόκαινο, Φλύσχης), το πέμπτο στρώμα είναι το υπό μελέτη στρώμα που υπάρχει κατακόρυφη μείωση των ταχυτήτων και πιθανή ύπαρξη υδρογονανθρακών όπως φαίνεται και στο γεωλογικό μοντέλο (Πίνακας 3.2), το έκτο αντιστοιχεί στη Μεσοζωική ανθρακική ακολουθία και στο έβδομο συναντώνται Φυλλίτες.

Πίνακας 3.1: Αναλυτικός πίνακας ταχυτήτων και στρωμάτων περιοχής. (Andronikidis et al., 2017).

Seismic example	Seismic unit	Reflection character	Thickness in TWT (sec)	Velocity (km/s)	Stratigraphy (according to references in Figure caption)
	Unit 1	Wavy, continuous to semi continuous, high amplitude reflections	0.25	1.7-3.3	Sediments of Pliocene to Quaternary age
	Unit 2	Discontinuous, chaotic, generally medium amplitude reflections. Occurrence of internal high amplitude reflections	0.67	3.4-4.2	Messinian evaporites
	Unit 3	Discontinuous, lateral parallel medium to low amplitude reflections	0.62	4.3-5.1	Pre-Messinian sediments (Miocene and Flysch?)
	Unit 4	Sub-parallel, locally (continuous and high amplitude reflections at the top. Semi continuous and low amplitude below	2.1	5.2-6.0	Mesozoic sequence of External Hellenides
	Unit 5	Dipping discontinuous, acoustically transparent reflections	7.82-9	6.1-6.4	Phyllites-Quartzites series



Σχήμα 3.1: Γραμμή μελέτης AEG-1 (Andronikidis et al., 2017)



Σχήμα 3.2: Προτεινόμενο πρότυπο της δομής του φλοιού (crustal model) στη περιοχή ανάδρασης και την τάφρο του νότιου Ματαπάν. Τα πιθανά ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, τα οπισθό-επωθητικά και ανάστροφα ρήγματα, οι δομές λουλουδιού και τα μεγάλου βάθους κανονικά ρήγματα συνθέτουν μια πολύπλοκη εικόνα παραμόρφωσης στη περιοχή μελέτης. Οι κύριες στρωματογραφικές ενότητες (Πλειόκαινο-Τεταρτογενές, Μεσσήνιοι εβαπορίτες, Προ-Μεσσήνιο Μειόκαινο και Φλύσχης), Μεσοζωϊκή ενότητα των Εξωτερικών Ελληνίδων και η Φυλλιτική-Χαλαζιτική σειρά, αναφέρονται στο αριστερό άκρο της τομής ενώ οι διεπιφάνειες μεταξύ τους απεικονίζονται με διακεκομμένη μαύρη γραμμή. Τα επωθητικά καλύμματα που απαντώνται στη χωροθετημένη τομή είναι της Πίνδου (Pi), της Γαβρόβου-Τριπόλεως (Ga-Tr) και της Ιονίου (Io). Ο άξονας X αντιστοιχεί σε απόσταση (km), ενώ ο κατακόρυφος στον διπλό χρόνο διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων (TWT). (Andronikidis et al., 2017)

3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για τη δημιουργία των συνθετικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab(TM), στο εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής του Πολυτεχνείου Κρήτης με σκοπό την αναβάθμιση της διδασκαλίας και έγινε χρήση αλγορίθμων που βασίζονται στη μέθοδο των Πεπερασμένων Διαφορών και έχουν ως αποτέλεσμα την προσομοίωση διάδοσης σεισμικών κυμάτων σε δύο διαστάσεις.

Για τη δημιουργία του συνθετικού μοντέλου, θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν κάποιες παραμέτρους, έτσι ώστε να αποφευχθούν προβλήματα ευστάθειας και αριθμητικής διασποράς που μπορεί να προκύψουν κατά την επίλυση της διαφορικής κυματικής εξίσωσης .

Με την εντολή *PSV_SYNTHETICS_VER12ELEV*; δημιουργείται το σεισμικό μοντέλο. Ορίζονται οι παράμετροι του πλέγματος βάση κατάλληλων περιορισμών , το χρονικό βήμα $\Delta t=0.2\text{ms}$ και οι διαστάσεις των κελιών οι οποίες καθορίζονται αποκλειστικά από τις αποστάσεις των κόμβων στις διευθύνσεις X και Z, με Δx και Δz να ισούνται με 10 m.

Εισάγεται η οριζόντια έκταση η οποία ισούται με 17500m όπως και το βάθος του μοντέλου με 12000m, η ελάχιστη ταχύτητα διάδοσης στα υπάρχοντα στρώματα 1500 m/s, η συχνότητα της πηγής 9Hz και η ισαπόσταση των υδροφώνων 5m (Σχήμα 3.3).

Εν συνεχεία, εισάγονται τα σεισμικά στρώματα (Σχήμα 3.4) με χρήση πινάκων σε περιβάλλον matlab. Οι πίνακες αυτοί δίνουν τις συντεταγμένες για τα όρια κάθε στρώματος. Οι ταχύτητες των διαμήκων-εγκάρσιων κυμάτων και οι πυκνότητες ρ για κάθε στρώμα ξεχωριστά, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.2. Λόγω του ότι τα εγκάρσια κύματα δεν διαδίδονται στα ρευστά, η ταχύτητα τους στο νερό ισούται με το μηδέν, στην προκειμένη όμως περίπτωση θεωρήθηκε ίσο με 0.01 m/s για λόγους ευστάθειας.

Εφόσον δημιουργήθηκε το μοντέλο ταχύτητας, εισάγονται οι παράμετροι της γεωμετρίας του πειράματος σεισμικής ανάκλασης για την πηγή όπως είναι ο αριθμός, η ισαπόσταση των πηγών και θέση της πηγής, ο αριθμός, η θέση και η ισαπόσταση των υδροφώνων αλλά και οι παράμετροι που επηρεάζουν το χρόνο. Η εντολή *free surface* και *sea survey* επιλέχθηκε λόγω του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Ο διπλός χρόνος καταγραφής ορίστηκε στα 8000 ms και ο αριθμός των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 6 με ισαπόσταση 250 m και σε βάθος 30 m από την

επιφάνεια. Η πρώτη πηγή (Σχήμα 3.4), τοποθετήθηκε στα 250 m ενώ η τελευταία στα 14000 m. Ο συνολικός αριθμός των υδροφώνων που τοποθετήθηκαν στην επιφάνεια (βάθος υδροφώνων ισούται με 0) ήταν 1501 με ισαπόσταση 5 m.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης και αποθήκευσης στιγμιότυπων (snapshots) του κυματικού πεδίου σε προκαθορισμένες χρονικές στιγμές.

Μετά την εισαγωγή των παραμέτρων του πειράματος σεισμικής ανάκλασης του μοντέλου δημιουργούνται τα παρακάτω αρχεία matlab (*.SMP, *.SRC, *.RCV), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά το στάδιο της επεξεργασίας των συνθετικών δεδομένων και συγκεκριμένα οι πληροφορίες των παραμέτρων της πηγής είναι τα αρχεία (SRC), των υδροφώνων (RCV) και του μοντέλου (SMP).

