

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΝΕΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΕ
ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΗ ΓΕΩΜΑΖΑ**



Εκπόνηση : Πάλλα Ελευθερία

Επιβλέπων : Κωστόπουλος Σπυριδων, Αναπλ. Καθηγητής ΠΘ

**ΒΟΛΟΣ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2007**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5865/1
Ημερ. Εισ.: 10-10-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2007
ΠΑΛ

Η εργασία αυτή αφιερώνεται
ολόψυχα στην οικογένειά μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να υποβάλλω τις ευχαριστίες μου στον κ. Κωστόπουλο Σ., Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ο οποίος είχε την ιδέα για το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για την υπολογιστική διερεύνηση του θέματος, καθώς και για την σημαντική του βοήθεια στην διαμόρφωση και την παρουσίαση του κειμένου.

Αναμφίβολα καθοριστική ήταν η συμβολή του κ. Ντακούλα Π., Επίκουρο Καθηγητή ΠΘ, η οποία συνετέλεσε στον προσδιορισμό της τελικής μορφής του αναλυτικού προσομοιώματος και συνέβαλε στον εντοπισμό σφαλμάτων και την διόρθωσή τους. Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Παπαδημητρίου Α., Λέκτορα Καθηγητή ΠΘ, για την ηθική στήριξη και την επικοδομική συνεργασία του. Τέλος, σημαντική ήταν η παρουσία του επιστημονικού συνεργάτη κ. Καττή Ν. για τη διάθεση του πολύτιμου χρόνου και την συμβολή του στην ερευνητική κυρίως διαδικασία της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα θεωρείτο σημαντική παράλειψη να μην αναφερθώ σε όλους τους Καθηγητές του Τμήματος των Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, οι οποίοι παρείχαν πολύτιμες γνώσεις και συμβουλές κατά την διάρκεια της φοιτήσεώς μου με αποτέλεσμα την άψογη κατάρτισή μου.

Θερμά ευχαριστώ, την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχε με κάθε δυνατό τρόπο για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	
2.1	Γενική Διάταξη του έργου (τεχνική έκθεση της ΕΟΑΕ Α.Ε.)..	3
2.2	Γενική δομή της γεωμάζας.....	4
2.3	Γεωτεχνικές διασκοπήσεις.....	6
2.3.1	Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις.....	6
2.3.2	Ερευνητικά φρέατα.....	7
2.3.3	Στατικές Πενетроμετρήσεις.....	7
2.3.4	Εργαστηριακές δοκιμές.....	8
2.3.5	Αποτελέσματα της διασκοπήσης.....	8
2.4	Γεωτεχνική μελέτη.....	10
2.5	Οργανομετρήσεις.....	16
2.6	Τεχνικά έργα.....	19
3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	
3.1	Γενικές έννοιες.....	21
3.2	Μέθοδος προσδιορισμού των καθιζήσεων.....	23
3.2.1	Οργανομετρήσεις για την μελέτη των παραμορφώσεων του εδάφους θεμελίωσης.....	23
3.2.2	Προσδιορισμός της τελικής καθίζησης μιας συμπιεστής στρώσης.....	23
3.2.3	Περιγραφή.....	25
3.2.4	Συμπεράσματα.....	26
4.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ	
4.1	Εισαγωγή.....	28
4.2	Διακριτοποίηση του προβλήματος.....	30
5.	ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ	
5.1	Εισαγωγή.....	36
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

- Παράρτημα Α : Απεικόνιση καθίζησης μαρτύρων
- Παράρτημα Β : Υπολογισμοί Καθιζήσεων Νέου Επιχώματος με Θεωρία Ελαστικότητας
- Παράρτημα Γ : Απεικόνιση Αποτελεσμάτων “Καθιζήσεων – Βάθος”
- Παράρτημα Δ : Απεικόνιση Αποτελεσμάτων “Καθιζήσης – Ύψους Επιχώματος”
- Παράρτημα Ε : Απεικόνιση Αποτελεσμάτων “Συνίζησης – Ύψους Επιχώματος”
- Παράρτημα ΣΤ: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Αριθμητικού Προσομοιώματος Πεδίων Μετατοπίσεων και Τάσεων
- Παράρτημα Ζ : Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Αριθμητικού Προσομοιώματος Ισοβαρών Ορθών και Διατμητικών Τάσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την κριτική αξιολόγηση των γεωτεχνικών οργανομετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο Τμήμα 5.3 (Κουλούρα – Βέροια) της ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ (ΕΟΑΕ Α.Ε.) και αφορούν στην θεμελίωση των πρόσθετων επιχωμάτων που κατασκευάστηκαν με στόχο την διεύρυνση του οδοστρώματος.

Ειδικότερα, αξιολογήθηκε κριτικά το σύνολο των υπαρχόντων γεωτεχνικών δεδομένων, δηλαδή των παλαιότερων όσο και των πλέον πρόσφατων γεωτεχνικών διασκοπήσεων (εργασίες υπαίθρου, επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές), σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα οργανομετρήσεων, στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν εν συνεχεία σε σειρά ανάστροφων αναλύσεων του συστήματος “Θεμελίωση νέου Επιχώματος – Φέρουσα Γεωμάζα” με χρήση της μεθόδου των Πεπερασμένων Διαφορών και στην βάση διαφόρων προσομοιωμάτων καταστατικής συμπεριφοράς μέσω του κώδικα FLAC-2D. Στόχος των αναλύσεων αυτών ήταν η κατά το δυνατόν σύμπτωση των μετακινήσεων που μετρήθηκαν επί τόπου (καθιζήσεις) με εκείνες που προέκυψαν αναλυτικά, ώστε να αποκαλυφθούν οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης μεταξύ επιχώματος – φέρουσας γεωμάζας (πεδία τάσεων και μετακινήσεων, ζώνες συγκέντρωσης παραμορφώσεων, κλπ).

Σε πρώτη φάση έγινε επίλυση του προσομοιώματος ολικής απεικόνισης του νέου επιχώματος, “με μονόπλευρη διαπλάτυνση της υφιστάμενης οδού”, σε όλο το ύψος του. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκαν επιλύσεις του ως άνω προσομοιώματος με τμηματική κατασκευή της μονόπλευρης διαπλάτυνσης καθ’ ύψος. Η διαφοροποίηση αυτή έγινε για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στις τιμές των υπολογιζόμενων καθιζήσεων με τη βοήθεια του κώδικα Flac 2D απ’ ότι με χρήση της θεωρίας ελαστικότητας (Μέθοδος Asaoka).

Ως βάση των επιλύσεων χρησιμοποιήθηκαν οι γεωτεχνικές παράμετροι σχεδιασμού που αναφέρονται στην σχετική τεχνική έκθεση της ΕΟΑΕ Α.Ε.. Η

έκθεση αυτή καταλήγει σε προτάσεις και μετέπειτα αποφάσεις για τον βέλτιστο τρόπο θεμελίωσης όλων των απαιτούμενων νέων έργων.

Με δεδομένο ότι το σύνολο του υφιστάμενου τμήματος είναι κατασκευασμένο σε επίχωμα προ 20 – 25 ετών, ο τελικός γεωμετρικός σχεδιασμός του έργου συνίστατο σε νέα έργα τα οποία συνιστούν, ως ελέχθη, μονόπλευρη διαπλάτυνση της υφιστάμενης οδού. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα υπάρχοντα τεχνικά έργα (οχετοί, κάτω διαβάσεις, γέφυρες κλπ) απλώς επεκτείνονται και παραμένει αναλλοίωτη η μορφή του φορέα τους. Δεν εξετάσθηκε εδώ η συμπεριφορά των τεχνικών και η αξιολόγηση πιθανών τους προβλημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

2.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

2.1 Γενική διάταξη του έργου (τεχνική έκθεση της ΕΟΑΕ Α.Ε.)

Η γεωτεχνική διασκόπηση που εκτελέστηκε στη περιοχή κατασκευής του έργου από την ΕΟΑΕ Α.Ε. είχε τους εξής στόχους :

- ❖ διαπίστωση της στρωματογραφίας του εδάφους
- ❖ καταγραφή της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα
- ❖ προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών παραμέτρων των εδαφικών στρώσεων στην θέση κατασκευής του έργου.

Εν συνεχεία, στην βάση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, αποφασίσθηκε ο τρόπος υλοποίησης κατασκευής των επιχωμάτων, με στόχο το καλύτερο δυνατό ενιαίο αποτέλεσμα με το χαμηλότερο κόστος.

Σύμφωνα με την οριστική μελέτη οδοποιίας, τα νέα επιχώματα τα οποία κατασκευάζονται στο υπό μελέτη τμήμα 5.3 της Εγνατίας Οδού (Κουλούρα – Βέροια) έχουν μήκος 9km περίπου. Το πλάτος της επέκτασης είναι της τάξεως των 11.0m στη στέψη του επιχώματος (μονόπλευρη διαπλάτυνση), ενώ η κλίση του πρανούς διατηρείται στο 3 : 2 (οριζόντιο : κατακόρυφο), όπως δηλαδή και στο πρανές της υφιστάμενης οδού. Επίσης, προβλέπεται και κάποια διαφοροποίηση της ερυθράς μεταξύ υφιστάμενου και τελικού επιχώματος, η οποία όμως δεν είναι σημαντική.

Το ύψος του επιχώματος (υφιστάμενου και πρόσθετου) σε όλο το μήκος της χάραξης κυμαίνεται γενικώς μεταξύ 4.00m έως 7.00m, και κατά μέσον όρον 5m. Η κατασκευή της επέκτασης της υφιστάμενης οδού, δηλαδή η δημιουργία του νέου επιχώματος, αναμένεται λοιπόν να επιβάλλει σημαντικά πρόσθετα φορτία στο υπέδαφος, λόγω του σχετικώς μεγάλου ύψους των επιχωμάτων, με αποτέλεσμα την πρόκληση σημαντικών ενδεχομένως καθιζήσεων, οι οποίες θα επηρεάσουν το ήδη υπάρχον επίχωμα. Επομένως, το μέγεθος των

αναμενόμενων καθιζήσεων κρίνεται πολύ σημαντική παράμετρος για την θεμελίωση των νέων έργων .

Έγινε έλεγχος της φέρουσας ικανότητας του στρώματος έδρασης για το συνολικό επίχωμα, το οποίο θεωρείται ως λωρίδα απείρου μήκους, φορτιζόμενη ομοιόμορφα με το ίδιο βάρος του επιχώματος, ενώ θεωρήθηκε και φορτίο κυκλοφορίας 20KPa σε όλο το πλάτος του καταστρώματος.

Τέλος, έγινε η δυσμενής παραδοχή ότι το αργιλικό επιφανειακό στρώμα (μικρότερης αντοχής σε σχέση με τους υποκείμενους αδρομερείς σχηματισμούς), εκτείνεται σε ικανό βάθος, και εν τέλει η θραύση συντελείται εντός του επιφανειακού στρώματος.

2.2 Γενική δομή της γεωμάζας

Από άποψη μορφολογίας η περιοχή είναι σχεδόν επίπεδη και συντίθεται από ποτάμια και χερσαίες αποθέσεις. Η κοκκομετρική τους διαβάθμιση χαρακτηρίζεται ως μεταβαλλόμενη από θέση σε θέση, γεγονός αναμενόμενο λόγω του είδους του σχηματισμού, καθώς και της μεγάλης έκτασης της υπό μελέτη περιοχής. Σύμφωνα με πληροφορίες που συλλέχθηκαν, το σώμα του επιχώματος της υφιστάμενης οδού έχει κατασκευασθεί από αμμοχάλικα, τα οποία απολήφθηκαν από την κοίτη του ποταμού Αλιάκμονα.

Κατ' αρχάς έγινε διαχωρισμός των λεπτομερών σχηματισμών (άργιλοι, ιλύες) από τους αδρομερείς (άμμοι, χάλικες) και εν συνεχεία, λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα των στατικών πενетроμετρήσεων καθώς και των εργαστηριακών δοκιμών, συντάχθηκε η γεωλογική μηκοτομή κατά μήκος της χάραξης.

Ο διαχωρισμός σε ευρείες στρωματογραφικές ενότητες εμπεριέχει κάποιες αβεβαιότητες, αφ' ενός μεν διότι οι γεωτεχνικές διασκοπήσεις είναι σημειακές ενώ η έκταση της υπό έρευνα και μελέτη περιοχής είναι μεγάλη, και αφ'

ετέρου λόγω των παρατηρουμένων εναλλαγών λεπτομερών–αδρομερών ενστρώσεων.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι τα όρια των σχηματισμών δεν μπορούν παρά να επιλεγούν ενδεικτικά, επισημαίνοντας ότι η προτεινόμενη στρωματογραφία αποδίδει αντιπροσωπευτική εικόνα των εδαφικών συνθηκών της περιοχής, δεδομένου ότι πέραν των γεωλογικών κριτηρίων και της κοκκομετρικής διαβάθμισης έχουν ληφθεί υπόψιν και οι γεωτεχνικές παράμετροι των στρωμάτων, όπως αυτές προέκυψαν από τις επί τόπου και εργαστηριακές δοκιμές.

Οι ιδιότητες των σχηματισμών προσδιορίστηκαν αξιολογώντας τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και των στατικών πεντρομετρήσεων ανάλογα με τον εκάστοτε σχηματισμό που έπρεπε να προσδιορισθεί κάθε φορά. Με την βοήθεια αυτών προέκυψαν τα φυσικά χαρακτηριστικά, οι παράμετροι διατμητικής αντοχής και τα χαρακτηριστικά συμπίεστότητας των επιμέρους σχηματισμών.

Στο υποτμήμα που μελετάται, από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 8+820, η περιοχή συνίσταται γενικώς από αργιλοϊλύες με άμμο και ελάχιστους χάλικες, με αποτέλεσμα οι αναμενόμενες καθιζήσεις να πραγματοποιούνται με βραδεία εξέλιξη. Επιπλέον, λόγω της μορφής του επιβαλλόμενου φορτίου, πρόσθετες καθιζήσεις αναμένεται να εκδηλωθούν και στην ζώνη κάτω από το σώμα του υφιστάμενου επιχώματος. Σε μία διατομή κάθετη προς τον άξονα του αυτοκινητόδρομου το μέγεθος των αναμενόμενων καθιζήσεων θα μεταβάλλεται από θέση σε θέση, και οι μέγιστες καθιζήσεις, της τάξεως των 20cm, αναμένεται να εκδηλωθούν περί το μέσον του τμήματος όπου το πρόσθετο επίχωμα έχει το μέγιστο ύψος.

Η δομή αυτή του υπεδάφους εκτείνεται εις βάθος μεγαλύτερο των 25m, το οποίο είναι και το μέγιστο βάθος γεωτεχνικής διασκόπησης. Πάντως, το υπέδαφος μετά το βάθος των 14m παρουσιάζει βελτιωμένα χαρακτηριστικά

συμπιεστότητας, ενώ κατά μήκος της χάραξης παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην στρωματογραφία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά αντοχής και συμπιεστότητας των συναντώμενων στρωμάτων.

2.3 Γεωτεχνικές διασκοπήσεις

Βάσει της τεχνικής έκθεσης της ΕΟΑΕ Α.Ε. στην περιοχή κατασκευής των έργων δεν υπάρχουν διαθέσιμα και επαρκή γεωτεχνικά στοιχεία. Για την εκτέλεση γεωτεχνικών οργανομετρήσεων προτάθηκε συγκεκριμένο πρόγραμμα ερευνών, το οποίο είχε ως στόχο την λεπτομερέστερη διατύπωση της στρωματογραφίας, δηλαδή πύκνωση της διασκόπησης σε περιοχές όπου κρίθηκε απαραίτητο και προσδιορισμό των μηχανικών-φυσικών χαρακτηριστικών των εδαφικών στρώσεων.

Η γεωτεχνική διασκόπηση που έλαβε χώραν στο υπό μελέτη τμήμα περιελάμβανε την ανόρυξη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, την διάνοιξη ερευνητικών φρεάτων, καθώς και την εκτέλεση στατικών πενетроμετρήσεων. Αποκτήθηκαν έτσι τα κατάλληλα γεωτεχνικά δεδομένα για τον σχεδιασμό της θεμελίωσης των έργων σε φάση οριστικής μελέτης και τον χαρακτηρισμό των εσκαπόμενων εδαφικών υλικών.

2.3.1 Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις

Οι εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν την ανόρυξη ένδεκα (11) δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και βάθος έρευνας κυμαινόμενο μεταξύ 20.0m και 25.0m, το οποίο αποτελεί το μέγιστο βάθος γεώτρησης.

Η ανόρυξη των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων έγινε με συνεχή δειγματοληψία σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. Ε 101-83) από την εταιρεία B. VORMANN GmbH & Co KG. Η επίβλεψη της εκτέλεσης των γεωτρήσεων ανατέθηκε από την ΕΟΑΕ Α.Ε. στην GEOPLAN Ε.Π.Ε..

Για την ανόρυξη των γεωτρήσεων χρησιμοποιήθηκαν δύο δειγματοληπτικά υδραυλικά και περιστροφικά γεωτρήματα, τύπου LONGYEAR-34 (σχ. 2.1) και CRAELIUS D-750 (σχ. 2.2), φερόμενα επί φορτηγού αυτοκινήτου.



Σχήμα 2.1 Εικόνα του LONGYEAR-34



Σχήμα 2.2 Εικόνα του Craelius D-750

Για τον προσδιορισμό της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και την μακροχρόνια παρακολούθηση της διακύμανσης της στάθμης των υπόγειων υδάτων, τοποθετήθηκαν σε όλες τις γεωτρήσεις πιεζόμετρα και φιλτροσωλήνες έως το μέγιστο βάθος έρευνας κάθε γεώτρησης.

2.3.2 Ερευνητικά Φρέατα

Οι εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν επίσης και την διάνοιξη τριάντα έξι (36) ερευνητικών φρεάτων (TP 1 έως TP 36) με βάθος έρευνας κυμαινόμενο μεταξύ 1.50m και 4.20m.

Η διάνοιξη των ερευνητικών φρεάτων έγινε σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Ε 101-83) από την εταιρεία B. VORMANN GmbH & Co KG, η δε επίβλεψή τους ανατέθηκε από την ΕΟΑΕ στην GEOPLAN Ε.Π.Ε..

2.3.3 Στατικές Πενетроμετρήσεις

Οι εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν επιπλέον και την εκτέλεση είκοσι τριών (23) στατικών πεντρομετρήσεων (CPT) με βάθος έρευνας κυμαινόμενο

μεταξύ 3.60m και 30.20m. Η δοκιμή εκτελείτο μέχρι να παρατηρηθεί άρνηση σε διείσδυση.

Η εκτέλεση των στατικών πενетроμετρήσεων έγινε σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Ε 105-86) από την εταιρεία ΓΕΟΓΝΩΣΗ, η δε επίβλεψή τους ανατέθηκε από την ΕΟΑΕ στην ΓΕΟPLAN Ε.Π.Ε..

Οι στατικές πενетроμετρήσεις εκτελέσθηκαν με αυτοκινούμενο πεντρόμετρο 20t τύπου Α.ρ. van den Berg με υψηλή διεισδυτική ικανότητα. Μέσω αυτής της δοκιμής καταγράφηκε η αντίσταση αιχμής q_c , η τοπική πλευρική τριβή f_s και υπολογίσθηκε ο λόγος τριβής : $R_f=f_s/q_c$.

2.3.4 Εργαστηριακές δοκιμές

Συνολικά εκτελέσθηκαν οι ακόλουθες δοκιμές :

- δοκιμές κατάταξης (57)
- δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης (12)
- δοκιμές απ' ευθείας διάτμησης τύπου UU (9)
- δοκιμές απ' ευθείας διάτμησης τύπου CU (9)
- δοκιμές αξονομετρικής συμπίεσης τύπου CUPP (8)
- δοκιμές αξονομετρικής συμπίεσης τύπου UU (4)
- δοκιμές στερεοποίησης (26)

Οι δοκιμές εκτελέσθηκαν σύμφωνα με τις ισχύουσες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ε 105-86), με σκοπό την κατάταξη των εδαφικών σχηματισμών, τον προσδιορισμό των φυσικών χαρακτηριστικών, τον προσδιορισμό των παραμέτρων διατμητικής αντοχής και την εκτίμηση των παραμέτρων συμπίεστότητας.

2.3.5 Αποτελέσματα της διασκόπησης

Τα φυσικά χαρακτηριστικά του σχηματισμού αυτού ως προς την συνεκτικότητα είναι τα εξής :

- Όριο Υδαρότητας (W_L) : 34.2 %

- Όριο Πλασ(τ)ιμότητας (W_p) : 20.1 %
- Δείκτης Πλασ(τ)ιμότητας (PI) : 14.1 %
- Φυσική Υγρασία (w) : 24.14 %
- Ξηρό Ειδικό Βάρος (γ_d) : 15.83 KN/m³
- Ειδικό Βάρος γαιών (γ) : 19.78 KN/m³
- Ειδικό Βάρος στερεών (G_s) : 26.69 KN/m³

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά της μελετώμενης περιοχής προσδιορίστηκαν μέσω δοκιμών απ' ευθείας διάτμησης (τύπου UU και CU), δοκιμών αξονομετρικής συμπίεσης (τύπου UU και CUPP) και δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης. Οι προτεινόμενες από την μελέτη τιμές σχεδιασμού των παραμέτρων διατμητικής αντοχής είναι οι ακόλουθες :

- Γωνία διατμητικής αντοχής : $\Phi = 20^\circ$
- Συνοχή : $c = 40\text{KPa}$

Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών **SPT** προέκυψαν τα ακόλουθα :

- Αριθμός κρούσεων / 30cm : $N_{SPT} = 2-24$ με μέση τιμή $N_{SPT} = 8$
- Μέτρο συμπίεστότητας : $E_S = 12 + 5.8 \cdot N_{SPT}$ (kg/cm²)
→ $E_S \approx 6000\text{KPa}$ (κατά Meurenbach)
- Αστράγγιστη διατμητική αντοχή : $c_u = 0.062 \cdot N_{SPT}$ (kg/cm²)
→ $c_u \approx 50\text{KPa}$ (κατά Terzaghi/Peck)

Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών **CPT** προέκυψαν τα ακόλουθα :

- Αντίσταση αιχμής : $q_c = 3500 - 6000\text{KPa}$
→ $q_c \approx 4000\text{KPa}$
- Μέτρο συμπίεστότητας : $E_S \approx 6000\text{KPa}$ (κατά Sanglerat)

Μετά από ανάλυση των παραμέτρων συμπίεστικότητας από εργαστηριακές και επί επιτόπου δοκιμές (**SPT, CPT**), η προτεινόμενη τιμή σχεδιασμού του μέτρου συμπίεστικότητας του σχηματισμού είναι :

$E_s = 5\text{MPa}$ για βάθος $< 14\text{m}$, και $E_s = 9\text{MPa}$ για βάθος $> 14\text{m}$.

2.4 Γεωτεχνική μελέτη

Επειδή κατά μήκος της χάραξης παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην στρωματογραφία, στα μηχανικά χαρακτηριστικά των συναντώμενων στρωμάτων καθώς και στο ύψος του επιχώματος, άρα και στο επιβαλλόμενο φορτίο, το μέγεθος των αναμενόμενων καθιζήσεων αναμένεται να διαφέρει σημαντικά από θέση σε θέση. Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι ο σχεδιασμός της θεμελίωσης των νέων έργων δεν θα μπορούσε να είναι ενιαίος για όλο το υπό μελέτη τμήμα. Για τον λόγο αυτόν η θεμελίωση των επιχωμάτων σχεδιάστηκε κεχωρισμένα για κάθε ένα από τα υποτμήματα της χάραξης.

Σε κάθε υποτμήμα έγινε εκτίμηση των αναμενόμενων καθιζήσεων λόγω του φορτίου του πρόσθετου επιχώματος, θεωρώντας το μέσο ύψος και το μέσο πλάτος επέκτασης της αρτηρίας κάθε υποτμήματος, σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία από την μελέτη οδοποιίας. Η ως άνω παραδοχή θεωρείται ότι οδηγεί σε αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα, δεδομένου ότι το ύψος και το πλάτος του πρόσθετου επιχώματος δεν μεταβάλλονται σε βαθμό που να διαφοροποιεί σημαντικά τις εκτιμήσεις των καθιζήσεων κάθε υποτμήματος (σχ. 2.3).

Οι καθιζήσεις εκτιμήθηκαν αναλυτικά σε διάφορες θέσεις κατά πλάτος του νέου επιχώματος μέσω των αρχικών τάσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν εκτός των γεωστατικών και την επιρροή του υφιστάμενου επιχώματος. Επιπλέον, για κάθε υποτμήμα έγινε έλεγχος της φέρουσας ικανότητας στο συνολικό επίχωμα. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για λόγους πληρότητας της μελέτης, καθόσον η κρίσιμη παράμετρος σχεδιασμού των νέων επιχωμάτων είναι το

μέγεθος των καθιζήσεων. Θεωρήθηκε ότι το επίχωμα φορτίζεται ομοιόμορφα με το ίδιο βάρος του πλέον ένα φορτίο κυκλοφορίας 20 KPa σε όλο το πλάτος του καταστρώματος. Η δυσμενής παραδοχή ότι το επιφανειακό αργιλικό στρώμα εκτείνεται σε ικανό βάθος, ώστε η διατμητική θραύση να συντελείται μέσα σε αυτό, οδήγησε σε εκτίμηση του συντελεστή ασφάλειας με τιμή FS = 16.34. Ακόμη, διαπιστώνεται ότι οι παράμετροι διατμητικής αντοχής των επιφανειακών στρώσεων είναι επαρκείς, καθώς δεν έχουν επισημανθεί αστοχίες στο υφιστάμενο επίχωμα.

Σημειώνεται, κυρίως για λόγους πληρότητας, ότι στα επιμέρους υποτμήματα το επίχωμα θα πρέπει να παραμείνει για ορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να επιτελεσθεί τμήμα των αναμενόμενων καθιζήσεων λόγω στερεοποίησης. Το επίχωμα θα πρέπει να κατασκευασθεί έως την στάθμη 40 – 50 cm περίπου κάτω από την τελική στάθμη της αρτηρίας, ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό ύψος επιχώματος και να παραμείνει χωρίς κατασκευή της οδοστρωσίας για το απαιτούμενο χρονικό διάστημα. Όταν, σύμφωνα με τα ανωτέρω, οι εναπομένουσες καθιζήσεις είναι εντός των ανεκτών ορίων, το επίχωμα θα πρέπει να συμπληρωθεί και να κατασκευασθεί η οδοστρωσία (ασφαλτοτάπητας) μέχρι την τελικώς προβλεπόμενη στάθμη.

Δεδομένου ότι το μέγεθος των μέγιστων αναμενόμενων καθιζήσεων διαφέρει σημαντικά από τμήμα σε τμήμα, καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος για την επιτέλεσή των (ανάλογα με τη φύση του υπεδάφους), ο σχεδιασμός της θεμελίωσης των επιχωμάτων βασίσθηκε στα κατωτέρω αναφερόμενα κριτήρια, τα οποία θεσπίστηκαν από κοινού μεταξύ της GEOPLAN Ε.Π.Ε. (Μελετητή του έργου) με της ΕΟΑΕ Α.Ε. και είναι τα ακόλουθα :

- η μέγιστη μετακατασκευαστική υποχώρηση (εναπομένουσα καθίζηση μετά την κατασκευή της οδοστρωσίας) δεν θα υπερβαίνει τα 75mm
- το νέο επίχωμα, χωρίς την κατασκευή της οδοστρωσίας, μπορεί να παραμείνει ως έχει για χρονικό διάστημα έως ένα έτος το πολύ, ώστε να

επιτελεσθεί μέρος των αναμενόμενων καθιζήσεων και να μειωθούν οι μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις σε ανεκτά επίπεδα

- στις περιπτώσεις όπου η εφαρμογή των ως άνω μέτρων δεν επαρκεί, εξετάζεται η λήψη πρόσθετων μέτρων για την επιτάχυνση και απομείωση των καθιζήσεων, όπως αύξηση του πάχους της εξυγιαντικής στρώσης, προφόρτιση, τοποθέτηση κατακόρυφων στραγγιστηρίων κλπ.

Η τεχνική μελέτη του έργου αναφέρεται σε ενδεχόμενη υπέρβαση των αναμενόμενων καθιζήσεων της τάξεως των 75mm. Για τον λόγον αυτόν προτάθηκαν μέθοδοι απομείωσης των αναμενόμενων καθιζήσεων. Έγινε εκτίμηση του απαιτούμενου χρόνου για την επίτευσή των βάσει των αποτελεσμάτων των δοκιμών συμπίεσομέτρου, διαφοροποιώντας κάθε φορά τα πάχη εξυγιαντικής στρώσης 1.0m και 2.0m, τα ύψη προφόρτισης 1.0m και 2.0m, τον κάρναβο των κατακόρυφων στραγγιστηρίων, κλπ (πίν 2.1) · αναλυτικότερα παρουσιάζεται η εκτίμηση του χρόνου εξέλιξης των καθιζήσεων στον πίνακα 2.2 και στο σχήμα 2.3. Με την διαδικασία αυτή εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν το ασφαλές της κατασκευής, ο περιορισμός του χρόνου κατασκευής, και ο σχεδιασμός καθίσταται οικονομικότερος. Ο απαιτούμενος χρόνος για την επίτευξη ενός βαθμού στερεοποίησης είναι τέτοιος ώστε οι μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις να είναι εντός του προαναφερθέντος ορίου, δηλαδή των 75mm · είναι αυτός της τάξεως των 28 μηνών.

Στο υπομήμα του έργου το οποίο μελετήθηκε σε αυτή την εργασία έχουν τοποθετηθεί κατακόρυφα πλαστικά στραγγιστήρια έως το βάθος των 12m, σε τετραγωνικό κάρναβο πλευράς 4m, και σε συνδυασμό με εξυγιαντική στρώση πάχους 1m · είναι η πλέον ενδεδειγμένη λύση κατά την τεχνική μελέτη του έργου. Με αυτόν τον τρόπον αποφεύγονται οι εκσκαφές κάτω από την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, καθώς ελλαπτούται το κόστος των ενδεδειγμένων προφορτίσεων. Με την προτεινόμενη λύση αναμένεται επίτευξη του μεγαλύτερου τμήματος των αναμενόμενων καθιζήσεων σε διάστημα 5 – 6 μηνών μετά το πέρας των χωματουργικών εργασιών, πιθανώς

δε ενωρίτερα στην περίπτωση κατά την οποία οι μετρήσεις στους μάρτυρες παρακολούθησης των καθιζήσεων καταδείξουν ταχύτερους από τους αναμενόμενους ρυθμούς επιτέλεσης των καθιζήσεων.

Πίνακας 2.1 Απαιτούμενος χρόνος για στερεοποίηση
(Τμήμα από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 8+820)

Πάχος Στρώσης Εξυγίανσης (m)	Ύψος Προφόρτισης (m)	Κάναβος Στραγγιστηρίων		Απαιτούμενος χρόνος (μήνες)
		Τετραγωνικός Πλευράς (m)	Τριγωνικός Πλευράς (m)	
1.0		-	-	27.7
		5		9.2
		4		5.6
		3		2.9
			5	7.8
			4	4.7
			3	2.5
	1.0	-	-	17.4
		5		7.3
		4		4.4
		3		2.3
			5	6.2
			4	3.7
			3	1.9
	2.0	-	-	11.7
		5		6.0
		4		3.6
		3		1.9
			5	5.1
			4	3.1
			3	1.6
2.0		-	-	21.0
		5		8.8
		4		5.3
			5	7.5
			4	4.5
			3	2.3
2.0	1.0	-	-	13.1
		5		6.9

Πάχος Στρώσης Εξυγίανσης (m)	Ύψος Προφόρτισης (m)	Κάμβατος Στραγγιστηρίων		Απαιτούμενος χρόνος (μήνες)
		Τετραγωνικός Πλευράς (m)	Τριγωνικός Πλευράς (m)	
		3		2.8
			4	3.5
			3	1.8
	2.0	-	-	8.9
		5		5.6
		4		3.4
		3		1.8
			5	4.8
			4	2.9
			3	1.5

Πίνακας 2.2 Εκτίμηση του χρόνου εξέλιξης καθιζήσεων

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό προφίλ : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 8+820

Συντελεστής Στερεοποίησης : C_v 10.00 $\cdot 10^{-4}$ cm²/s

Καθίζηση από στερεοποίηση
(t=0) : S_{est} 14.30 cm

χωρίς προφόρτιση και με
εξυγίανση 2m

Μήκος Στράγγισης : H_{dr} 5.50 m

Καθίζηση από στερεοποίηση
(t=0) : S_{est} 18.10 cm

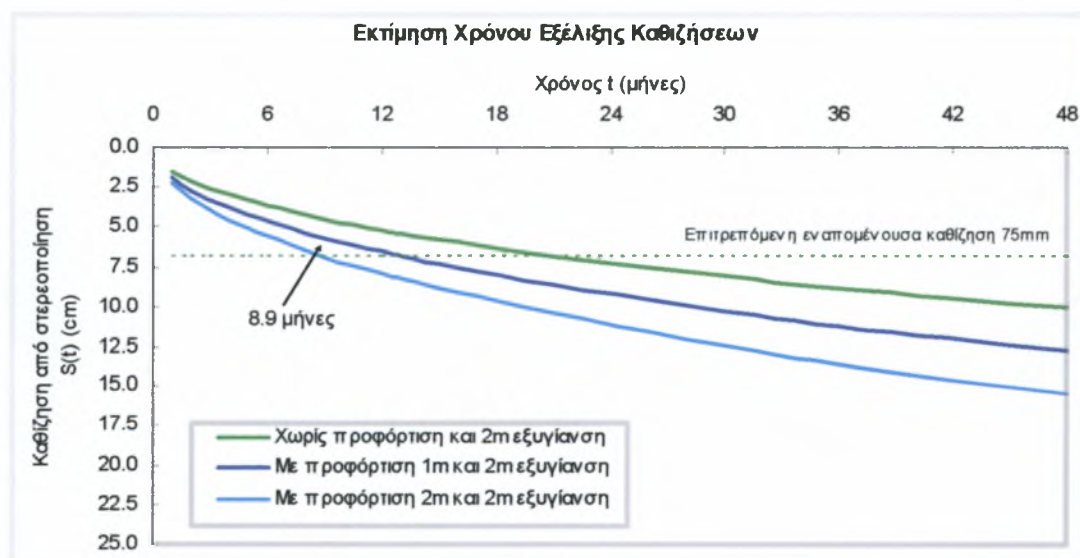
με προφόρτιση 1m και με
εξυγίανση 2m

Καθίζηση από στερεοποίηση
(t=0) : S_{est} 21.90 cm

με προφόρτιση 2m και με
εξυγίανση 2m

Εναπομένουσα Καθίζηση : $S_{rem} = S_{est} - S(t)$

Χρόνος Στερεοποίησης t (μήνες)	Παράγοντας Χρόνου T_v	Χωρίς Προφόρτιση				Με Προφόρτιση 1m	Με Προφόρτιση 2m
		2m εξυγίανση		Καθίζηση (cm)		2m εξυγίανση	2m εξυγίανση
		Βαθμός Στερεοποίησης U	Καθίζηση (cm)		Καθίζηση (cm)	Καθίζηση (cm)	
			S(t)	S_{rem}	S(t)	S(t)	
1	0.0086	0.104	1.49	12.81	1.88	2.28	
2	0.0171	0.147	2.10	12.20	2.66	3.22	
3	0.0257	0.180	2.57	11.73	3.26	3.94	
4	0.0343	0.208	2.97	11.33	3.76	4.55	
5	0.0428	0.232	3.32	10.98	4.21	5.09	
6	0.0514	0.254	3.64	10.66	4.61	5.57	
8.9	0.0763	0.310	4.43	9.87	5.61	6.79	
12	0.1028	0.360	5.15	9.15	6.51	7.88	
13.1	0.1122	0.376	5.38	8.92	6.80	8.23	
16	0.1371	0.415	5.94	8.36	7.52	9.09	
21	0.1799	0.475	6.80	7.50	8.60	10.41	
28	0.2399	0.547	7.83	6.47	9.91	11.99	
36	0.3085	0.618	8.83	5.47	11.18	13.52	
48	0.4113	0.704	10.07	4.23	12.75	15.43	
60	0.5141	0.773	11.06	3.24	14.00	16.93	



Σχήμα 2.3 Εκτίμηση χρόνου εξέλιξης καθιζήσεων

2.5 Οργανομετρήσεις

Εκρίθη σκόπιμο να επιβεβαιωθεί το μέγεθος των καθιζήσεων κατά την φάση κατασκευής (πίν. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 σχ. 2.4), ώστε η οδοστρωσία να κατασκευασθεί την κατάλληλη χρονική στιγμή και να αποφευχθούν προβλήματα από σημαντικές μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις (μετά την τοποθέτηση του οδοστρώματος). Η χρονική εξέλιξη των καθιζήσεων παρακολουθήθηκε με επί τόπου μετρήσεις σε μάρτυρες, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε διάφορες θέσεις ανά αποστάσεις της τάξεως των 50m κατά μήκος του έργου. Από τα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων θα επιβεβαιωθεί το τελικό μέγεθος και ο πραγματικός ρυθμός εξέλιξης των καθιζήσεων.

Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση της ΕΟΑΕ Α.Ε., σε κάθε διατομή τοποθετήθηκαν τρεις μάρτυρες με την ακόλουθη διαδικασία :

Ο πρώτος μάρτυρας (απολύτως απαραίτητος) τοποθετήθηκε στην θέση όπου αναμένονται οι μέγιστες καθιζήσεις · η τοποθέτησή του σε αυτή την θέση αναμένεται ότι θα δημιουργούσε κατασκευαστικά προβλήματα, διότι περιορίζεται έτσι ενδελεχής συμπύκνωση του επιχώματος, καθώς ο κίνδυνος καταστροφής του από πρόσκρουση μηχανήματος ή φορτηγού αυτοκινήτου είναι αυξημένος. Για τους λόγους αυτούς η εγκατάσταση του μάρτυρα έγινε στο άκρο της στέψης του νέου επιχώματος.

Ο δεύτερος μάρτυρας (απαραίτητος) τοποθετήθηκε στην ζώνη περί το άκρο της στέψης της υφιστάμενης οδού και εις βάθος περίπου 40 – 50 cm.

Η εγκατάσταση του τρίτου μάρτυρα (επιθυμητός) έγινε στον πόδα του πρανούς της επέκτασης, εις βάθος 40 – 50 cm.

Οι μετρήσεις των καθιζήσεων έγινοντο σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανά 2 – 3 ημέρες, μέσω των μαρτύρων που τοποθετήθηκαν στα πλέον σημαντικά σημεία της διατομής κάθε υπομήματος του έργου κατά την φάση κατασκευής του επιχώματος. Κάθε φορά εγίνετο ταυτόχρονη καταγραφή των καθιζήσεων και στους τρεις μάρτυρες, όπου σημειώνονταν το ύψος (στάθμη επιφανείας) του κατασκευασθέντος επιχώματος έως την ημέρα της μέτρησης. Μετά την

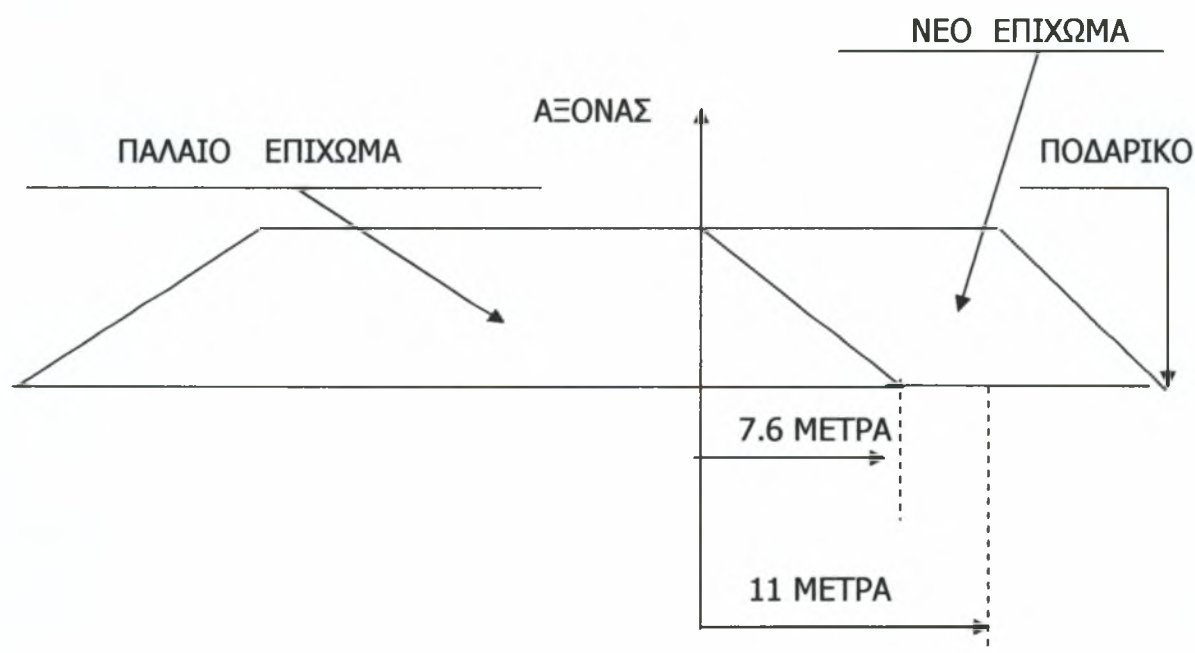
ολοκλήρωση της κατασκευής του επιχώματος, οι μετρήσεις υλοποιούνταν ανά 7 ημέρες.

Έπειτα από διεξοδικές επιλύσεις το προταθέν προσομοίωμα διαφοροποιήθηκε σημαντικά στρωματογραφικώς, σε σχέση με εκείνο της γεωτεχνικής μελέτης. Το προτεινόμενο προσομοίωμα θεωρείται ότι πλησιάζει την πραγματικότητα μετά από διαδοχική σύγκριση του FLAC με την θεωρία ελαστικότητας και τα αποτελέσματα των οργανομετρήσεων.