Απορροφητικά Όρια

Λόγω των διαστάσεων του, το πλέγμα των Πεπερασμένων Διαφορών, θα πρέπει να περιοριστεί με τη βοήθεια κάποιων τεχνητών ορίων. Οι οριακές συνθήκες που εισάγονται στα άκρα του μαθηματικού μοντέλου, έχουν ως στόχο τη λύση του προβλήματος της διάδοσης των κυμάτων σε ένα μέσο, το οποίο υπακούει μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες. Σε περίπτωση που επιτρέπουν στην ενέργεια να περνά μόνο από τη μία πλευρά τους ονομάζονται μη ανακλαστικά ή απορροφητικά όρια (Σκαρλατούδης, 2009). Οι μέθοδοι των σύνθετων ορίων απορρόφησης αναπτύχθηκαν για την αριθμητική προσομοίωση των σεισμικών κυμάτων. Οι μέθοδοι αυτοί συνδυάζουν συνθήκες ορίων απορρόφησης, με βάση την ανάλυση της μονοδιάστατης κυματικής εξίσωσης και την εφαρμογή είτε ανισότροπου φίλτρου είτε «φίλτρου-σφουγγάρι», η μέθοδος του οποίου προσδίδει στη μεταβατική ζώνη ένα μηχανισμό διάχυσης, ο οποίος αποσβένει εισερχόμενα κύματα, όπως είναι τα κύματα χώρου και τα επιφανειακά κύματα. Μια στενή ζώνη μετάβασης, της οποίας το πλάτος είναι μικρότερο απ' ότι στην προσέγγιση του «φίλτρου-σφουγγάρι», εισάγεται δίπλα σε ένα υπολογιστικό όριο. Αριθμητικά παραδείγματα επεξηγούν την αποτελεσματικότητα των μεθόδων αυτών στην απορρόφηση των τεχνητών ανακλάσεων. (Βαφείδης, 1994)

ΣΤΡΩΜΑ	Vp(m/s)	Vs(m/s)	ρ(gr/cm)	
Στρώμα 1	1500	0.01	1.023	Νερό
Στρώμα 2	2500	1400	2.19	Ιζήματα Πλειόκαινου
Στρώμα 3	4000	2200	2.43	Μεσσήνιοι Εβαπορίτες
Στρώμα 4	4500	2700	2.56	Προ-Μεσσήνια Ιζήματα(φλύσχ ης)
Στρώμα 5	3500	1700	2.29	Υπό-μελέτη στρώμα
Στρώμα 6	5500	3300	2.69	Μεσοζωική ανθρακική ακολουθία
Στρώμα 7	6000	3600	2.75	Φυλλίτες

Πίνακας 3.2: Πίνακας ταχυτήτων, διαμήκη κύματα (Vp) και εγκάρσια κύματα (Vs) και η πυκνότητα των στρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των συνθετικών δεδομένων.

INITIAL MODEL PARAMETERS

Enter the HORIZONTAL extend of model in meters
17,500

Enter the VERTICAL extend of model in meters
12,000

Enter the minimum S-wave velocity (Vs) of model in m/s. Sea water is excluded
1,500

Enter the dominant frequency of the source in Hz
9

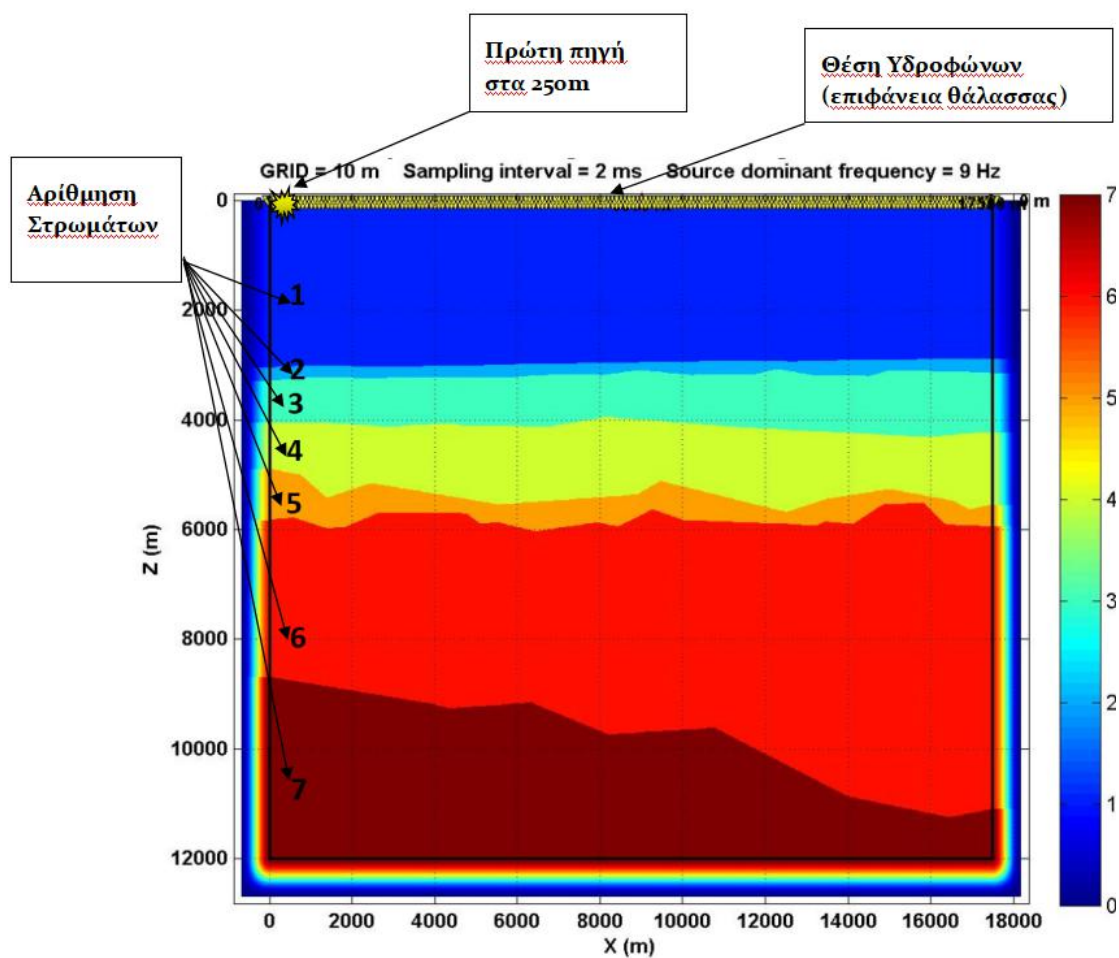
Enter receiver increment in meters
5

The upper surface (Z=0) of model is FREE or ABSORBING boundary ?
FREE

SEA or LAND Survey ?
SEA

OK Cancel

Σχήμα 3.3: Εισαγωγή παραμέτρων (PSV Synthetics).



Σχήμα 3.4: Γεωλογικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των συνθετικών δεδομένων.

The image shows a software dialog box titled "MO...". It contains three input fields for seismic parameters:

- "Enter the P-wave velocity (V_p) in m/s" with the value "1500" entered.
- "Enter the S-wave velocity (V_s) in m/s" with the value "0.01" entered.
- "Enter the density ($\bar{\rho}$) in gr/cc" with the value "1.023" entered.

 At the bottom right, there are "OK" and "Cancel" buttons.