Πίνακας 2.3

ΜΑΡΤΥΡΕΣ ΚΑΘΙΣΤΗΣΕΩΝ

Χ.Θ	ΘΕΣΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΑΞΟΝΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΜΑΡΤΥΡΑ
8+020	Δ398	7.6 ΜΕΤΡΑ (ΣΗΜΕΙΟ Α)	M6
8+020	Δ398	11 ΜΕΤΡΑ (ΣΗΜΕΙΟ Β)	M6A
8+020	Δ399	ΠΟΔΑΡΙΚΟ (ΣΗΜΕΙΟ Γ)	M6Π



Σχήμα 2.4 Πραγματοποιούμενες μετρήσεις μέσω οργανομετρήσεων

Πίνακας 2.4 Πίνακας οργανομετρήσεων

Δ398		ΜΑΡΤΥΡΑΣ Μ6
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΚΑΘΙΣΗΣΗ	ΥΨΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ
9/10/1999	0	0.000
13/10/1999	0.764	0.382
18/10/1999	1.398	0.727
23/10/1999	2.112	1.000
29/10/1999	3.472	1.401
4/11/1999	4.821	1.796
19/11/1999	5.969	2.000
29/11/1999	8.586	2.629
8/12/1999	10.623	3.000
15/12/1999	13.129	3.698
12/1/2000	15.245	4.000
2/2/2000	20.397	5.000

Πίνακας 2.5 Πίνακας οργανομετρήσεων

Δ398		ΜΑΡΤΥΡΑΣ Μ6Α
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΚΑΘΙΣΗΣΗ	ΥΨΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ
9/10/1999	0	0.000
13/10/1999	1.198	0.382
18/10/1999	2.976	0.727
23/10/1999	4.497	1.000
29/10/1999	6.019	1.401
4/11/1999	7.854	1.796
19/11/1999	9.415	2.000
29/11/1999	11.992	2.629
8/12/1999	14.245	3.000
15/12/1999	16.731	3.698
12/1/2000	18.495	4.000
2/2/2000	21.839	5.000

Πίνακας 2.6 Πίνακας οργανομετρήσεων

Δ398		ΜΑΡΤΥΡΑΣ Μ6Π
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΚΑΘΙΖΗΣΗ	ΥΨΟΣ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ
9/10/1999	0	0.000
13/10/1999	0.563	0.382
18/10/1999	1.025	0.727
23/10/1999	1.688	1.000
29/10/1999	1.987	1.401
4/11/1999	2.374	1.796
19/11/1999	2.525	2.000
29/11/1999	2.669	2.629
8/12/1999	2.897	3.000
15/12/1999	2.913	3.698
12/1/2000	2.948	4.000
2/2/2000	3.121	5.000

2.6 Τεχνικά έργα

Για λόγους πληρότητας της παρούσας διπλωματικής εργασίας κρίνεται εύλογο να γίνει ένας μικρός σχολιασμός στα τεχνικά και την συμπεριφορά τους, λόγω του ότι είναι αναγκαία στην διεκπεραίωση του συνολικού έργου. Στην αναφορά του υπό μελέτη έργου καταγράφονται οι καθιζήσεις στις θέσεις των μικρών τεχνικών, οι οποίες αναμένεται να μη διαφοροποιούνται σημαντικά από τις καθιζήσεις των όμορων επιχώματων, αν και διαπιστώνεται ότι είναι κάπως μικρότερες δεδομένου ότι τα επιβαλλόμενα φορτία στη θέση των τεχνικών είναι εν γένει πιο μικρά.

Ο έλεγχος φέρουσας ικανότητας στην έδραση των μικρών τεχνικών κρίνεται περιττός, δεδομένου ότι τα επιχώματα εκατέρωθεν των τεχνικών επιβάλλουν σημαντικά φορτία, τα οποία αυξάνουν δραστικά την φέρουσα ικανότητα του στρώματος έδρασης. Εξ άλλου, οι συντελεστές ασφάλειας ως προς την φέρουσα ικανότητα του στρώματος έδρασης που εκτιμήθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους για τα επιχώματα είναι επαρκείς, και κατ'

επέκτασιν η θεμελίωση των μικρών τεχνικών δεν χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Κατόπιν των ανωτέρω για την θεμελίωση όλων των μικρών τεχνικών έργων πλάτους μικρότερου των 4.0m, δεν απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων, αλλά μόνον ό,τι προβλέπεται για τη θεμελίωση των επιχωμάτων στη θέση κατασκευής του κάθε τεχνικού.

Σημειώνεται πάντως ότι για τα μικρά τεχνικά που κατασκευάζονται σε υποτμήματα, όπου οι από στερεοποίηση καθιζήσεις είναι σχετικώς υψηλές (μεγαλύτερες των 10cm), συνιστάται να κατασκευασθούν αυτά όσο το δυνατόν αργότερα στην βάση του χρονοδιάγραμματος του έργου, ώστε να έχει επιτελεσθεί μέρος των αναμενομένων καθιζήσεων, και να απομειωθούν οι μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

3.ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

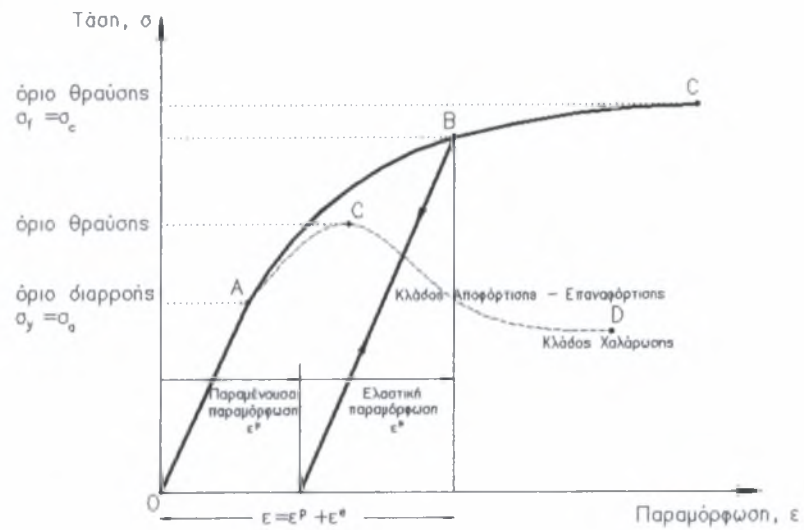
3.1 Γενικές έννοιες

Η συμπεριφορά του εδάφους αποκλίνει από την γραμμική ελαστικότητα ακόμη και σε χαμηλές στάθμες εξαίτησης. Παρατηρώντας το σχήμα 3.1 που απεικονίζει την πραγματική απόκριση εδαφικού υλικού η τυπική καμπύλη τάσεων – παραμορφώσεων μπορεί να διακριθεί σε κλάδους διαφορετικής συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα, στο τμήμα OA το υλικό διέπεται από γραμμική και ενδεχομένως ελαστική συμπεριφορά, στο τμήμα AC από ελαστοπλαστική – κρατυνόμενη συμπεριφορά, ενώ στο τμήμα CD αντιστοιχεί ελαστοπλαστική συμπεριφορά με χαλάρωση. Οι παραμορφώσεις κατά μήκος του κλάδου OA είναι πλήρως ανακτώμενες (ϵ^0), ενώ μετά την είσοδο στην πλαστική περιοχή μέρος τους είναι ελαστικό και ανακτώμενο (ϵ^e) και το υπόλοιπο πλαστικό και παραμένον (ϵ^p).

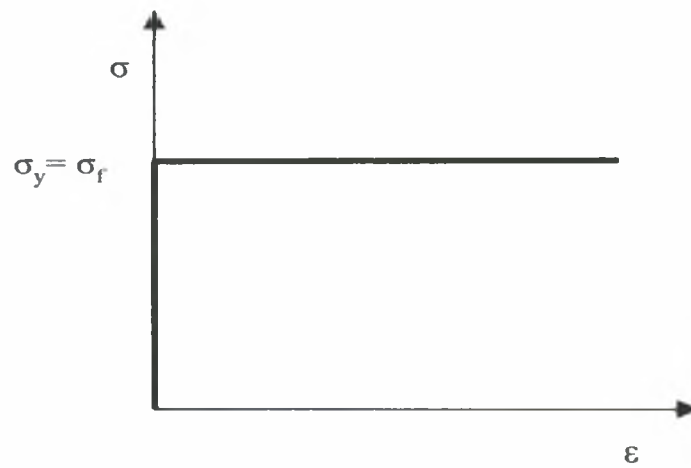
Η ύπαρξη και το μέγεθος καθενός από τους παραπάνω κλάδους, εξαρτάται από την σύσταση και τις ιδιότητες του κάθε γεωυλικού. Στόχος της προσομοίωσης της συμπεριφοράς ενός υλικού είναι η διατύπωση ενός κατάλληλου καταστατικού νόμου ο οποίος θα πρέπει :

- ❖ να καταγράφει τον μηχανισμό εκδήλωσης του φαινομένου
- ❖ να παρακολουθεί στενά την καμπύλη τάσεων – παραμορφώσεων
- ❖ να μη παραβιάζει τα θεμελιώδη ενεργειακά αξιώματα.

Υπεραπλουστευμένη προσέγγιση της καμπύλης του ως άνω σχήματος αποτελεί η στερεοπλαστική συμπεριφορά (σχ. 3.2), στην οποία βασίζεται η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους. Κατά το στερεοπλαστικό προσομοίωμα γίνεται πλήρης αποσύζευξη εντατικών και κινηματικών μεγεθών, γεγονός το οποίο οδηγεί σε λύσεις περιορισμένης ακρίβειας, με αποτέλεσμα την αναγκαστική χρήση υψηλών συντελεστών ασφαλείας.



Σχήμα 3.1 Σχηματική απεικόνιση ελαστοπλαστικής απόκρισης εδαφικού υλικού



Σχήμα 3.2 Απλουστευμένη προσέγγιση πραγματικής συμπεριφοράς με στερεοπλαστικό προσομοίωμα

3.2 Μέθοδος προσδιορισμού των καθιζήσεων

3.2.1 Οργανομετρήσεις για την μελέτη των παραμορφώσεων του εδάφους θεμελίωσης

Τα όργανα που τοποθετήθηκαν επί τόπου σε αυτή την περίπτωση μετρούν :

- τις πιέσεις πόρων
- τις ολικές και ανά στρώση καθιζήσεις
- τις οριζόντιες παραμορφώσεις του εδάφους θεμελίωσης

Οι μετρήσεις και οι παρατηρήσεις αυτές για την συμπιεστότητα του υπεδάφους, την ταχύτητα στερεοποίησης και την εξέλιξη των οριζόντιων παραμορφώσεων στο χρόνο δεν είναι εύκολο να υλοποιηθούν για μια περίοδο τόσο μεγάλη, όσο διαρκούν οι παραμορφώσεις αυτές του εδάφους. Το πρόβλημα θα ήταν γενικά απλό και θα μπορούσε να επιλυθεί με την κλασική μέθοδο της επαλήθευσης των παραμέτρων υπολογισμού της ταχύτητας παραμόρφωσης. Πρακτικά αυτή η περίπτωση είναι εντελώς εξαιρετική και πρέπει να ερμηνευθεί ταυτόχρονα με την τελική καθίζηση και την ταχύτητα στερεοποίησης. Υπάρχουν όμως μέθοδοι που επιτρέπουν την αποτελεσματική επεξεργασία των μετρήσεων.

3.2.2 Προσδιορισμός της τελικής καθίζησης μιας συμπιεστής στρώσης

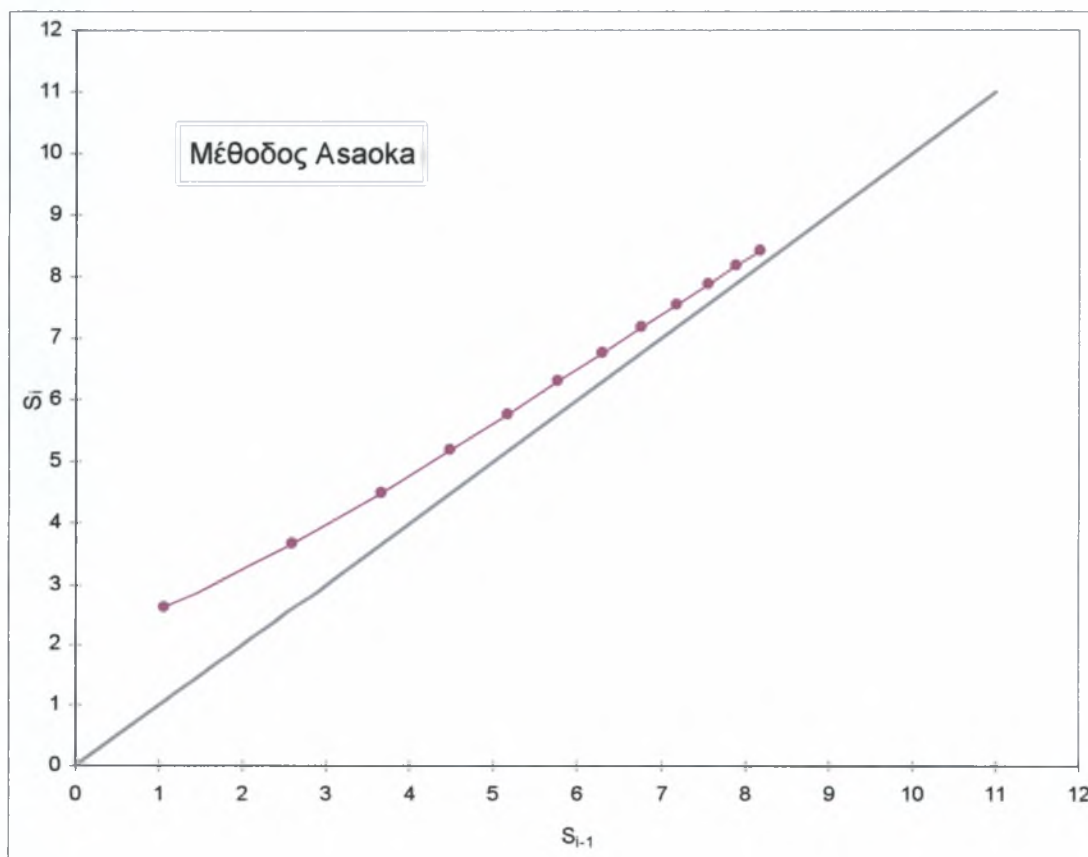
Για τον προσδιορισμό της τελικής καθίζησης μιας συμπιεστής στρώσης περίπου ομοιογενούς αποστραγγιζόμενης από τη μια ή και τις δύο πλευρές συνιστάται κατ' αρχήν η χρήση της μεθόδου Asaoka (Soils and Foundations, 1978). Εν συνεχεία παρατίθεται εκτενέστερα σχολιασμός από το συγκεκριμένο άρθρο, που αναφέρθηκε στην Τεχνική Έκθεση της ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΥ Α.Ε.

Πρακτικά αυτή η μέθοδος είναι πολύ απλή. Χαράσσεται σε ένα γραμμικό (ή ημιλογαριθμικό) διάγραμμα η καμπύλη της συνολικής καθίζησης στο χρόνο. Επιλέγεται στην καμπύλη αυτή της καθίζησης ένα σύνολο σημείων $[S(t), S(t+\Delta t)]$ που αντιστοιχούν σε καθιζήσεις που παρουσιάστηκαν στο ενδιάμεσο

τμήμα Δt . Μπορούν για παράδειγμα να επιλεγούν τα σημεία μιας σειράς $[S(t_0+i\Delta t)]_{i=1,k} = [S_i]_{i=1,k}$. Τοποθετούνται τα σημεία με συντεταγμένες (S_{i-1}, S_i) σε ένα διάγραμμα (σχήμα 3.3). Η ευθεία που προκύπτει από τα τελευταία σημεία τέμνει την διχοτόμο των αξόνων σε ένα σημείο $S_{i-1} = S_i = S$ (τελική καθίζηση). Η κλίση της ευθείας επιτρέπει την εκτίμηση του μέσου συντελεστή στερεοποίησης της συμπιεστής στρώσης με την βοήθεια της σχέσης :

$$C_u = SH^2/12\Delta t - \ln b$$

στην οποίαν H είναι το πάχος της στρώσης αν αποστραγγίζεται αυτή από τη μία πλευρά ή το μισό πάχος αν αποστραγγίζεται και από τις δύο πλευρές.



Σχήμα 3.3 Σχηματική απεικόνιση της μεθόδου Asaoka

3.2.3 Περιγραφή

Ο Asaoka αναφέρεται στην μονοδιάστατη θεωρία στερεοποίησης. Τα αποτελέσματα εφαρμογής της θεωρίας υπό συνθήκες μονοδιάστατης φόρτισης και αποστράγγισης έχουν ευρέως αναγνωρισθεί ως επαρκής επιβεβαίωση αυτής της θεωρίας (μονοδιάστατη στερεοποίηση).

Είναι γνωστόν ότι η εξίσωση στερεοποίησης είναι μέρος διαφορικής εξίσωσης παραβολικού τύπου, η οποία παράγει μοναδική λύση όταν ο συντελεστής της εξίσωσης –καθώς οι αρχικές και συνοριακές συνθήκες– έχουν αποφασισθεί προγενέστερα. Η πρακτική εφαρμογή αυτής της εξίσωσης έχει ως χαρακτηριστικό την τάση που λαμβάνεται μέσω της στερεοποίησης. Στην πραγματικότητα και σύμφωνα με τις συνθήκες του προβλήματος, όπως η αρχική διανομή της υπερπίεσης πόρων, το μήκος αποστράγγισης, το τελικό ποσοστό κατακόρυφης αποστράγγισης, ο συντελεστής της στερεοποίησης αποτελεί πλεονέκτημα στην ανάλυση. Έχει γίνει πανδημώς αποδεκτόν, ότι η εκτίμηση αυτών των συνθηκών έχει συνήθως υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Συνεπώς, η συμβολή του Μηχανικού στην δημιουργία προβλέψεων θα πρέπει να βασίζεται σε κάποια προηγούμενη εμπειρία.

Ο Asaoka παρουσιάζει την νέα ιδέα πρόβλεψης καθιζήσεων, η φιλοσοφία της οποίας βασίζεται στην «Παρατηρητική Μέθοδο». Η εξίσωση τείνει σε μια χρονοσειρά στοιχείων που αφορούν την καθίζηση, τα οποία παρήχθησαν μέσω της μονοδιάστατης εξίσωσης στερεοποίησης, αφότου η μελλοντική καθίζηση προβλέφθηκε χρησιμοποιώντας παλαιότερες παρατηρήσεις. Προτείνονται δύο είδη πρακτικής τακτικής, εκ των οποίων η μία είναι η γραφική μέθοδος, ως πλεονέκτημα της οποίας ορίζεται η απλότητα · η άλλη μέθοδος βασίζεται στο βασικό συμπέρασμα της μη σταθερής στοχαστικής εξέλιξης, το οποίο δίδει μια πιθανή πρόβλεψη της μελλοντικής καθιζήσεως και παρέχει επίσης την προκαταρκτική θεωρία για αξιοπιστία βασιζόμενη στο σχεδιασμό προβλημάτων των καθιζήσεων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποδείχθηκε ότι είναι επίσης εφαρμόσιμη για κάποια ειδικά προβλήματα

συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης κατά τη διάρκεια της αποστράγγισης με χαλικοπασσάλους.

3.2.4 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μέθοδο Asaoka και την παρατηρητική μέθοδο προκειμένης μιας συμβιβαστικής πρόβλεψης έχουν προσφάτως προταθεί και είναι ιδιαίτερος σημαντικά. Η προτεινόμενη μέθοδος θεωρείται ότι έχει μεγάλο πλεονέκτημα στην πρόβλεψη εγκατάστασης για αυθαίρετο μελλοντικό χρόνο, υπό συνθήκες κατά τις οποίες ο συντελεστής στερεοποίησης τόσο στις αρχικές όσο και στις συνοριακές συνθήκες είναι αρκετά αβέβαιος. Τέτοιες περιπτώσεις εξετάστηκαν σε εφαρμογές της Μηχανικής ώστε η προτεινόμενη μέθοδος να έχει βέβαιη διαθεσιμότητα. Όσο για τις άγνωστες συνθήκες, μπορούν να υπολογισθούν αντιστρόφως, εάν είναι απαραίτητο, για σύμπτωση των τιμών χρησιμοποιώντας την εκτίμηση των συντελεστών από την πρώτη αυτοπαλινδρομική σχέση :

$$\rho_j = \beta_0 + \beta_1 \rho_{j-1} \quad \text{ή} \quad \rho_j = \beta_0 + \beta_1 \rho_{j-1} + \sigma \eta_j$$

όπου, ρ_j : η καθίζηση με το χρόνο

β_0, β_1 : συντελεστές

η_j : τυχαία μεταβλητή με μέσο όρο μηδέν και ενιαία απόκλιση

Η βέλτιστη εξίσωση είναι : $\rho_j = \beta_0 + \sum \beta_s \rho_{j-s}$, η οποία προτείνει μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη των καθιζήσεων και είναι εφαρμόσιμη σε κάποια ειδικά προβλήματα, εκ των οποίων το ένα αφορά τη δευτερεύων συμπίεση και το άλλο την εγκατάσταση των πολυστρωματικών εδαφών με αμμώδη αρμό.

Βάσει της τεχνικής έκθεσης της ΕΟΑΕ Α.Ε. και συνοψίζοντας όλες τις παραπάνω παραγράφους, για τον προσδιορισμό των συνολικών πραγματοποιούμενων καθιζήσεων –οι οποίες ενδέχεται να διαφέρουν από τις εκτιμώμενες σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα– μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Asaoka με χάραξη του διαγράμματος $S(t)$ vs $S(t+\Delta t)$, όπου $S(t)$ και

$S(t+\Delta t)$ η μετρηθείσα καθίζηση στους μάρτυρες τις χρονικές στιγμές t και $t+\Delta t$ αντιστοίχως. Τα τελευταία σημεία του διαγράμματος κείνται συνήθως επί ευθείας η οποία, ως ελέχθη προηγουμένως, τέμνει την διχοτόμο σε ένα σημείο, το οποίο και προσδιορίζει την τελική καθίζηση που θα επιτελεσθεί. Έτσι, εκτιμώντας με αυτή την μέθοδο το μέγεθος των επιτελεσθησόμενων καθιζήσεων, μπορεί να προσδιορισθεί ο χρόνος ολοκλήρωσης της φόρτισης του υπεδάφους, όταν η διαφορά των τελικών καθιζήσεων κατά Asaoka από τις πραγματοποιηθείσες καταστεί μικρότερη από το προαναφερθέν όριο των 75mm (ανεκτές μετακατασκευαστικές υποχωρήσεις).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

4.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

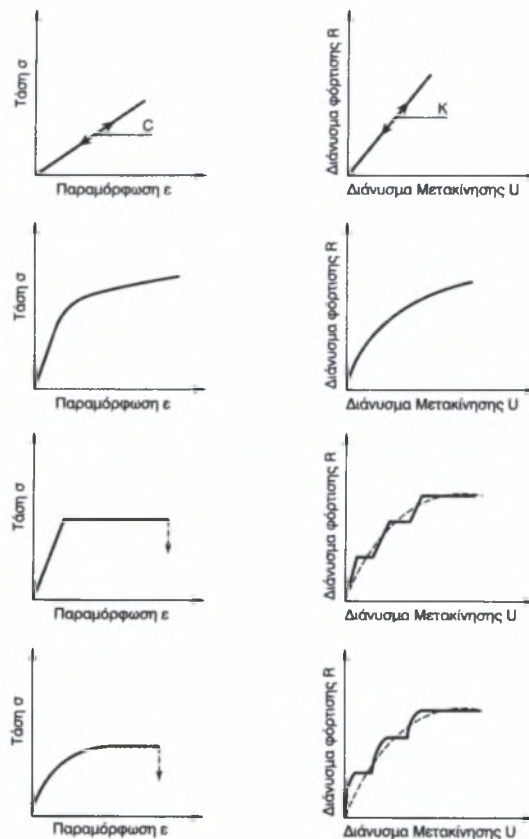
4.1 Εισαγωγή

Το FLAC είναι ένα πρόγραμμα Υπολογιστικής Γεωτεχνικής Μηχανικής που λειτουργεί σε περιβάλλον MS-Windows και βασίζεται στην μέθοδο Πεπερασμένων Διαφορών. Μέσω του προγράμματος αυτού το φυσικό πρόβλημα προσεγγίζεται με ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων. Κύριο ζητούμενο αποτελεί η αυτοματοποίηση της διαδικασίας προσδιορισμού των γεωτεχνικών παραμέτρων των στοιχείων. Η διαδικασία αυτή συνίσταται στην εισαγωγή μετασχηματισμών, και εξ' αυτών αναγωγής των στοιχείων με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Όλα αυτά αφορούν σε δεδομένη θέση στο πραγματικό σύστημα συντεταγμένων και σε κοινό στοιχείο αναφοράς.

Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα ανάλυσης προσομοιώνοντας τη συμπεριφορά εδάφους ή / και βράχου, καθώς και άλλων υλικών, τα οποία εισέρχονται σε περιοχή πλαστικής συμπεριφοράς όταν υπερβληθεί το όριο διαρροής.

Αξιζει να τονισθεί ότι το πρόγραμμα FLAC έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην μελέτη και τον σχεδιασμό γεωτεχνικών κατασκευών, καλύπτοντας όλο το φάσμα των έργων ενός Γεωτεχνικού Μηχανικού. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε για την παραμετρική μελέτη αλληλεπίδρασης επιχωμάτων (παλαιού και νέου) και φέρουσας γεωμάζας.

Στον Κώδικα FLAC οι μεθοδολογίες ανάλυσης διακρίνονται σε στατική μηχανική ανάλυση, σε υδραυλική ανάλυση (υπογείων ροών) και σε θερμική ανάλυση (μεταφορά θερμότητας/ενέργειας). Στον χρήστη δίδεται η δυνατότητα εναλλακτικών στρατηγικών προσομοίωσης με το αντίτιμο ότι όσο πιο πολύπλοκες είναι αυτές, τόσο οι απαιτήσεις μνήμης και χρόνου αυξάνουν.



Σχήμα 4.1 Σχηματική απεικόνιση διαφορών καταστατικών νόμων συμπεριφοράς

Η συμπεριφορά των γεωυλικών παρεκκλίνει από τα όρια της γραμμικής ελαστικότητας ήδη από τα αρχικά πολύ μικρά βήματα φόρτισης. Παρ' όλα αυτά, η θεωρία της γραμμικής ελαστικότητας είχε και εξακολουθεί να έχει χρήση στην Γεωτεχνική Μηχανική. Τα πλέον εύχρηστα προσομοιώματα συμπεριφοράς που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν την πλαστική απόκριση του εδάφους είναι εκείνα των Mohr–Coulomb, Tresca, Drucker–Prager, Lade όσο και το τροποποιημένο προσομοίωμα Cam–Clay (σχ. 4.1). Με ορθή χρήση αυτών των προσομοιωμάτων μπορεί να περιγραφεί η κρατυνόμενη ελαστο–πλαστική συμπεριφορά του εδάφους και άλλων υλικών μέσων, η οποία προσεγγίζει όσο το δυνατό πλησιέστερα την πραγματική συμπεριφορά τους. Κάθε ζώνη στον κάρναβο του FLAC μπορεί να προσδιορισθεί από διαφορετικά γεωτεχνικά χαρακτηριστικά ή διαφορετικά υλικά και να χαρακτηρίζεται από συνεχή βαθμωτή ή στατιστική κατανομή

οιασδήποτε ζητούμενης ιδιότητας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στις διεπιφάνειες παρουσιάζεται ολίσθηση ή και διαχωρισμός, προσομοιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την παρουσία ασυμβατότητας στις ενώσεις κόμβων. Σκοπός της τοποθέτησης των στοιχείων διεπιφάνειας είναι η “συνένωση” των περιοχών που έχουν διαφορετικές ιδιότητες και μέγεθος.

Το πρόγραμμα πεπερασμένων διαφορών FLAC είναι δυνατόν να προσομοιάσει με μεγάλη ευκρίνεια και ικανοποιητικό τρόπο διάφορα είδη φόρτισης και το τασικό πεδίο που επικρατεί. Το αρχικό εντατικό πεδίο λόγω βαρύτητας και το πεδίο λόγω ύπαρξης ροής είναι παραδείγματα που προσομοιάζονται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια σε σχέση με την πραγματικότητα. Ακόμη, είναι δυνατή η εφαρμογή συγκεντρωμένων και κατανεμημένων φορτίων ή και μετακινήσεων στα σύνορα του εδαφικού περιβάλλοντος.

4.2 Διακριτοποίηση του προβλήματος

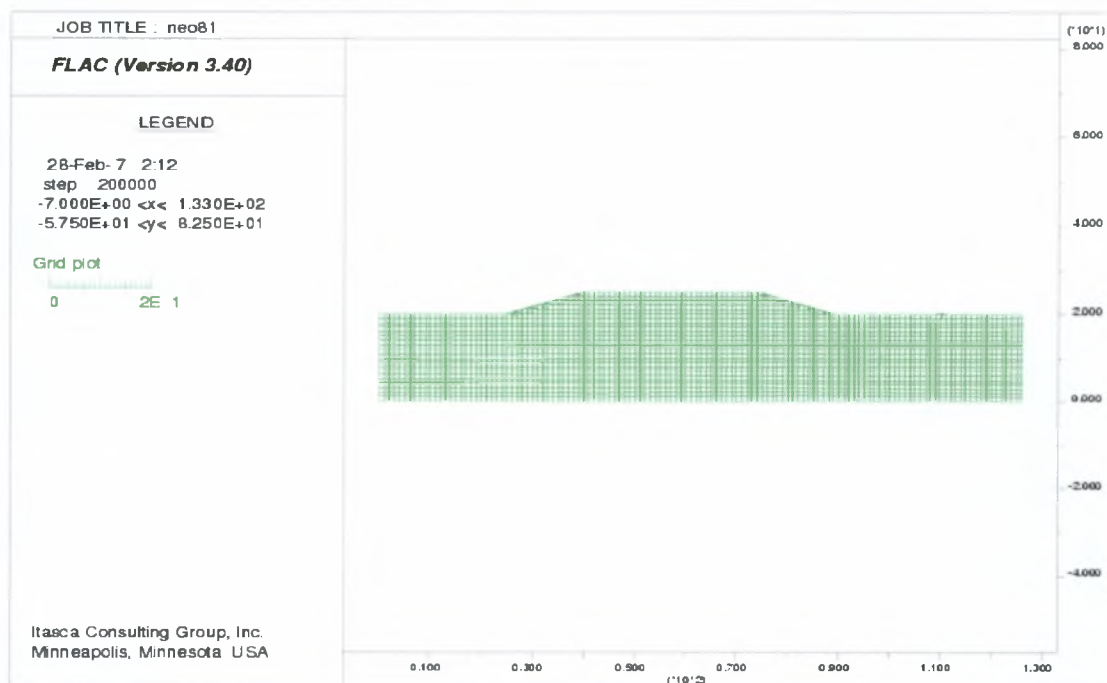
Για την διακριτοποίηση ενός προβλήματος στον κώδικα FLAC είναι απαραίτητο να ορισθούν τρία βασικά στοιχεία :

1. Ο κάρναβος πεπερασμένων διαφορών
2. Ο καταστατικός νόμος συμπεριφοράς και οι ιδιότητες των υλικών
3. Οι οριακές συνθήκες και το αρχικό εντατικό πεδίο.

Μετά τον προσδιορισμό των στοιχείων αυτών, επιβάλλονται οι οριζόμενες εξαιτίσεις από τις οποίες προκύπτουν αλλαγές στο σύστημα, και προσδιορίζεται η τελική απόκρισή του. Η επίλυση μέσω του προγράμματος FLAC υλοποιείται με μια σειρά υπολογιστικών βημάτων, ο αριθμός των οποίων καθορίζεται από τον χρήστη που αποφασίζει εάν τα υπολογιστικά βήματα τα οποία τέθηκαν οδηγούν στην επιδιωκόμενη ακρίβεια (περισσότερα βήματα προσδίδουν μεγαλύτερη ακρίβεια).

Στο μελετώμενο έργο προσδιορίσθηκε κατ' αρχήν ο κάρναβος πεπερασμένων διαφορών (σχ. 4.2), ο οποίος αναπαριστά την ενεχόμενη γεωμάζα, το υφιστάμενο επίχωμα και το νέο επιχώμα με μονόπλευρη διαπλάτυνση.

Σε πρώτο στάδιο το προσομοίωμα αφορά μόνον στο υπέδαφος θέτοντας τις συνοριακές συνθήκες και εν συνεχεία δε αποδίδονται τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του. Σε δεύτερο στάδιο εντάσσεται το υφιστάμενο επίχωμα και προσδιορίζονται οι τάσεις και οι πιέσεις πόρων λόγω υδροφόρου ορίζοντα, ο οποίος βρίσκεται εις βάθος 1.0m από την εδαφική επιφάνεια. Επισημαίνεται ότι στην φάση αυτή παγιώνεται η οριζόντια μετακίνηση (κατά τον άξονα x), δηλαδή γίνεται δεκτή μόνον κατακόρυφη μετακίνηση, και εν συνεχεία παγιώνεται η μετακίνηση κατά τον άξονα y. Η εφαρμογή του αρχικού εντατικού πεδίου, λόγω βαρύτητας, κρίνεται απαραίτητη και αποτελεί το τρίτο στάδιο. Η επίλυση ολοκληρώνεται δια μέσου μίας σειράς υπολογιστικών βημάτων η οποία υιοθετήθηκε με σκοπό την κατά το δυνατόν ακριβέστερη προσέγγιση του προσομοιώματος στην πραγματικότητα. Όλη η ως άνω διαδικασία αποτελεί το γεωστατικό μέρος της επίλυσης του προβλήματος.

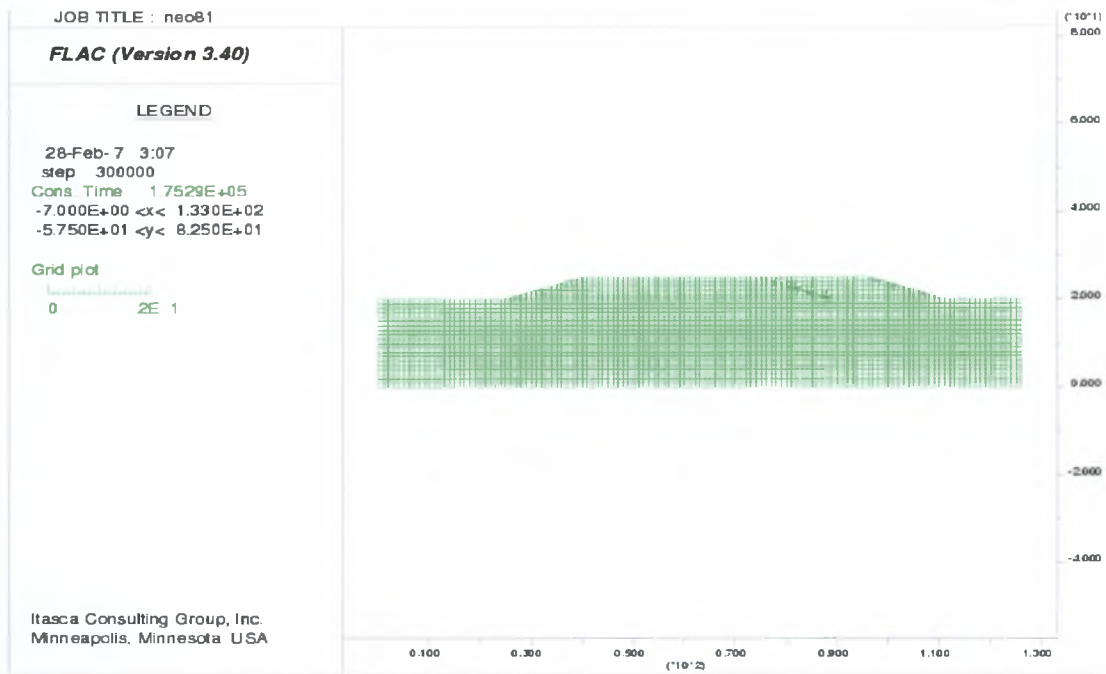


Σχήμα 4.2 Κάρναβος πεπερασμένων διαφορών υφιστάμενου επιχώματος

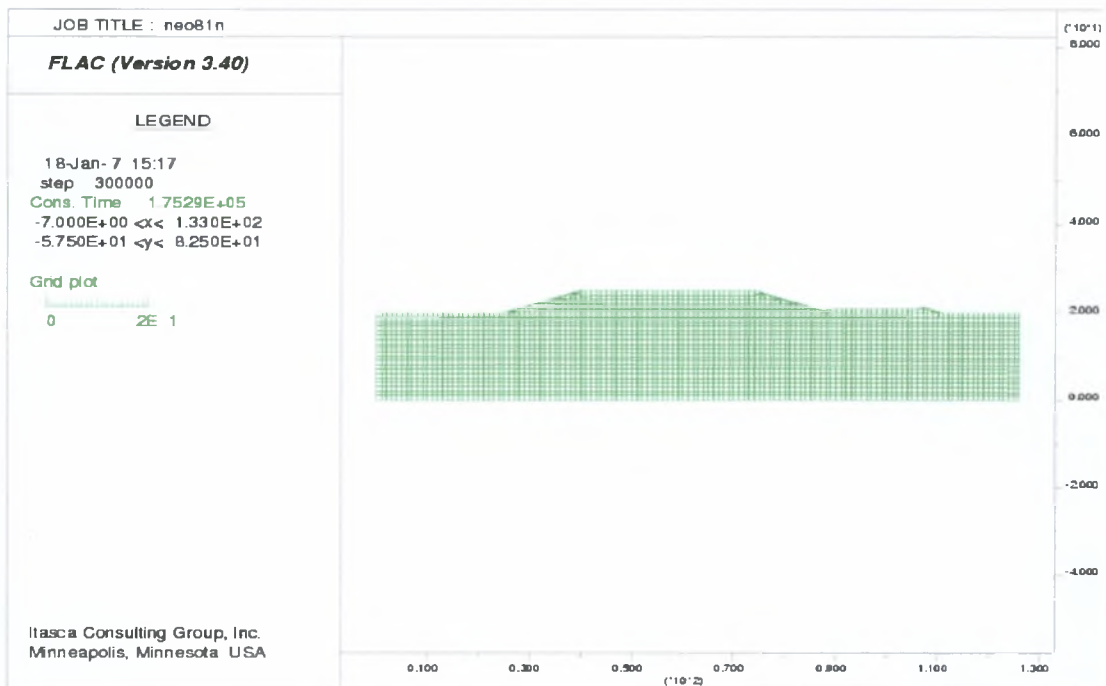
Στο αμέσως επόμενο στάδιο ανάλυσης (δεύτερη φάση), το προσομοίωμα έρχεται σε ισορροπία μέσω μηδενισμού των μετακινήσεων και εισάγεται η μονόπλευρη διαπλάτυνση του επιχώματος. Προσδιορίζονται τα γεωτεχνικά της χαρακτηριστικά, τα οποία συμπίπτουν με εκείνα του υφιστάμενου επιχώματος, και εν συνεχεία ακολουθείται η ίδια διαδικασία επίλυσης μέσω των υπολογιστικών βημάτων.

Η τρίτη φάση αναφέρεται στην καταγραφή των καθιζήσεων που θα υποστεί η φέρουσα γεωμάζα λόγω της προσθήκης του νέου επιχώματος, και μέσω αυτού διαπιστώνεται ο βαθμός προσέγγισης του τυποποιημένου προσομοιώματος με τις πραγματοποιούμενες καθιζήσεις, οι οποίες ελήφθησαν από τους μάρτυρες παρακολούθησης.

Η εισαγωγή του τελευταίου σταδίου επίλυσης υλοποιείται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι ο ολικός σχεδιασμός του νέου επιχώματος (σχ. 4.2), ενώ ο δεύτερος τρόπος ορίζει την τμηματική μελέτη σχεδιασμού του νέου επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m) (σχ. 4.3). Πρέπει να επισημανθεί σε αυτή τη φάση ότι δεν πραγματοποιήθηκε η διαδικασία στερεοποίησης με το πρόγραμμα FLAC.



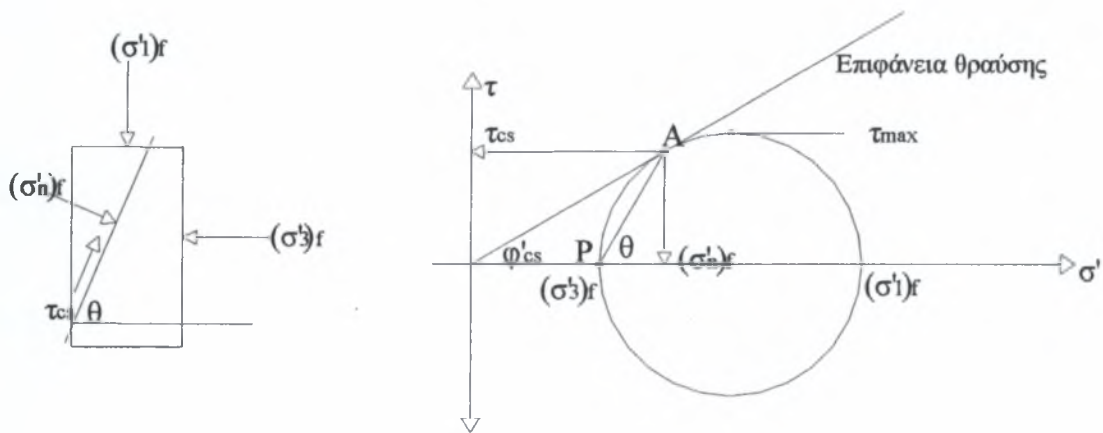
Σχήμα 4.2 Κάνναβος πεπερασμένων διαφορών ολικού σχεδιασμού νέου επιχώματος



Σχήμα 4.3 Κάνναβος πεπερασμένων διαφορών τμηματικού σχεδιασμού νέου επιχώματος

Ο καταστατικός νόμος συμπεριφοράς και οι ιδιότητες των υλικών υπαγορεύουν το είδος της απόκρισης του προσομοιώματος σε κάποια εξαίτηση, όπως είναι η φόρτιση. Από τους σημαντικότερους παράγοντες μη-γραμμικής συμπεριφοράς των υλικών είναι το καθεστώς των τάσεων το οποίο καταγράφεται στη πρώτη φάση.

Για την ανάλυση του παρόντος προβλήματος επελέγη ο καταστατικός νόμος Mohr–Coulomb για την προσομοίωση των εδαφικών στρώσεων και του επιχώματος (υφιστάμενου και νέου). Το κριτήριο Mohr–Coulomb βασίζεται στον θεμελιώδη νόμο τριβής του Coulomb, σύμφωνα με το οποίο η διατμητική αντοχή αυξάνει αυξανόμενης της ορθής τάσης στο επίπεδο αστοχίας (σχ. 4.4).