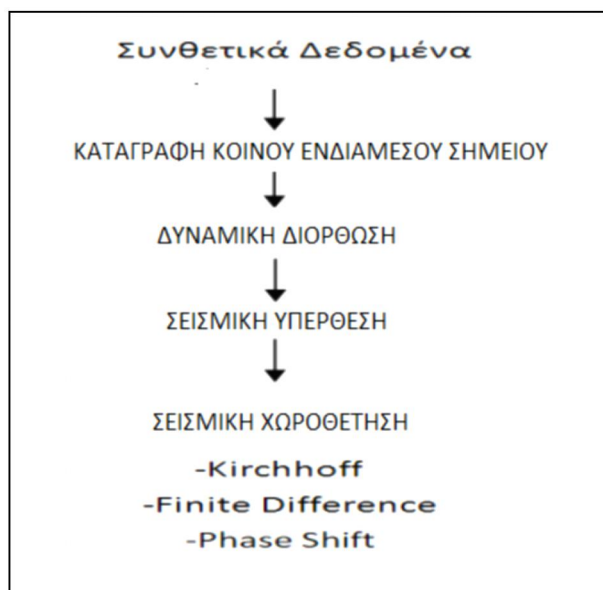
Σχήμα 3.5: Εισαγωγή παραμέτρων για το στρώμα νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

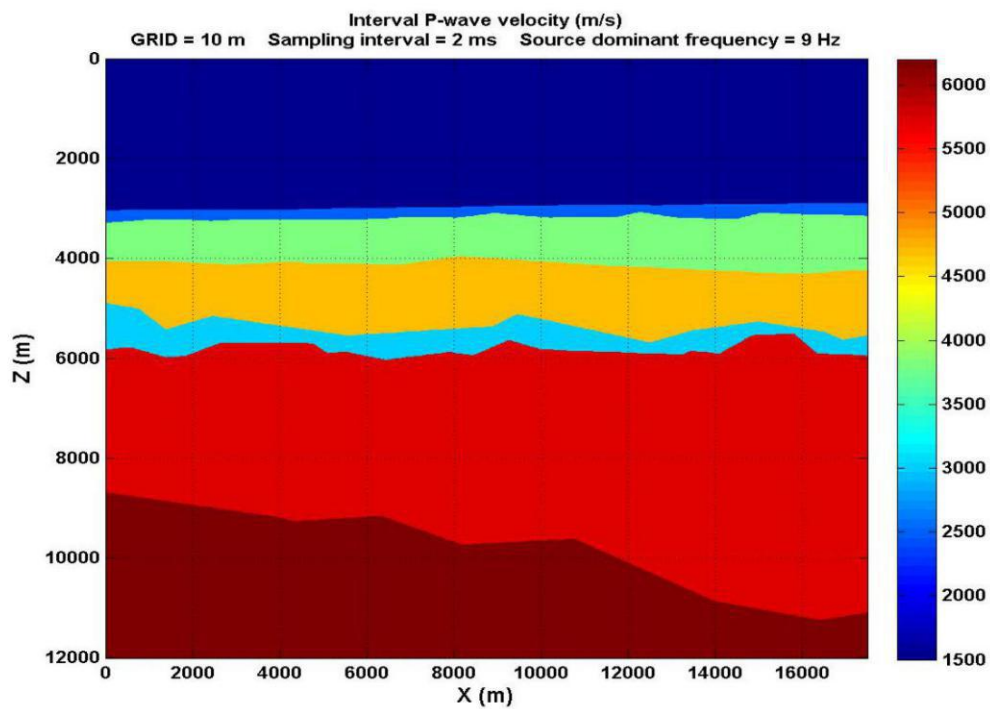
Μετά την δημιουργία των συνθετικών δεδομένων σειρά έχει η επεξεργασία τους. Αρχικά τα δεδομένα αναδιατάχθηκαν σε διάταξη κοινού ενδιαμέσου σημείου. Στη συνέχεια έγινε η δυναμική διόρθωση, δηλαδή η αναγωγή των αρχικών χρόνων διαδρομής σε αντίστοιχους χρόνους κυμάτων που διαδίδονται στην κατακόρυφη διεύθυνση και πραγματοποιήθηκε σεισμική υπέρθεση, δηλαδή άθροιση των ιχνών που έχουν κοινό ενδιαμέσο σημείο μεταξύ σεισμικής πηγής-γεωφώνου. Τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων είναι η σεισμική χωροθέτηση, δηλαδή η ανακατασκευή και σωστή τοποθέτηση των ανακλαστήρων που παρουσιάζουν κλίση σε μια τομή υπέρθεσης.



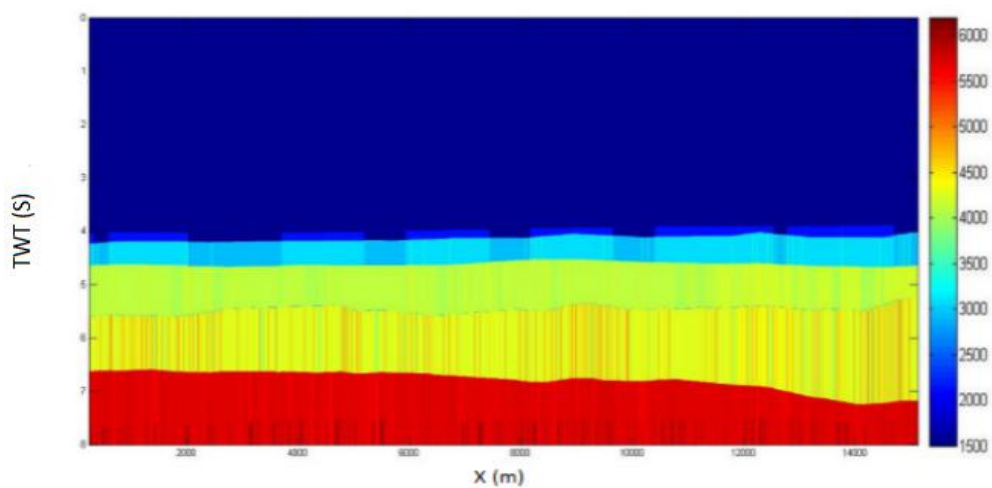
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής επεξεργασίας δεδομένων.

4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

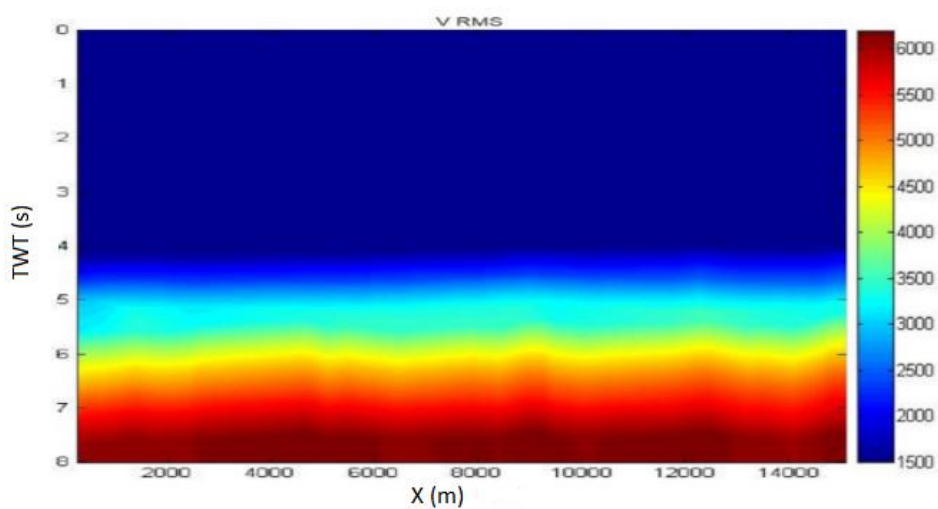
Υπολογίστηκε η τμηματική ταχύτητα ως προς το χρόνο (Σχήμα 4.2) από το αρχείο των τμηματικών ταχυτήτων ως προς το βάθος προκειμένου να εφαρμοστεί η χωροθέτηση με τη μέθοδο Gazdag.



Σχήμα 4.2: Γεωλογικό μοντέλο στο οποίο απεικονίζονται οι τμηματικές ταχύτητες (V_{int}) των στρωμάτων σε σχέση με το βάθος $z(m)$. Ο οριζόντιος άξονας X αντιστοιχεί σε απόσταση (m), ενώ ο κατακόρυφος στο βάθος (m).



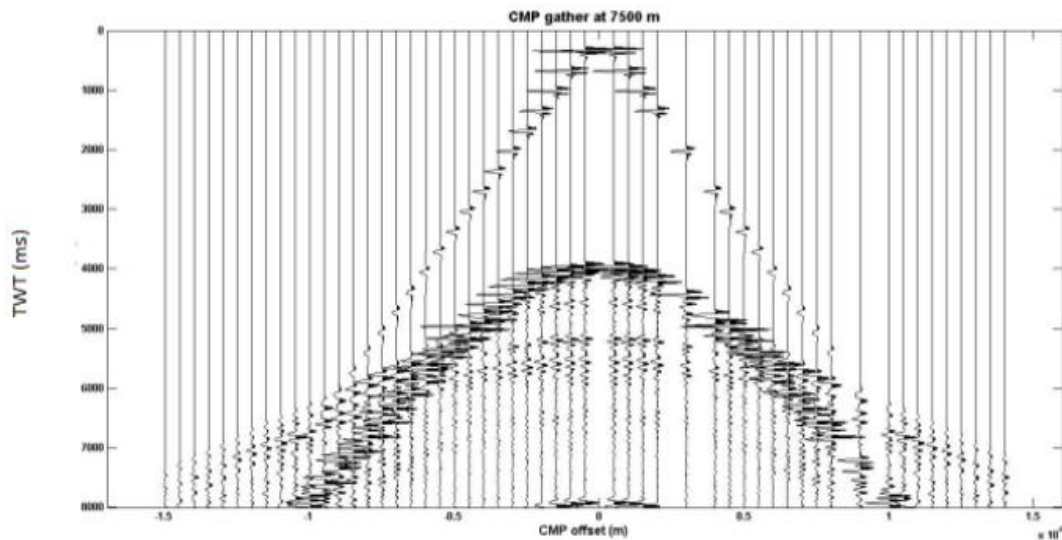
Σχήμα 4.3: Τμηματικές ταχύτητες (V_{int}) των στρωμάτων σε σχέση με χρόνο(s). Ο άξονας X αντιστοιχεί σε απόσταση (m), ενώ ο κατακόρυφος στον διπλό χρόνο διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων (TWT).



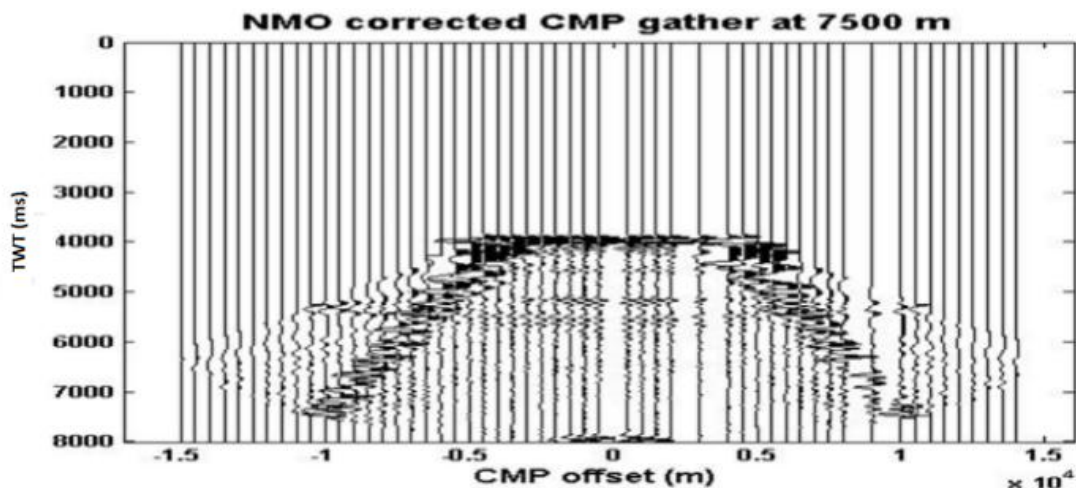
Σχήμα 4.4: Μέσες τετραγωνικές ταχύτητες (V_{rms}) των στρωμάτων σε σχέση με χρόνο(s). Ο άξονας X αντιστοιχεί σε απόσταση (m), ενώ ο κατακόρυφος στον διπλό χρόνο διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων (TWT).

4.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

Τα δεδομένα κοινής πηγής ταξινομήθηκαν σε δεδομένα κοινού ενδιαμέσου σημείου μετά την αφαίρεση ιχνών. Η θέση του CMP βρίσκεται στα 7500m της γραμμής μελέτης. (Σχήμα 4.5)



Σχήμα 4.5: Καταγραφή κοινού ενδιαμέσου σημείου (CMP gather) στα 7500 m. Ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί στην απόσταση πηγής-υδροφώνου (offset) και ο κατακόρυφος στο διπλό χρόνο διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων (TWT).



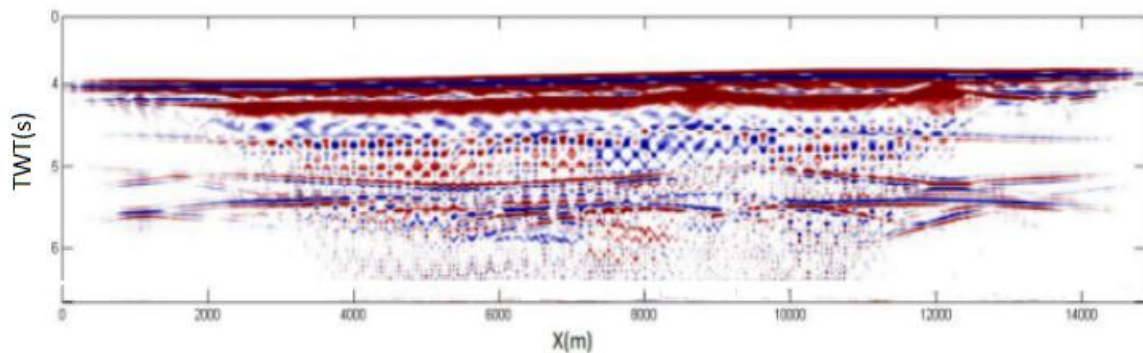
Σχήμα 4.6: Καταγραφή κοινού ενδιάμεσου σημείου μετά την εφαρμογή δυναμικής διόρθωσης (NMO correction). Ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί στην απόσταση πηγής-υδροφώνου (offset) και ο κατακόρυφος στο διπλό χρόνο διαδρομής των ανακλώμενων κυμάτων (TWT).

Στο (Σχήμα 4.6) απεικονίζεται το ίδιο CMP στα 7500 m, στο οποίο έχει εφαρμοστεί η δυναμική διόρθωση.