Σχήμα 4.4 Απεικόνιση του προσομοιώματος τριβής Mohr–Coulomb στο επίπεδο ορθής τάσης και διατμητικής αντοχής

Μαθηματικώς ο νόμος εκφράζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$\tau = c + \sigma \tan\Phi$$

από την οποίαν, με την βοήθεια του άνω σχήματος, προκύπτει η ακόλουθη σχέση :

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \varphi + c \cdot \cos \varphi$$

όπου,
 σ_1 : η μέγιστη κύρια τάση
 σ_2 : η ελάχιστη κύρια τάση
 Φ : η γωνία διατμητικής αντοχής του γεωυλικού

Σημαντικό πλεονέκτημα του κριτηρίου Mohr–Coulomb αποτελεί η αποδεδειγμένη ισχύς του σε πολλές κατηγορίες εδαφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

5.ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

5.1 Εισαγωγή

Στόχος των παραμετρικών αναλύσεων ήταν η κατά το δυνατόν επίτευξη σύμπτωσης μετρούμενων και υπολογιζόμενων μεγεθών ως προς τις καθιζήσεις. Για τον λόγον αυτόν πραγματοποιήθηκε σειρά παραμετρικών αναλύσεων υπό εναλλακτικές εδαφικές συνθήκες. Η διάκριση των παραμετρικών αναλύσεων εστιάζεται κυρίως στη διαφοροποίηση του μέτρου ελαστικότητας υπό αστράγγιστες συνθήκες.

Πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες παραμετρικές αναλύσεις οι οποίες περιλαμβάνουν τα εξής στάδια επίλυσης (συνοπτικά) :

Το πρώτο στάδιο, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, αναφέρεται στον προσδιορισμό του αρχικού εντατικού πεδίου, μέσω της δημιουργίας καννάβου και διεπιφανειών, στον ορισμό του κριτηρίου αστοχίας και των χαρακτηριστικών του εδάφους, στην τοποθέτηση του υδροφόρου ορίζοντα και στον καθορισμό των συνοριακών συνθηκών. Στο δεύτερο στάδιο υλοποιείται ο προσδιορισμός του προκύπτοντος εντατικού πεδίου από την τοποθέτηση του νέου επιχώματος. Στο τελευταίο στάδιο αποφασίζεται ο αριθμός των υπολογιστικών βημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των καθιζήσεων.

Οι παραμετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν εντάσσονται σε οκτώ ομάδες (Α' έως και ΣΤ'), όπου η ομάδα Δ' αντιστοιχεί στο σενάριο εκείνο το οποίο οδηγεί στην βέλτιστη σύμπτωση αποστραγγιζόμενων και μετρούμενων καθιζήσεων. Στους ακόλουθους πίνακες 5.1 έως 5.8 παρουσιάζονται οι υιοθετηθείσες παράμετροι των εδαφικών στρώσεων στις οκτώ ομάδες παραμετρικών αναλύσεων.

Πίνακας 5.1 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Α' Παραμετρικών Αναλύσεων

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:18-20m)	40	20	19.78	12.0	0.35	13.3	4.4
Έδαφος (βάθος:14-18m)	40	20	19.78	11.0	0.35	12.2	4.1
Έδαφος (βάθος:12-14m)	40	20	19.78	8.0	0.30	6.7	3.1
Έδαφος (βάθος:10-12m)	40	20	19.78	6.2	0.30	5.2	2.4
Έδαφος (βάθος:5-10m)	40	20	19.78	5.2	0.30	4.3	2.0
Έδαφος (βάθος:1-5m)	40	20	19.78	4.5	0.30	3.8	1.7
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ. Η ομάδα Β' παραμετρικών αναλύσεων αντιστοιχεί στις προτεινόμενες τιμές σχεδιασμού που αναφέρονται στη γεωτεχνική μελέτη του έργου και έχει ως ακολούθως :

Πίνακας 5.2 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Β' Παραμετρικών Αναλύσεων

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:14-20m)	40	20	19.78	9.0	0.30	7.5	3.5
Έδαφος (βάθος:1-14m)	40	20	19.78	5.0	0.30	4.2	1.9
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

Όπου :	c	:	Συνοχή
	φ	:	Γωνία Διατμητικής Αντοχής
	γ	:	Ειδικό Βάρος Γαιών
	E	:	Μέτρο Ελαστικότητας
	ν	:	Συντελεστής Poisson
	K	:	Μέτρο Διόγκωσης
	G	:	Μέτρο Διάτμησης

Το μέτρο διόγκωσης K και το μέτρο διάτμησης G δίδονται από τις σχέσεις :

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$E = \frac{9KG}{3K+G} \quad \nu = \frac{3K-2G}{2(3K+G)}$$

Πίνακας 5.3 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Γ' Παραμετρικών Αναλύσεων

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (kN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:18-20m)	40	20	19.78	12.0	0.30	10.0	4.6
Έδαφος (βάθος:14-18m)	40	20	19.78	11.0	0.30	9.2	4.2
Έδαφος (βάθος:10-14m)	40	20	19.78	7.0	0.30	5.8	2.7
Έδαφος (βάθος:5-10m)	40	20	19.78	6.0	0.30	5.0	2.3
Έδαφος (βάθος:1-5m)	40	20	19.78	5.5	0.30	4.6	2.1
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ. Οι αναλύσεις της ομάδας Γ' έχουν ιδιαιτερότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς την τιμή που υιοθετείται για την συνοχή του γεωυλικού, η οποία προκύπτει από την γεωτεχνική μελέτη του έργου. Οι αναλύσεις της ομάδας Δ' αντιστοιχούν σε σενάριο κατά το οποίο η γωνία διατμητικής αντοχής (Φ) παραμένει σταθερή σύμφωνα με την γεωτεχνική μελέτη, ενώ για τη συνοχή (c) λαμβάνεται η μέγιστη τιμή. Αντιθέτως, στην ομάδα Ε' η γωνία Φ λαμβάνει τη μέγιστη τιμή και η συνοχή (c) παραμένει σταθερή, με μερική αύξηση 10 kPa εις βάθος > 14m από την προτεινόμενη τιμή κατά την γεωτεχνική μελέτη.

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (kN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:18-20m)	100	20	19.78	12.0	0.30	10.0	4.6
Έδαφος (βάθος:14-18m)	100	20	19.78	11.0	0.30	9.2	4.2
Έδαφος (βάθος:12-14m)	40	20	19.78	8.0	0.30	6.7	3.1
Έδαφος (βάθος:10-12m)	40	20	19.78	6.5	0.30	5.4	2.5
Έδαφος (βάθος:5-10m)	40	20	19.78	5.5	0.30	4.6	2.1
Έδαφος (βάθος:1-5m)	40	20	19.78	4.0	0.30	3.3	1.5
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

Πίνακας 5.5 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Ε' Παραμετρικών Αναλύσεων

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Εδαφος (βάθος:18-20m)	50	30	19.78	12.0	0.35	10.0	4.6
Εδαφος (βάθος:14-18m)	50	30	19.78	11.0	0.35	9.2	4.2
Εδαφος (βάθος:12-14m)	40	20	19.78	8.0	0.30	6.7	3.1
Εδαφος (βάθος:10-12m)	40	20	19.78	6.5	0.30	5.4	2.5
Εδαφος (βάθος:5-10m)	40	20	19.78	5.5	0.30	4.6	2.1
Εδαφος (βάθος:1-5m)	40	20	19.78	4.5	0.30	3.8	1.7
Εδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

Πίνακας 5.6 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα ΣΤ' Παραμετρικών Αναλύσεων

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Εδαφος (βάθος:18-20m)	40	20	19.78	12.0	0.35	13.3	4.4
Εδαφος (βάθος:14-18m)	40	20	19.78	11.0	0.35	12.2	4.1
Εδαφος (βάθος:12-14m)	40	20	19.78	8.0	0.30	6.7	3.1
Εδαφος (βάθος:10-12m)	40	20	19.78	6.5	0.30	5.4	2.5
Εδαφος (βάθος:5-10m)	40	20	19.78	5.5	0.30	4.6	2.1
Εδαφος (βάθος:1-5m)	40	20	19.78	4.5	0.30	3.8	1.7
Εδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ. Οι επόμενες παραμετρικές αναλύσεις παρουσιάζουν δύο σενάρια με τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές αντιστοίχως του μέτρου διόγκωσης (K) και του μέτρου διάτμησης (G).

Πίνακας 5.7 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Ζ' Παραμετρικών Αναλύσεων (μέγιστες τιμές)

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:14-20m)	40	20	19.78	11.5	0.30	9.6	4.4
Έδαφος (βάθος:1-14m)	40	20	19.78	11.0	0.30	9.1	4.2
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

Πίνακας 5.8 Παράμετροι εδαφικών στρώσεων. Ομάδα Η' Παραμετρικών Αναλύσεων (ελάχιστες τιμές)

Στρώση	c (kPa)	Φ (°)	γ (KN/m ³)	E (MPa)	ν	K (MPa)	G (MPa)
Έδαφος (βάθος:14-20m)	40	20	19.78	7.5	0.30	6.3	2.9
Έδαφος (βάθος:1-14m)	40	20	19.78	4.8	0.30	4.0	1.8
Έδαφος (βάθος:0-1m)	5	30	19.78	20.0	0.30	16.7	7.7
Επίχωμα (Υφιστάμενο & Νέο)	5	35	21.00	20.0	0.40	33.3	7.1

Από τις ανωτέρω επιλύσεις συμπεραίνεται ότι το έδαφος είναι δυσκαμπτότερο σε σχέση με την αρχική θεώρηση της ομάδας Β' παραμετρικών αναλύσεων, η οποία ανακλά την επιτόπου γεωτεχνική διασκόπηση όπου οι ιδιότητες προσδιορίστηκαν μέσω εργαστηριακών δοκιμών.

Οι εδαφικές στρώσεις, οι οποίες κατά κύριον λόγον διαφέρουν στο μέτρο ελαστικότητας, παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του εξεταζόμενου συστήματος. Στην γεωτεχνική μελέτη γίνεται η υπόθεση ότι το υπέδαφος μέχρι βάθους $< 14\text{m}$ χαρακτηρίζεται από μέτρο ελαστικότητας $E = 5.0\text{MPa}$, ενώ κατά την επίλυση του προσομοιώματος μέσω FLAC το μέτρο ελαστικότητας για ίδιο βάθος μελέτης έχει τιμή μέχρι και $E = 8.0\text{MPa}$. Για βάθος $> 14\text{m}$, κατά την γεωτεχνική μελέτη πάντοτε, ορίζεται $E = 9.0\text{MPa}$, ενώ μέσω του αριθμητικού προσομοιώματος προκύπτει $E = 12.0\text{MPa}$.

Στις παραμετρικές αναλύσεις των ομάδων Δ' και Ε' κύριο χαρακτηριστικό είναι η μέγιστη τιμή της συνοχής (c) και η μέγιστη γωνία διατμητικής αντοχής (Φ) αντιστοίχως. Επισημαίνεται ότι η θεωρία της ελαστικότητας δεν αναφέρεται σε αυτές τις γεωτεχνικές παραμέτρους (c , Φ), γεγονός το οποίον έχει ως συνέπεια την πρόκληση αβεβαιοτήτων στα αποτελέσματα. Αντιθέτως, με την βοήθεια του αριθμητικού προσομοιώματος FLAC, απαιτείται η ένταξη όλων των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών κατά την καταγραφή της στρωματογραφίας του εδαφικού υλικού.

Η μεταβολή του λόγου Poisson (ν) στις ομάδες Ε' και ΣΤ' συνετέλεσε σημαντικά στην αξιοπιστία του αριθμητικού προσομοιώματος, καθότι επηρεάζει έμμεσα τόσο την τιμή του μέτρου ελαστικότητας (E) και του μέτρου διάτμησης (G), όσο και την τιμή του μέτρου διόγκωσης (K) (σχ.5.1 – 5.5). Επομένως, μεταβολή του λόγου Poisson κατά 0.05 επιφέρει μεταβολή της καθίζησης του επιχώματος ως προς την εδαφική γεωμάζα.

Συγκρίνονται εν συνεχεία οι δύο ομάδες παραμετρικών αναλύσεων (Ε' και ΣΤ'), οι οποίες χαρακτηρίζονται από το ίδιο μέτρο ελαστικότητας (E) και λόγο Poisson (ν), αλλά διαφέρουν στα άλλα εδαφικά χαρακτηριστικά της γεωμάζας, δηλαδή την συνοχή (c) και την γωνία διατμητικής αντοχής (Φ). Επισημαίνεται ότι η σύμπτωση ως προς το μέτρο ελαστικότητας των δύο σεναρίων απέδωσαν τις ίδιες καθιζήσεις εκείνες που αναφέρονται στην θεωρία της ελαστικότητας (Asaoka), ενώ κατά την επεξεργασία των τιμών βάση του

αριθμητικού προσομοιώματος FLAC, παρατηρούνται μικρές διαφοροποιήσεις αυτών των τιμών.

Γενικά, παρόλον ότι χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σενάρια για την απόδοση της συμπεριφοράς του υπεδάφους με την μέγιστη συνοχή (c) και την μέγιστη γωνία διατμητικής αντοχής (Φ), δεν προέκυψαν σημαντικές αποκλίσεις τιμών των καθιζήσεων με το βάθος, αλλά και των τάσεων συναρτήσει του βάθους.

Οι εδαφικές στρώσεις οι οποίες ελήφθησαν υπ' όψιν κατά τις επιλύσεις δεν καταγράφηκαν τυχαία. Κατάλληλη επιλογή των τιμών των εδαφικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν επέφεραν το επιθυμητό αποτέλεσμα με το σκεπτικό ότι θα πρέπει στην διεπιφάνεια μεταξύ της θεμελίωσης του νέου επιχώματος και του υπεδάφους, και υπό το μέγιστο ύψος του νέου επιχώματος, να υφίσταται καθίζηση της τάξεως των 20cm η οποία μειώνεται σταδιακά με το βάθος (πίν.5.9).

Πίνακας 5.9 Προσδιορισμός των τιμών καθιζήσεων με το βάθος

Βάθος (m)	Σημείο B				
	1m	2m	3m	4m	5m
0	4.468	9.172	13.680	17.590	20.610
1	4.411	9.041	13.460	17.290	20.240
2	4.281	8.771	13.040	16.730	19.590
3	4.000	8.197	12.180	15.600	18.280
4	3.653	7.486	11.110	14.230	16.680
5	3.283	6.729	9.980	12.780	14.990
6	3.919	5.983	8.870	11.360	13.340
7	2.563	5.252	7.790	9.980	11.720
8	2.219	4.544	6.730	8.630	10.150
9	1.890	3.867	5.730	7.350	8.650
10	1.583	3.236	4.790	6.150	7.240
11	1.309	2.672	3.960	5.080	5.990
12	1.064	2.167	3.210	4.120	4.860
13	0.855	1.737	2.570	3.300	3.900
14	0.673	1.366	2.020	2.600	3.070
15	0.531	1.075	1.590	2.040	2.420
17	0.289	0.582	0.860	1.110	1.320
18	0.182	0.365	0.540	0.700	0.830

Βάθος (m)	Σημείο Β				
	1m	2m	3m	4m	5m
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Κατά την επίλυση του αριθμητικού προσομοιώματος έγινε η παραδοχή ότι το ενεχόμενο βάθος του εδαφικού υποστρώματος είναι 20m, διαφοροποιώντας με αυτόν τον τρόπο το πραγματοποιούμενο βάθος δειγματοληπτικής έρευνας που είναι 25m. Αυτή η παραδοχή είχε ως επιδίωξη την σύμπτωση των τιμών βάσει της θεωρίας της ελαστικότητας, όπου οι επιλύσεις υπολογίζονται εις βάθος 20m. Οι συγκρίσεις που ακολουθούν προέκυψαν με δύο τρόπους : Ο πρώτος αναφέρεται στον ολικό σχεδιασμό του νέου επιχώματος, ενώ ο δεύτερος αναφέρεται στην τμηματική μελέτη σχεδιασμού του νέου επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m). Η τμηματική ανάλυση του επιχώματος οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την ολική κατασκευή του, μέσω των αντίστοιχων γραφημάτων.

Εκτενέστερα, η σύγκριση μεταξύ των τριών μεθόδων μπορεί να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια των παρακάτω πινάκων (πίν. 5.10, 5.11, 5.12), όπου έγινε χρήση του βέλτιστου προσομοιώματος κατά κώδικα FLAC και της θεωρίας ελαστικότητας.

Πίνακας 5.10 Καθιζήσεις στα σημεία τομής βάσει των οργανομετρήσεων

Ύψος επιχώματος (m)	Καθιζήσεις		
	Σημείο Α	Σημείο Β	Σημείο Γ
1	2.112	4.497	1.688
2	5.969	9.415	2.525
3	10.623	14.245	2.897
4	15.245	18.495	2.948
5	20.397	21.839	3.121

Πίνακας 5.11 Καθιζήσεις στα σημεία τομής βάσει του προγράμματος FLAC

Ύψος επιχώματος (m)	Καθιζήσεις		
	Σημείο A	Σημείο B	Σημείο Γ
1	2.175	4.468	1.812
2	5.836	9.172	2.739
3	10.150	13.680	3.176
4	14.660	17.590	3.340
5	19.050	20.610	3.335

Πίνακας 5.12 Καθιζήσεις στα σημεία τομής βάση της θεωρίας ελαστικότητας

Ύψος επιχώματος (m)	Καθιζήσεις		
	Σημείο A	Σημείο B	Σημείο Γ
1	3.55	3.65	1.17
2	7.20	7.16	2.30
3	10.73	10.75	3.42
4	14.34	14.31	4.52
5	17.91	17.90	5.79

Από τις παραμετρικές αναλύσεις που υλοποιήθηκαν διαφαίνεται ότι η βέλτιστη προσέγγιση μετρούμενων και υπολογιζόμενων καθιζήσεων επιτυγχάνεται στις ομάδες αναλύσεις A' και Δ'. Κάθε φορά, με την βοήθεια τριών συγκεκριμένων τομών υπεδάφους προέκυπταν οι τιμές των καθιζήσεων από την διεπιφάνεια επιχώματος-εδαφικής γεωμάζας μέχρι το τελικό βάθος. Από τις δύο αυτές αναλύσεις επιλέγεται ως ρεαλιστικότερη η ανάλυση στην ομάδα Δ', καθ' ότι η συμπεριφορά του προσομοιώματος κατά το βάθος είναι πιστότερη, αν και οι καθιζήσεις έχουν απόκλιση της τάξης 1.33cm από την ανάλυση Β', λαμβάνοντας τη δυσμενέστερη από τις τρεις (3) διατομές (σημείο Α).

Σκοπός των αναλύσεων ήταν βεβαίως η κατά το δυνατόν σύμπτωση των υπολογιζόμενων καθιζήσεων με τις αντίστοιχες μετρηθείσες τιμές. Η απόκλιση

των καθιζήσεων που παρατηρήθηκε ήταν της τάξεως 2.9cm, σύμφωνα με την δυσμενέστερη ανάλυση με τμηματική μελέτη σχεδιασμού του νέου επιχώματος ανά μέτρο ύψους (FLAC 3,σημείο Α). Η βέλτιστη παραμετρική ανάλυση όπως προαναφέρθηκε, αντιστοιχεί στην ομάδα Δ', η οποία έχει απόκλιση περίπου 1.04cm από τις επιτόπου μετρηθείσες τιμές των καθιζήσεων. Η ανωτέρω σύγκριση εκτιμήθηκε στο σημείο Β, όπου και παρουσιάζεται το μέγιστο ύψος επιχώματος (H = 5m).

Τέλος, επισημαίνεται ότι σε ένα εναλλακτικό αριθμητικό προσομοίωμα που υιοθετήθηκε δεν ελήφθη υπόψιν κατά την επίλυση η εξυγιαντική στρώση · το αποτέλεσμα δεν ήταν ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς δεν προέκυψε αξιόλογη διαφορά από το προσομοίωμα με εξυγιαντική στρώση, το οποίο και απεικονίζει την πραγματική κατασκευή του επιχώματος βάσει της μελέτης της ΕΟΑΕ Α.Ε. Για αυτόν το λόγο προσαρτήθηκε στο αριθμητικό προσομοίωμα των παραμετρικών αναλύσεων η εξυγιαντική στρώση, η οποία υλοποιείται με αφαίρεση 1.0m φυτικής γης και επανεπίχωσης ίσου πάχους με το υλικό κατασκευής του επιχώματος.

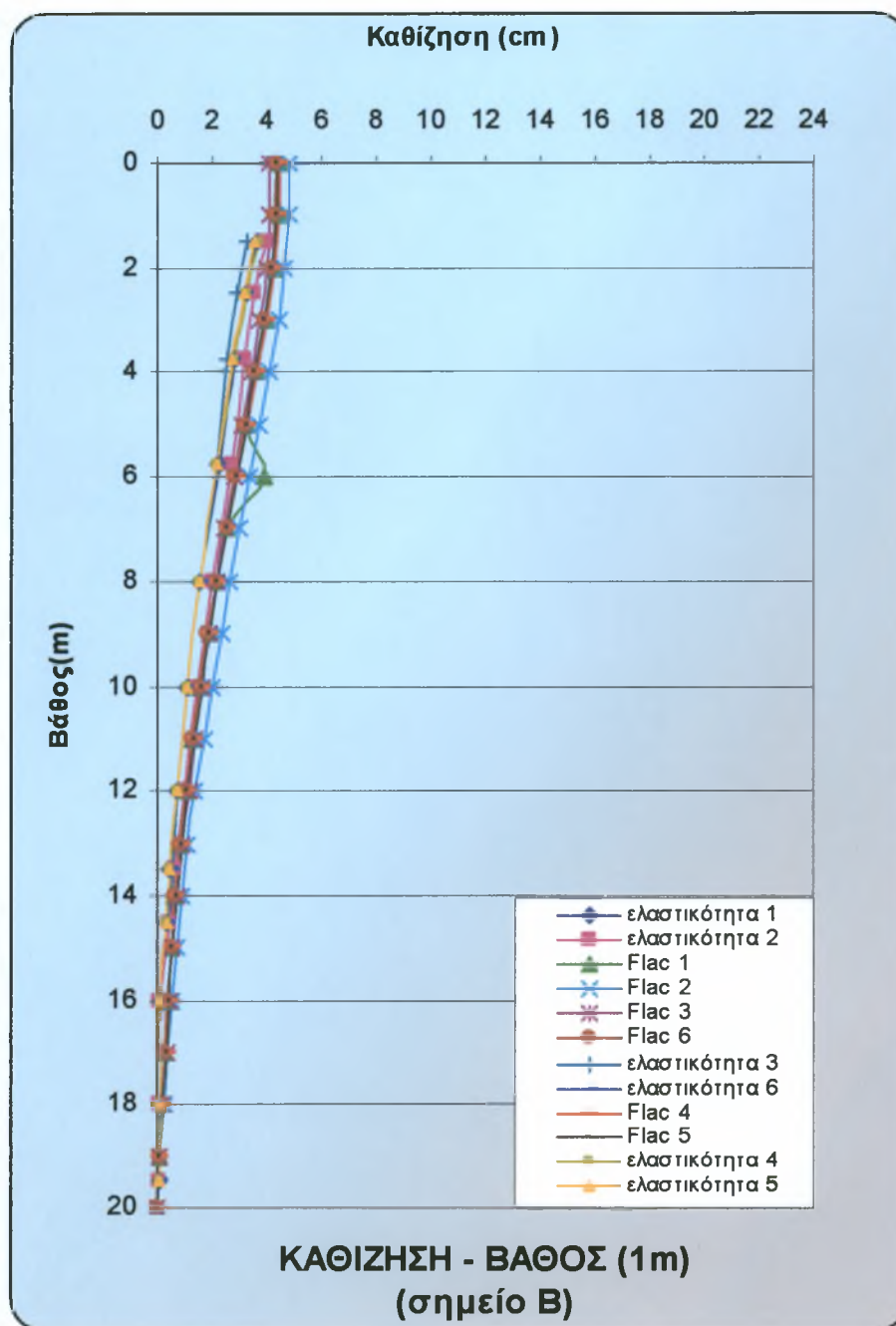
Στα ακόλουθα διαγράμματα παρουσιάζεται η καθίζηση που θα υποστεί το επίχωμα σε σχέση με το βάθος σε τρεις συγκεκριμένες θέσεις, για τις αντίστοιχες παραμετρικές αναλύσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Για ευνόητους λόγους χαρακτηρίζονται οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, ως ακολούθως :

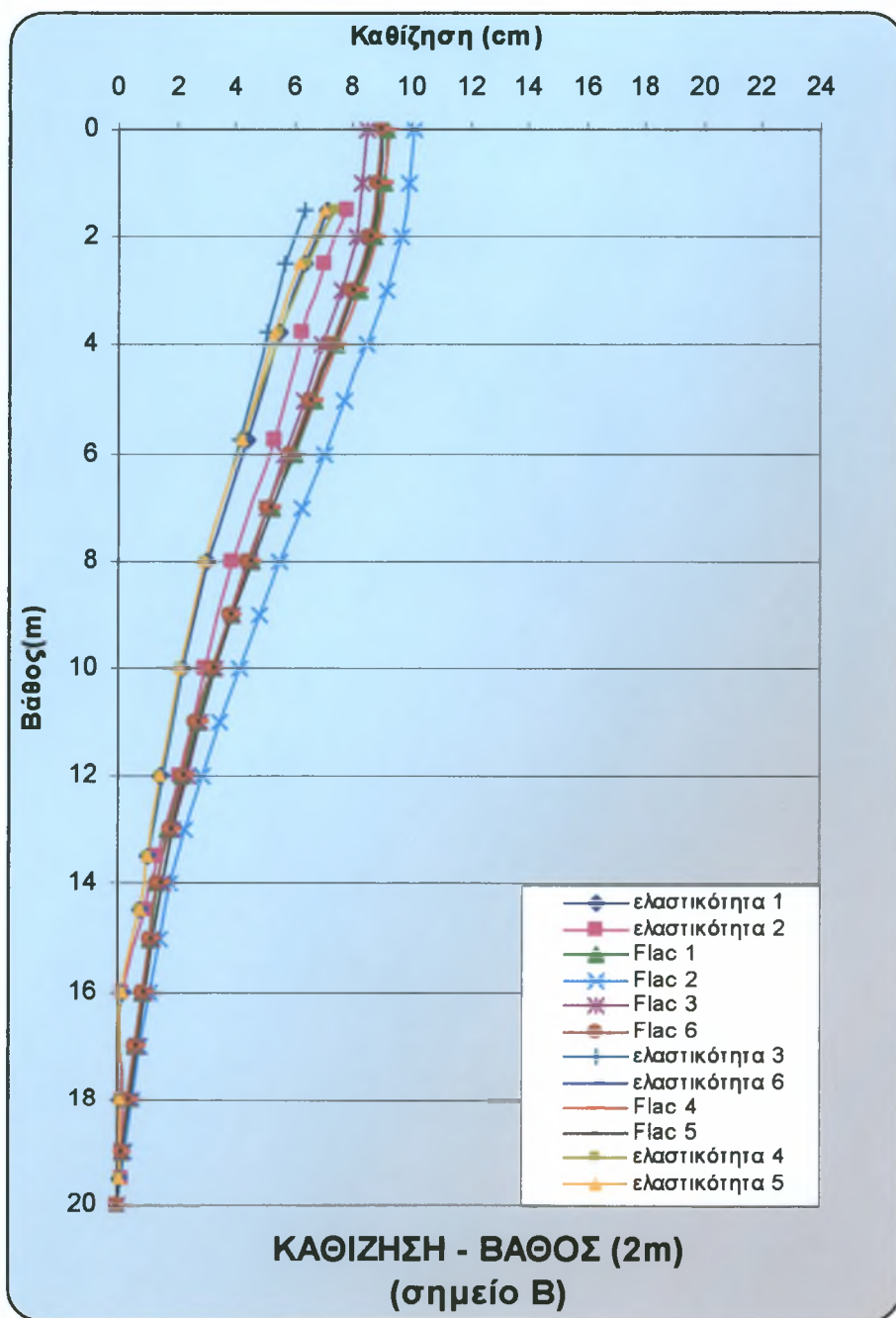
- FLAC 1, ελαστικότητα 1 : Παραμετρική Ανάλυση Α'
- FLAC 2, ελαστικότητα 2 : Παραμετρική Ανάλυση Β'
- FLAC 3, ελαστικότητα 3 : Παραμετρική Ανάλυση Γ'
- FLAC 4, ελαστικότητα 4 : Παραμετρική Ανάλυση Δ'
- FLAC 5, ελαστικότητα 5 : Παραμετρική Ανάλυση Ε'
- FLAC 6, ελαστικότητα 6 : Παραμετρική Ανάλυση ΣΤ'
- FLAC 7, ελαστικότητα 7 : Παραμετρική Ανάλυση Ζ'
- FLAC 8, ελαστικότητα 8 : Παραμετρική Ανάλυση Η'

Η πρώτη θέση παρουσιάζει την τομή κατά το ύψος στην δεξιά κάτω γωνία του υφιστάμενου επιχώματος (σημείο Α). Στη δεύτερη θέση απεικονίζεται η τομή κατ' ύψος στην δεξιά άνω γωνία του νέου επιχώματος (σημείο Β), και τέλος η τρίτη γραφική παράσταση προβάλλει τη τομή στη δεξιά κάτω γωνία του νέου επιχώματος (σημείο Γ).

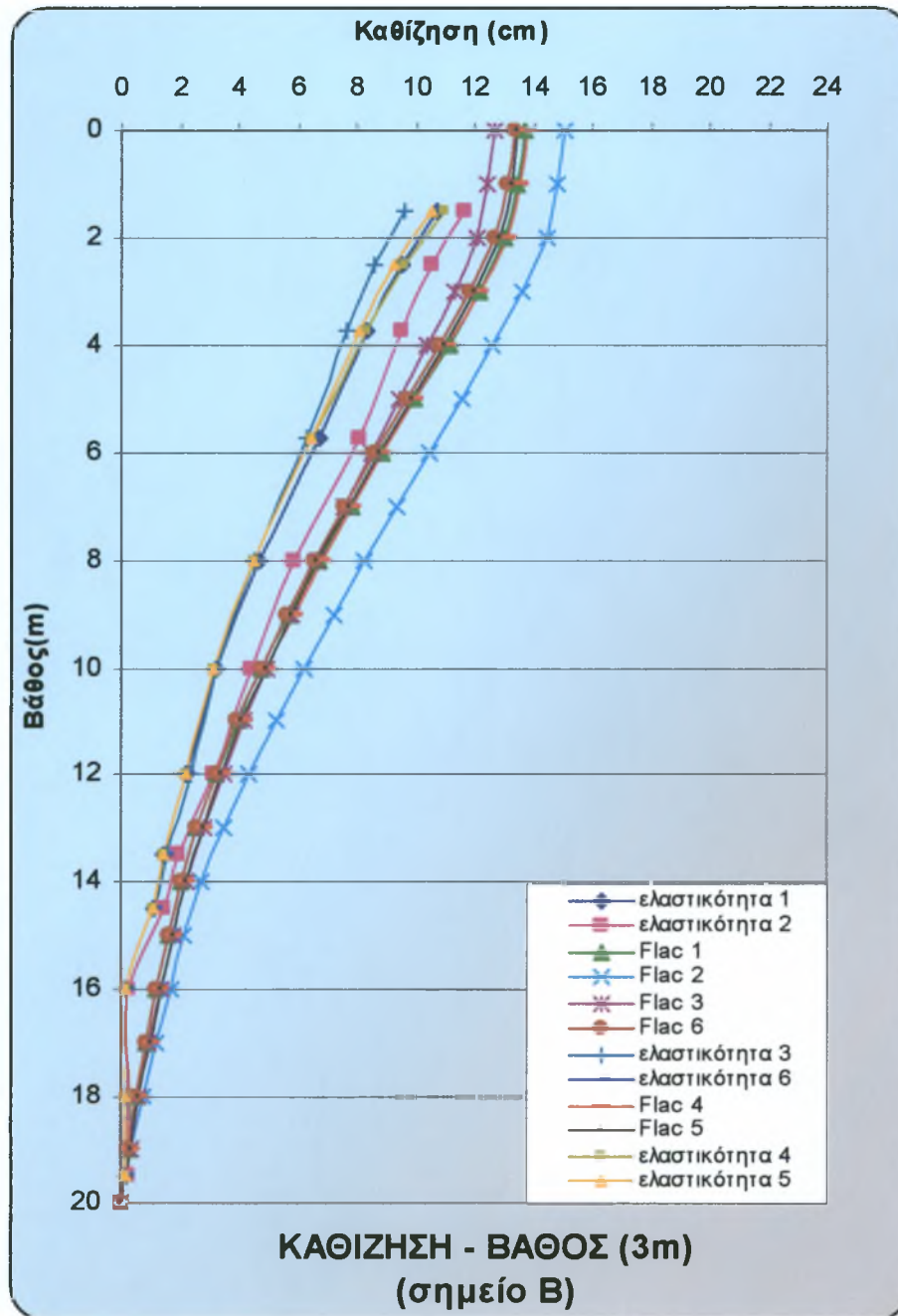
Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα "Καθίζηση – Βάθους" με τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m), επιλέγοντας τη δυσμενέστερη από τις τρεις διατομές, στο σημείο Β. Τα υπόλοιπα διαγράμματα ολικής και τμηματικής ανάλυσης, παρατίθενται στο Παράρτημα Γ.



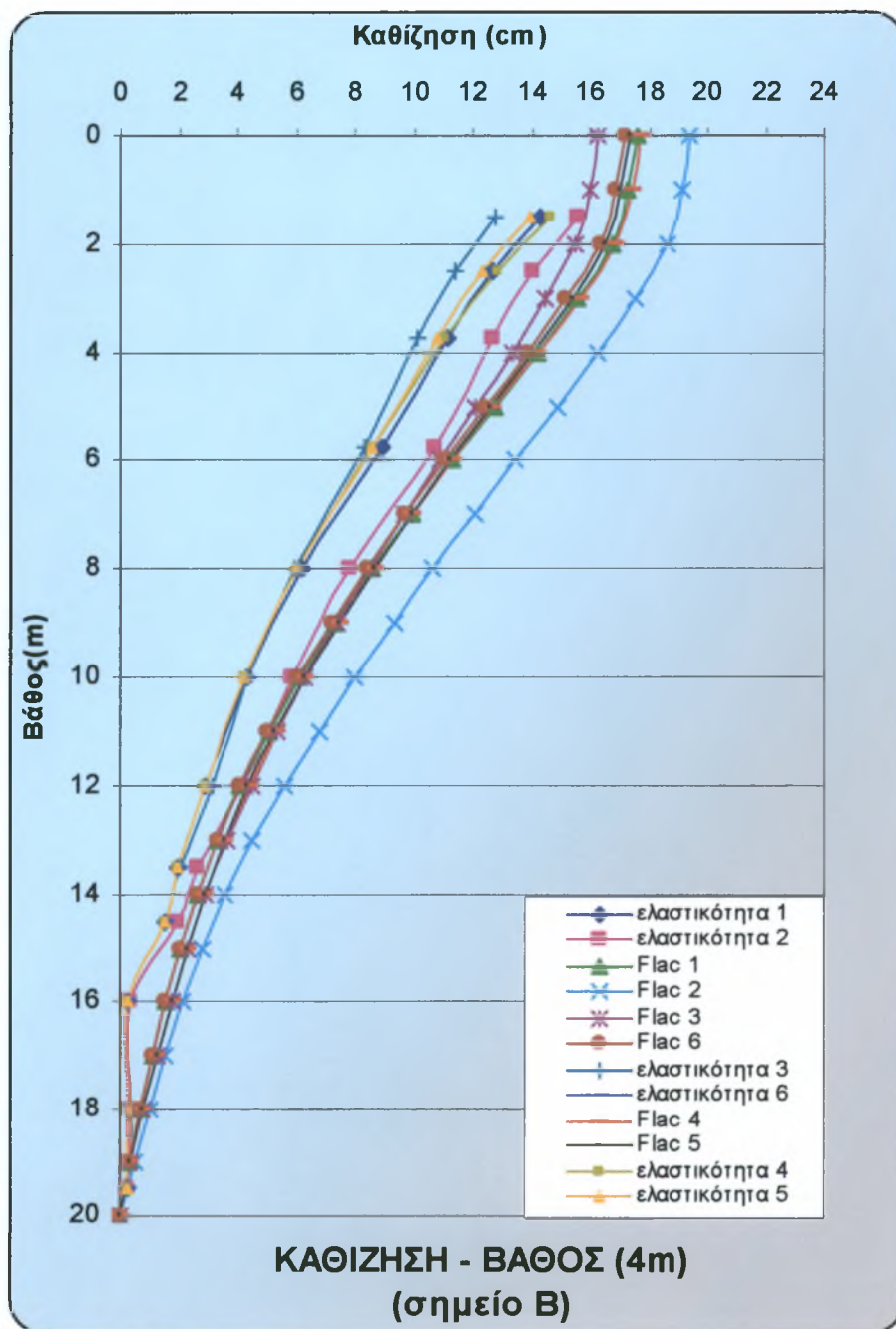
Σχήμα 5.1 Διάγραμμα καθιζήσεων – βάθους, για ύψος επιχώματος : 1m



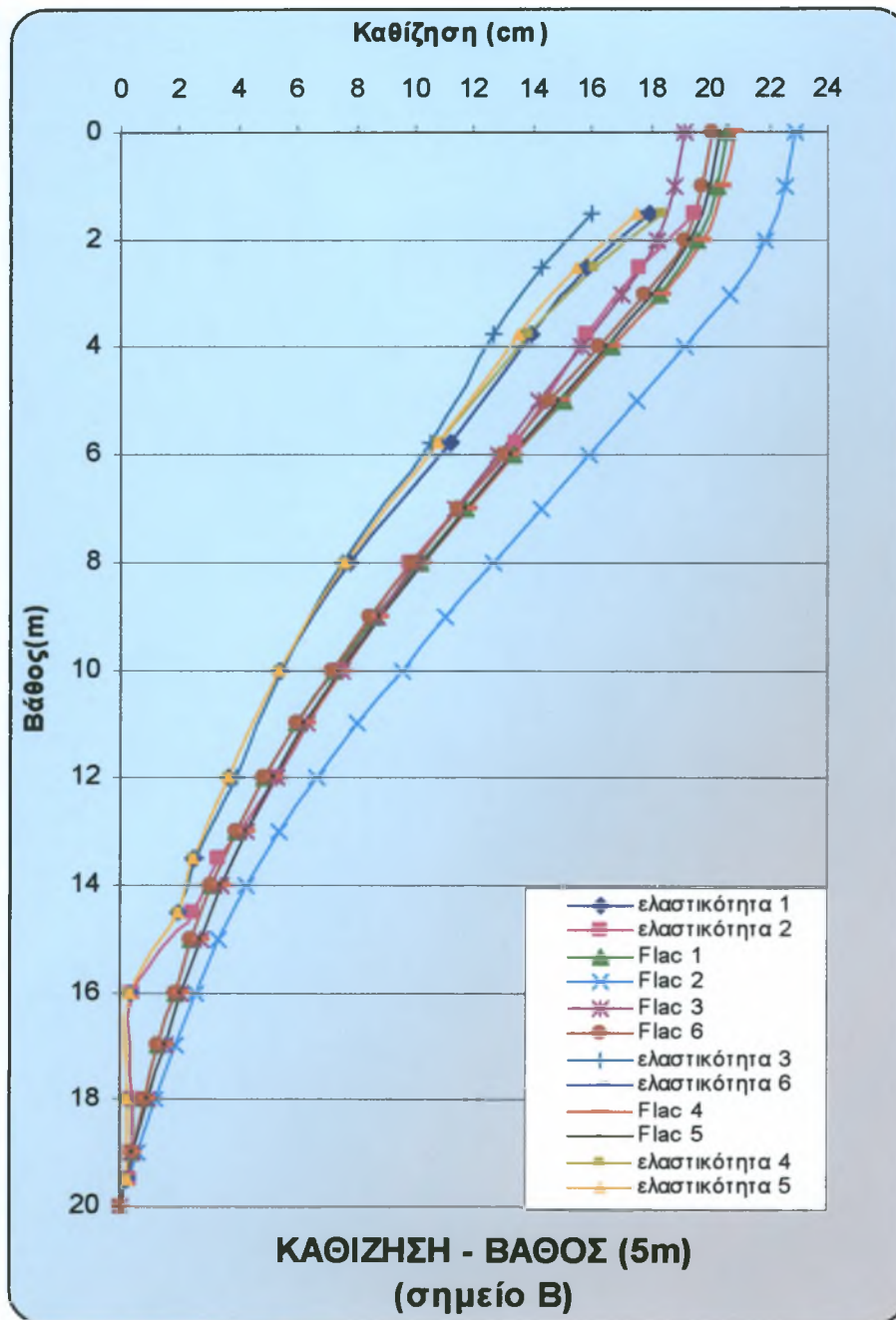
Σχήμα 5.2 Διάγραμμα καθιζήσεων – βάθους, για ύψος επιχώματος : 2m



Σχήμα 5.3 Διάγραμμα καθιζήσεων – βάθους, για ύψος επιχώματος : 3m

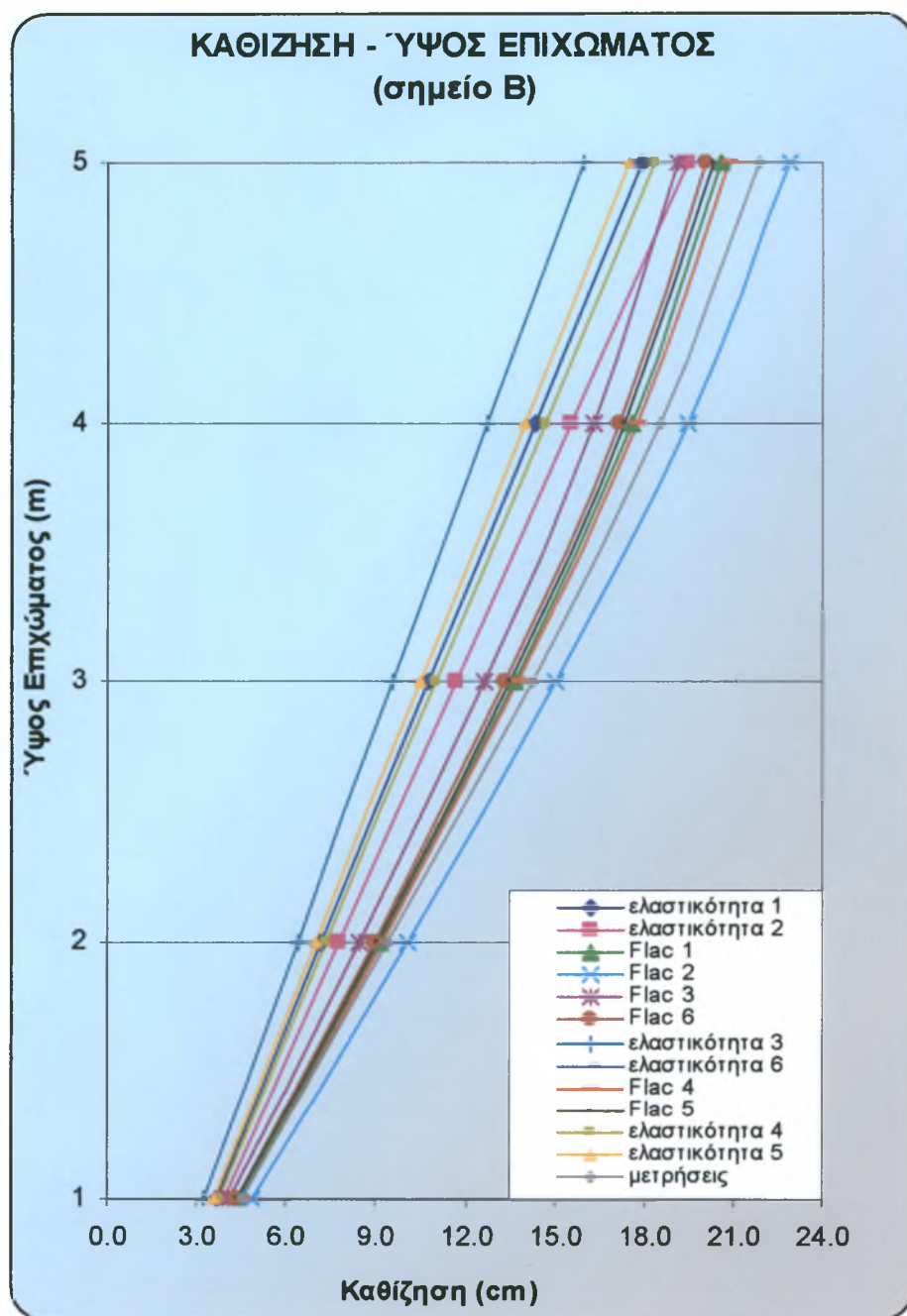


Σχήμα 5.4 Διάγραμμα καθιζήσεων – βάθους, για ύψος επιχώματος : 4m



Σχήμα 5.5 Διάγραμμα καθιζήσεων – βάθους, για ύψος επιχώματος : 5m

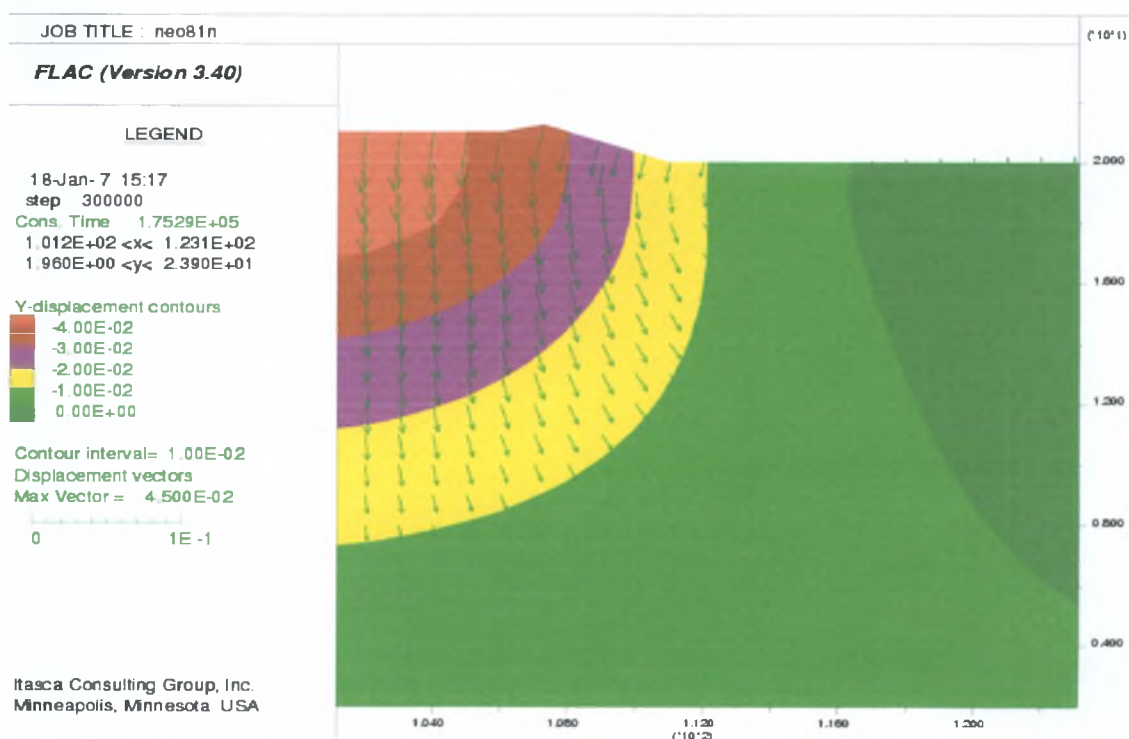
Εν συνεχεία παρατίθεται το γράφημα "Καθίζηση – Ύψος Επιχώματος" του σχήματος 5.6 στο σημείο Β, το οποίο ως ελέχθη προηγουμένως, θεωρείτο το δυσμενέστερο. Τα υπόλοιπα διαγράμματα παρατίθενται στο Παράρτημα Δ.



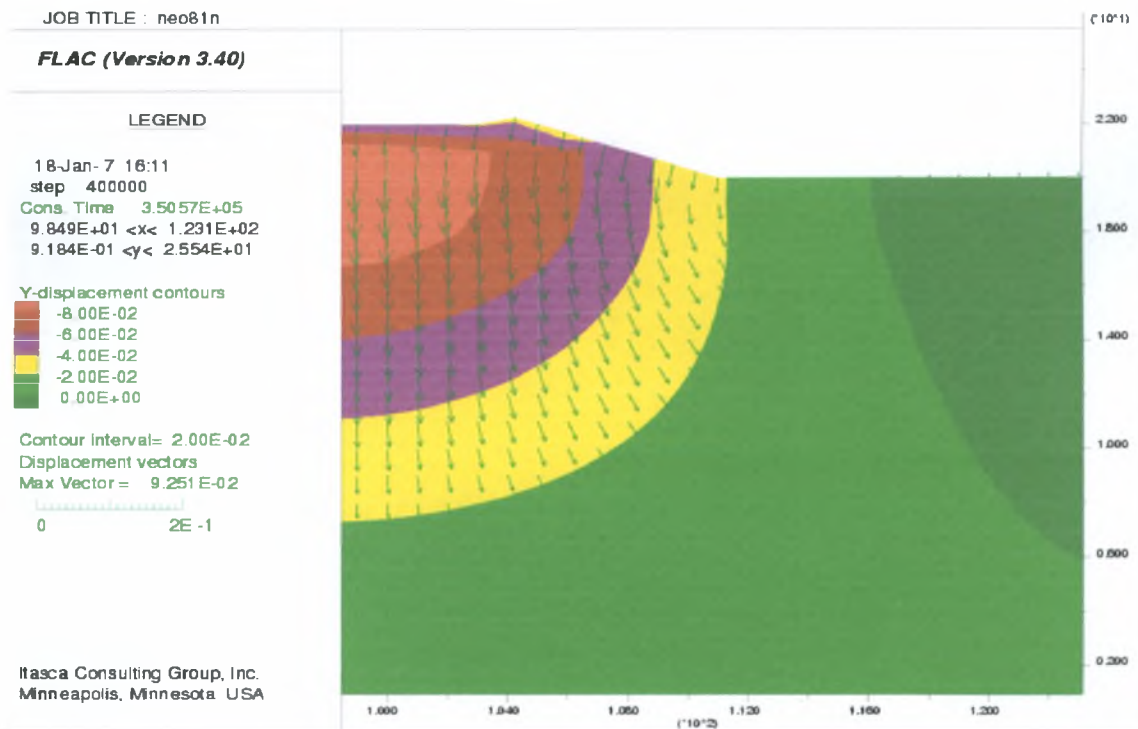
Σχήμα 5.6 Παρουσίαση της σύμπτωσης μετρούμενων και υπολογιζόμενων μεγεθών ως προς τις καθιζήσεις

Κατόπιν, παρατηρώντας τη σύμπτωση των μετακινήσεων που μετρήθηκαν επί τόπου (καθιζήσεις) με εκείνες που προέκυψαν αναλυτικά, θεωρείται ότι η σύμπτωση είναι αποδεκτή, οπότε πλέον μπορούν να αποκαλυφθούν οι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης μεταξύ επιχώματος – φέρουσας γεωμάζας (πεδία μετατοπίσεων και τάσεων).

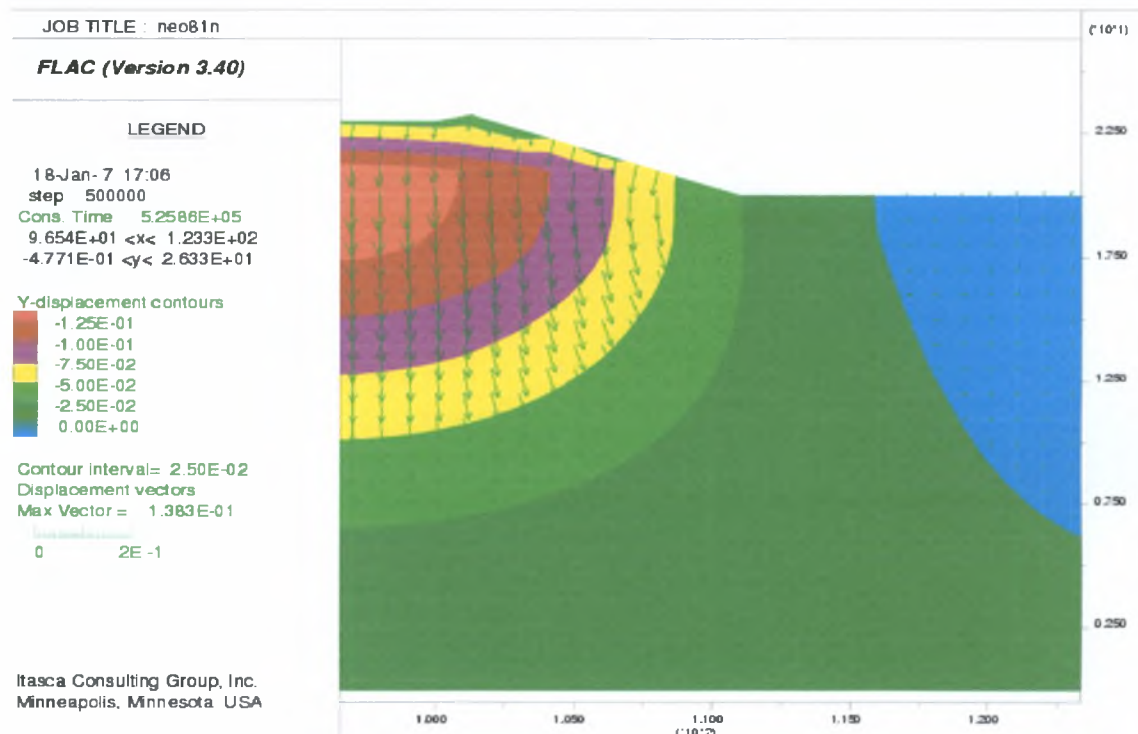
Παρακάτω παρατίθενται τα πεδία μετατοπίσεων της βέλτιστης προσέγγισης μετρούμενων και υπολογιζόμενων καθιζήσεων – η οποία θεωρείτο η ανάλυση στην ομάδα Δ' με τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m) – ενώ οι λοιπές παραμετρικές αναλύσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα ΣΤ.



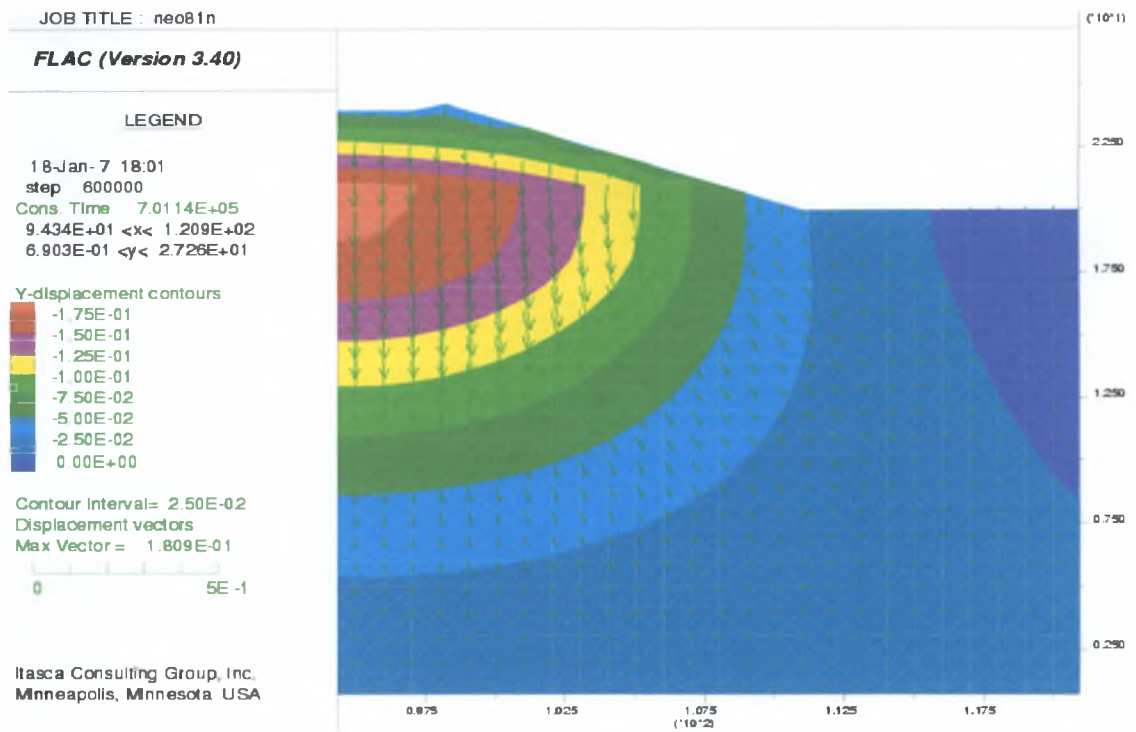
Σχήμα 5.7 Κατανομή πεδίου μετατοπίσεων ύψους επιχώματος : 1m



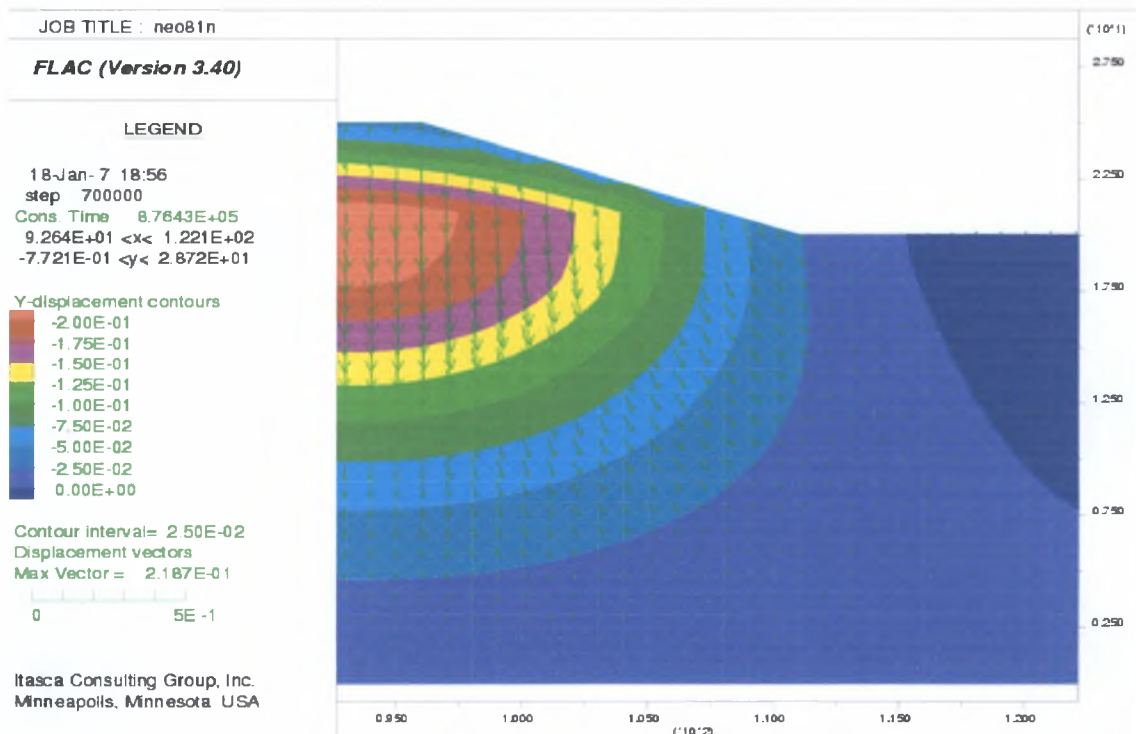
Σχήμα 5.8 Κατανομή πεδίου μετατοπίσεων ύψους επιχώματος : 2m



Σχήμα 5.9 Κατανομή πεδίου μετατοπίσεων ύψους επιχώματος : 3m

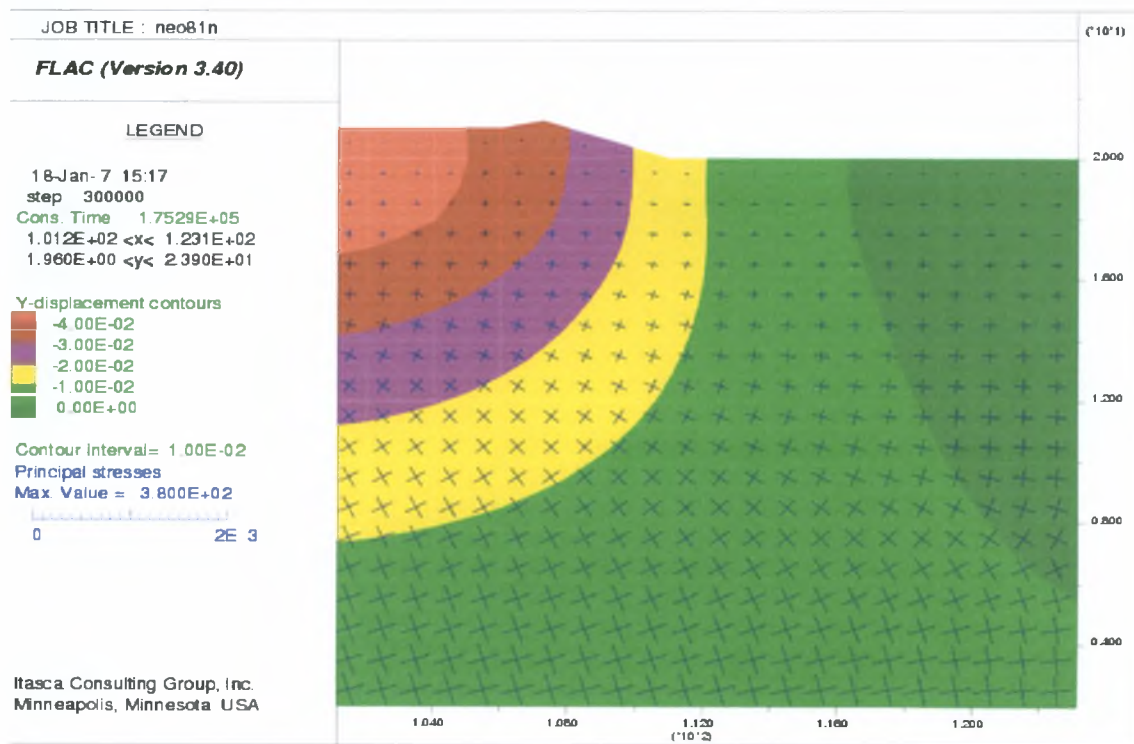


Σχήμα 5.10 Κατανομή πεδίου μετατοπίσεων ύψους επιχώματος : 4m

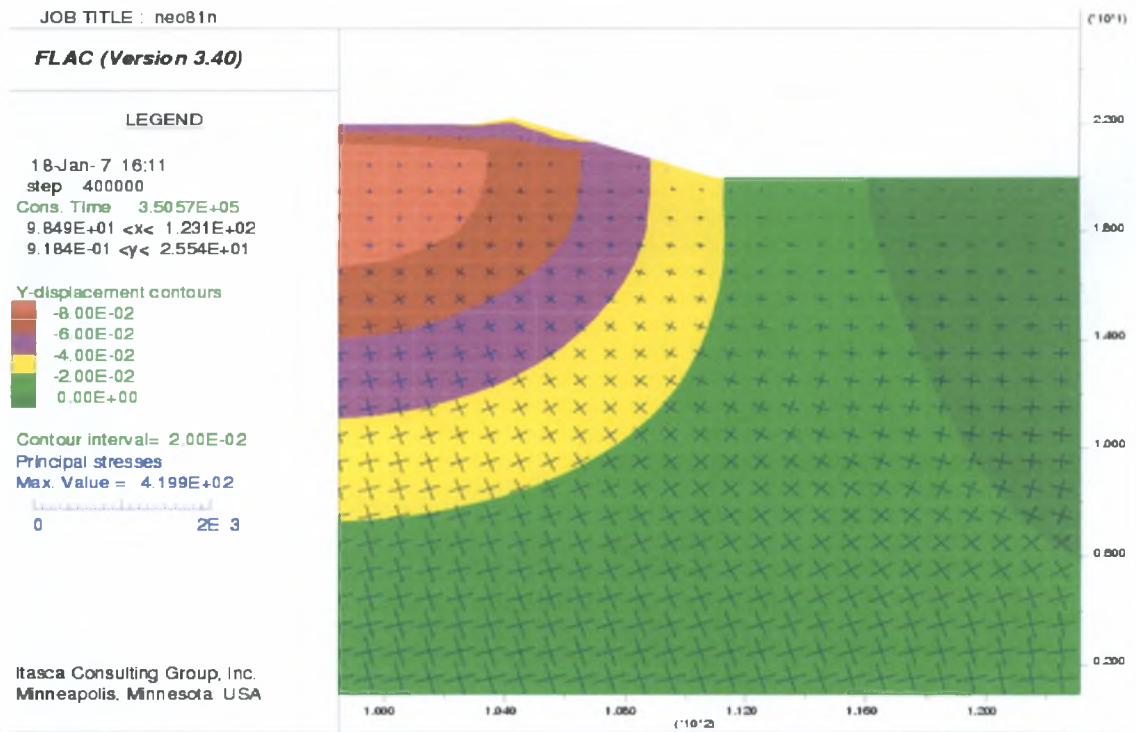


Σχήμα 5.11 Κατανομή πεδίου μετατοπίσεων ύψους επιχώματος : 5m

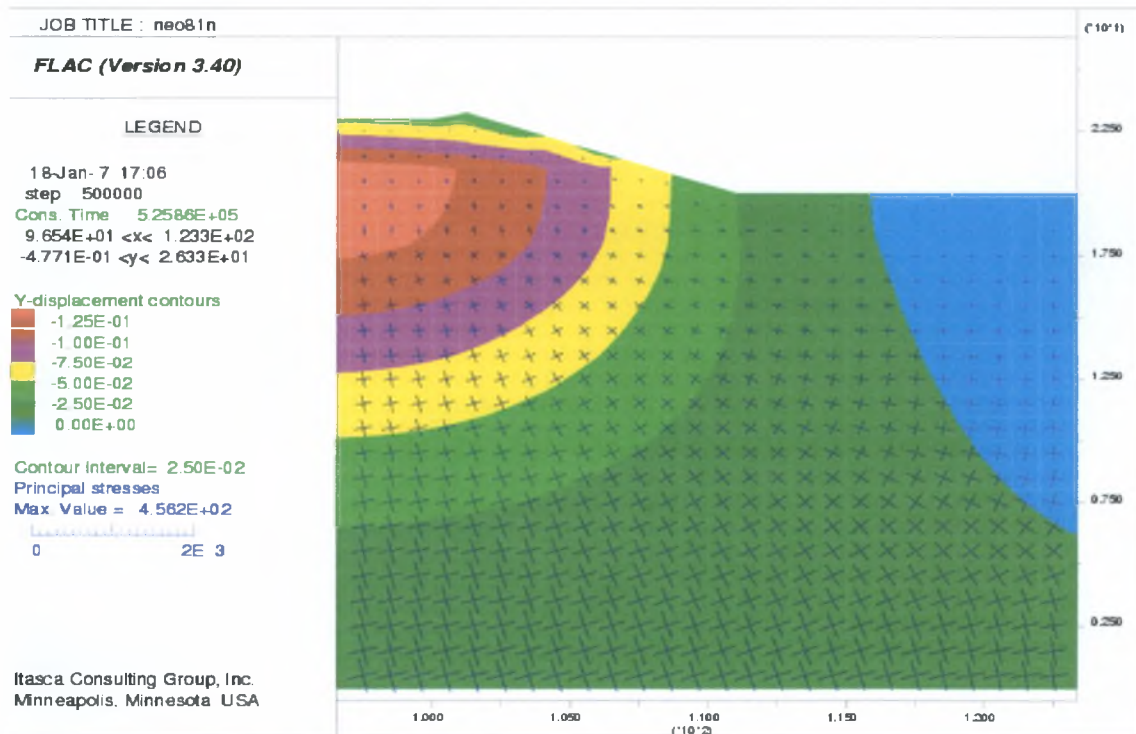
Παρακάτω παρατίθενται τα πεδία τάσεων της βέλτιστης προσέγγισης μετρούμενων και υπολογιζόμενων καθιζήσεων –η οποία θεωρείτο η ανάλυση στην ομάδα Δ' με τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m) – ενώ οι λοιπές παραμετρικές αναλύσεις παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ζ.



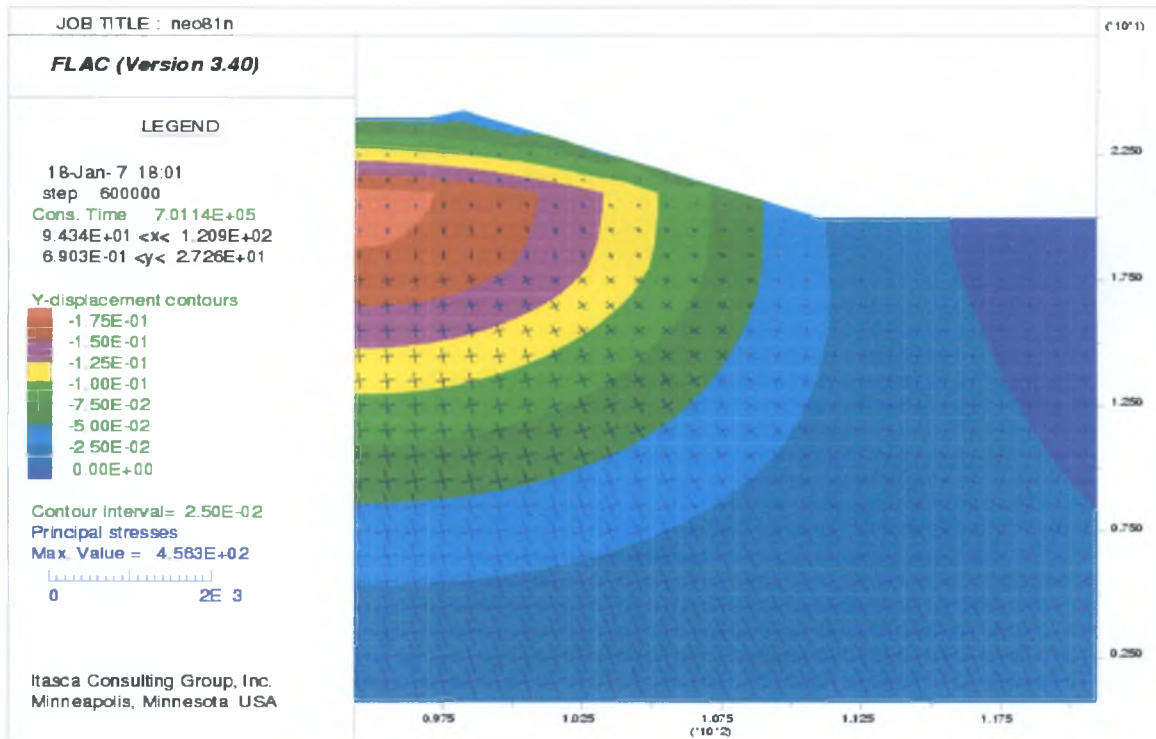
Σχήμα 5.12 Κατανομή πεδίου τάσεων ύψους επιχώματος : 1m



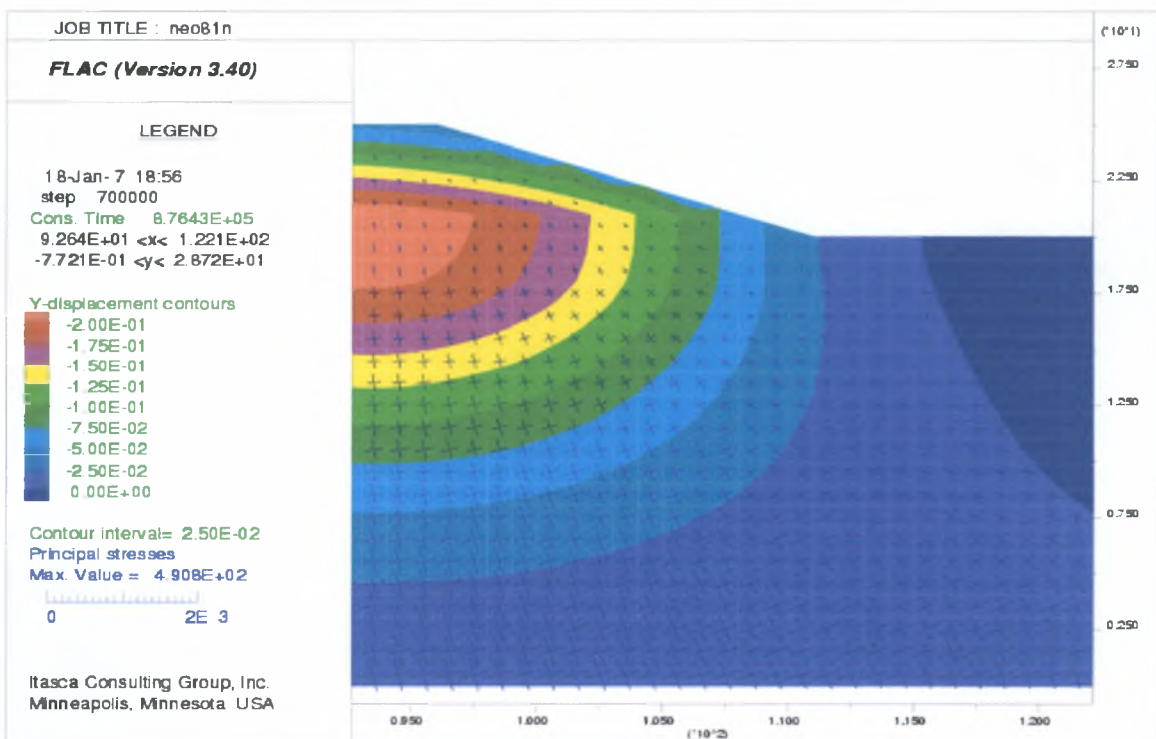
Σχήμα 5.13 Κατανομή πεδίου τάσεων ύψους επιχώματος : 2m



Σχήμα 5.14 Κατανομή πεδίου τάσεων ύψους επιχώματος : 3m



Σχήμα 5.15 Κατανομή πεδίου τάσεων ύψους επιχώματος : 4m



Σχήμα 5.16 Κατανομή πεδίου τάσεων ύψους επιχώματος : 5m

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από το σύνολο των επιλύσεων με τον κώδικα FLAC, την ελαστική θεωρία (μέθοδος Asaoka), όσο και την σύγκρισή των με τις επιτόπου μετρήσεις είναι τα ακόλουθα :

- Οι παραμετρικές αναλύσεις με χρήση του Κώδικα FLAC κατέδειξαν ότι τα σενάρια FLAC 1 και FLAC 4 προσεγγίζουν σε υψηλό βαθμό τις μετρήσεις, καθώς περικλείονται εντός των δύο αυτών γραφημάτων. Οι διαφορές είναι της τάξεως του 5.6 % για το FLAC 1 και 4.8 % για το FLAC 4, σε σχέση με τις πραγματοποιούμενες μετρήσεις στο σημείο Β. Όσον αφορά το σημείο Γ διακρίνεται –χωρίς όμως ιδιαίτερη σαφήνεια– ότι η διαφορά είναι ελαφρώς μεγαλύτερη και οι μετρήσεις προσεγγίζουν περισσότερο το σενάριο FLAC 4.
- Η μικρή απόκλιση των τιμών των εδαφικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στο προσομοίωμα για να προκύψει σύμπτωση μετρούμενων και υπολογιζόμενων μεγεθών με τις τιμές που προέκυψαν από την γεωτεχνική διασκόπηση αποδίδεται στη διατάραξη των εδαφικών δοκιμίων.
- Τα γραφήματα “Καθίζηση–Υψος επιχώματος” κατά την τμηματική ανάλυση του επιχώματος παρουσιάζουν σχεδόν ταύτιση των αποτελεσμάτων των παραμετρικών αναλύσεων (FLAC 1, FLAC 4) με τα αποτελέσματα των οργανομετρήσεων.
- Στο γράφημα “Καθίζηση–Υψος Επιχώματος” καταγράφεται σχεδόν γραμμική φθίνουσα μεταβολή με το βάθος στο σημείο Α, ενώ σε απόσταση από αυτό (σημείο Β) αυξάνεται η μη-γραμμικότητα της μεταβολής με ιδιαίτερη αύξηση στην δεξιά κάτω γωνία του νέου επιχώματος (σημείο Γ).
- Τα γραφήματα τα οποία απεικονίζουν την τμηματική κατασκευή του νέου επιχώματος με το βάθος οδηγούν σε μεγαλύτερη ακρίβεια και καλύτερη ευκρίνεια των αποτελεσμάτων απ’ ότι τα γραφήματα που απεικονίζουν την ολική κατασκευή του επιχώματος.

- Γίνεται σαφές ότι οι καθιζήσεις στο σημείο B είναι το άθροισμα των καθιζήσεων του υπεδάφους και του ίδιου του επιχώματος, οπότε δικαιολογούνται οι καταγραφόμενες υψηλές τιμές.
- Όλες οι παραμετρικές αναλύσεις οι οποίες εξετάστηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, ως προς τη σχέση Τάσεων–Βάθους, ταυτίζονται μεταξύ των και στα τρία υπό μελέτη σημεία (A, B, Γ).
- Τα γραφήματα Τάσεων–Βάθους κατά την τμηματική αλλά και την ολική μονόπλευρη διαπλάτυνση έχουν την ίδια μορφή, τόσο μέσω του προγράμματος πεπερασμένων διαφορών όσο και με χρήση της θεωρίας ελαστικότητας.
- Καταγράφεται στα ίδια γραφήματα σχεδόν γραμμική μεταβολή με το βάθος και στα τρία σημεία που μελετώνται (σημείο A, B, Γ). Επισημαίνεται η σταδιακή αύξηση των τάσεων που διαπιστώνεται στην τμηματική κατασκευή του επιχώματος κάθε φορά που προστίθεται 1m επίχωσης
- Παρατηρώντας την κατανομή των τάσεων αλλά και των διανυσμάτων των μετατοπίσεων είναι εμφανής η ομοιότητα με την μορφή αστοχίας αβαθούς θεμελίωσης, σύμφωνα με τη θεωρία Terzaghi, καθόσον η διεύθυνση των διανυσμάτων των μετατοπίσεων περί το μέσον του προστιθέμενου επιχώματος είναι σχεδόν κατακόρυφη, εν συνέχεια δε κλίνει εκατέρωθεν (προς δεξιά και αριστερά) · ανάλογα ισχύουν στην κατανομή των τάσεων (συμβολισμός σταυρονήματος).
- Οι ισοβαρείς των ορθών τάσεων κατά τις διευθύνσεις x, y έχουν ομαλή διακύμανση (οι τιμές των τάσεων είναι θλιπτικές και εμφανίζονται με το πρόσημο (-), κατά τη σχέση : $\sigma = -\gamma * z$).
- Αντιθέτως, οι ισοβαρείς των διατμητικών τάσεων παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση, και δεν υποδεικνύουν συγκέντρωση σε συγκεκριμένες ζώνες κατά το προσομοίωμα αστοχίας Terzaghi, γεγονός το οποίο ερμηνεύεται από τον πολύ υψηλό συντελεστή ασφαλείας έναντι διατμητικής αστοχίας. Επισημαίνεται ότι για την προσομοίωση των εδαφικών στρώσεων και του επιχώματος επελέγη ο καταστατικός νόμος Mohr-Coulomb. Το FLAC είναι ένα πρόγραμμα το οποίο κάνει αλγεβρικές επιλύσεις σε ένα σύστημα που έχει ορισθεί. Παρατηρείται η ύπαρξη

θλιπτικών και εφελκυστικών τάσεων, γεγονός το οποίο αποδίδεται στην γωνία διατμητικής αντοχής που υιοθετείται κάθε φορά που λαμβάνει χώραν επίλυση με τα δεδομένα που παρέχονται, βάση του συστήματος συντεταγμένων που έχει ορισθεί. Για τον λόγον αυτόν δεν παρουσιάζεται σαφώς αστοχία τύπου αβαθούς θεμελίωσης στις ισοβαρείς των διατμητικών τάσεων, αλλά εικάζεται με βάση τα διανύσματα των μετατοπίσεων και την κατανομή των τάσεων.

- Οι παραμετρικές αναλύσεις παρουσιάζουν απόκλιση των τιμών των παραμορφώσεων με το βάθος, κάτω από 1m από την επιφάνεια εδάφους, γεγονός το οποίον αποδίδεται κυρίως στην διαφοροποίηση του μέτρου ελαστικότητας και ακολούθως στα λοιπά εδαφικά χαρακτηριστικά.
- Τα γραφήματα Παραμορφώσεων–Βάθους κατά την τμηματική αλλά και την ολική μονόπλευρη διαπλάτυνση έχουν την ίδια μορφή, τόσο μέσω του προγράμματος πεπερασμένων διαφορών όσο και με χρήση της θεωρίας ελαστικότητας.
- Οι παραμορφώσεις αρχικώς αυξάνονται όταν υιοθετείτο μη-γραμμική συμπεριφορά, καθώς όμως το βάθος μεγαλώνει ομαλοποιούνται.
- Οι προαναφερόμενες γραφικές παραστάσεις με χρήση του FLAC-2D οδηγούν σε αποτελέσματα μεγαλύτερης ακρίβειας σε σχέση με την μέθοδο Asaoka.
- Η διατήρηση σταθερής τιμής του μέτρου ελαστικότητας (E), βάση της γεωτεχνικής μελέτης, σε όλες τις φάσεις εξαίτισης οδηγεί σε σημαντικές αποκλίσεις των αποτελεσμάτων του αριθμητικού προσομοιώματος από τις μετρηθείσες τιμές. Η απόκλιση αυτή οφείλεται, όπως έχει προαναφερθεί στην μη-γραμμική σχέση τάσεων–παραμορφώσεων, με αποτέλεσμα το μέτρο ελαστικότητας να μεταβάλλεται συνεχώς.
- Η χρήση της ίδιας τιμής του μέτρου ελαστικότητας (E), μεταξύ παραμετρικών αναλύσεων, δεν επιφέρει ουσιαστικά διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων κατά την επίλυση με τη βοήθεια της θεωρίας της ελαστικότητας.
- Η συμπεριφορά του εδάφους με την εισαγωγή του νέου επιχώματος, γίνεται με χρήση κατάλληλων συνδυασμών τιμών στις εδαφικές

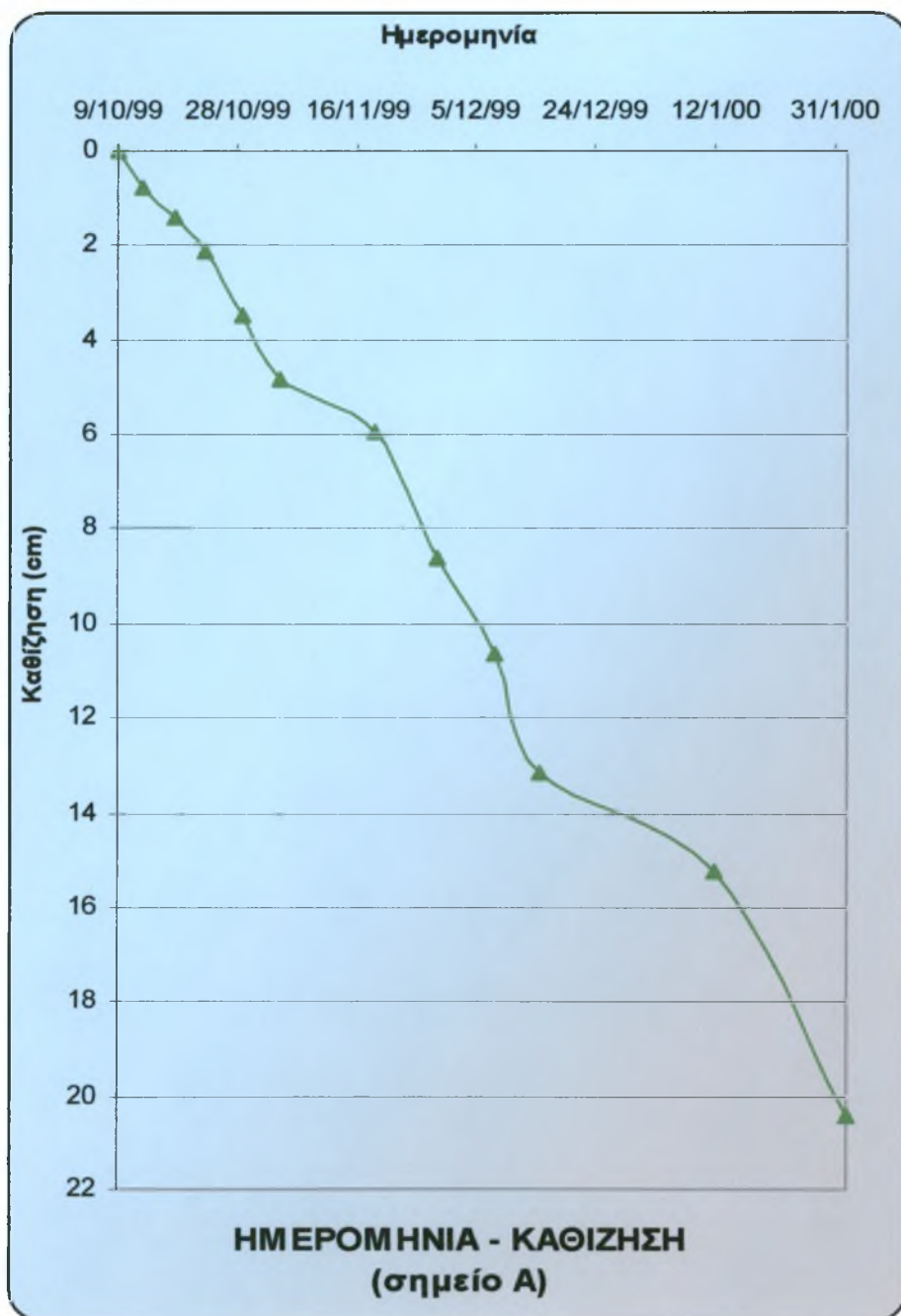
παραμέτρους. Ιδιαίτερη βαρύτητα στο προσομοίωμα δόθηκε στο μέτρο ελαστικότητας (E) και στο λόγο Poisson (ν).