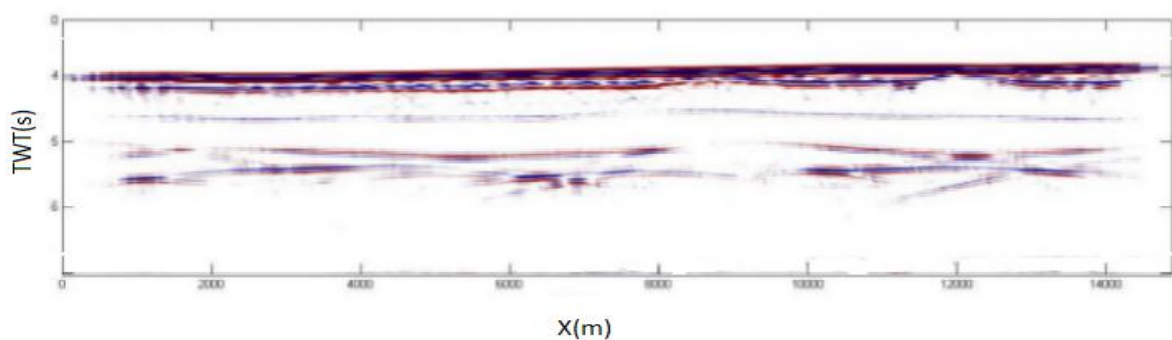
4.4 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΥΠΕΡΘΕΣΗ

Η σεισμική υπέρθεση εφαρμόστηκε με δυο διαφορετικούς τρόπους. Αρχικά η τομή υπέρθεσης προήλθε από την άθροιση όλων των διαθέσιμων ιχνών από κάθε CMP (Σχήμα 4.7) και κατόπιν αθροίστηκαν μόνο τα επτά (7) πρώτα ίχνη από κάθε CMP (Σχήμα 4.8) .

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.8) απεικονίζεται η τομή σεισμικής υπέρθεσης, στην οποία δεν αθροίστηκαν όλα τα ίχνη αλλά μόνο τα επτά (7) πρώτα από κάθε CMP και για αυτό το λόγο έχουμε καλύτερη ανάλυση εικόνας με τους ανακλαστήρες να διακρίνονται αρκετά πιο καθαρά αφού οι περιθλάσεις δεν φαίνονται τόσο έντονα.



Σχήμα 4.7: Τομή σεισμικής υπέρθεσης,



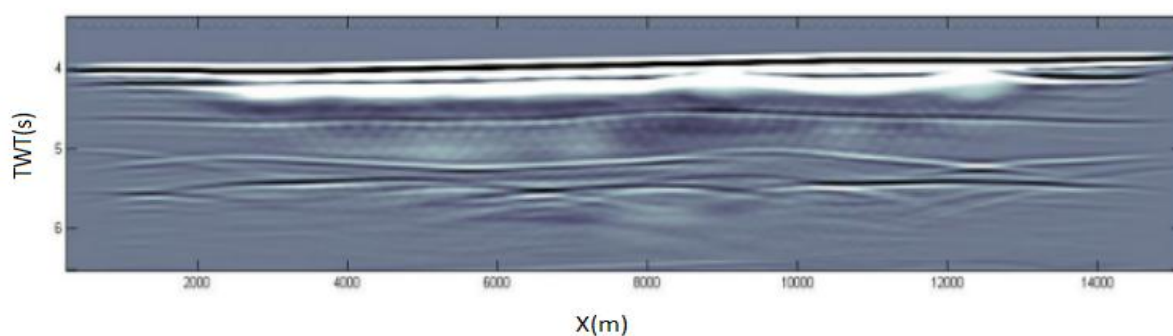
Σχήμα 4.8: Τομή σεισμικής υπέρθεσης η οποία προέκυψε από την μερική άθροιση των 7 πρώτων ιχνών από κάθε CMP.

4.5 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ

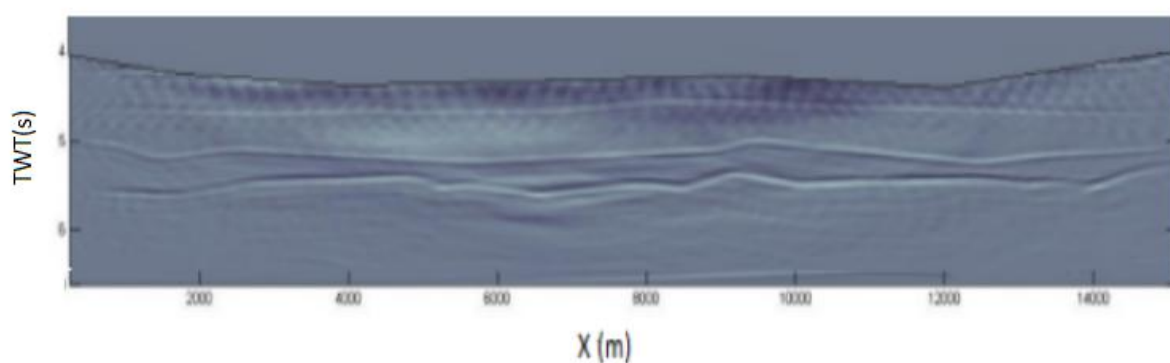
Εφαρμόστηκαν, οι μέθοδοι χωροθέτησης στις τομές υπέρθεσης που προέκυψαν από την μερική άθροιση 7 ιχνών (Σχήμα 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18). Στον αλγόριθμο εισάγεται το διάστημα δειγματοληψίας, η ισαπόσταση των CMP'S, ο συνολικός χρόνος καθώς και το μήκος της τομής. Για την χωροθέτηση με τις μεθόδους Kirchhoff και Finite Difference εισάγεται επίσης το αρχείο των μέσων τετραγωνικών ταχυτήτων (V_{rms}), ενώ στη χωροθέτηση με τη μέθοδο Phase Shift εισάγεται το αρχείο των τμηματικών ταχυτήτων ως προς το χρόνο (V_{int}).

		Finette Difference				
aryin	aryvel	x	t	dtau		
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	0.002		Σχήμα 4.15
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	0.004		Σχήμα 4.14
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	0.008		Σχήμα 4.16
		Kirchoff				
aryin	aryvel	x	t	Εύρος ιχνών	κλίση	
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	2000	60	Σχήμα 4.9
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	2000	90	Σχήμα 4.10
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	5000	90	Σχήμα 4.11
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	14875	60	Σχήμα 4.13
CMP_partial_7	V _{RMS}	2.5	0.001	14875	90	Σχήμα 4.12
		Phase Shift				
seis	V	t	x	Κλίση		
CMP_partial_7	V _{int}	[0:0.001:8001]	[250:2.5:14875]	60		Σχήμα 4.17
CMP_partial_7	V _{int}	[0:0.001:8001]	[250:2.5:14875]	90		Σχήμα 4.18