- Τα εδαφικά χαρακτηριστικά, όπως η συνοχή (c), η γωνία διατμητικής αντοχής (Φ) και ο λόγος Poisson (ν) δεν επηρεάζουν την επίλυση βάσει της ελαστικότητας.
- Η χρήση του καταλληλότερου καταστατικού νόμου (Mohr–Coulomb) προσέδωσε την δυνατότητα αξιόπιστης προσομοίωσης της συμπεριφοράς του υπό εξέταση φαινομένου.
- Κάθε αποτέλεσμα που προκύπτει από την επίλυση μέσω αριθμητικών προσομοιωμάτων πρέπει να ελέγχεται - αξιολογείται από τον μελετητή και να μην λαμβάνεται εκ των προτέρων η ορθότητα τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

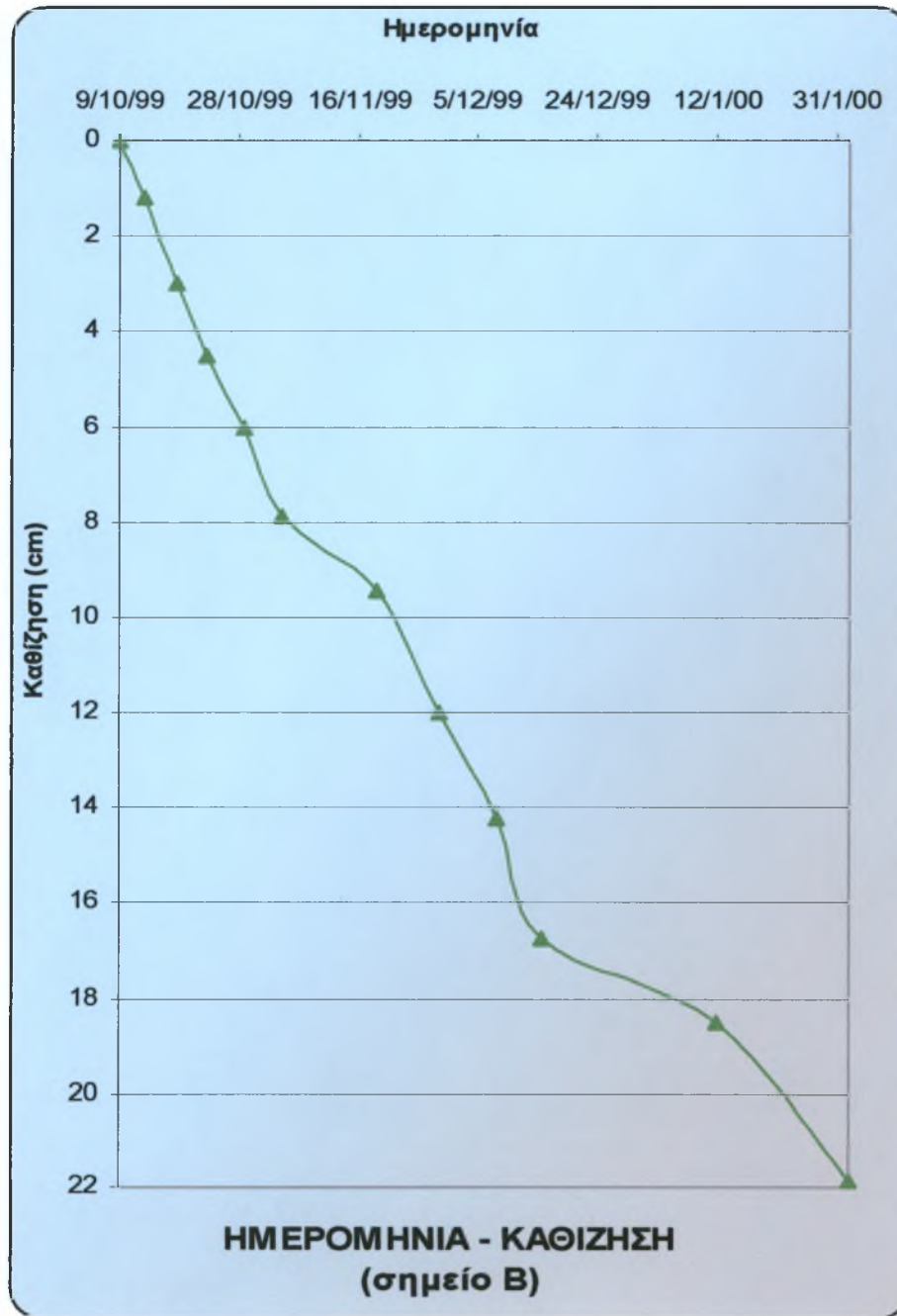
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Απεικόνιση Καθίζησης Μαρτύρων



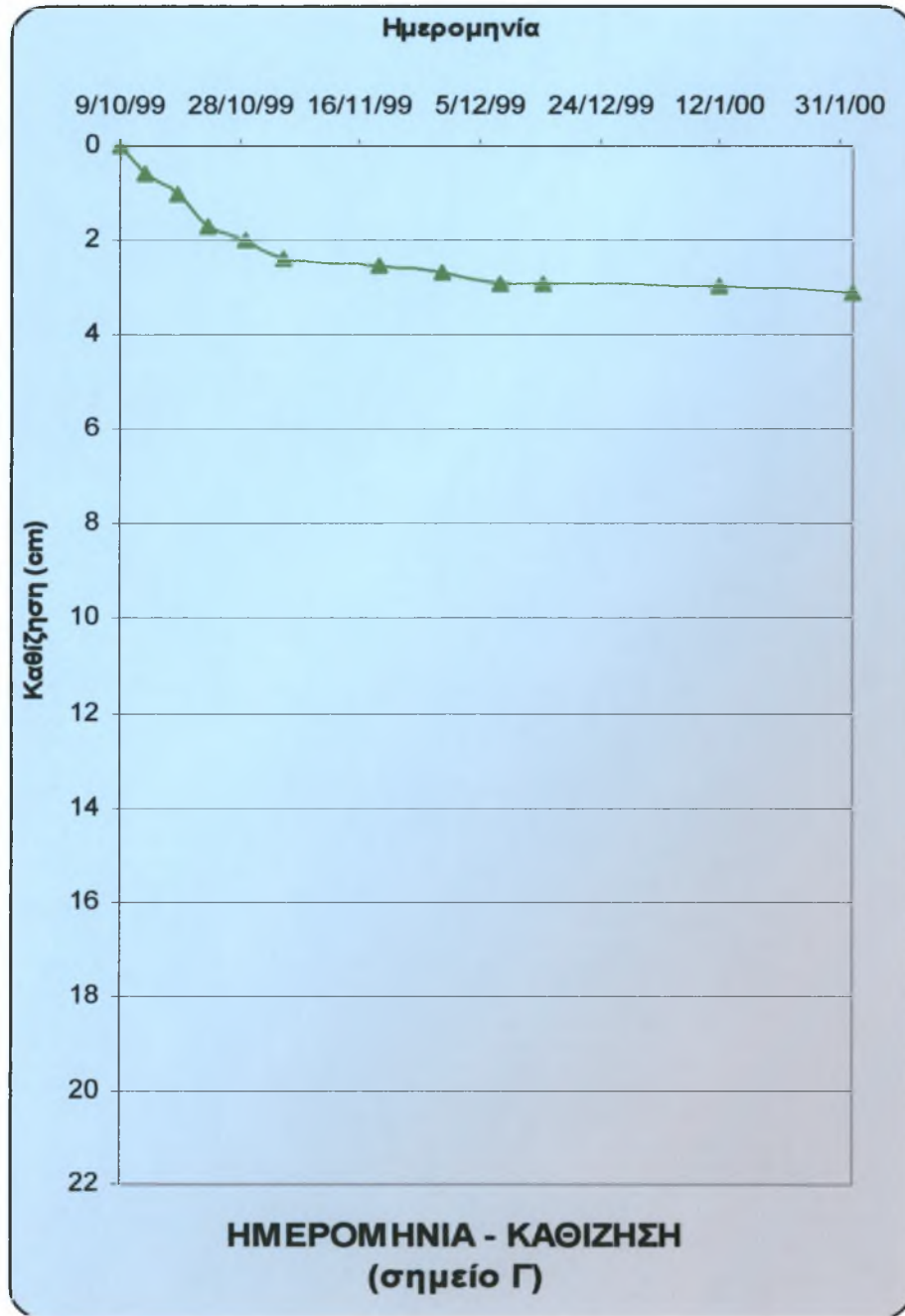
Σχήμα Α.1

Απεικόνιση καθιζήσεων στα σημεία τομής βάσει των
οργανομετρήσεων



Σχήμα Α.2

Απεικόνιση καθιζήσεων στα σημεία τομής βάσει των
οργανομετρήσεων



Σχήμα Α.3

Απεικόνιση καθιζήσεων στα σημεία τομής βάσει των
οργανομετρήσεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Υπολογισμοί Καθιζήσεων Νέου Επιχώματος με Θεωρία Ελαστικότητας

Ακολουθως παρατίθενται οι υπολογισμοί σύμφωνα με την θεωρία της ελαστικότητας (Μέθοδος Asaoka), για την βέλτιστη περίπτωση παραμετρικής ανάλυσης (ομάδα παραμετρικών αναλύσεων Δ', neo81n) στο δυσμενέστερο σημείο τομής, το σημείο Β, με ολική και τμηματική επίλυση του επιχώματος. Η ίδια διαδικασία υπολογισμών επαναλήφθηκε για όλες τις παραμετρικές αναλύσεις και στα τρία σημεία τομής κατά ύψος του επιχώματος με τη φέρουσα γεωμάζα.

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)				
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)		
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση			20,000					
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500	1
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500	1
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	6,500	6,500	1
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000	1
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000	1
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000	1
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

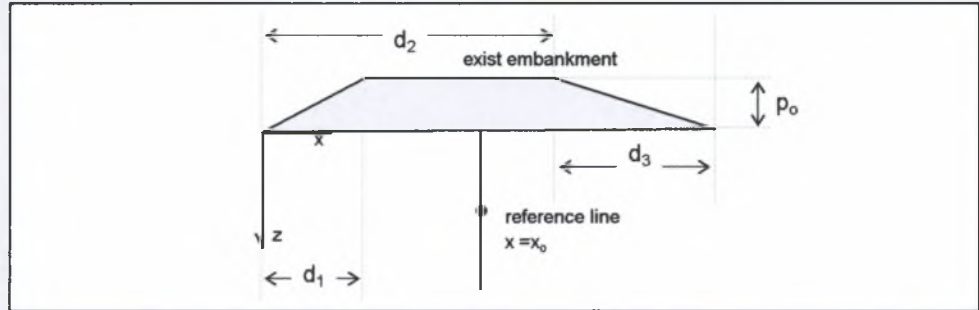
soil layer #	depth (m) from to	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I
12	17 19	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστα χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστα χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 =$	35.5	m
$d_1 =$	7.5	m
$d_2 =$	24.5	m
$d_3 =$	7.5	m
$d_{equ} =$	32	m
$d_{emb} =$	0	m
$p_0 =$	98.9	kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total			
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	7.8	0.6	0.0	0.0	4.1	0.4	0.0	3.8	0.2
2	35.5	1.5	0.0	0.4	0.0	1.3	20.8	4.8	1.0	1.0	10.4	3.2	0.3	10.8	1.6
3	35.5	2.5	0.0	0.6	0.1	4.6	28.8	10.4	3.4	3.4	13.0	6.5	1.2	16.5	4.0
4	35.5	3.75	0.0	0.9	0.1	10.1	33.2	16.3	7.0	7.0	12.6	9.1	3.1	21.5	7.3
5	35.5	5.75	0.0	1.4	0.3	18.1	33.6	21.7	11.1	11.1	9.5	9.9	7.1	25.5	12.1
6	35.5	8	0.1	1.8	0.5	24.5	31.0	24.0	12.9	6.2	6.2	8.6	11.7	26.5	15.9
7	35.5	10	0.2	2.1	0.7	28.2	27.9	24.5	13.1	4.3	4.3	7.2	15.3	25.7	18.0
8	35.5	12	0.4	2.3	0.9	30.7	24.8	24.1	12.7	3.0	3.0	5.9	18.4	24.1	19.1
9	35.5	13.5	0.5	2.4	1.1	32.0	22.7	23.6	12.2	2.3	2.3	5.1	20.3	22.7	19.5
10	35.5	14.5	0.6	2.5	1.2	32.6	21.3	23.1	11.8	2.0	2.0	4.7	21.3	21.7	19.6
11	35.5	16	0.7	2.5	1.3	33.3	19.3	22.3	11.3	1.6	1.6	4.1	22.7	20.3	19.6
12	35.5	18	0.9	2.5	1.5	33.8	17.0	21.1	10.6	1.2	1.2	3.4	24.2	18.3	19.2
13	35.5	19.5	1.0	2.5	1.6	34.0	15.4	20.2	10.0	1.0	1.0	3.0	25.0	16.9	18.8

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{z_{em}(z)}$	=	0	kPa
Δp	=	25	kPa
C1	=	1	
C2	=	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)	cohesionless layers				cohesive layers							
									l_z	E_s (KPa)	s_{i1} (cm)	$\varepsilon_1 = s_{i1} / dz$ (%)	$cum(s_{i1})$ (cm)	S_1 (cm)	E_s (KPa)	l	s_2 (cm)	$\varepsilon_2 = s_2 / dz$ (%)	$cum(s_2)$ (cm)	S_2 (cm)
1	1	0.5	1	0	21.0	21.0	21	21	0.02	20,000	0.00	0.002	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00		3.27
2	2	1.5	1	0	19.8	10.0	41	31							1	0.03	0.03	0.03		3.27
3	2	2.5	1	1	19.8	10.0	61	41							1	0.11	0.08	0.08		3.25
4	2	3.75	1.5	3	19.8	10.0	90	56							1	0.32	0.13	0.13		3.13
5	2	5.75	2.5	7	19.8	10.0	140	81							1	0.44	0.22	0.22		2.82
6	2	8	2	12	19.8	10.0	179	101							1	0.46	0.23	0.23		2.38
7	2	10	2	15	19.8	10.0	219	121							1	0.45	0.23	0.23		1.92
8	2	12	2	18	19.8	10.0	258	141							1	0.25	0.25	0.25		1.47
9	2	13.5	1	20	19.8	10.0	278	151							1	0.19	0.19	0.19		1.22
10	2	14.5	1	21	19.8	10.0	298	161							1	0.42	0.21	0.21		0.21
11	2	16	2	23	19.8	10.0	337	181							1	0.40	0.20	0.20		0.20
12	2	18	2	24	19.8	10.0	377	200							1	0.21	0.21	0.21		0.21
13	2	19.5	1	25	19.8	10.0	397	210							1					

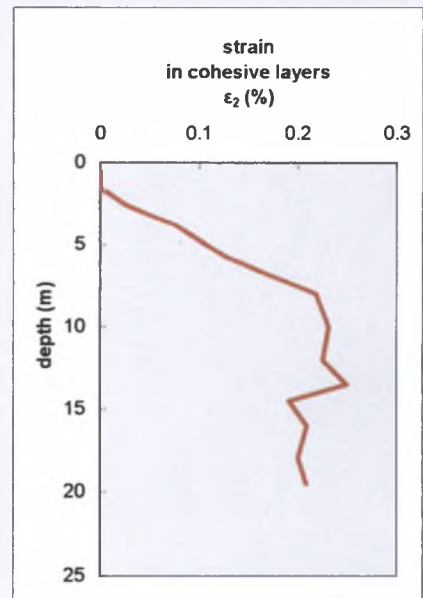
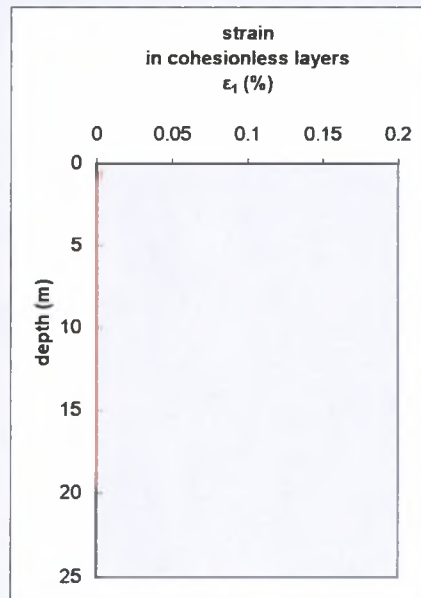
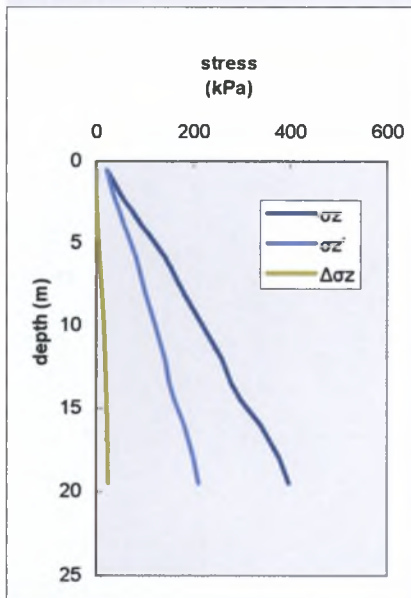
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **3.27 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **3.3 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\epsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\epsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	0.0	2.3E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	0.3	0.0E+00	0.0E+00
3	35.5	2.50	41	61	1.2	0.0E+00	2.5E-02
4	35.5	3.75	56	90	3.1	0.0E+00	7.5E-02
5	35.5	5.75	81	140	7.1	0.0E+00	1.3E-01
6	35.5	8.00	101	179	11.7	0.0E+00	2.2E-01
7	35.5	10.00	121	219	15.3	0.0E+00	2.3E-01
8	35.5	12.00	141	258	18.4	0.0E+00	2.3E-01
9	35.5	13.50	151	278	20.3	0.0E+00	2.5E-01
10	35.5	14.50	161	298	21.3	0.0E+00	1.9E-01
11	35.5	16.00	181	337	22.7	0.0E+00	2.1E-01
12	35.5	18.00	200	377	24.2	0.0E+00	2.0E-01
13	35.5	19.50	210	397	25.0	0.0E+00	2.1E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλι 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
max depth : 20.0 m
max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s", they are not used in subsequent calculations
"soil description" is also optional

soil layer #	depth (m) from to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only) input for immediate settlement			input for soil code = 2 (cohesive layers only) input for immediate & consolidation settlement			
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
1	0 1	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση			20,000				
2	1 2	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
3	2 3	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
4	3 4.5	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
5	4.5 7	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	5,500	1
6	7 9	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	5,500	1
7	9 11	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	6,500	1
8	11 13	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	8,000	1
9	13 14	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	8,000	1
10	14 15	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	11,000	1
11	15 17	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

Note : " N^ " and " q_c " values are only suggestive for the selection of " E_s ", they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

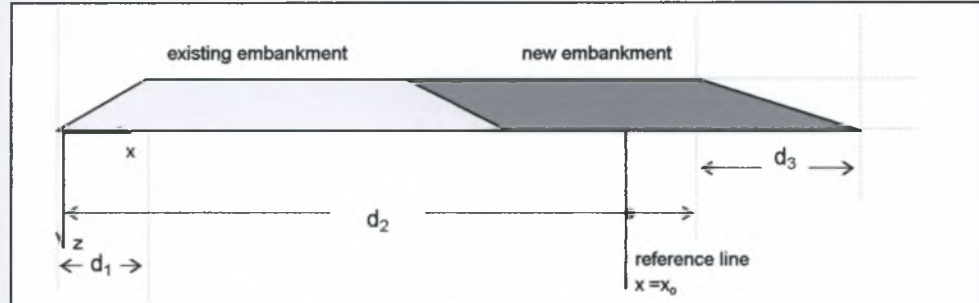
soil layer #	depth (m) from to	z_m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
									N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	I
12	17 19	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 = 35.5 \text{ m}$
 $d_1 = 7.5 \text{ m}$
 $d_2 = 35.5 \text{ m}$
 $d_3 = 7.5 \text{ m}$
 $d_{\text{equ}} = 43 \text{ m}$
 $d_{\text{emb}} = 0 \text{ m}$
 $p_0 = 98.9 \text{ kPa}$



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	35.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	0
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total		
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	Δτ _{xz} (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	98.9	93.6	0.1	2.1	9.3	-3.0	96.8	84.4	3.1
2	35.5	1.5	0.0	0.4	0.0	98.7	83.3	1.1	6.1	14.5	-7.4	92.7	69.2	8.6
3	35.5	2.5	0.0	0.6	0.1	98.2	73.7	2.9	9.4	14.7	-10.0	88.8	59.6	12.9
4	35.5	3.75	0.0	0.9	0.1	96.8	63.4	5.7	12.6	12.7	-11.1	84.3	51.6	17.0
5	35.5	5.75	0.0	1.4	0.3	93.3	50.5	10.4	15.2	8.8	-10.5	78.2	43.1	21.1
6	35.5	8	0.1	1.8	0.5	88.4	40.4	14.4	15.7	5.5	-8.5	72.8	36.7	23.4
7	35.5	10	0.2	2.1	0.7	84.0	33.8	16.6	15.1	3.6	-6.9	69.1	32.3	24.1
8	35.5	12	0.4	2.3	0.9	79.8	28.7	17.8	14.1	2.5	-5.5	66.0	28.6	24.2
9	35.5	13.5	0.5	2.4	1.1	77.0	25.6	18.1	13.4	1.9	-4.7	64.1	26.1	23.9
10	35.5	14.5	0.6	2.5	1.2	75.1	23.7	18.2	12.8	1.6	-4.2	62.9	24.6	23.6
11	35.5	16	0.7	2.5	1.3	72.6	21.2	18.1	12.1	1.2	-3.6	61.2	22.5	23.0
12	35.5	18	0.9	2.5	1.5	69.4	18.4	17.6	11.2	0.9	-3.0	59.1	20.0	22.1
13	35.5	19.5	1.0	2.5	1.6	67.2	16.5	17.1	10.5	0.7	-2.6	57.7	18.3	21.4

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

σ_{zemb}	=	0	kPa
Δp	=	97	kPa
C1	=	1	
C2	=	1	

soil layer #	soil code	z _m (m)	Δz (m)	Δσ _z (kPa)	γ (t/m ³)	γ' (t/m ³)	σ _z (kPa)	σ _{z'} (kPa)	cohesionless layers				cohesive layers										
									l _z	E _s (kPa)	s _{1l} (cm)	ε ₁ = s _{1l} / dz (%)	cum(s _{1l}) (cm)	S ₁ (cm)	l	s ₂ (cm)	ε ₂ = s _{2l} / dz (%)	cum(s _{2l}) (cm)	S ₂ (cm)				
1	1	0.5	1	97	21.0	21.0	21	21	0.01	20,000	0.01	0.007	0.01										
2	2	1.5	1	93	19.8	10.0	41	31								2.33	2.33	2.33	21.62				
3	2	2.5	1	89	19.8	10.0	61	41								2.23	2.23	2.23	19.30				
4	2	3.75	1.5	84	19.8	10.0	90	56								3.15	2.10	2.10	17.07				
5	2	5.75	2.5	78	19.8	10.0	140	81								3.55	1.42	1.42	13.92				
6	2	8	2	73	19.8	10.0	179	101								2.65	1.33	1.33	10.38				
7	2	10	2	69	19.8	10.0	219	121								2.12	1.06	1.06	7.72				
8	2	12	2	66	19.8	10.0	258	141								1.65	0.83	0.83	5.60				
9	2	13.5	1	64	19.8	10.0	278	151								0.80	0.80	0.80	3.95				
10	2	14.5	1	63	19.8	10.0	298	161								0.57	0.57	0.57	3.15				
11	2	16	2	61	19.8	10.0	337	181								1.11	1.11	0.55	0.55				
12	2	18	2	59	19.8	10.0	377	200								0.98	0.49	0.49	0.49				
13	2	19.5	1	58	19.8	10.0	397	210								0.48	0.48	0.48	0.48				

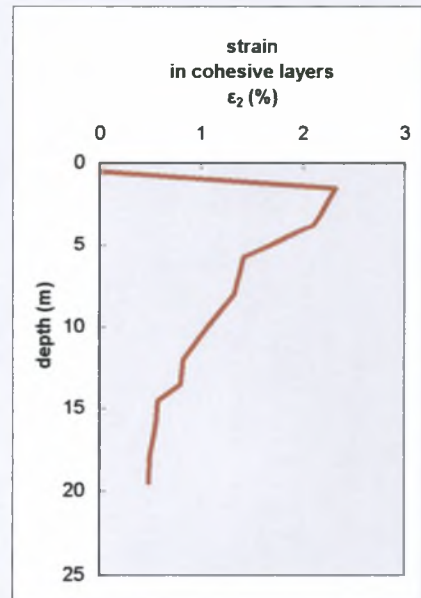
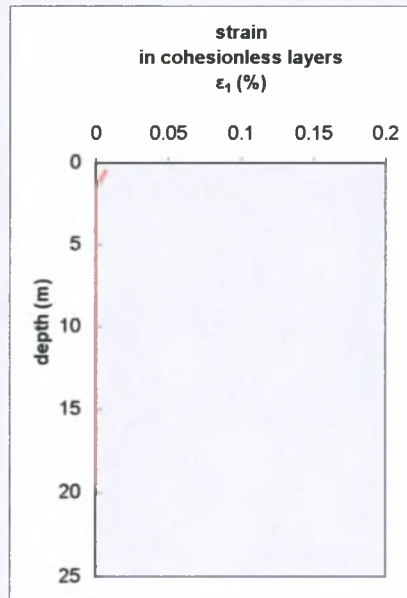
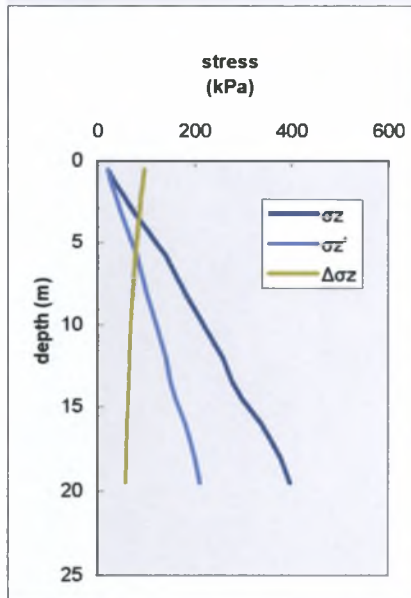
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **21.62 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.01 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **21.6 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\epsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\epsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	96.8	6.8E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	92.7	0.0E+00	2.3E+00
3	35.5	2.50	41	61	88.8	0.0E+00	2.2E+00
4	35.5	3.75	56	90	84.3	0.0E+00	2.1E+00
5	35.5	5.75	81	140	78.2	0.0E+00	1.4E+00
6	35.5	8.00	101	179	72.8	0.0E+00	1.3E+00
7	35.5	10.00	121	219	69.1	0.0E+00	1.1E+00
8	35.5	12.00	141	258	66.0	0.0E+00	8.3E-01
9	35.5	13.50	151	278	64.1	0.0E+00	8.0E-01
10	35.5	14.50	161	298	62.9	0.0E+00	5.7E-01
11	35.5	16.00	181	337	61.2	0.0E+00	5.5E-01
12	35.5	18.00	200	377	59.1	0.0E+00	4.9E-01
13	35.5	19.50	210	397	57.7	0.0E+00	4.8E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s", they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m) from to	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάσιμη			20,000				
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	6,500	6,500
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

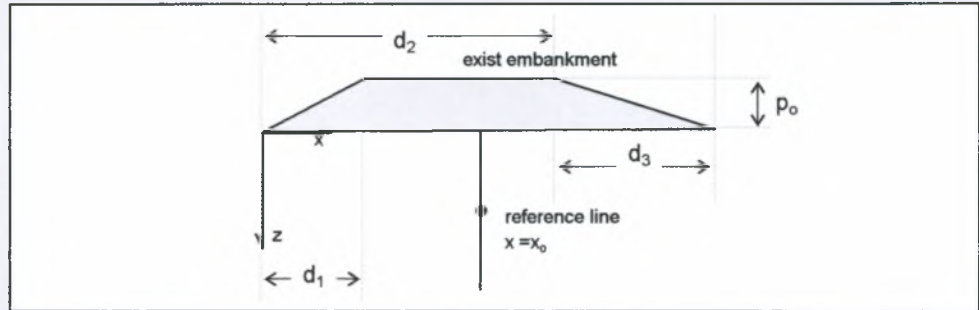
soil layer #	depth (m) from to	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I
12	17 19	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	12,000	8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	12,000	8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 =$	35.5	m
$d_1 =$	7.5	m
$d_2 =$	24.5	m
$d_3 =$	7.5	m
$d_{equ} =$	32	m
$d_{emb} =$	0	m
$p_0 =$	19.78	kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total				
			$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	$\Delta\tau_{xz}$ (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	$\Delta\tau_{xz}$ (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	$\Delta\tau_{xz}$ (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	$\Delta\tau_{xz}$ (kPa)		
1	35.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
2	35.5	1.5	0.0	0.1	0.0	0.3	4.2	1.0	0.2	2.1	0.6	0.1	0.1	2.2	0.3	0.3
3	35.5	2.5	0.0	0.1	0.0	0.9	5.8	2.1	0.7	2.6	1.3	0.2	0.2	3.3	0.8	0.8
4	35.5	3.75	0.0	0.2	0.0	2.0	6.6	3.3	1.4	2.5	1.8	0.6	0.6	4.3	1.5	1.5
5	35.5	5.75	0.0	0.3	0.1	3.6	6.7	4.3	2.2	1.9	2.0	1.4	1.4	5.1	2.4	2.4
6	35.5	8	0.0	0.4	0.1	4.9	6.2	4.8	2.6	1.2	1.7	2.3	2.3	5.3	3.2	3.2
7	35.5	10	0.0	0.4	0.1	5.6	5.6	4.9	2.6	0.9	1.4	3.1	3.1	5.1	3.6	3.6
8	35.5	12	0.1	0.5	0.2	6.1	5.0	4.8	2.5	0.6	1.2	3.7	3.7	4.8	3.8	3.8
9	35.5	13.5	0.1	0.5	0.2	6.4	4.5	4.7	2.4	0.5	1.0	4.1	4.1	4.5	3.9	3.9
10	35.5	14.5	0.1	0.5	0.2	6.5	4.3	4.6	2.4	0.4	0.9	4.3	4.3	4.3	3.9	3.9
11	35.5	16	0.1	0.5	0.3	6.7	3.9	4.5	2.3	0.3	0.8	4.5	4.5	4.1	3.9	3.9
12	35.5	18	0.2	0.5	0.3	6.8	3.4	4.2	2.1	0.2	0.7	4.8	4.8	3.7	3.8	3.8
13	35.5	19.5	0.2	0.5	0.3	6.8	3.1	4.0	2.0	0.2	0.6	5.0	5.0	3.4	3.8	3.8

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zemb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	5	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)	cohesionless layers				cohesive layers			
									l_z	E_s (KPa)	s_{11} (cm)	$\epsilon_1 = s_{11} / dz$ (%)	$cum(s_{11})$ (cm)	S_1 (cm)	E_s (KPa)	l
1	1	0.5	1	0	21.0	21.0	21	21	0.02	20,000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.65	0.65
2	2	1.5	1	0	19.8	10.0	41	31							0.65	0.65
3	2	2.5	1	0	19.8	10.0	61	41							0.65	0.65
4	2	3.75	1.5	1	19.8	10.0	90	56							0.61	0.61
5	2	5.75	2.5	1	19.8	10.0	140	81							0.57	0.57
6	2	8	2	2	19.8	10.0	179	101							0.49	0.49
7	2	10	2	3	19.8	10.0	219	121							0.40	0.40
8	2	12	2	4	19.8	10.0	258	141							0.30	0.30
9	2	13.5	1	4	19.8	10.0	278	151							0.25	0.25
10	2	14.5	1	4	19.8	10.0	298	161							0.05	0.05
11	2	16	2	5	19.8	10.0	337	181							0.04	0.04
12	2	18	2	5	19.8	10.0	377	200							0.04	0.04
13	2	19.5	1	5	19.8	10.0	397	210							0.04	0.04

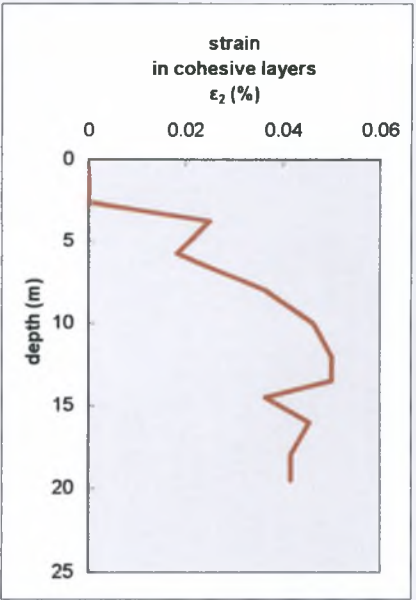
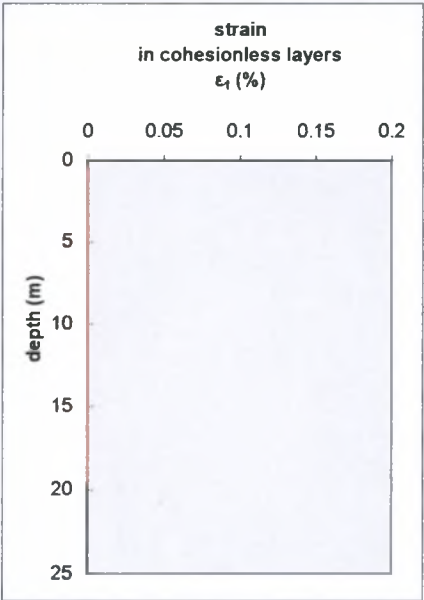
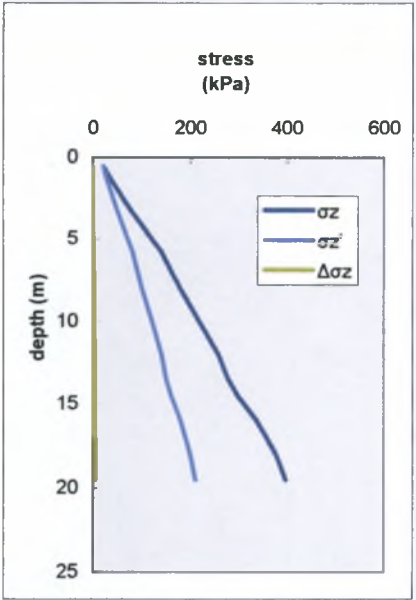
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **0.65 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **0.7 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\epsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\epsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	0.0	4.7E-04	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	0.1	0.0E+00	0.0E+00
3	35.5	2.50	41	61	0.2	0.0E+00	0.0E+00
4	35.5	3.75	56	90	0.6	0.0E+00	2.5E-02
5	35.5	5.75	81	140	1.4	0.0E+00	1.8E-02
6	35.5	8.00	101	179	2.3	0.0E+00	3.6E-02
7	35.5	10.00	121	219	3.1	0.0E+00	4.6E-02
8	35.5	12.00	141	258	3.7	0.0E+00	5.0E-02
9	35.5	13.50	151	278	4.1	0.0E+00	5.0E-02
10	35.5	14.50	161	298	4.3	0.0E+00	3.6E-02
11	35.5	16.00	181	337	4.5	0.0E+00	4.5E-02
12	35.5	18.00	200	377	4.8	0.0E+00	4.2E-02
13	35.5	19.50	210	397	5.0	0.0E+00	4.2E-02



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m

max depth : 20.0 m

max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s",

they are not used in subsequent calculations

"soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	from	to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
											N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
1	0	1	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση			20,000					
2	1	2	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
3	2	3	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
4	3	4.5	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
5	4.5	7	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
6	7	9	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
7	9	11	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	6,500		1
8	11	13	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
9	13	14	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
10	14	15	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1
11	15	17	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s",
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

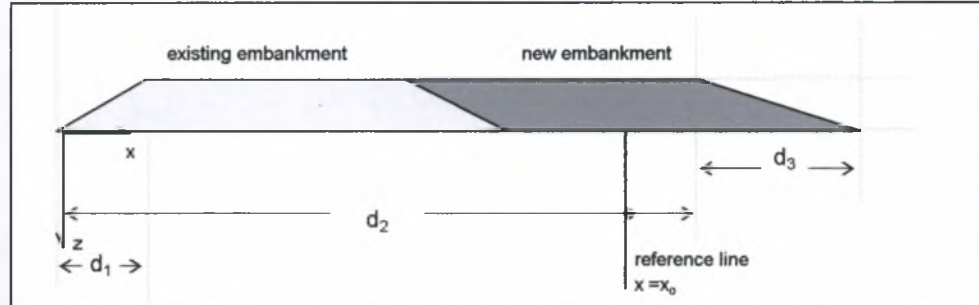
soil layer #	depth (m)	from	to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	V' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
											input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
											N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I
12	17	19	18	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19	20	19.5	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 =$	35.5 m
$d_1 =$	7.5 m
$d_2 =$	35.5 m
$d_3 =$	7.5 m
$d_{equ} =$	43 m
$d_{emb} =$	0 m
$p_0 =$	19.78 kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2+d_3-d_1$	35.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2+d_3-d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	0
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total		
			$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.0	0.0	19.8	18.7	0.0	0.4	1.9	-0.6	19.4	16.9	0.6
2	35.5	1.5	0.0	0.1	0.0	19.7	16.7	0.2	1.2	2.9	-1.5	18.5	13.8	1.7
3	35.5	2.5	0.0	0.1	0.0	19.6	14.7	0.6	1.9	2.9	-2.0	17.8	11.9	2.6
4	35.5	3.75	0.0	0.2	0.0	19.4	12.7	1.1	2.5	2.5	-2.2	16.9	10.3	3.4
5	35.5	5.75	0.0	0.3	0.1	18.7	10.1	2.1	3.0	1.8	-2.1	15.6	8.6	4.2
6	35.5	8	0.0	0.4	0.1	17.7	8.1	2.9	3.1	1.1	-1.7	14.6	7.3	4.7
7	35.5	10	0.0	0.4	0.1	16.8	6.8	3.3	3.0	0.7	-1.4	13.8	6.5	4.8
8	35.5	12	0.1	0.5	0.2	16.0	5.7	3.6	2.8	0.5	-1.1	13.2	5.7	4.8
9	35.5	13.5	0.1	0.5	0.2	15.4	5.1	3.6	2.7	0.4	-0.9	12.8	5.2	4.8
10	35.5	14.5	0.1	0.5	0.2	15.0	4.7	3.6	2.6	0.3	-0.8	12.6	4.9	4.7
11	35.5	16	0.1	0.5	0.3	14.5	4.2	3.6	2.4	0.2	-0.7	12.2	4.5	4.6
12	35.5	18	0.2	0.5	0.3	13.9	3.7	3.5	2.2	0.2	-0.6	11.8	4.0	4.4
13	35.5	19.5	0.2	0.5	0.3	13.4	3.3	3.4	2.1	0.1	-0.5	11.5	3.7	4.3

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zemb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	19	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)
1	1	0.5	1	19	21.0	21.0	21	21
2	2	1.5	1	19	19.8	10.0	41	31
3	2	2.5	1	18	19.8	10.0	61	41
4	2	3.75	1.5	17	19.8	10.0	90	56
5	2	5.75	2.5	16	19.8	10.0	140	81
6	2	8	2	15	19.8	10.0	179	101
7	2	10	2	14	19.8	10.0	219	121
8	2	12	2	13	19.8	10.0	258	141
9	2	13.5	1	13	19.8	10.0	278	151
10	2	14.5	1	13	19.8	10.0	298	161
11	2	16	2	12	19.8	10.0	337	181
12	2	18	2	12	19.8	10.0	377	200
13	2	19.5	1	12	19.8	10.0	397	210

l_z	E_s (KPa)	s_{11} (cm)	$\epsilon_1 = s_{11} / dz$ (%)	$\text{cum}(s_{11})$ (cm)	S_1 (cm)
0.01	20,000	0.00	0.001	0.00	0.00

E_s (KPa)	l	s_2 (cm)	$\epsilon_2 = s_2 / dz$ (%)	$\text{cum}(s_2)$ (cm)	S_2 (cm)
4,000	1	0.48	0.48	4.39	4.39
4,000	1	0.45	0.45	3.91	
4,000	1	0.64	0.43	3.46	
5,500	1	0.73	0.29	2.83	
5,500	1	0.55	0.27	2.10	
6,500	1	0.43	0.22	1.55	
8,000	1	0.33	0.16	1.12	
8,000	1	0.16	0.16	0.80	
11,000	1	0.12	0.12	0.64	
11,000	1	0.22	0.11	0.11	
12,000	1	0.20	0.10	0.10	
12,000	1	0.10	0.10	0.10	