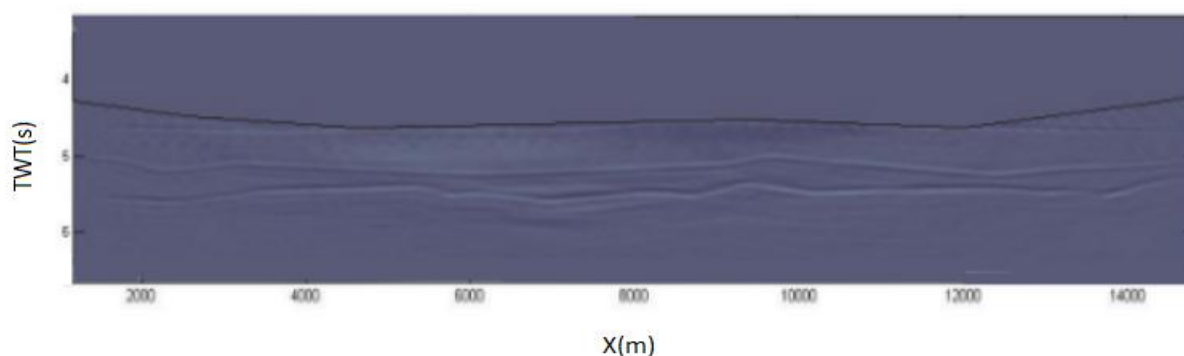
- *Kirchoff Migration*



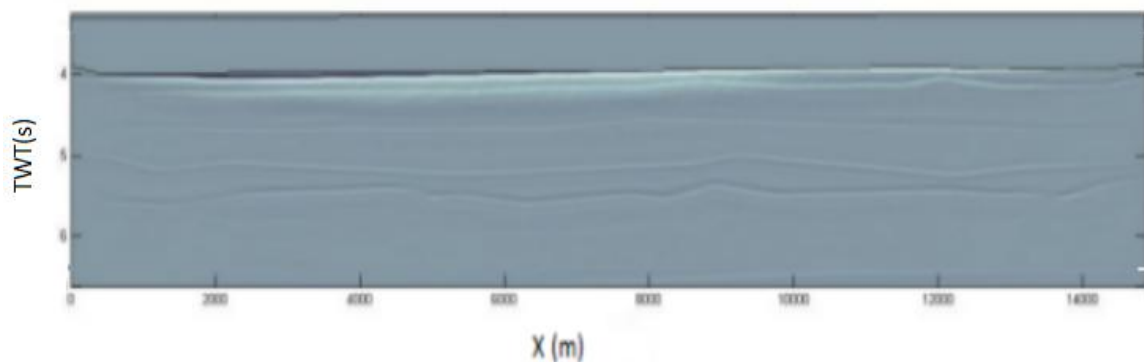
Σχήμα 4.9: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Kirchhoff, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση βρέθηκε να περιλαμβάνει 2000 ίχνη ενώ η μέγιστη κλίση είναι 60 μοίρες.



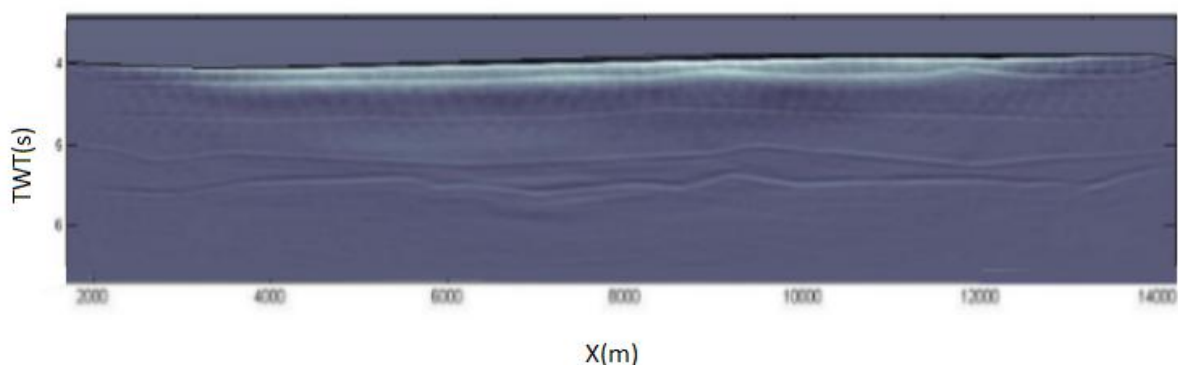
Σχήμα 4.10: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Kirchhoff, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση σε αυτήν την τομή βρέθηκε να περιλαμβάνει 2000 ίχνη ενώ η μέγιστη κλίση είναι 90 μοίρες.



Σχήμα 4.11: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Kirchhoff, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση περιλαμβάνει 5000 ίχνη και η μέγιστη κλίση είναι 90 μοίρες.



Σχήμα 4.12: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Kirchhoff, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση περιλαμβάνει όλο το εύρος ιχνών ενώ η μέγιστη κλίση είναι 90 μοίρες.

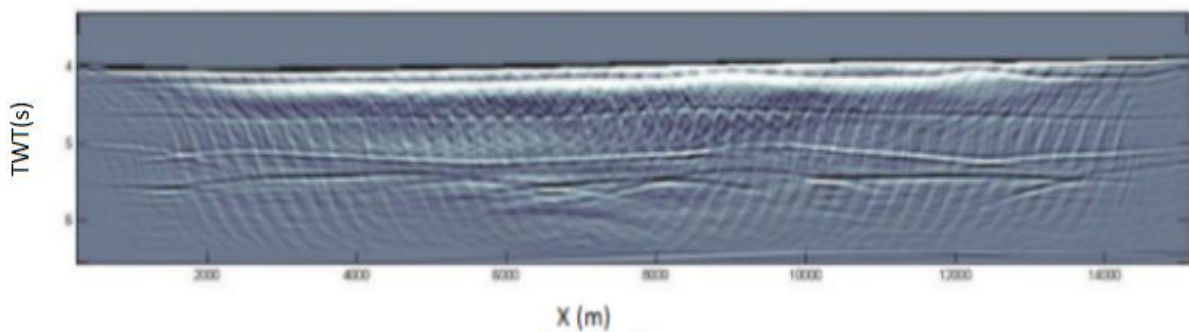


Σχήμα 4.13: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Kirchhoff, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση βρέθηκε να περιλαμβάνει όλο το εύρος ιχνών ενώ η μέγιστη κλίση είναι 60 μοίρες.

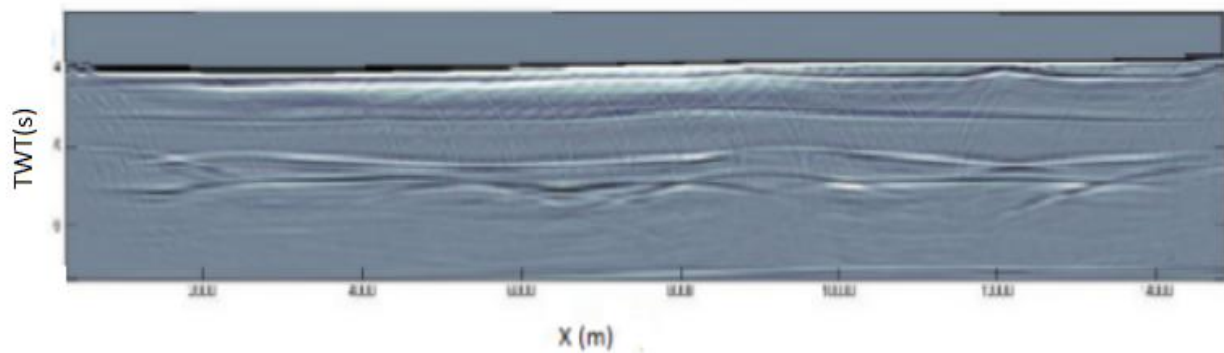
Από το Σχήμα 4.9 έως και το Σχήμα 4.13, απεικονίζονται οι τομές σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο Kirchhoff. Στο Σχήμα 4.9 και Σχήμα 4.10, το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια διεύθυνση βρέθηκε να περιλαμβάνει 2000 ίχνη και η μέγιστη κλίση 60° και 90° αντίστοιχα. Στο Σχήμα 4.11 απεικονίζεται η σεισμική χωροθέτηση κατά Kirchhoff και το εύρος περίθλασης περιλαμβάνει 5000 ίχνη ενώ η μέγιστη γωνία κλίσης είναι 90°. Στα Σχήματα 4.12 και 4.13 απεικονίζονται οι τομές σεισμικής υπέρθεσης κατά Kirchhoff με το παράθυρο χωροθέτησης στην οριζόντια

διεύθυνση να περιλαμβάνει όλο το εύρος των ιχνών ενώ οι μέγιστες κλίσεις ισούνται με 60° και 90° αντίστοιχα και όπως παρατηρούμε οι περιθλάσεις δεν εμφανίζονται τόσο έντονα και οι ανακλαστήρες είναι ευδιάκριτοι.