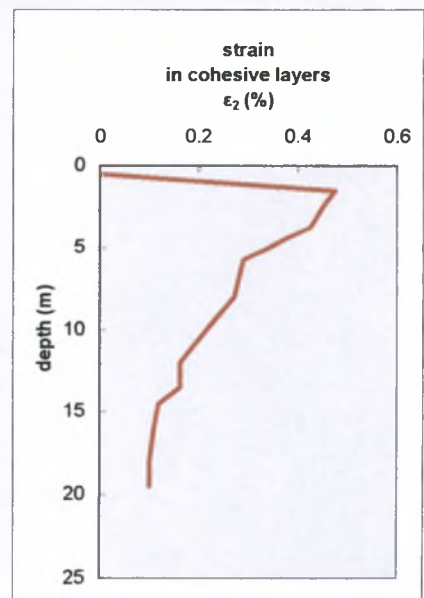
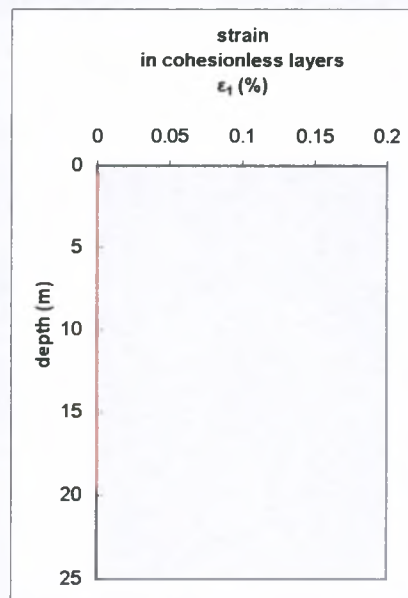
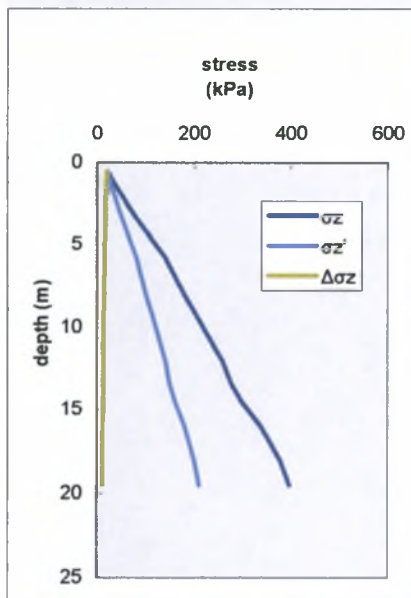
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 :	4.39 cm	(cohesive layers only)
settlement, s_1 :	0.00 cm	(cohesionless layers only)
total settlement, s :	4.4 cm	(all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	19.4	1.3E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	18.5	0.0E+00	4.8E-01
3	35.5	2.50	41	61	17.8	0.0E+00	4.5E-01
4	35.5	3.75	56	90	16.9	0.0E+00	4.3E-01
5	35.5	5.75	81	140	15.6	0.0E+00	2.9E-01
6	35.5	8.00	101	179	14.6	0.0E+00	2.7E-01
7	35.5	10.00	121	219	13.8	0.0E+00	2.2E-01
8	35.5	12.00	141	258	13.2	0.0E+00	1.6E-01
9	35.5	13.50	151	278	12.8	0.0E+00	1.6E-01
10	35.5	14.50	161	298	12.6	0.0E+00	1.2E-01
11	35.5	16.00	181	337	12.2	0.0E+00	1.1E-01
12	35.5	18.00	200	377	11.8	0.0E+00	1.0E-01
13	35.5	19.50	210	397	11.5	0.0E+00	1.0E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)				
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)		
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση								
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	6,500		1
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

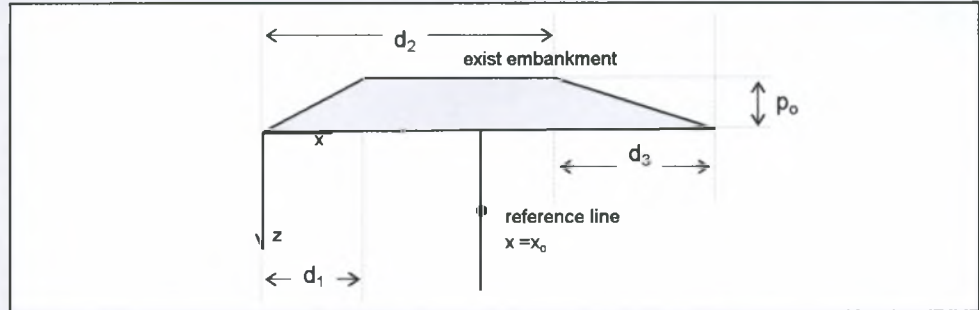
soil layer #	depth (m) from to	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
12	17 19	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 =$	35.5 m
$d_1 =$	7.5 m
$d_2 =$	24.5 m
$d_3 =$	7.5 m
$d_{equ} =$	32 m
$d_{emb} =$	0 m
$p_0 =$	39.56 kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total				
			$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔT_{xz} (kPa)		
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	3.1	0.2	0.0	1.6	0.2	0.0	0.0	1.5	0.1	0.1
2	35.5	1.5	0.0	0.2	0.0	0.5	8.3	1.9	0.4	4.1	1.3	0.1	0.1	4.3	0.6	0.6
3	35.5	2.5	0.0	0.3	0.0	1.8	11.5	4.2	1.4	5.2	2.6	0.5	0.5	6.6	1.6	1.6
4	35.5	3.75	0.0	0.4	0.0	4.0	13.3	6.5	2.8	5.1	3.6	1.2	1.2	8.6	2.9	2.9
5	35.5	5.75	0.0	0.5	0.1	7.2	13.5	8.7	4.4	3.8	4.0	2.8	2.8	10.2	4.8	4.8
6	35.5	8	0.1	0.7	0.2	9.8	12.4	9.6	5.2	2.5	3.5	4.7	4.7	10.6	6.4	6.4
7	35.5	10	0.1	0.8	0.3	11.3	11.2	9.8	5.2	1.7	2.9	6.1	6.1	10.3	7.2	7.2
8	35.5	12	0.1	0.9	0.4	12.3	9.9	9.7	5.1	1.2	2.4	7.4	7.4	9.6	7.6	7.6
9	35.5	13.5	0.2	1.0	0.4	12.8	9.1	9.4	4.9	0.9	2.1	8.1	8.1	9.1	7.8	7.8
10	35.5	14.5	0.2	1.0	0.5	13.1	8.5	9.2	4.7	0.8	1.9	8.5	8.5	8.7	7.8	7.8
11	35.5	16	0.3	1.0	0.5	13.3	7.7	8.9	4.5	0.6	1.6	9.1	9.1	8.1	7.8	7.8
12	35.5	18	0.4	1.0	0.6	13.5	6.8	8.5	4.2	0.5	1.4	9.7	9.7	7.3	7.7	7.7
13	35.5	19.5	0.4	1.0	0.6	13.6	6.2	8.1	4.0	0.4	1.2	10.0	10.0	6.8	7.5	7.5

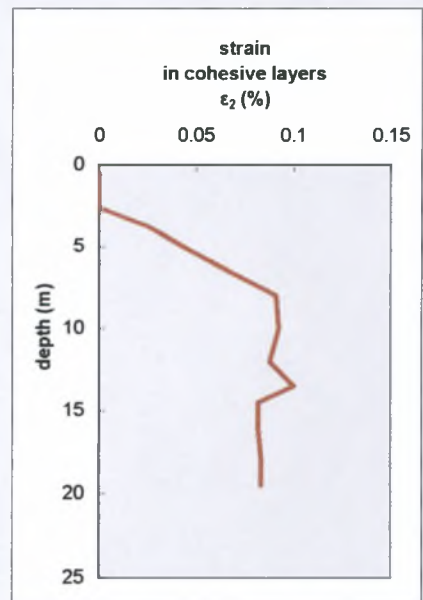
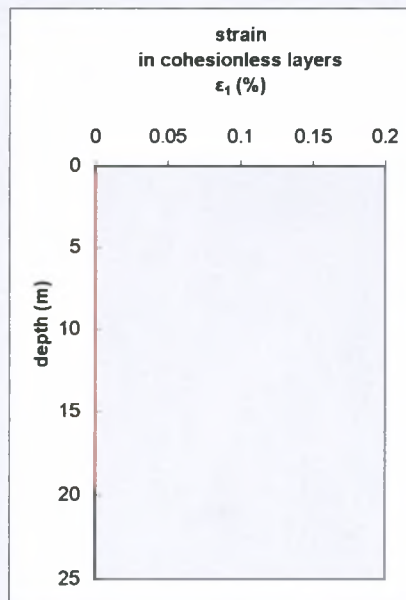
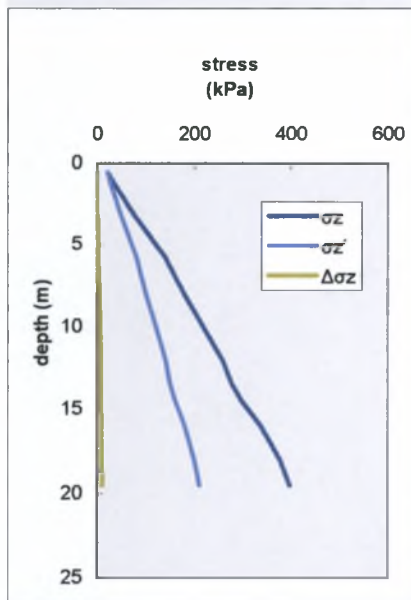
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **1.31 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **1.3 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{11} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{21} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	0.0	9.4E-04	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	0.1	0.0E+00	0.0E+00
3	35.5	2.50	41	61	0.5	0.0E+00	0.0E+00
4	35.5	3.75	56	90	1.2	0.0E+00	2.5E-02
5	35.5	5.75	81	140	2.8	0.0E+00	5.5E-02
6	35.5	8.00	101	179	4.7	0.0E+00	9.1E-02
7	35.5	10.00	121	219	6.1	0.0E+00	9.2E-02
8	35.5	12.00	141	258	7.4	0.0E+00	8.8E-02
9	35.5	13.50	151	278	8.1	0.0E+00	1.0E-01
10	35.5	14.50	161	298	8.5	0.0E+00	8.2E-02
11	35.5	16.00	181	337	9.1	0.0E+00	8.2E-02
12	35.5	18.00	200	377	9.7	0.0E+00	8.3E-02
13	35.5	19.50	210	397	10.0	0.0E+00	8.3E-02



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
max depth : 20.0 m
max N₀ of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s", they are not used in subsequent calculations
"soil description" is also optional

soil layer #	depth (m) from to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only) input for immediate settlement			input for soil code = 2 (cohesive layers only) input for immediate & consolidation settlement				
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I	
1	0 1	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγίαση								
2	1 2	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
3	2 3	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
4	3 4.5	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
5	4.5 7	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
6	7 9	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
7	9 11	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	6,500		1
8	11 13	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
9	13 14	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
10	14 15	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	11,000		1
11	15 17	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελαχίστους χάλικες				8	4,000	11,000		1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s",
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

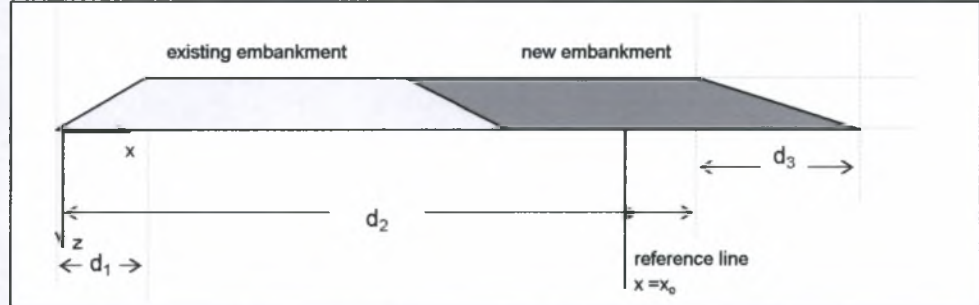
soil layer #	depth (m)	from	to	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
										input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
										N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I
12	17	19	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19	20	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 = 35.5 \text{ m}$
 $d_1 = 7.5 \text{ m}$
 $d_2 = 35.5 \text{ m}$
 $d_3 = 7.5 \text{ m}$
 $d_{\text{equ}} = 43 \text{ m}$
 $d_{\text{emb}} = 0 \text{ m}$
 $p_0 = 39.56 \text{ kPa}$



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	35.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	0
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total		
			$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔI_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔI_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔI_{xz} (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\Delta\sigma_x$ (kPa)	ΔI_{xz} (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	39.6	37.4	0.1	0.8	3.7	-1.2	38.7	33.8	1.3
2	35.5	1.5	0.0	0.2	0.0	39.5	33.3	0.4	2.4	5.8	-3.0	37.1	27.7	3.4
3	35.5	2.5	0.0	0.3	0.0	39.3	29.5	1.2	3.8	5.9	-4.0	35.5	23.9	5.2
4	35.5	3.75	0.0	0.4	0.0	38.7	25.4	2.3	5.0	5.1	-4.5	33.7	20.6	6.8
5	35.5	5.75	0.0	0.5	0.1	37.3	20.2	4.2	6.1	3.5	-4.2	31.3	17.2	8.4
6	35.5	8	0.1	0.7	0.2	35.4	16.2	5.8	6.3	2.2	-3.4	29.1	14.7	9.4
7	35.5	10	0.1	0.8	0.3	33.6	13.5	6.6	6.0	1.4	-2.7	27.6	12.9	9.7
8	35.5	12	0.1	0.9	0.4	31.9	11.5	7.1	5.7	1.0	-2.2	26.4	11.4	9.7
9	35.5	13.5	0.2	1.0	0.4	30.8	10.2	7.2	5.3	0.8	-1.9	25.6	10.4	9.5
10	35.5	14.5	0.2	1.0	0.5	30.1	9.5	7.3	5.1	0.6	-1.7	25.1	9.8	9.4
11	35.5	16	0.3	1.0	0.5	29.0	8.5	7.2	4.8	0.5	-1.5	24.5	9.0	9.2
12	35.5	18	0.4	1.0	0.6	27.8	7.4	7.0	4.5	0.4	-1.2	23.6	8.0	8.8
13	35.5	19.5	0.4	1.0	0.6	26.9	6.6	6.9	4.2	0.3	-1.1	23.1	7.3	8.6

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

σ_{zemb}	=	0	kPa
Δp	=	39	kPa
C1	=	1	
C2	=	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)
1	1	0.5	1	39	21.0	21.0	21	21
2	2	1.5	1	37	19.8	10.0	41	31
3	2	2.5	1	36	19.8	10.0	61	41
4	2	3.75	1.5	34	19.8	10.0	90	56
5	2	5.75	2.5	31	19.8	10.0	140	81
6	2	8	2	29	19.8	10.0	179	101
7	2	10	2	28	19.8	10.0	219	121
8	2	12	2	26	19.8	10.0	258	141
9	2	13.5	1	26	19.8	10.0	278	151
10	2	14.5	1	25	19.8	10.0	298	161
11	2	16	2	24	19.8	10.0	337	181
12	2	18	2	24	19.8	10.0	377	200
13	2	19.5	1	23	19.8	10.0	397	210

l_z	E_s (KPa)	s_{11} (cm)	$\epsilon_1 = s_{11} / dz$ (%)	$\text{cum}(s_{11})$ (cm)	S_1 (cm)
0.01	20,000	0.00	0.003	0.00	0.00

E_s (KPa)	I	cohesive layers				S_2 (cm)
		s_2 (cm)	$\epsilon_2 = s_2 / dz$ (%)	$\text{cum}(s_2)$ (cm)	S_2 (cm)	
4,000	1	0.93	0.93	8.66	8.66	
4,000	1	0.90	0.90	7.73	7.73	
4,000	1	1.28	0.85	6.83	6.83	
5,500	1	1.41	0.56	5.56	5.56	
5,500	1	1.05	0.53	4.15	4.15	
6,500	1	0.86	0.43	3.09	3.09	
8,000	1	0.65	0.33	2.23	2.23	
8,000	1	0.33	0.33	1.58	1.58	
11,000	1	0.23	0.23	1.26	1.26	
11,000	1	0.44	0.22	0.22	0.22	
12,000	1	0.40	0.20	0.20	0.20	
12,000	1	0.19	0.19	0.19	0.19	

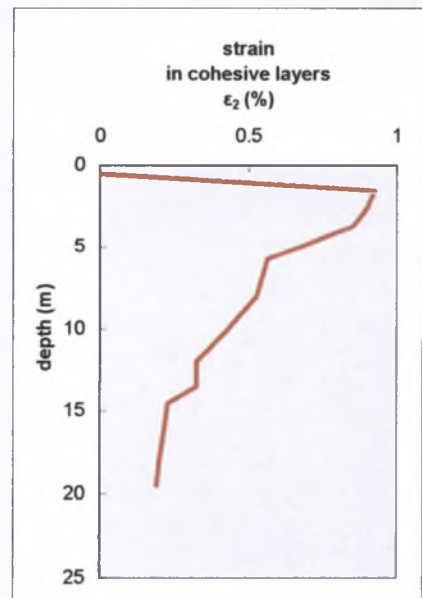
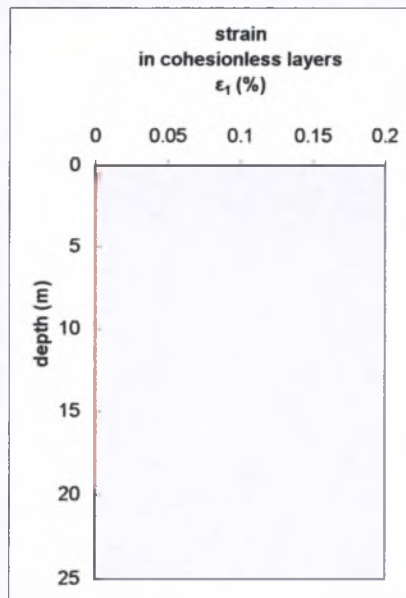
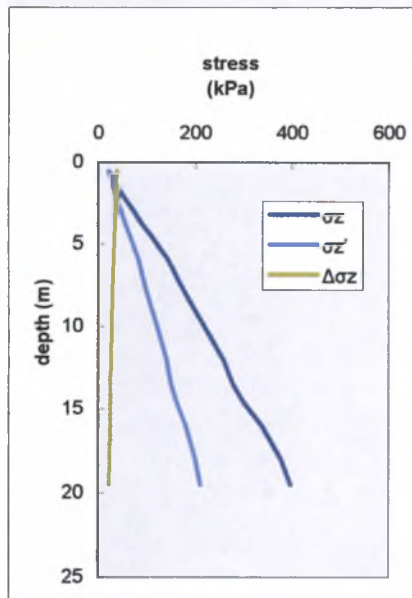
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **8.66 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **8.7 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	38.7	2.7E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	37.1	0.0E+00	9.3E-01
3	35.5	2.50	41	61	35.5	0.0E+00	9.0E-01
4	35.5	3.75	56	90	33.7	0.0E+00	8.5E-01
5	35.5	5.75	81	140	31.3	0.0E+00	5.6E-01
6	35.5	8.00	101	179	29.1	0.0E+00	5.3E-01
7	35.5	10.00	121	219	27.6	0.0E+00	4.3E-01
8	35.5	12.00	141	258	26.4	0.0E+00	3.3E-01
9	35.5	13.50	151	278	25.6	0.0E+00	3.3E-01
10	35.5	14.50	161	298	25.1	0.0E+00	2.3E-01
11	35.5	16.00	181	337	24.5	0.0E+00	2.2E-01
12	35.5	18.00	200	377	23.6	0.0E+00	2.0E-01
13	35.5	19.50	210	397	23.1	0.0E+00	1.9E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)				
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)		
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγάνωση								
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	6,500		1
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_0 of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

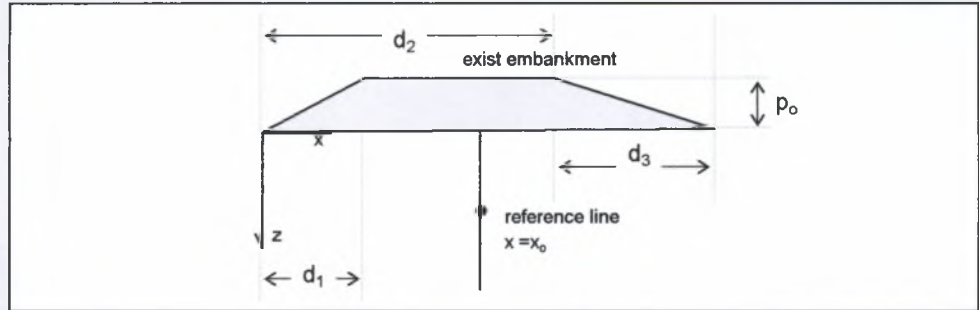
soil layer #	depth (m)	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
from	to						N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (KPa)	I
12	17	19	19.78	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19	20	19.78	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

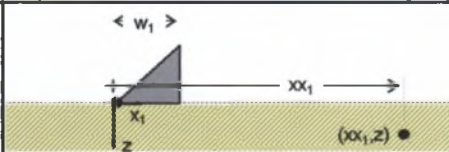
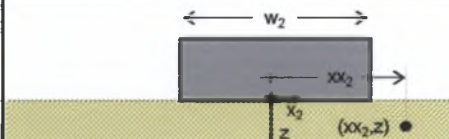
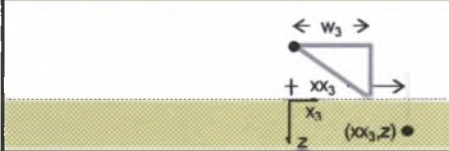
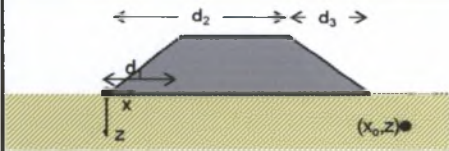
Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 = 35.5 \text{ m}$
 $d_1 = 7.5 \text{ m}$
 $d_2 = 24.5 \text{ m}$
 $d_3 = 7.5 \text{ m}$
 $d_{\text{equ}} = 32 \text{ m}$
 $d_{\text{emb}} = 0 \text{ m}$
 $p_0 = 59.34 \text{ kPa}$



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zemb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	15	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	V (ν/m^3)	V' (ν/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)	cohesionless layers				cohesive layers			
									l_z	E_s (KPa)	s_{11} (cm)	$\epsilon_1 = s_{11}/dz$ (%)	$cum(s_{11})$ (cm)	S_1 (cm)	E_s (KPa)	l
1	1	0.5	1	0	21.0	21.0	21	21	0.02	20,000	0.00	0.001	0.00	0.00	0.00	1.99
2	2	1.5	1	0	19.8	10.0	41	31								1.99
3	2	2.5	1	1	19.8	10.0	61	41								1.96
4	2	3.75	1.5	2	19.8	10.0	90	56								1.89
5	2	5.75	2.5	4	19.8	10.0	140	81								1.70
6	2	8	2	7	19.8	10.0	179	101								1.45
7	2	10	2	9	19.8	10.0	219	121								1.17
8	2	12	2	11	19.8	10.0	258	141								0.90
9	2	13.5	1	12	19.8	10.0	278	151								0.75
10	2	14.5	1	13	19.8	10.0	298	161								0.13
11	2	16	2	14	19.8	10.0	337	181								0.13
12	2	18	2	15	19.8	10.0	377	200								0.13
13	2	19.5	1	15	19.8	10.0	397	210								0.13

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
max depth : 20.0 m
max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s", they are not used in subsequent calculations
"soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
1	0	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάση			20,000				
2	1	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
3	2	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
4	3	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
5	4.5	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	5,500	8	4,000	5,500	1
6	7	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	5,500	8	4,000	5,500	1
7	9	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	6,500	8	4,000	6,500	1
8	11	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	8,000	8	4,000	8,000	1
9	13	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	8,000	8	4,000	8,000	1
10	14	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	11,000	8	4,000	11,000	1
11	15	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	11,000	8	4,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s",
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

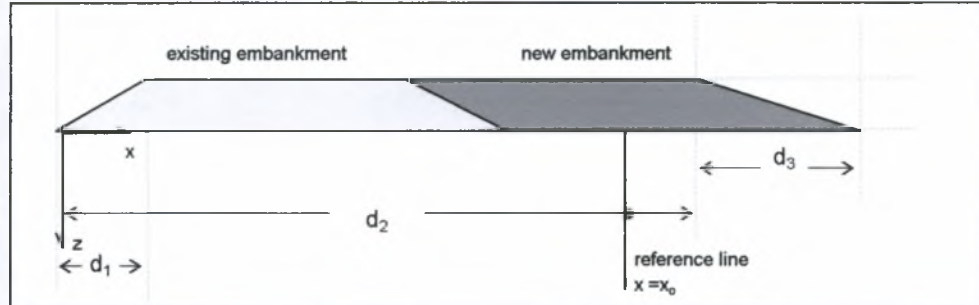
soil layer #	depth (m) from to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
12	17 19	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_o = 35.5$ m
$d_1 = 7.5$ m
$d_2 = 35.5$ m
$d_3 = 7.5$ m
$d_{equ} = 43$ m
$d_{emb} = 0$ m
$p_o = 59.34$ kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_o	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	35.5	$x_o - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_o - d_2$	0
		sum				

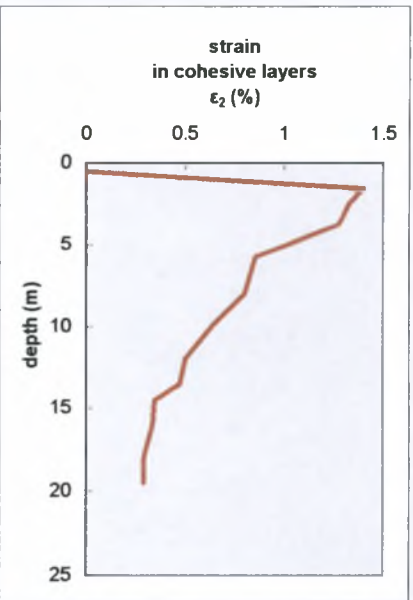
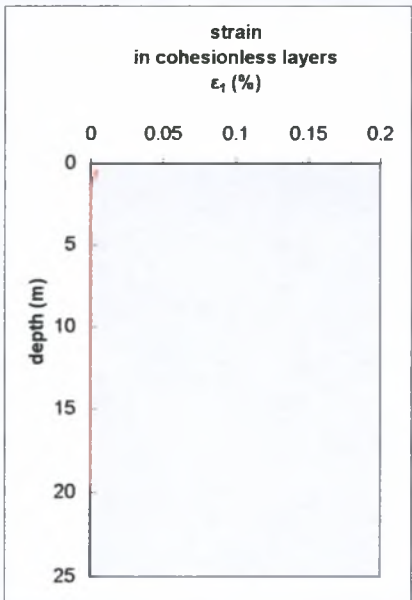
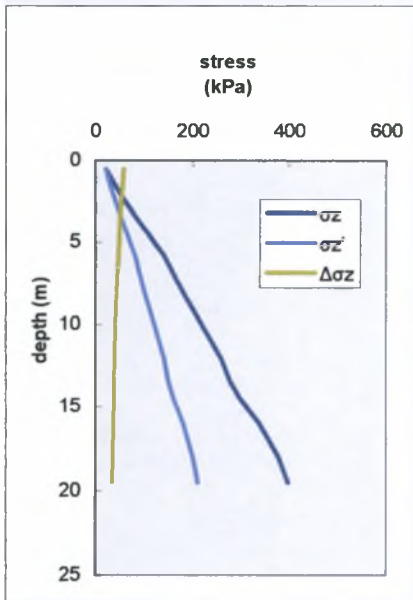
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **13.00 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **13.0 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\epsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\epsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	58.1	4.0E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	55.6	0.0E+00	1.4E+00
3	35.5	2.50	41	61	53.3	0.0E+00	1.3E+00
4	35.5	3.75	56	90	50.6	0.0E+00	1.3E+00
5	35.5	5.75	81	140	46.9	0.0E+00	8.5E-01
6	35.5	8.00	101	179	43.7	0.0E+00	8.0E-01
7	35.5	10.00	121	219	41.5	0.0E+00	6.3E-01
8	35.5	12.00	141	258	39.6	0.0E+00	5.0E-01
9	35.5	13.50	151	278	38.4	0.0E+00	4.8E-01
10	35.5	14.50	161	298	37.7	0.0E+00	3.5E-01
11	35.5	16.00	181	337	36.7	0.0E+00	3.4E-01
12	35.5	18.00	200	377	35.5	0.0E+00	2.9E-01
13	35.5	19.50	210	397	34.6	0.0E+00	2.9E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : " N^* " and " q_c^* " values are only suggestive for the selection of " E_s ";
 they are not used in subsequent calculations
 *soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)				
							N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)		
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνηση			20,000					
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	4,000	4,000	1
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500	1
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	5,500	5,500	1
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	6,500	6,500	1
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000	1
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	8,000	8,000	1
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000	1
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000	1
11	17	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες	8	4,000		8	4,000	11,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

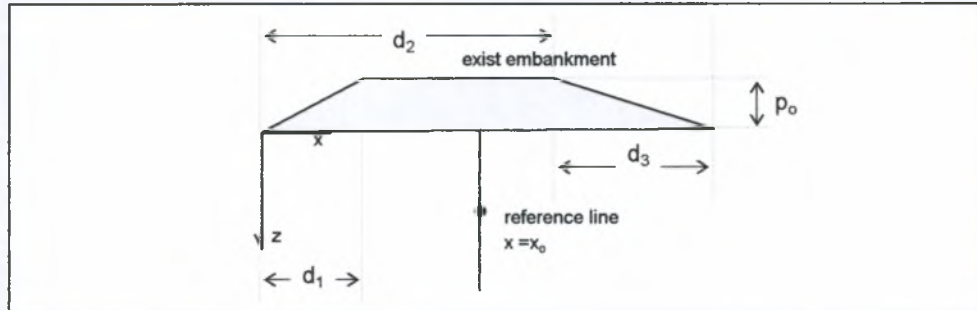
soil layer #	depth (m) from to	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
12	17 19	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_o =$	35.5 m
$d_1 =$	7.5 m
$d_2 =$	24.5 m
$d_3 =$	7.5 m
$d_{equ} =$	32 m
$d_{emb} =$	0 m
$p_o =$	79.12 kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_o	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_o - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_o - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total				
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)		
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	6.2	0.5	0.0	0.0	3.3	0.3	0.0	3.0	0.2	
2	35.5	1.5	0.0	0.3	0.0	1.1	16.6	3.8	0.8	0.8	8.3	2.6	0.2	8.6	1.3	
3	35.5	2.5	0.0	0.5	0.0	3.7	23.1	8.3	2.7	10.4	10.4	5.2	1.0	13.2	3.2	
4	35.5	3.75	0.0	0.7	0.1	8.0	26.5	13.0	5.6	10.1	10.1	7.3	2.5	17.2	5.8	
5	35.5	5.75	0.0	1.1	0.2	14.5	26.9	17.4	8.8	7.6	7.6	7.9	5.7	20.4	9.7	
6	35.5	8	0.1	1.4	0.4	19.6	24.8	19.2	10.3	5.0	5.0	6.9	9.4	21.2	12.7	
7	35.5	10	0.2	1.7	0.6	22.6	22.3	19.6	10.5	3.4	3.4	5.8	12.3	20.5	14.4	
8	35.5	12	0.3	1.8	0.7	24.6	19.9	19.3	10.2	2.4	2.4	4.7	14.7	19.3	15.3	
9	35.5	13.5	0.4	1.9	0.9	25.6	18.1	18.8	9.8	1.9	1.9	4.1	16.2	18.2	15.6	
10	35.5	14.5	0.5	2.0	0.9	26.1	17.0	18.5	9.5	1.6	1.6	3.7	17.1	17.4	15.7	
11	35.5	16	0.6	2.0	1.1	26.7	15.5	17.8	9.0	1.3	1.3	3.2	18.2	16.2	15.6	
12	35.5	18	0.7	2.0	1.2	27.1	13.6	16.9	8.4	0.9	0.9	2.7	19.3	14.7	15.4	
13	35.5	19.5	0.8	2.0	1.3	27.2	12.3	16.2	8.0	0.8	0.8	2.4	20.0	13.6	15.1	

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλουρά - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zemb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	20	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ'_z (kPa)
1	1	0.5	1	0	21.0	21.0	21	21
2	2	1.5	1	0	19.8	10.0	41	31
3	2	2.5	1	1	19.8	10.0	61	41
4	2	3.75	1.5	2	19.8	10.0	90	56
5	2	5.75	2.5	6	19.8	10.0	140	81
6	2	8	2	9	19.8	10.0	179	101
7	2	10	2	12	19.8	10.0	219	121
8	2	12	2	15	19.8	10.0	258	141
9	2	13.5	1	16	19.8	10.0	278	151
10	2	14.5	1	17	19.8	10.0	298	161
11	2	16	2	18	19.8	10.0	337	181
12	2	18	2	19	19.8	10.0	377	200
13	2	19.5	1	20	19.8	10.0	397	210

z	E_s (KPa)	cohesionless layers			S_1 (cm)
		s_{11} (cm)	$\epsilon_1 = s_{11} / dz$ (%)	cum(s_{11}) (cm)	
0.02	20,000	0.00	0.002	0.00	0.00

E_s (KPa)	l	cohesive layers			S_2 (cm)
		s_2 (cm)	$\epsilon_2 = s_2 / dz$ (%)	cum(s_2) (cm)	
4,000	1	0.00	0.00	2.61	2.61
4,000	1	0.03	0.03	2.61	
4,000	1	0.08	0.05	2.58	
5,500	1	0.27	0.11	2.51	
5,500	1	0.33	0.16	2.24	
6,500	1	0.37	0.18	1.91	
8,000	1	0.38	0.19	1.54	
8,000	1	0.20	0.20	1.17	
11,000	1	0.15	0.15	0.97	
11,000	1	0.33	0.16	0.16	
12,000	1	0.32	0.16	0.16	
12,000	1	0.17	0.17	0.17	

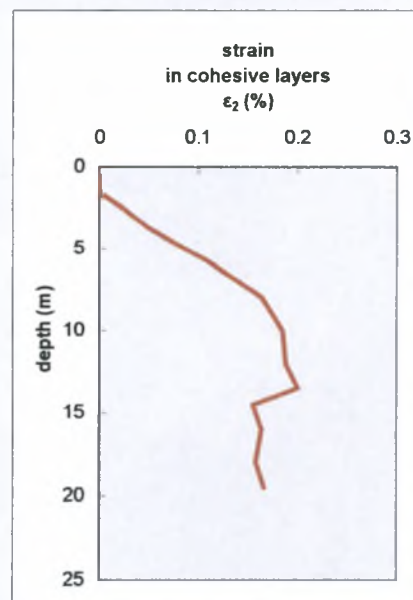
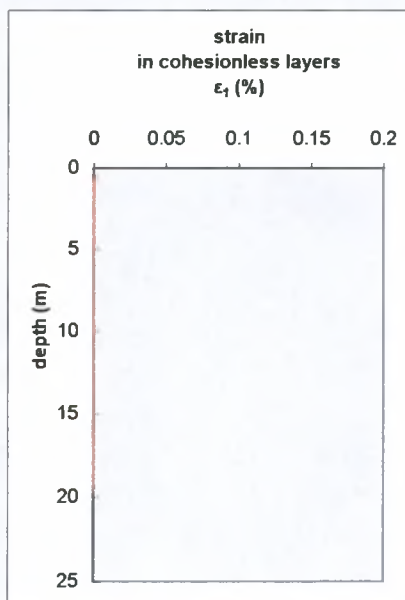
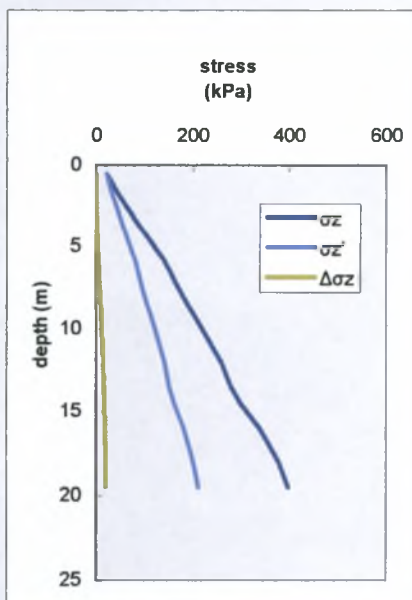
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **2.61 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **2.6 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	0.0	1.9E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	0.2	0.0E+00	0.0E+00
3	35.5	2.50	41	61	1.0	0.0E+00	2.5E-02
4	35.5	3.75	56	90	2.5	0.0E+00	5.0E-02
5	35.5	5.75	81	140	5.7	0.0E+00	1.1E-01
6	35.5	8.00	101	179	9.4	0.0E+00	1.6E-01
7	35.5	10.00	121	219	12.3	0.0E+00	1.8E-01
8	35.5	12.00	141	258	14.7	0.0E+00	1.9E-01
9	35.5	13.50	151	278	16.2	0.0E+00	2.0E-01
10	35.5	14.50	161	298	17.1	0.0E+00	1.5E-01
11	35.5	16.00	181	337	18.2	0.0E+00	1.6E-01
12	35.5	18.00	200	377	19.3	0.0E+00	1.6E-01
13	35.5	19.50	210	397	20.0	0.0E+00	1.7E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : " N^* " and " q_c^* " values are only suggestive for the selection of " E_s ," they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m) from to	z_m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
									N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	
1	0 1	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξογιάνιση			20,000				
2	1 2	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
3	2 3	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
4	3 4.5	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
5	4.5 7	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	5,500	1
6	7 9	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	5,500	1
7	9 11	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	6,500	1
8	11 13	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	8,000	1
9	13 14	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	8,000	1
10	14 15	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	11,000	1
11	15 17	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s",
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

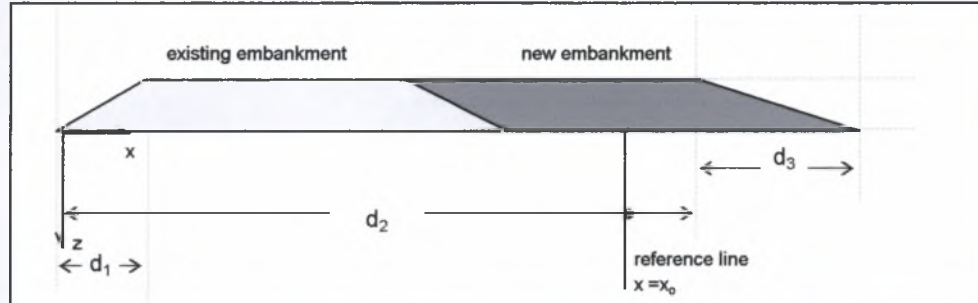
soil layer #	depth (m) from to	z _m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
12	17 19	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 = 35.5$ m
$d_1 = 7.5$ m
$d_2 = 35.5$ m
$d_3 = 7.5$ m
$d_{equ} = 43$ m
$d_{emb} = 0$ m
$p_0 = 79.12$ kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	width, w_i (m)	xx _i	xx _i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	35.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	0
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total		
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{yz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{yz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{yz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{yz} (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	79.1	74.9	0.1	1.7	7.4	-2.4	77.4	67.5	2.5
2	35.5	1.5	0.0	0.3	0.0	79.0	66.6	0.9	4.8	11.6	-5.9	74.1	55.4	6.9
3	35.5	2.5	0.0	0.5	0.0	78.6	59.0	2.3	7.6	11.8	-8.0	71.0	47.7	10.3
4	35.5	3.75	0.0	0.7	0.1	77.5	50.7	4.6	10.1	10.2	-8.9	67.4	41.3	13.6
5	35.5	5.75	0.0	1.1	0.2	74.7	40.4	8.3	12.2	7.0	-8.4	62.5	34.5	16.9
6	35.5	8	0.1	1.4	0.4	70.7	32.3	11.5	12.6	4.4	-6.8	58.3	29.4	18.7
7	35.5	10	0.2	1.7	0.6	67.2	27.1	13.3	12.1	2.9	-5.5	55.3	25.8	19.3
8	35.5	12	0.3	1.8	0.7	63.9	23.0	14.2	11.3	2.0	-4.4	52.8	22.9	19.3
9	35.5	13.5	0.4	1.9	0.9	61.6	20.5	14.5	10.7	1.5	-3.7	51.3	20.9	19.1
10	35.5	14.5	0.5	2.0	0.9	60.1	19.0	14.5	10.3	1.3	-3.4	50.3	19.7	18.9
11	35.5	16	0.6	2.0	1.1	58.1	17.0	14.4	9.7	1.0	-2.9	48.9	18.0	18.4
12	35.5	18	0.7	2.0	1.2	55.5	14.7	14.1	8.9	0.7	-2.4	47.3	16.0	17.7
13	35.5	19.5	0.8	2.0	1.3	53.7	13.2	13.7	8.4	0.6	-2.1	46.1	14.6	17.1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zamb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	77	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	z _m (m)	Δz (m)	Δσ _z (kPa)	γ (t/m ³)	γ' (t/m ³)	σ _z (kPa)	σ' _z (kPa)	cohesionless layers				cohesive layers										
									l _z	E _s (kPa)	s ₁₁ (cm)	ε ₁ = s ₁₁ / dz (%)	cum(s ₁₁) (cm)	S ₁ (cm)	E _s (kPa)	l	s ₂ (cm)	ε ₂ = s ₂ / dz (%)	cum(s ₂) (cm)	S ₂ (cm)			
1	1	0.5	1	77	21.0	21.0	21	21	0.01	20,000	0.01	0.005	0.01										
2	2	1.5	1	74	19.8	10.0	41	31									1.85	1.85	1.85	17.28			17.28
3	2	2.5	1	71	19.8	10.0	61	41									1.78	1.78	1.78	15.43			15.43
4	2	3.75	1.5	67	19.8	10.0	90	56									2.51	2.51	1.68	13.65			13.65
5	2	5.75	2.5	63	19.8	10.0	140	81									2.86	2.86	1.15	11.14			11.14
6	2	8	2	58	19.8	10.0	179	101									2.11	2.11	1.05	8.28			8.28
7	2	10	2	55	19.8	10.0	219	121									1.69	1.69	0.85	6.17			6.17
8	2	12	2	53	19.8	10.0	258	141									1.33	1.33	0.66	4.47			4.47
9	2	13.5	1	51	19.8	10.0	278	151									0.64	0.64	0.64	3.15			3.15
10	2	14.5	1	50	19.8	10.0	298	161									0.45	0.45	0.45	2.51			2.51
11	2	16	2	49	19.8	10.0	337	181									0.89	0.89	0.45	0.45			0.45
12	2	18	2	47	19.8	10.0	377	200									0.78	0.78	0.39	0.39			0.39
13	2	19.5	1	46	19.8	10.0	397	210									0.38	0.38	0.38	0.38			0.38