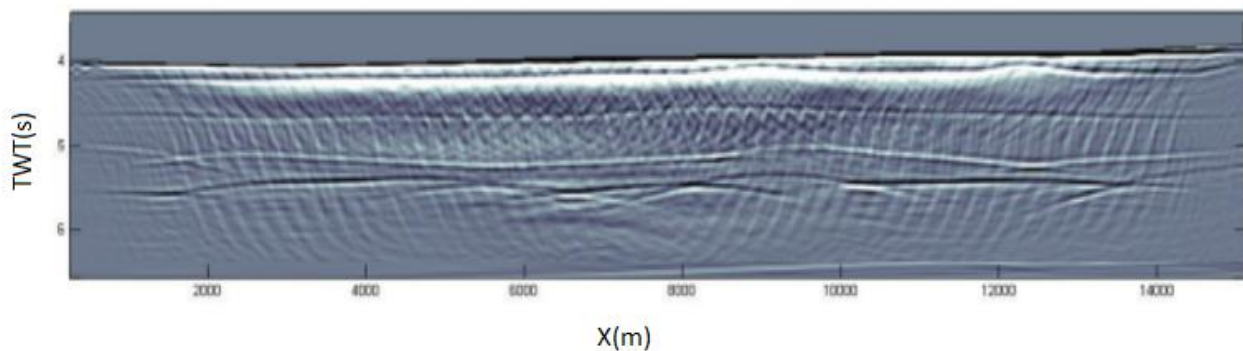
- ***Finite Difference Migration***



Σχήμα 4.14: Τομή σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών το βήμα υπολογισμού κυματικού πεδίου είναι 4 ms.



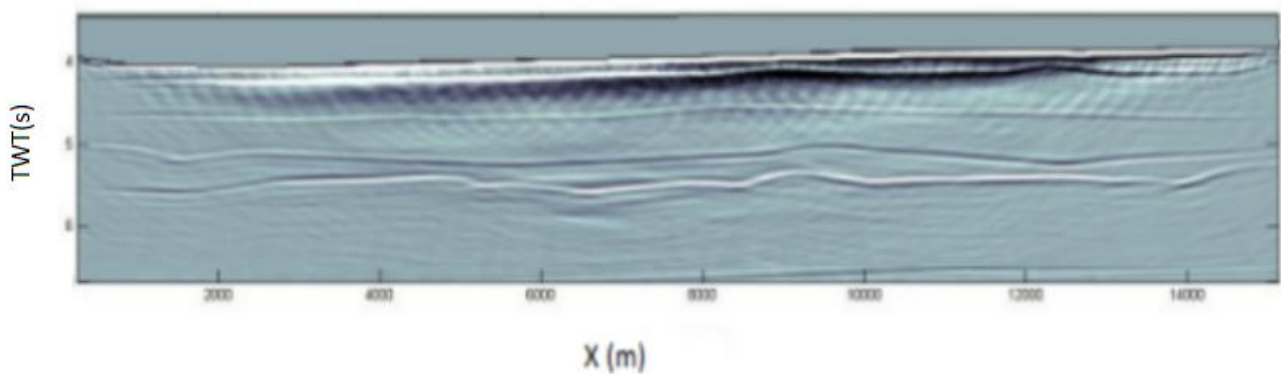
Σχήμα 4.15: Τομή σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών και το βήμα υπολογισμού κυματικού πεδίου είναι 2 ms.



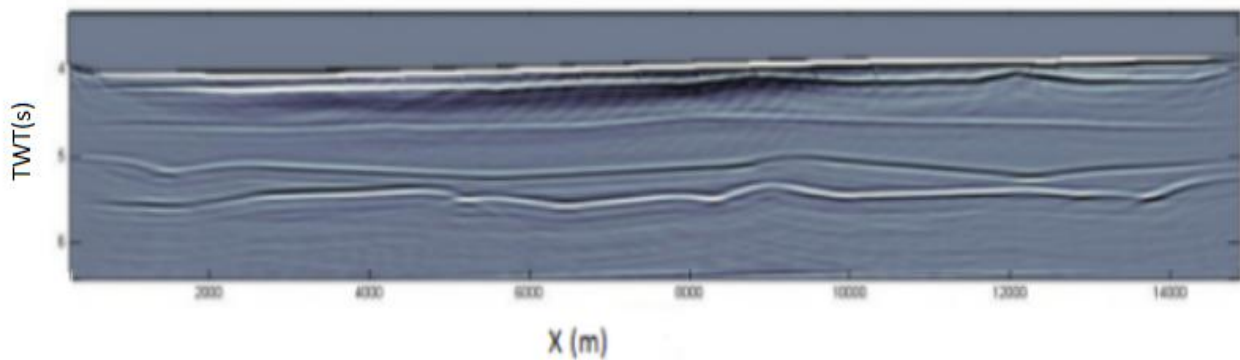
Σχήμα 4.16: Τομή σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών, το βήμα υπολογισμού κυματικού πεδίου είναι 8 ms.

Παραπάνω απεικονίζονται οι τομές σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Διαφορών (Σχήμα 4.14, 4.15, 4.16), όπου παρατηρούμε ότι οι ανακλαστήρες δεν φαίνονται ευδιάκριτα και οι περιθλάσεις δεν έχουν εξαφανιστεί.

- ***Phase Shift Migration***



Σχήμα 4.17: Τομή χωροθέτησης με τη μέθοδο Phase Shift στην οποία επιλέχθηκε η μέγιστη κλίση χωροθέτησης να είναι 60 μοίρες.