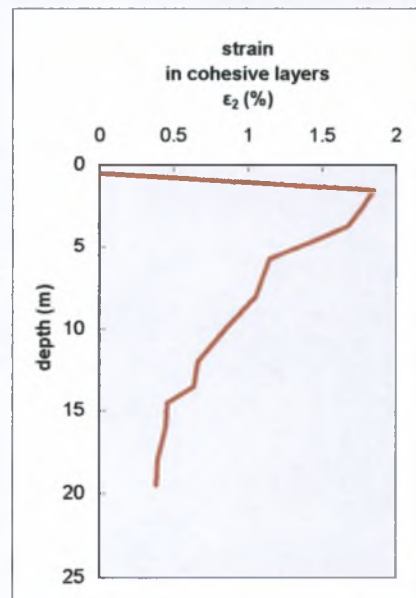
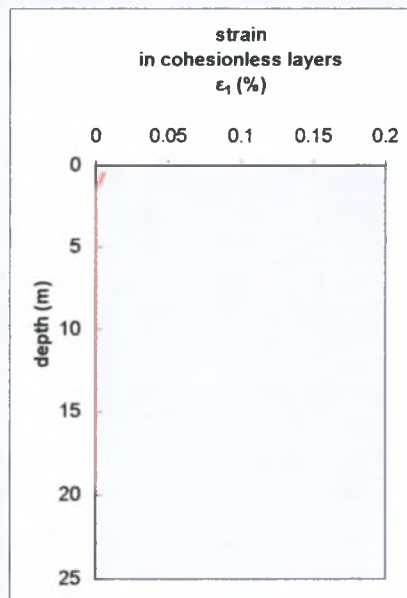
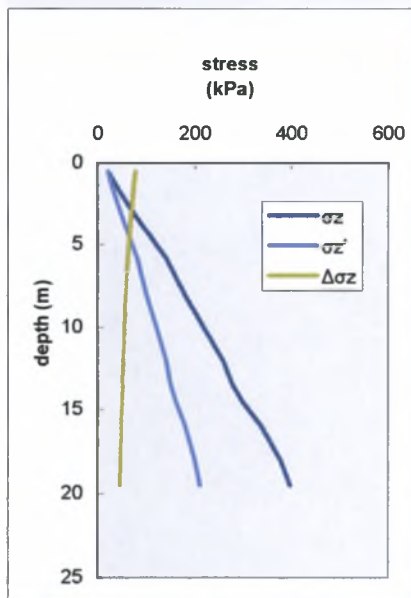
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **17.28 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.01 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **17.3 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\epsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\epsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	77.4	5.4E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	74.1	0.0E+00	1.9E+00
3	35.5	2.50	41	61	71.0	0.0E+00	1.8E+00
4	35.5	3.75	56	90	67.4	0.0E+00	1.7E+00
5	35.5	5.75	81	140	62.5	0.0E+00	1.1E+00
6	35.5	8.00	101	179	58.3	0.0E+00	1.1E+00
7	35.5	10.00	121	219	55.3	0.0E+00	8.5E-01
8	35.5	12.00	141	258	52.8	0.0E+00	6.6E-01
9	35.5	13.50	151	278	51.3	0.0E+00	6.4E-01
10	35.5	14.50	161	298	50.3	0.0E+00	4.5E-01
11	35.5	16.00	181	337	48.9	0.0E+00	4.5E-01
12	35.5	18.00	200	377	47.3	0.0E+00	3.9E-01
13	35.5	19.50	210	397	46.1	0.0E+00	3.8E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m)	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)				
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)		
1	0	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση								
2	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
3	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
4	3	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	4,000		1
5	4.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
6	7	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	5,500		1
7	9	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	6,500		1
8	11	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
9	13	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	8,000		1
10	14	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1
11	15	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	11,000		1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N*" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s";
 they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

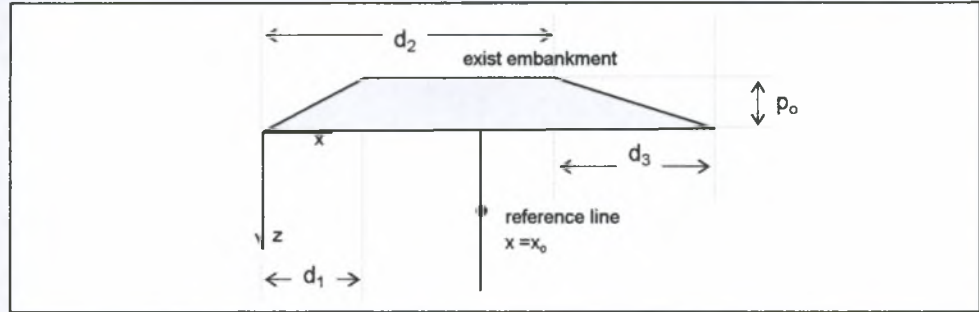
soil layer #	depth (m) from to	Y (kN/m ³)	Y' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
							input for immediate settlement			input for immediate & consolidation settlement			
							N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	I
12	17 19	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλυσ με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8			8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλυσ με άμμο και ελάχιστα χάλικες	8			8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_0 =$	35.5 m
$d_1 =$	7.5 m
$d_2 =$	24.5 m
$d_3 =$	7.5 m
$d_{equ} =$	32 m
$d_{emb} =$	0 m
$p_0 =$	98.9 kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	w_i (m)	xx_i	xx_i (m)
1		+	d_1	7.5	x_0	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	24.5	$x_0 - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	15.75
3		-	d_3	7.5	$x_0 - d_2$	11
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλουύρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1				load 2				load 3				total	
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	7.8	0.6	0.0	0.0	4.1	0.4	0.0	0.0	3.8	0.2
2	35.5	1.5	0.0	0.4	0.0	1.3	20.8	4.8	1.0	1.0	10.4	3.2	0.3	0.3	10.8	1.6
3	35.5	2.5	0.0	0.6	0.1	4.6	28.8	10.4	3.4	3.4	13.0	6.5	1.2	1.2	16.5	4.0
4	35.5	3.75	0.0	0.9	0.1	10.1	33.2	16.3	7.0	7.0	12.6	9.1	3.1	3.1	21.5	7.3
5	35.5	5.75	0.0	1.4	0.3	18.1	33.6	21.7	11.1	11.1	9.5	9.9	7.1	7.1	25.5	12.1
6	35.5	8	0.1	1.8	0.5	24.5	31.0	24.0	12.9	6.2	6.2	8.6	11.7	26.5	15.9	15.9
7	35.5	10	0.2	2.1	0.7	28.2	27.9	24.5	13.1	4.3	4.3	7.2	15.3	25.7	18.0	18.0
8	35.5	12	0.4	2.3	0.9	30.7	24.8	24.1	12.7	3.0	3.0	5.9	18.4	24.1	19.1	19.1
9	35.5	13.5	0.5	2.4	1.1	32.0	22.7	23.6	12.2	2.3	2.3	5.1	20.3	22.7	19.5	19.5
10	35.5	14.5	0.6	2.5	1.2	32.6	21.3	23.1	11.8	2.0	2.0	4.7	21.3	21.7	19.6	19.6
11	35.5	16	0.7	2.5	1.3	33.3	19.3	22.3	11.3	1.6	1.6	4.1	22.7	20.3	19.6	19.6
12	35.5	18	0.9	2.5	1.5	33.8	17.0	21.1	10.6	1.2	1.2	3.4	24.2	18.3	19.2	19.2
13	35.5	19.5	1.0	2.5	1.6	34.0	15.4	20.2	10.0	1.0	1.0	3.0	25.0	16.9	18.8	18.8

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

$\sigma_{zemb} =$	0	kPa
$\Delta p =$	25	kPa
C1 =	1	
C2 =	1	

soil layer #	soil code	Z _m (m)	Δz (m)	Δσ _z (kPa)	γ (t/m ³)	γ' (t/m ³)	σ _z (kPa)	σ' _z (kPa)	cohesionless layers					cohesive layers																			
									I _z	E _s (KPa)	s _{1i} (cm)	ε ₁ = s _{1i} / dz (%)	cum(s _{1i}) (cm)	S ₁ (cm)	E _s (KPa)	I	s ₂ (cm)	ε ₂ = s _{2i} / dz (%)	cum(s _{2i}) (cm)	S ₂ (cm)													
1	1	0.5	1	0	21.0	21.0	21	21	0.02	20,000	0.00	0.002	0.00	0.00																			
2	2	1.5	1	0	19.8	10.0	41	31																									
3	2	2.5	1	1	19.8	10.0	61	41																									
4	2	3.75	1.5	3	19.8	10.0	90	56																									
5	2	5.75	2.5	7	19.8	10.0	140	81																									
6	2	8	2	12	19.8	10.0	179	101																									
7	2	10	2	15	19.8	10.0	219	121																									
8	2	12	2	18	19.8	10.0	258	141																									
9	2	13.5	1	20	19.8	10.0	278	151																									
10	2	14.5	1	21	19.8	10.0	298	161																									
11	2	16	2	23	19.8	10.0	337	181																									
12	2	18	2	24	19.8	10.0	377	200																									
13	2	19.5	1	25	19.8	10.0	397	210																									

c:\h3m_b1m\emb_SP2_DS0_5e5.xls [elastic_settle]

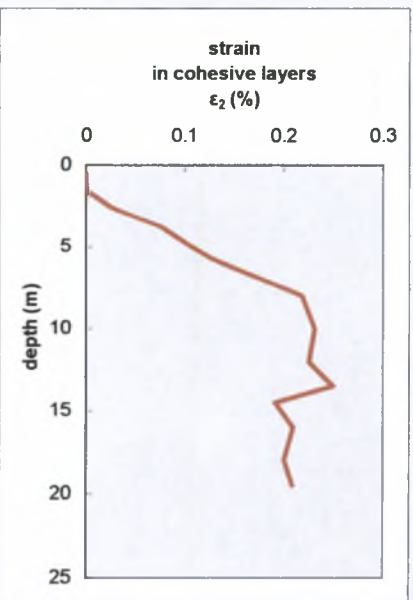
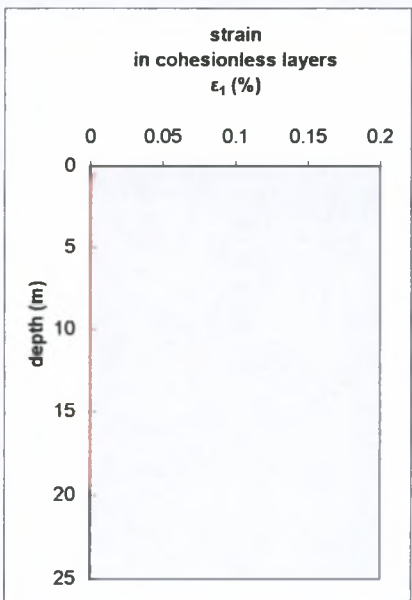
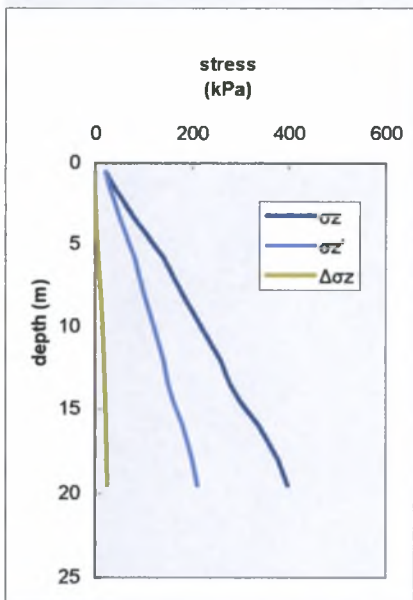
ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **3.27 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.00 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **3.3 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
1	35.5	0.50	21	21	0.0	2.3E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	0.3	0.0E+00	0.0E+00
3	35.5	2.50	41	61	1.2	0.0E+00	2.5E-02
4	35.5	3.75	56	90	3.1	0.0E+00	7.5E-02
5	35.5	5.75	81	140	7.1	0.0E+00	1.3E-01
6	35.5	8.00	101	179	11.7	0.0E+00	2.2E-01
7	35.5	10.00	121	219	15.3	0.0E+00	2.3E-01
8	35.5	12.00	141	258	18.4	0.0E+00	2.3E-01
9	35.5	13.50	151	278	20.3	0.0E+00	2.5E-01
10	35.5	14.50	161	298	21.3	0.0E+00	1.9E-01
11	35.5	16.00	181	337	22.7	0.0E+00	2.1E-01
12	35.5	18.00	200	377	24.2	0.0E+00	2.0E-01
13	35.5	19.50	210	397	25.0	0.0E+00	2.1E-01



ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_o of layers : 13.0

* Note : "N" and "q_c" values are only suggestive for the selection of "E_s", they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

soil layer #	depth (m) from to	z _m (m)	Δz (m)	V (kN/m ³)	V' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only)			input for soil code = 2 (cohesive layers only)			
									N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	N*	q _c * (kPa)	E _s (kPa)	
1	0 1	0.5	1	21.00	21.00	1	cohesionless	εξυγιάνση			20,000				
2	1 2	1.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
3	2 3	2.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
4	3 4.5	3.75	1.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	4,000	8	4,000	4,000	1
5	4.5 7	5.75	2.5	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	5,500	8	4,000	5,500	1
6	7 9	8	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	5,500	8	4,000	5,500	1
7	9 11	10	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	6,500	8	4,000	6,500	1
8	11 13	12	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	8,000	8	4,000	8,000	1
9	13 14	13.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	8,000	8	4,000	8,000	1
10	14 15	14.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	11,000	8	4,000	11,000	1
11	15 17	16	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλος με άμμο και ελάχισταους χάλικες	8	4,000	11,000	8	4,000	11,000	1

Soil Profile Data

water table depth : 1.0 m
 max depth : 20.0 m
 max N_c of layers : 13.0

* Note : " N^* " and " q_c " values are only suggestive for the selection of " E_s ", they are not used in subsequent calculations
 "soil description" is also optional

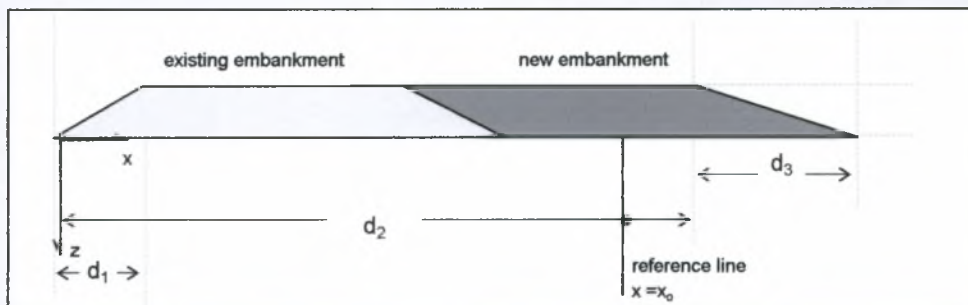
soil layer #	depth (m) from to	z_m (m)	Δz (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	soil code	soil type	soil description*	input for soil code = 1 (cohesionless layers only) input for immediate settlement			input for soil code = 2 (cohesive layers only) input for immediate & consolidation settlement			
									N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	N^*	q_c^* (kPa)	E_s (kPa)	I
12	17 19	18	2	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1
13	19 20	19.5	1	19.78	9.97	2	cohesive	αργιλοίλις με άμμο και ελάχιστους χάλικες				8	4,000	12,000	1

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Embankment Loading Data

$x_o = 35.5$ m
$d_1 = 7.5$ m
$d_2 = 35.5$ m
$d_3 = 7.5$ m
$d_{equ} = 43$ m
$d_{emb} = 0$ m
$p_o = 98.9$ kPa



load discretization

load i	load type	+/-	width, w_i	width, w_i (m)	xx _i	xx _i (m)
1		+	d_1	7.5	x_o	35.5
2		+	$d_2 + d_3 - d_1$	35.5	$x_o - [d_1 + 0.5(d_2 + d_3 - d_1)]$	10.25
3		-	d_3	7.5	$x_o - d_2$	0
		sum				

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 1 : Stress Distribution based on Theory of Elasticity

soil layer #	x (m)	z _m (m)	load 1			load 2			load 3			total		
			Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)	Δσ _z (kPa)	Δσ _x (kPa)	ΔI _{xz} (kPa)
1	35.5	0.5	0.0	0.1	0.0	98.9	93.6	0.1	2.1	9.3	-3.0	96.8	84.4	3.1
2	35.5	1.5	0.0	0.4	0.0	98.7	83.3	1.1	6.1	14.5	-7.4	92.7	69.2	8.6
3	35.5	2.5	0.0	0.6	0.1	98.2	73.7	2.9	9.4	14.7	-10.0	88.8	59.6	12.9
4	35.5	3.75	0.0	0.9	0.1	96.8	63.4	5.7	12.6	12.7	-11.1	84.3	51.6	17.0
5	35.5	5.75	0.0	1.4	0.3	93.3	50.5	10.4	15.2	8.8	-10.5	78.2	43.1	21.1
6	35.5	8	0.1	1.8	0.5	88.4	40.4	14.4	15.7	5.5	-8.5	72.8	36.7	23.4
7	35.5	10	0.2	2.1	0.7	84.0	33.8	16.6	15.1	3.6	-6.9	69.1	32.3	24.1
8	35.5	12	0.4	2.3	0.9	79.8	28.7	17.8	14.1	2.5	-5.5	66.0	28.6	24.2
9	35.5	13.5	0.5	2.4	1.1	77.0	25.6	18.1	13.4	1.9	-4.7	64.1	26.1	23.9
10	35.5	14.5	0.6	2.5	1.2	75.1	23.7	18.2	12.8	1.6	-4.2	62.9	24.6	23.6
11	35.5	16	0.7	2.5	1.3	72.6	21.2	18.1	12.1	1.2	-3.6	61.2	22.5	23.0
12	35.5	18	0.9	2.5	1.5	69.4	18.4	17.6	11.2	0.9	-3.0	59.1	20.0	22.1
13	35.5	19.5	1.0	2.5	1.6	67.2	16.5	17.1	10.5	0.7	-2.6	57.7	18.3	21.4

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

calculation sheet 2 : Evaluation of Elastic (immediate) Settlement

σ_{zemb}	=	0	kPa
Δp	=	97	kPa
$C1$	=	1	
$C2$	=	1	

soil layer #	soil code	Z_m (m)	Δz (m)	$\Delta \sigma_z$ (kPa)	γ (t/m^3)	γ' (t/m^3)	σ_z (kPa)	σ_z' (kPa)	cohesionless layers					cohesive layers									
									I_z	E_s (kPa)	$s_{ }$ (cm)	$\epsilon_1 = s_{ } / dz$ (%)	cum($s_{ }$) (cm)	S_1 (cm)	E_s (kPa)	I	s_2 (cm)	$\epsilon_2 = s_2 / dz$ (%)	cum(s_2) (cm)	S_2 (cm)			
1	1	0.5	1	97	21.0	21.0	21	21	0.01		0.01	0.007	0.01										
2	2	1.5	1	93	19.8	10.0	41	31										2.33	2.33		21.62	21.62	
3	2	2.5	1	89	19.8	10.0	61	41										2.23	2.23		19.30	19.30	
4	2	3.75	1.5	84	19.8	10.0	90	56										3.15	2.10		17.07	17.07	
5	2	5.75	2.5	78	19.8	10.0	140	81										3.55	1.42		13.92	13.92	
6	2	8	2	73	19.8	10.0	179	101										2.65	1.33		10.38	10.38	
7	2	10	2	69	19.8	10.0	219	121										2.12	1.06		7.72	7.72	
8	2	12	2	66	19.8	10.0	258	141										1.65	0.83		5.60	5.60	
9	2	13.5	1	64	19.8	10.0	278	151										0.80	0.80		3.95	3.95	
10	2	14.5	1	63	19.8	10.0	298	161										0.57	0.57		3.15	3.15	
11	2	16	2	61	19.8	10.0	337	181										1.11	0.55		0.55	0.55	
12	2	18	2	59	19.8	10.0	377	200										0.98	0.49		0.49	0.49	
13	2	19.5	1	58	19.8	10.0	397	210										0.48	0.48		0.48	0.48	

ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Τμήμα Κουλούρα - Βέροια (5.3)

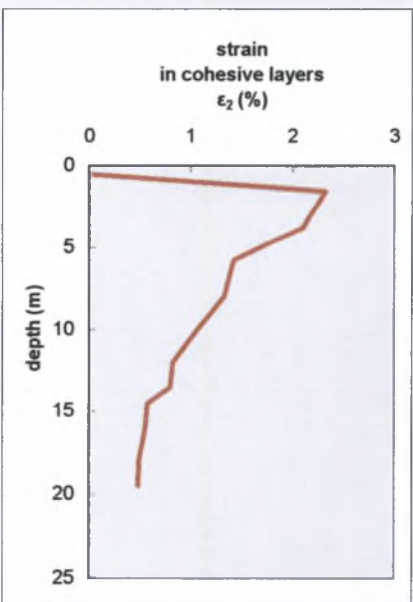
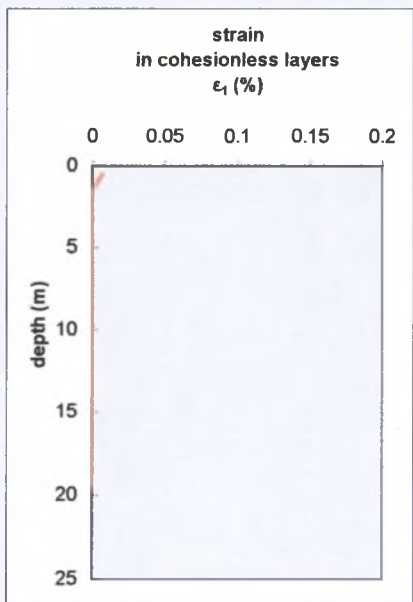
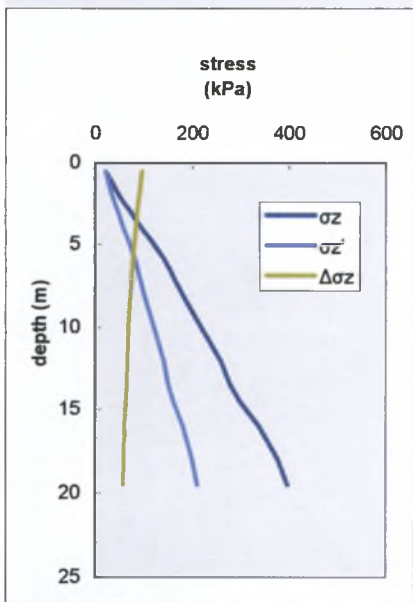
Εδαφικό Προφίλ 6 : Από Χ.Θ. 8+000 έως Χ.Θ. 9+000

Results

settlement, s_2 : **21.62 cm** (cohesive layers only)
 settlement, s_1 : **0.01 cm** (cohesionless layers only)
 total settlement, s : **21.6 cm** (all layers)

soil layer #	x (m)	z_m (m)	σ'_z (kPa)	σ_z (kPa)	$\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\varepsilon_1 = s_{1i} / dz$ (%)	$\varepsilon_2 = s_{2i} / dz$ (%)
--------------	-------	-----------	-------------------	------------------	------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

1	35.5	0.50	21	21	96.8	6.8E-03	0.0E+00
2	35.5	1.50	31	41	92.7	0.0E+00	2.3E+00
3	35.5	2.50	41	61	88.8	0.0E+00	2.2E+00
4	35.5	3.75	56	90	84.3	0.0E+00	2.1E+00
5	35.5	5.75	81	140	78.2	0.0E+00	1.4E+00
6	35.5	8.00	101	179	72.8	0.0E+00	1.3E+00
7	35.5	10.00	121	219	69.1	0.0E+00	1.1E+00
8	35.5	12.00	141	258	66.0	0.0E+00	8.3E-01
9	35.5	13.50	151	278	64.1	0.0E+00	8.0E-01
10	35.5	14.50	161	298	62.9	0.0E+00	5.7E-01
11	35.5	16.00	181	337	61.2	0.0E+00	5.5E-01
12	35.5	18.00	200	377	59.1	0.0E+00	4.9E-01
13	35.5	19.50	210	397	57.7	0.0E+00	4.8E-01



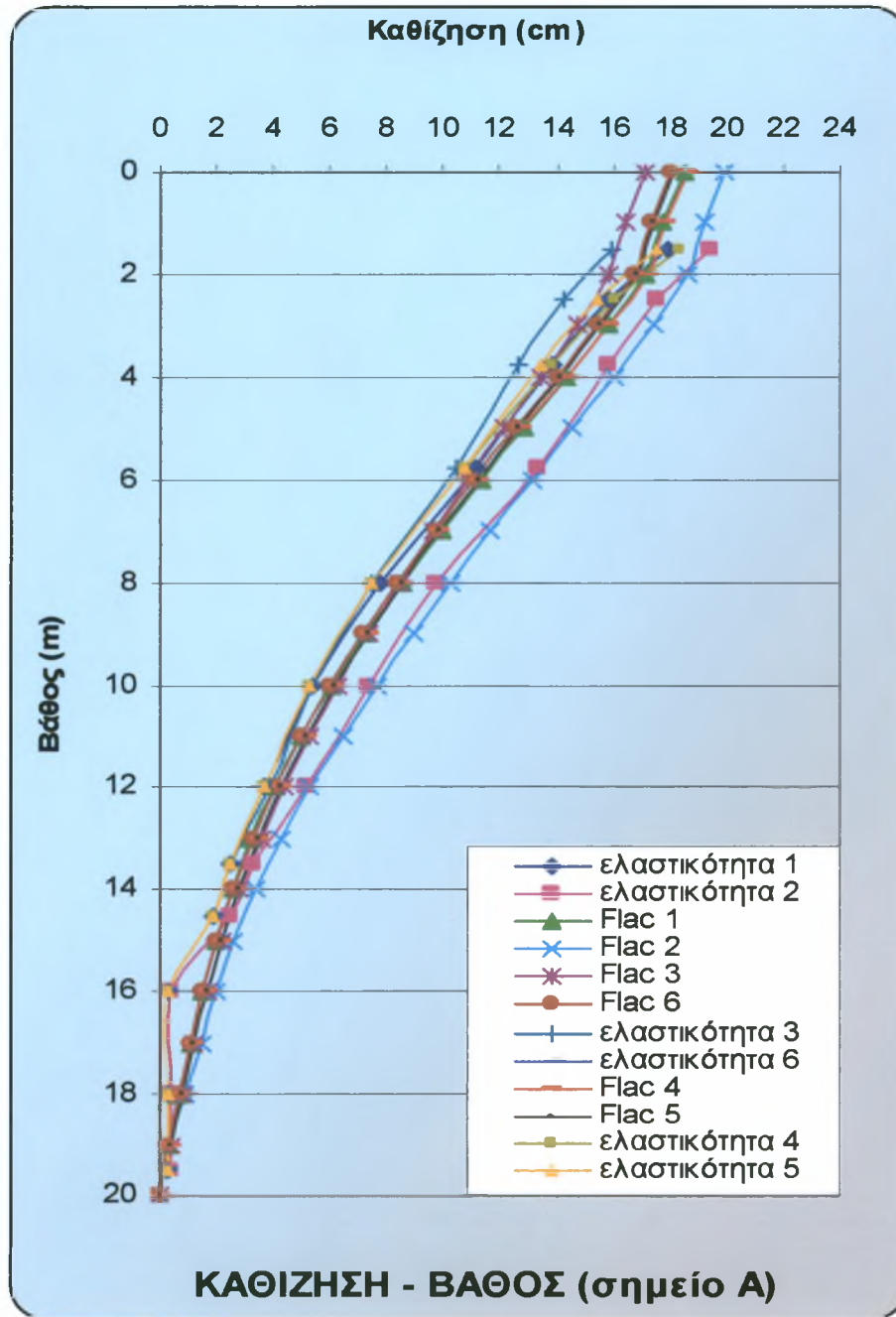
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Γ

Απεικόνιση Αποτελεσμάτων "Καθιζήσεων – Βάθος"

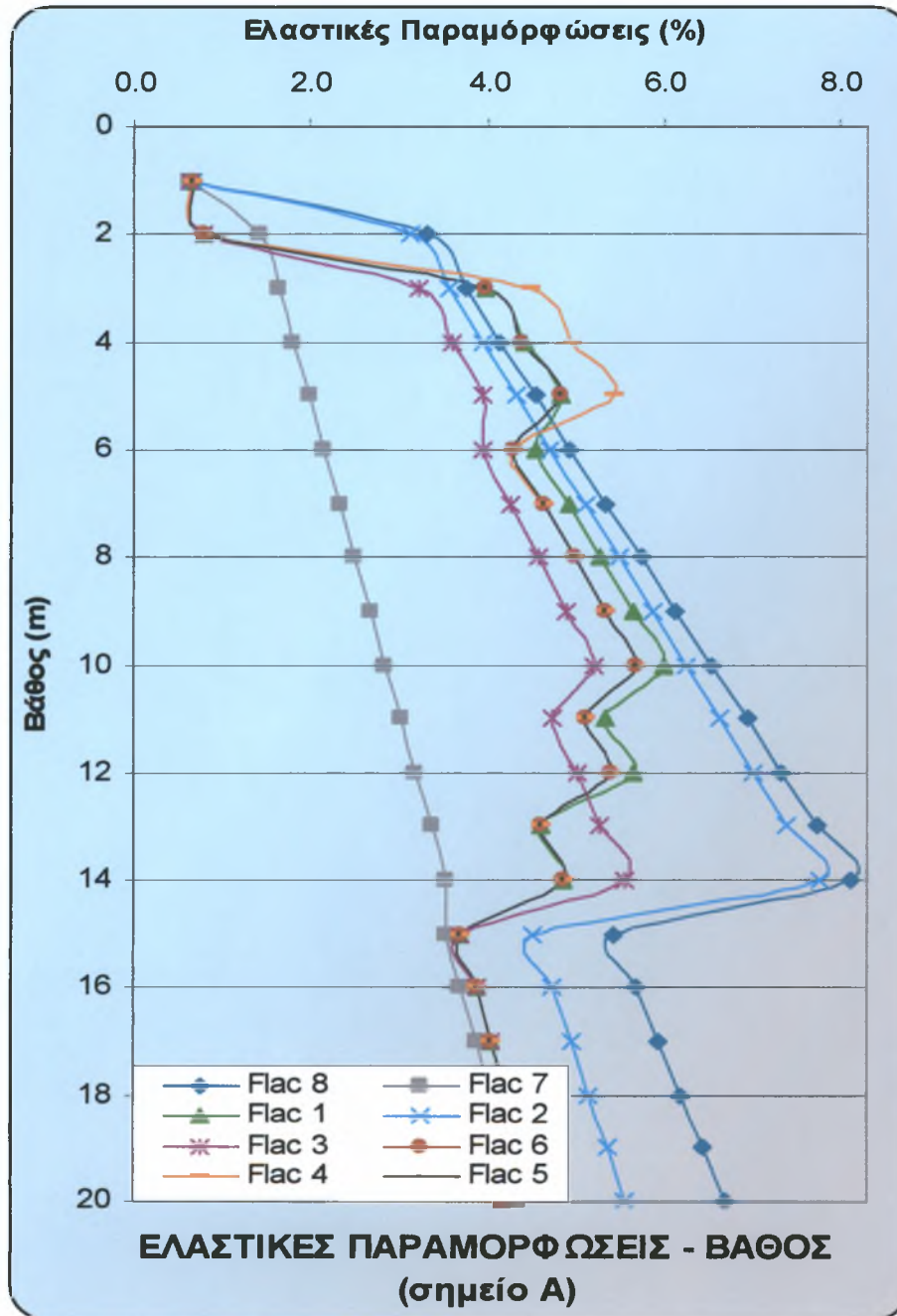
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ₁

Ολική Ανάλυση του Επιχώματος



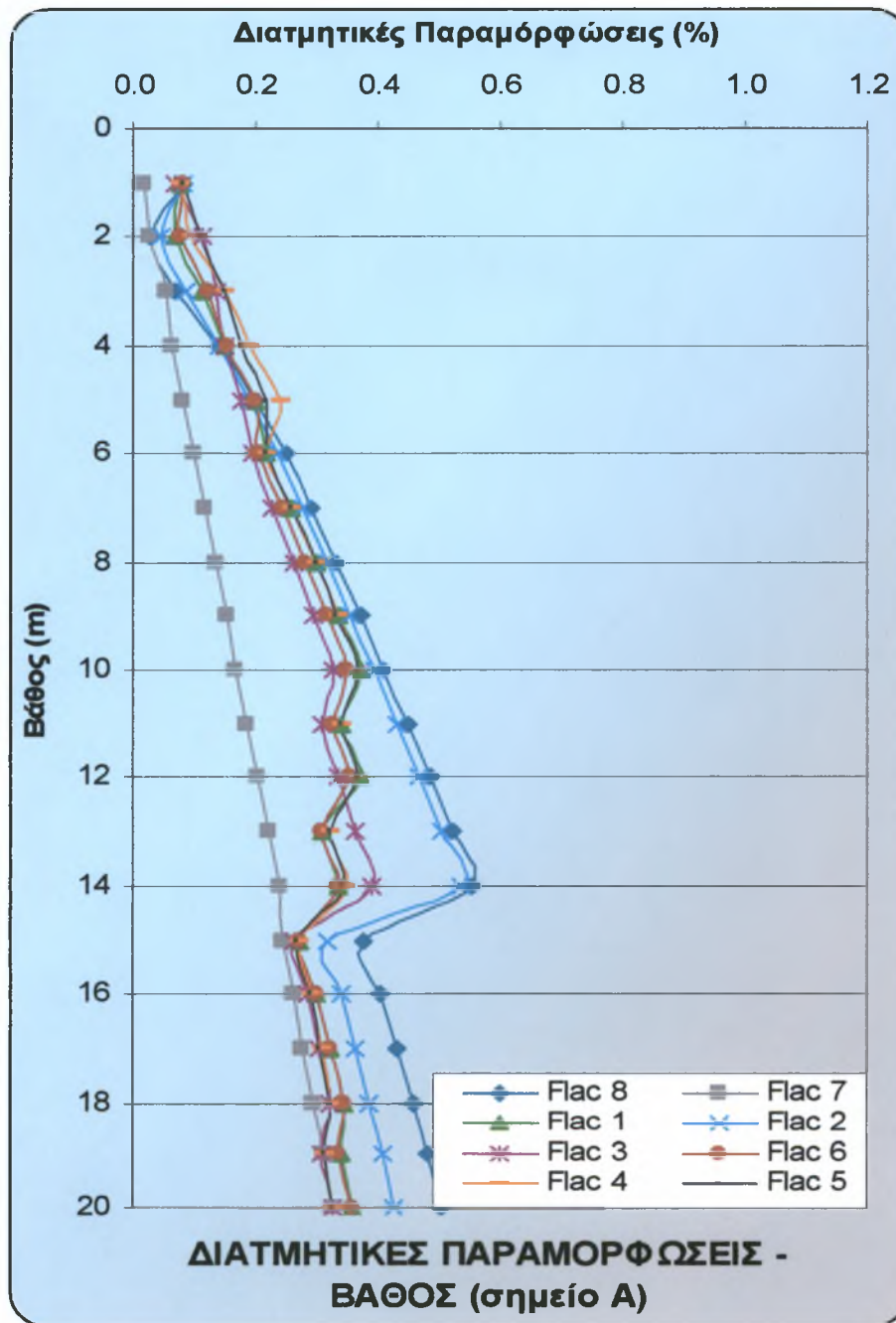
Σχήμα Γ1.1

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
ολική ανάλυση του επιχώματος



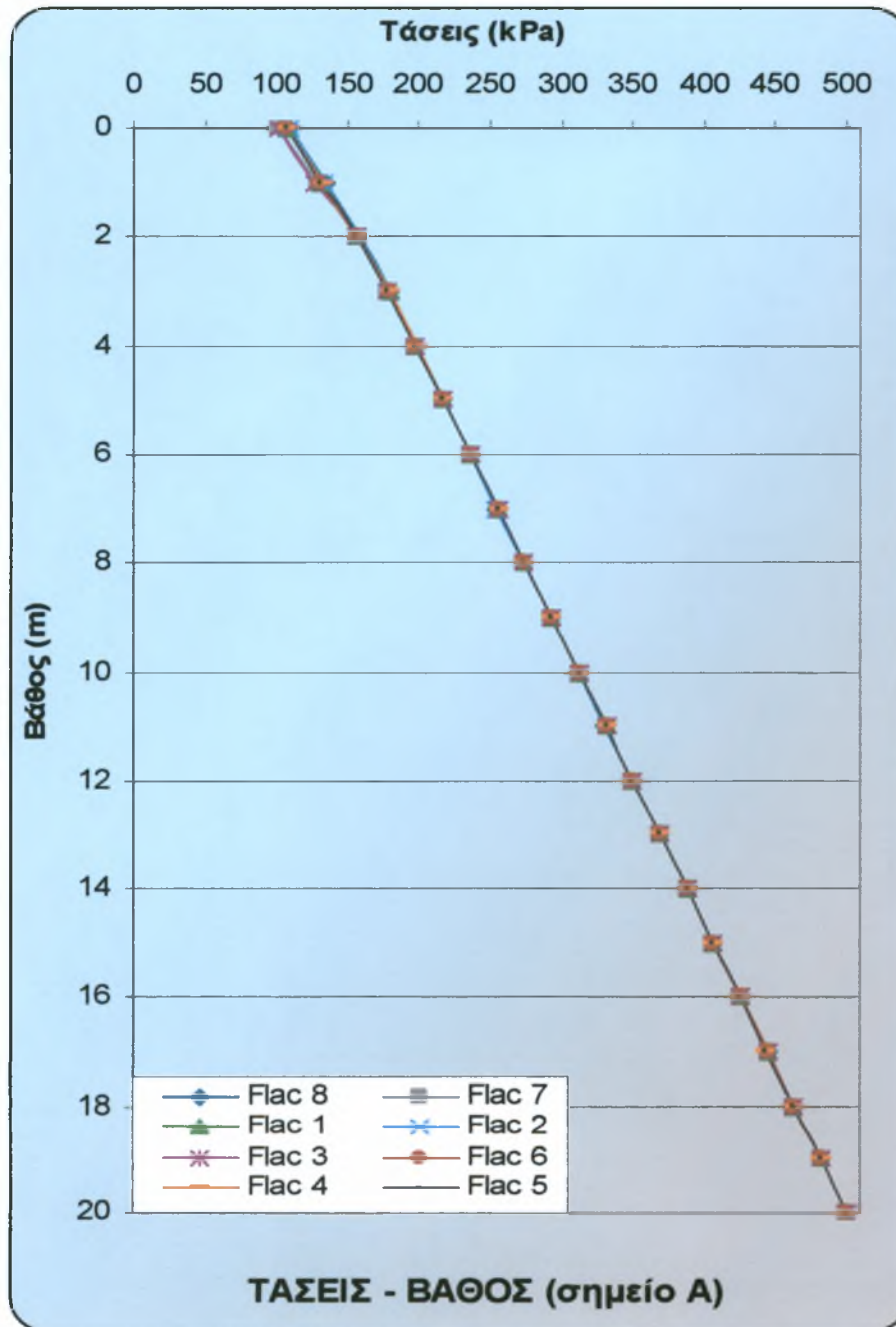
Σχήμα Γ1.2

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος



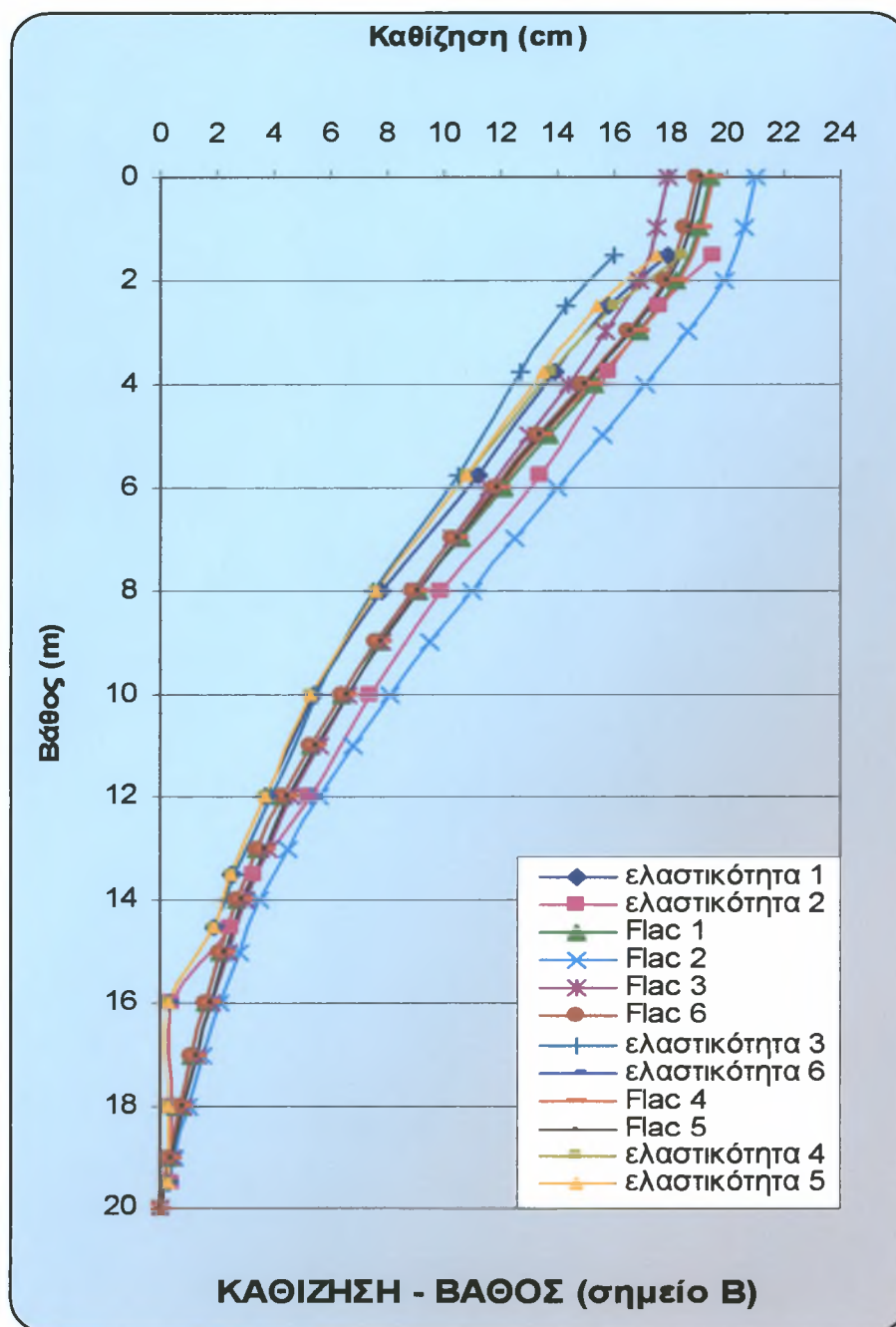
Σχήμα Γ1.3

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος



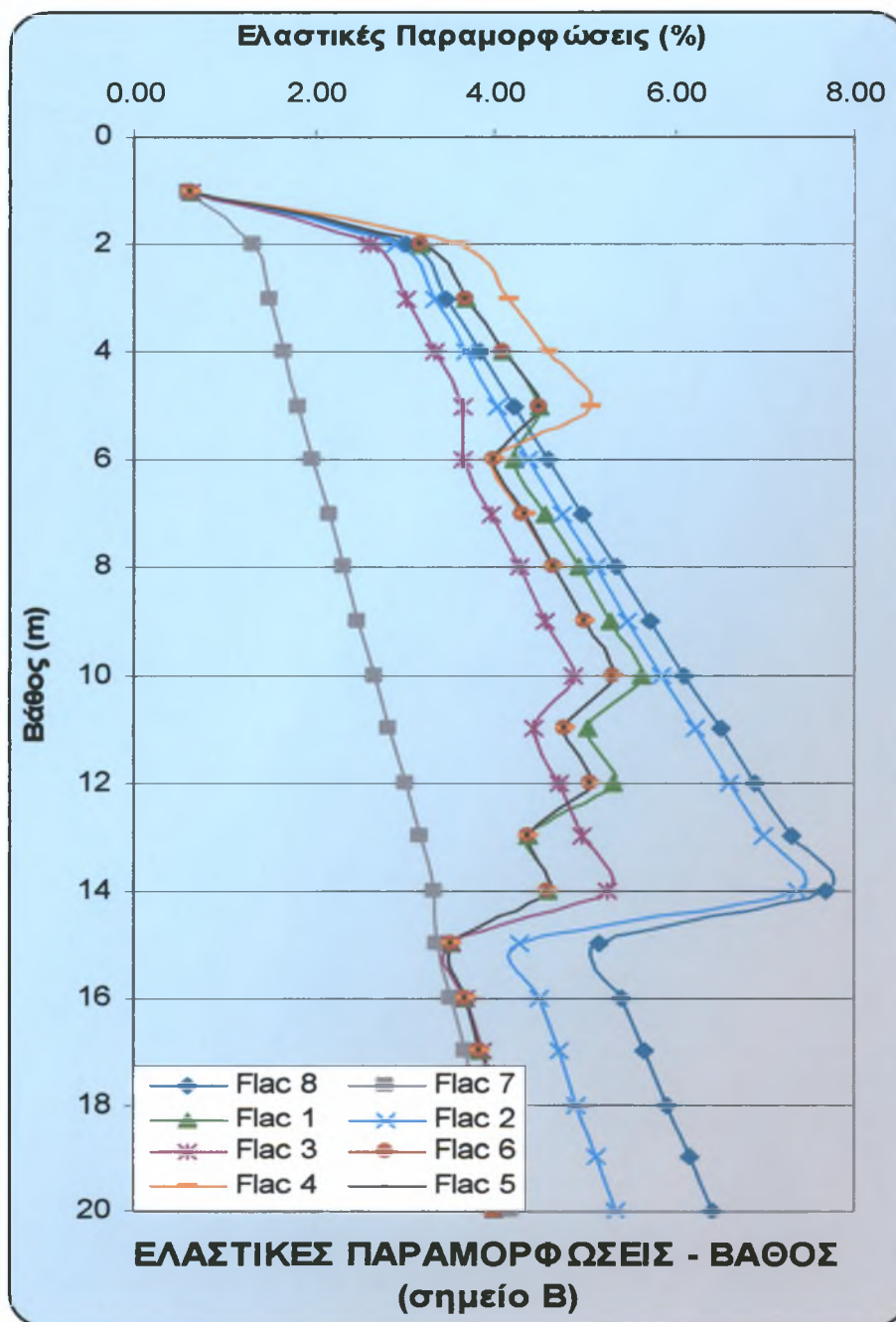
Σχήμα Γ1.4

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την ολική ανάλυση του επιχώματος