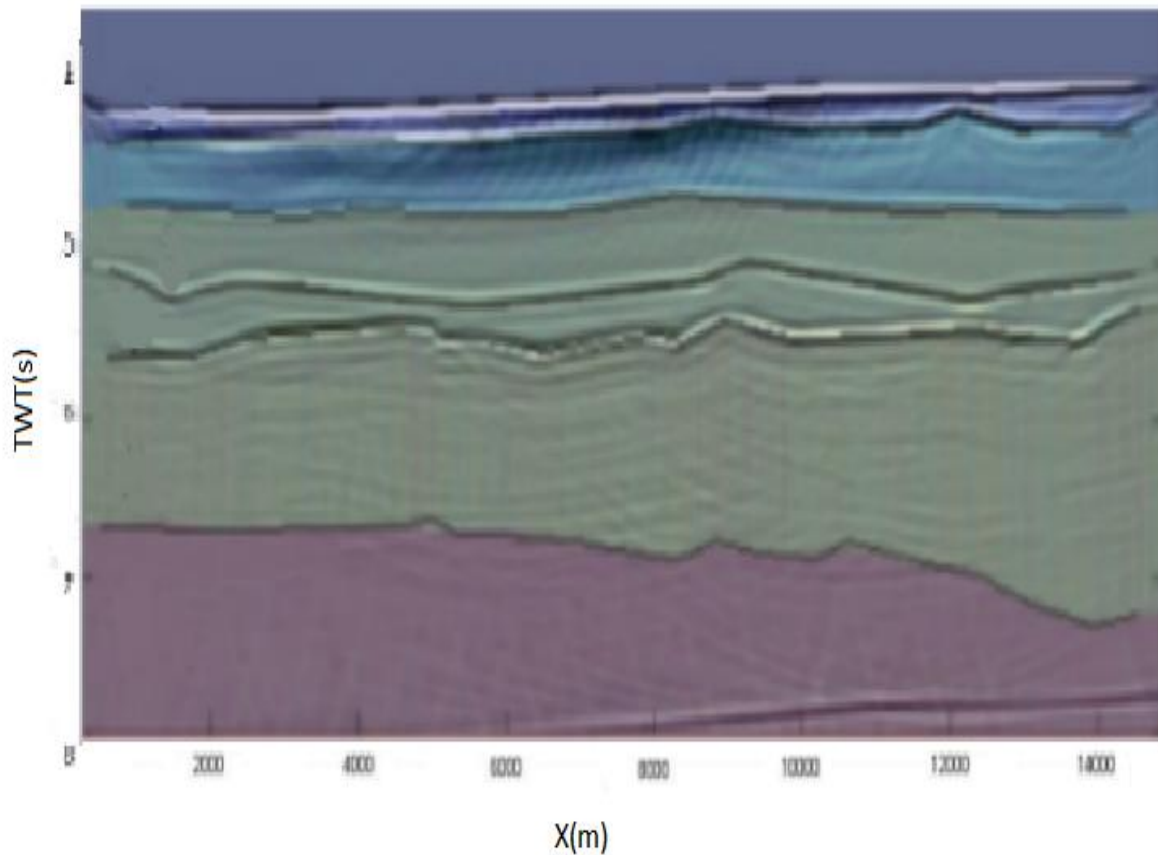


Σχήμα 4.18: Τομή σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο Phase Shift στην οποία επιλέχθηκε η μέγιστη κλίση χωροθέτησης να είναι 90 μοίρες.

Παραπάνω (Σχήμα 4.18, Σχήμα 4.17), απεικονίζονται οι τομές σεισμικής χωροθέτησης με τη μέθοδο Phase Shift, απαλλαγμένες από περιθλάσεις όπως επίσης και ευδιάκριτες επιφάνειες ανάκλασης.

Συσχέτιση αποτελεσμάτων των μεθόδων σεισμικής χωροθέτησης με το μοντέλο τμηματικών ταχυτήτων.

Για να γίνει η αξιολόγηση των σεισμικών τομών χωροθέτησης υπερτέθηκε επί αυτών το μοντέλο ταχυτήτων, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των συνθετικών δεδομένων. Η σεισμική τομή χωροθέτησης που φαίνεται να δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα απαλλαγμένη από περιθλάσεις και με τις επιφάνειες ανάκλασης, οι οποίες φαίνεται να εφάπτονται πλήρως με τις διαχωριστικές επιφάνειες του σεισμικού μοντέλου είναι η μέθοδος χωροθέτησης στο χώρο συχνότητας-κυματάριθμου.



Σχήμα 4.19: Τομή σεισμικής χωροθέτησης Phase Shift "PS90" σε σύγκριση με το σεισμικό μοντέλο.

Στο Σχήμα 4.19 απεικονίζεται η σεισμική τομή χωροθέτησης στο χώρο συχνότητας κυματάριθμου. Η συγκεκριμένη μέθοδος σε σχέση με τις υπόλοιπες δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα καθώς όπως παρατηρείται μπορούμε να διακρίνουμε τα 6 από τα επτά στρώματα πράγμα που αποδεικνύει ότι οι ανακλαστήρες με τις αντίστοιχες διεπιφάνειες του μοντέλου ταχύτητας έχουν πάρα πολύ καλή προσαρμογή χωρίς να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε μεταβολή στις αρχικές τιμές των ταχυτήτων που χρησιμοποιήθηκαν όπως π.χ. υπερχωροθέτηση ή υποχωροθέτηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αφού πραγματοποιήθηκε η σεισμική χωροθέτηση και με τις τρεις μεθόδους (Kirchoff, Finite Difference, Phase Shift), η καλύτερη απεικόνιση δομών επιτεύχθηκε με τη μέθοδο Phase Shift (Σχήμα 4.18). Για το λόγο αυτό, έγινε η υπέρθεση της σεισμικής χωροθέτησης Phase Shift (Σχήμα 5.19) σε σχέση με τις τμηματικές ταχύτητες και με το γεωλογικό μοντέλο (Σχήμα 3.4) που χρησιμοποιήθηκε για τη παραγωγή των συνθετικών δεδομένων που φαίνεται ότι έχουν μεγάλες ομοιότητες.

Η μέθοδος χωροθέτησης κατά Kirchoff, προσέγγισε τα επιθυμητά αποτελέσματα στις σεισμικές τομές χωροθέτησης που περιλάμβαναν όλο το εύρος των ιχνών (Σχήμα 4.12, 4.13). Με τη μέθοδο των Πεπερασμένων Διαφορών δεν επιτεύχθηκε το επιθυμητό αποτέλεσμα αφού και στις τρεις δοκιμές (Σχήμα 4.14, 4.15, 4.16) που έλαβαν χώρα, οι περιθλάσεις παραμένουν.

Από τη σύγκριση λοιπόν των μεθόδων που εφαρμόστηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας ως βέλτιστη τομή χωροθέτησης κρίνεται η μέθοδος στο χώρο συχνότητας-κυματάριθμου.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαφείδης Αντώνιος, 2011, Εφαρμοσμένη Γεωφυσική Ι, Σεισμικές μέθοδοι, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Ρέππας Δημήτριος, 2016, Επεξεργασία συνθετικών δεδομένων σεισμικής ανάκλασης για την περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου, διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Καπακτσή Παρασκευή, 2018, Επεξεργασία συνθετικών δεδομένων σεισμικής ανάκλασης για περιοχή του Βορείου Ιονίου Πελάγους, διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Παγιαλάκης Μιχάλης, 2014, Προσομοίωση δεδομένων σεισμικής ανάκλασης για το σχεδιασμό διασκόπησης στο θαλάσσιο χώρο του Πατραϊκού κόλπου, διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Λάιος Ιωάννης, 2017, Επεξεργασία δεδομένων σεισμικής ανάκλασης στη θαλάσσια περιοχή δυτικά της Αιτωλοακαρνανίας, διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Χριστίδη Λουίζα, 2019, Σχεδιασμός πειράματος σεισμικής ανάκλασης για την απεικόνιση του υπεδάφους σε περιβάλλον βαθιάς θάλασσας Νότια της Κρήτης, διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης.

ΠΕΠ Αττικής, 2014, Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κατσικάτσος Γεώργιος, 1992, Γεωλογία της Ελλάδος

Μουντράκης, Δ., 1985, Γεωλογία της Ελλάδας.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

O. Yilmaz, 1987, Seismic data processing, Society of exploration Geophysicists.

P. Andronikidis, N., Kokinou, E., Vafidis, A., Kamberis, E. and Manoutsoglou, E., 2017, Deformation patterns in the southwestern part of the Mediterranean Ridge (South Matapan Trench, Western Greece), Journal of Marine Geophysical Research, doi: 10.1007/s11001-017-9337-0.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://www.geo.auth.gr/museum/MammalFiles/Paxon.pdf>

<http://www.xsgeo.com/course/index.htm>

<https://www.orykta.gr/geologia-oryktologia/geologia-elladas>

<https://nemertes.lis.upatras.gr>

<https://eclass.upatras.gr/modules/units/?course=GEO356&id=5622>