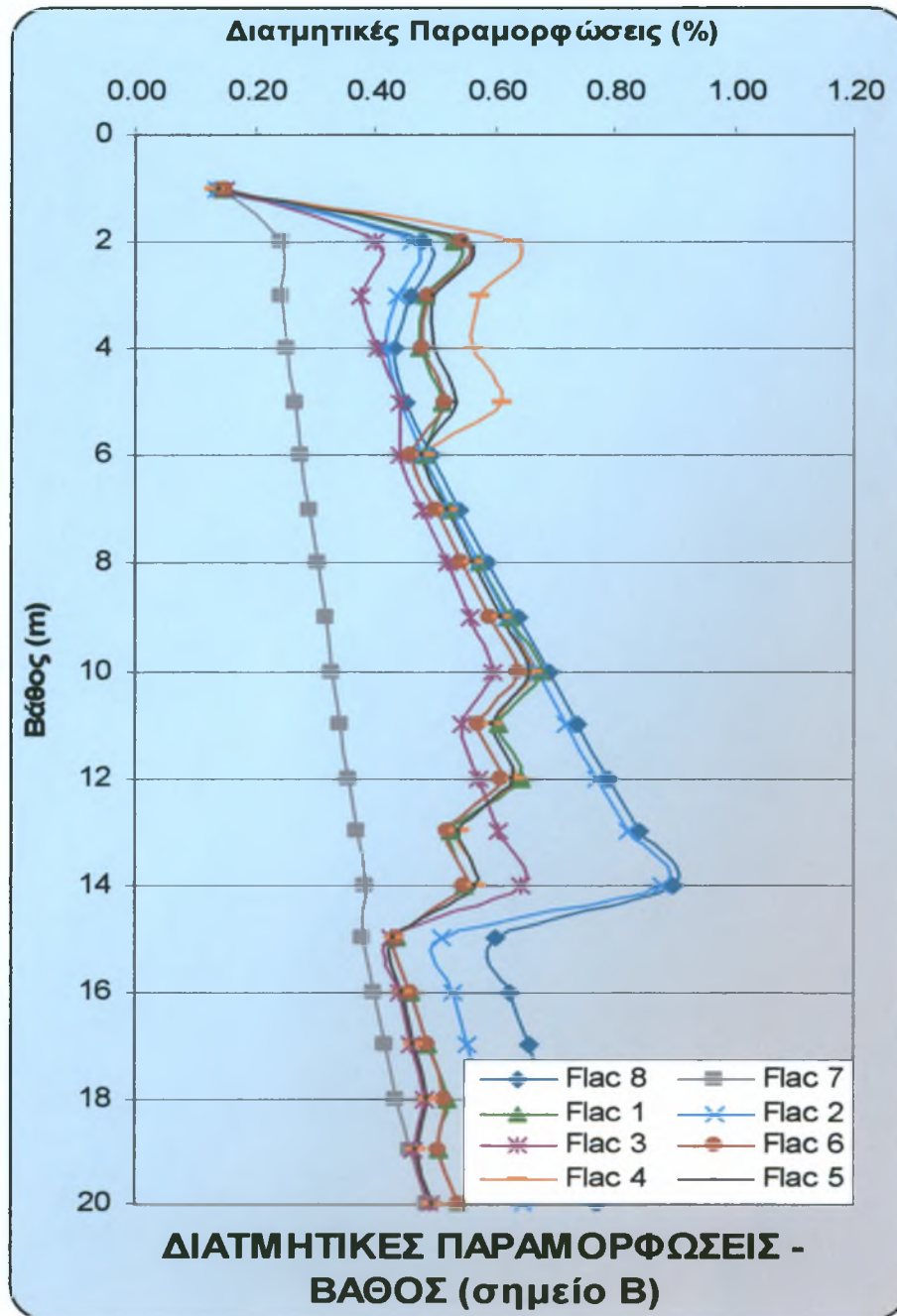
Σχήμα Γ1.5

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
ολική ανάλυση του επιχώματος



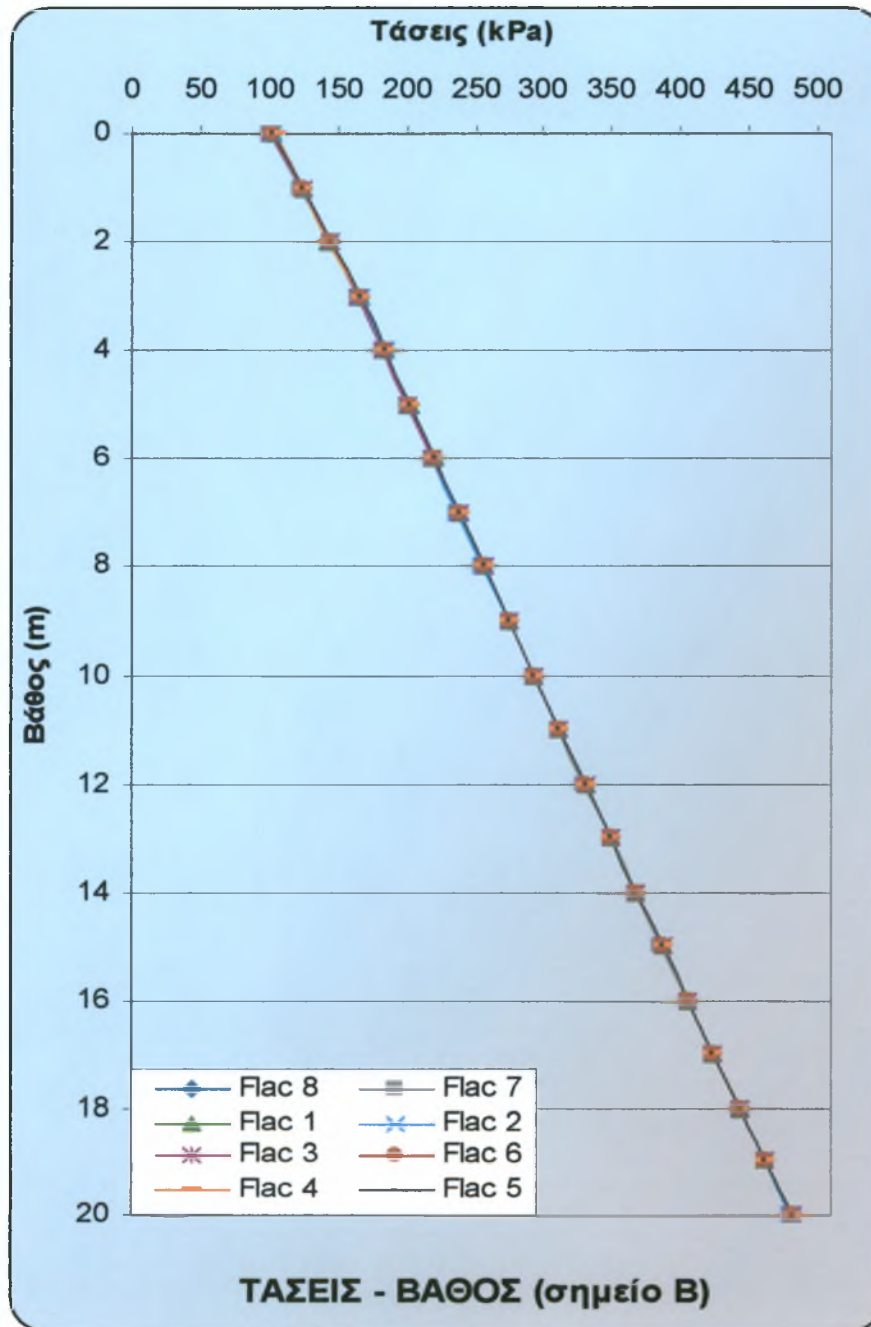
Σχήμα Γ1.6

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος



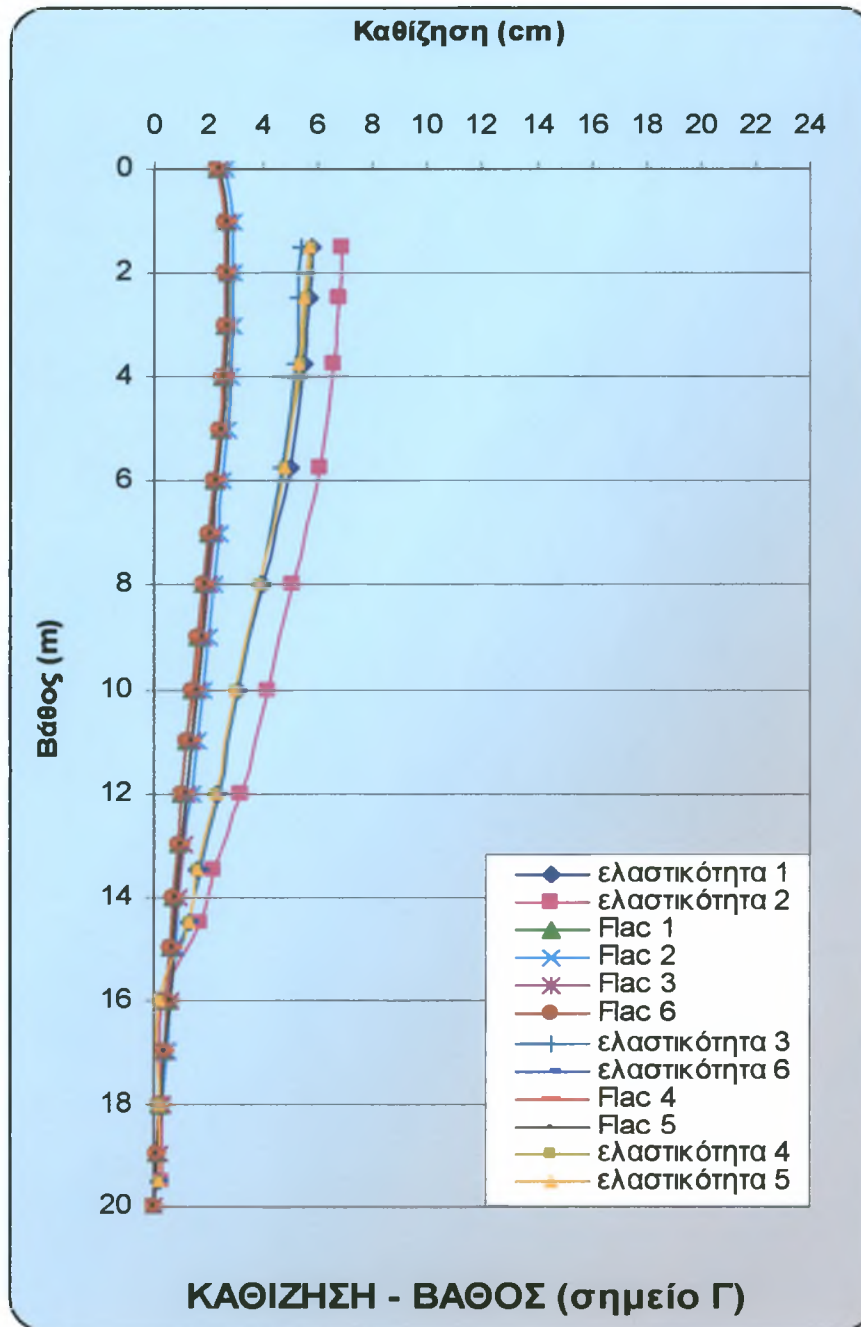
Σχήμα Γ1.7

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος



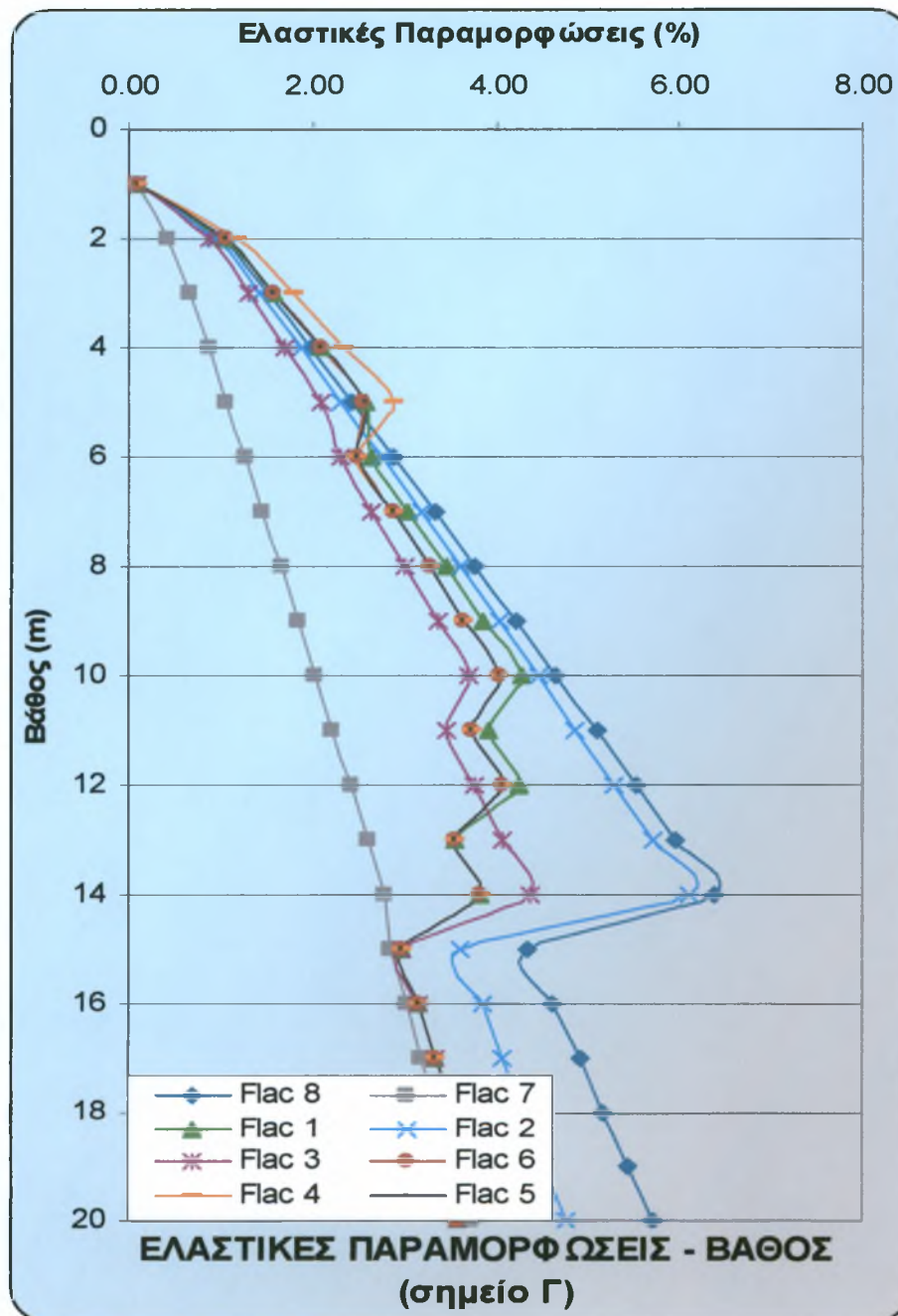
Σχήμα Γ1.8

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την ολική ανάλυση του επιχώματος



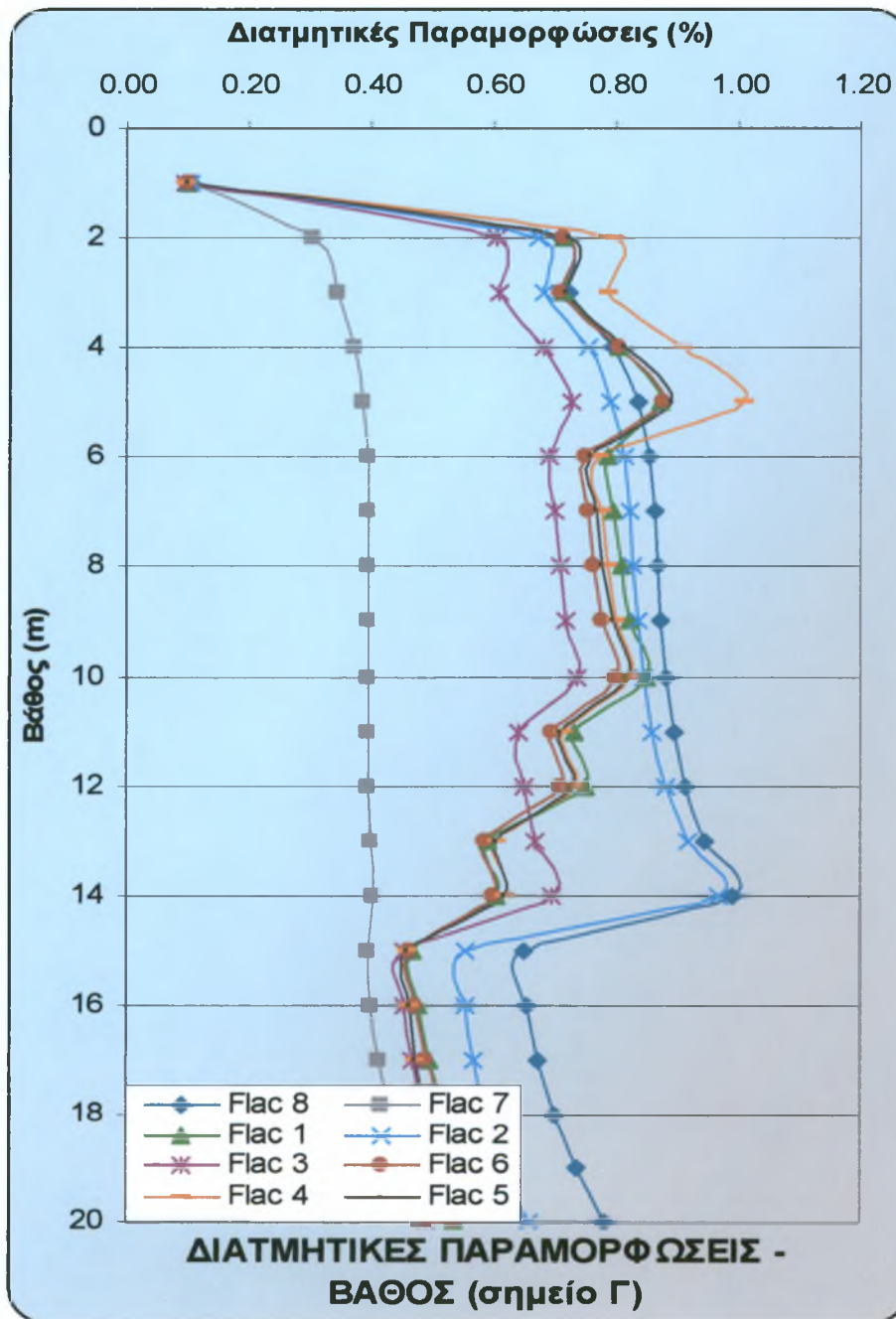
Σχήμα Γ1.9

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
ολική ανάλυση του επιχώματος



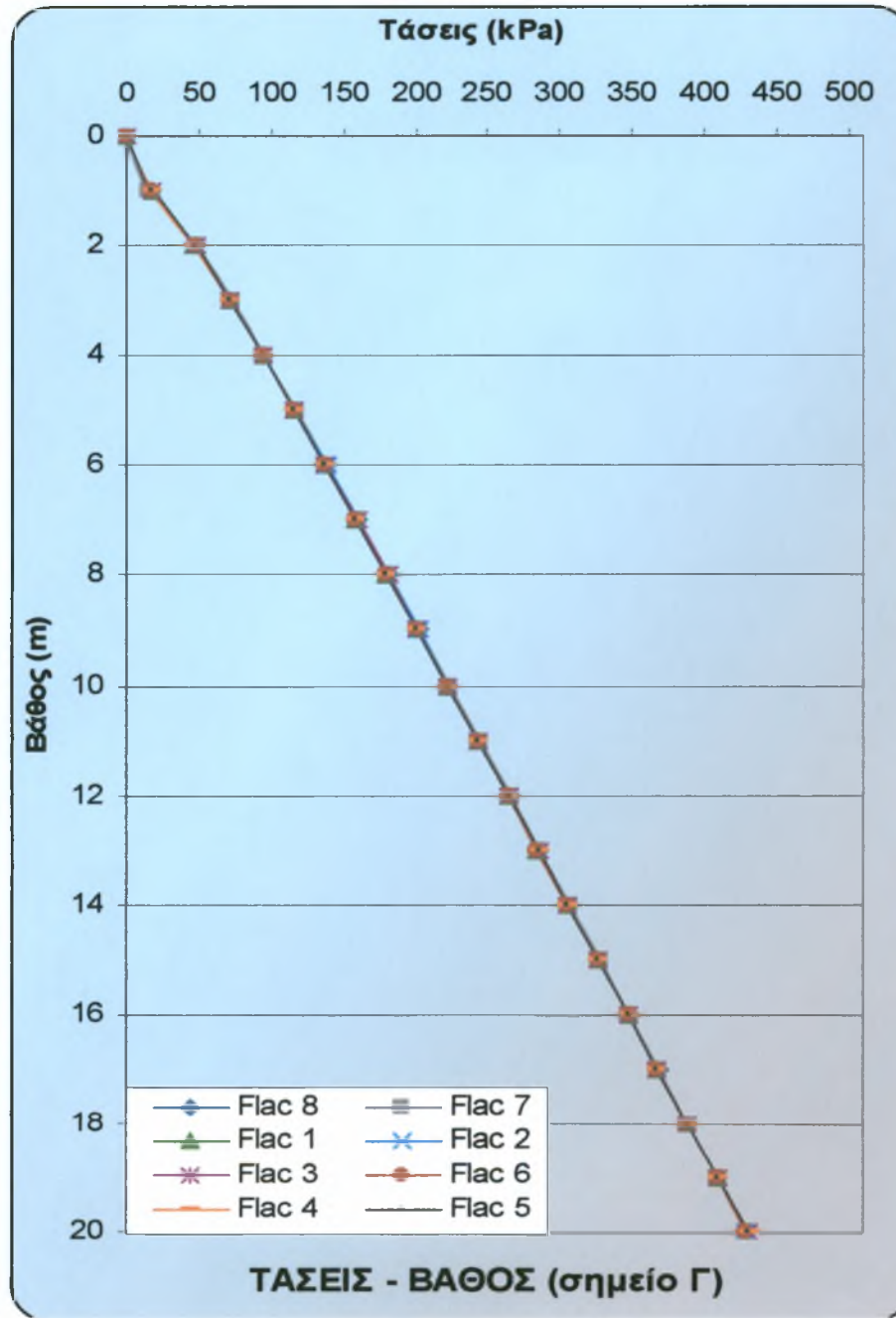
Σχήμα Γ1.10

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος



Σχήμα Γ1.11

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την ολική ανάλυση του επιχώματος

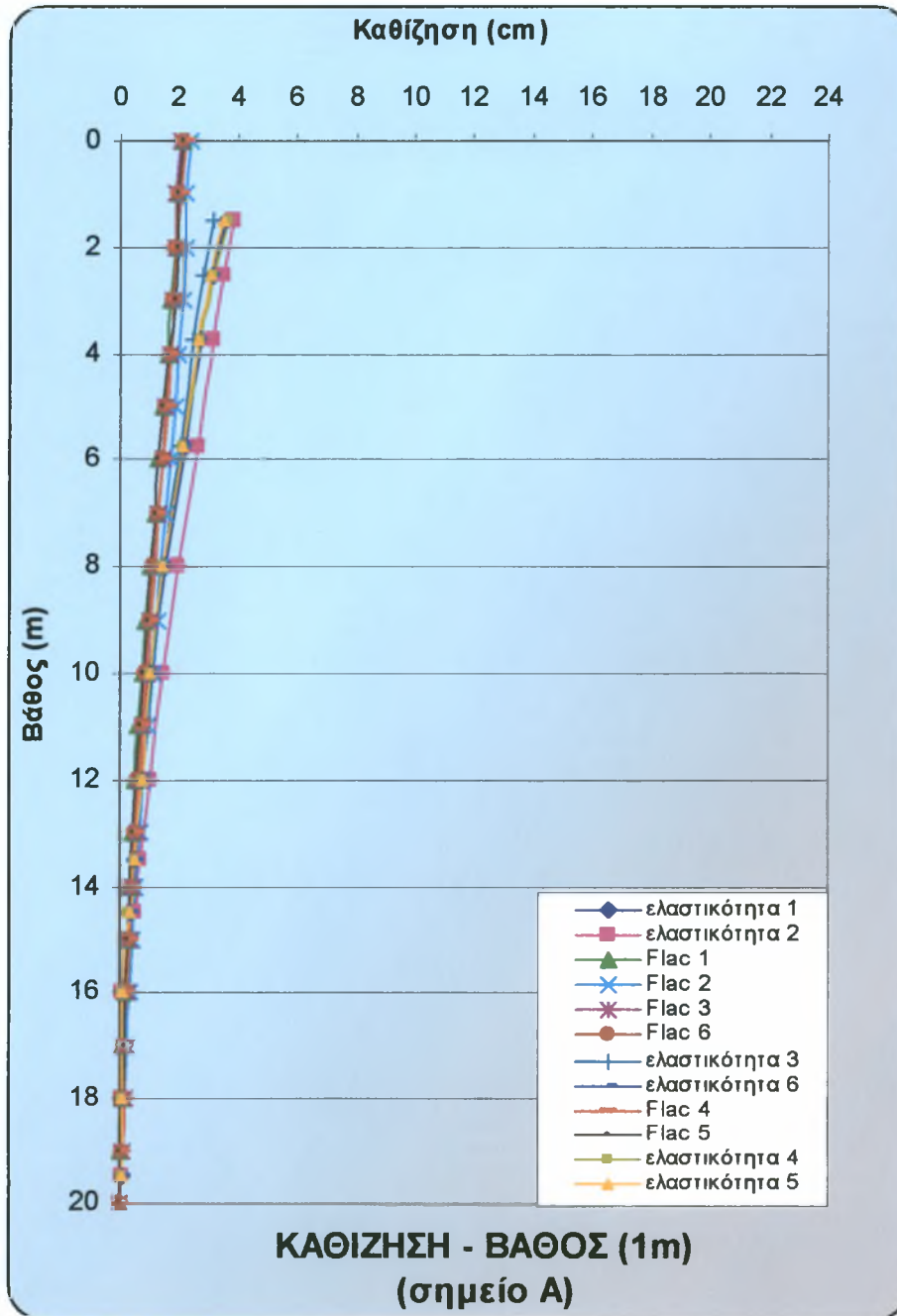


Σχήμα Γ1.12

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την ολική ανάλυση του επιχώματος

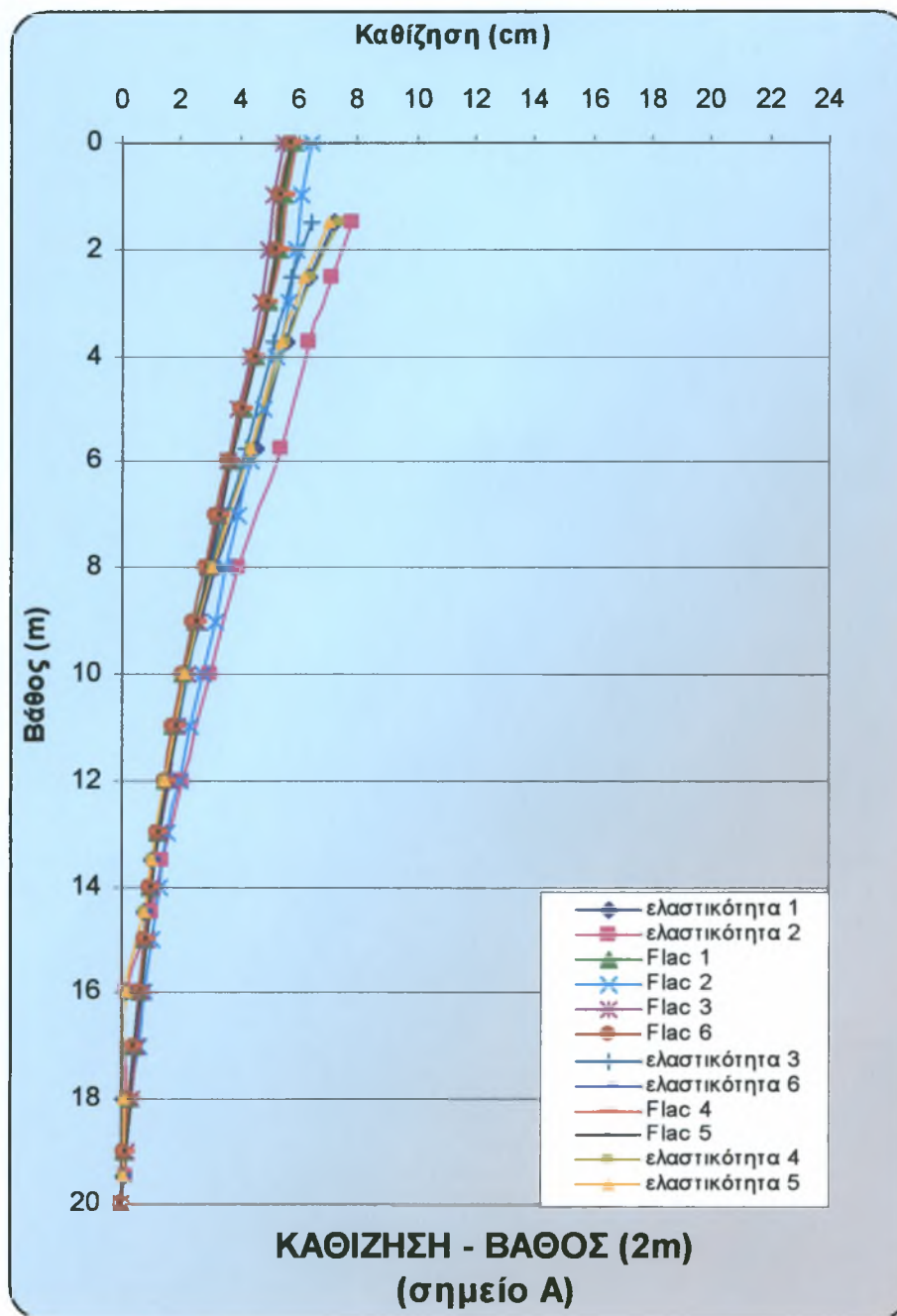
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ₂

Τμηματική Ανάλυση του Επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m)



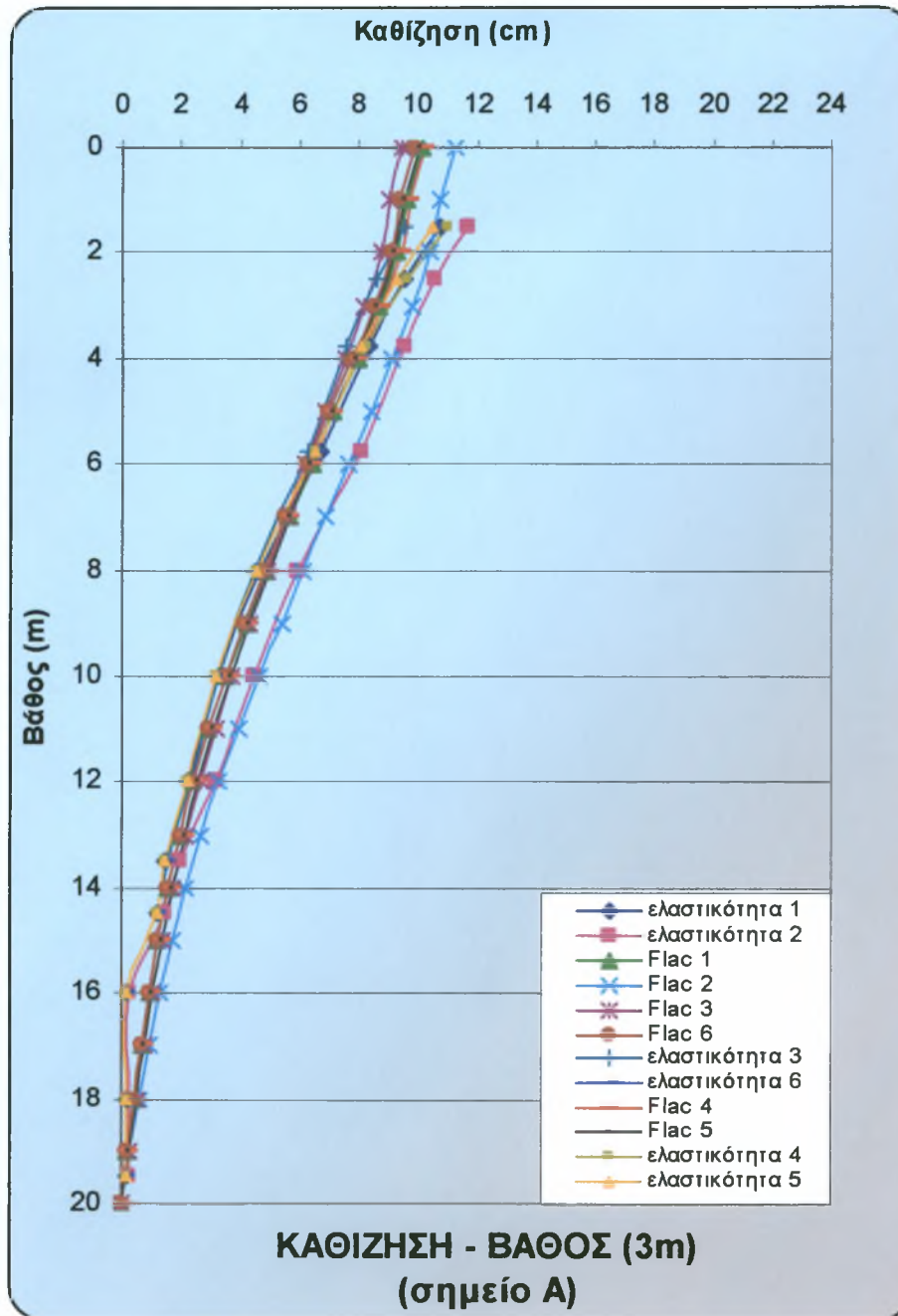
Σχήμα Γ2.1

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



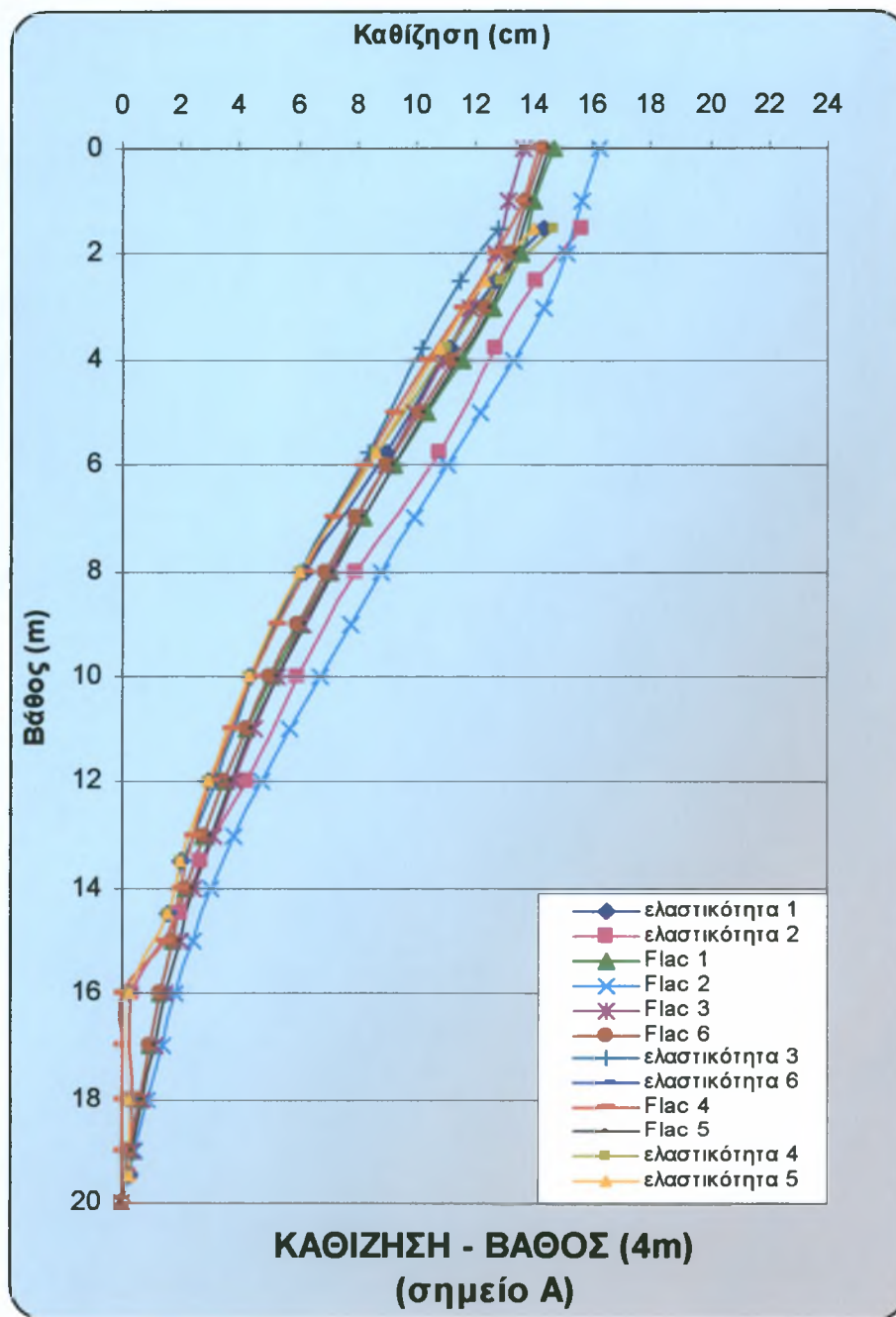
Σχήμα Γ2.2

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



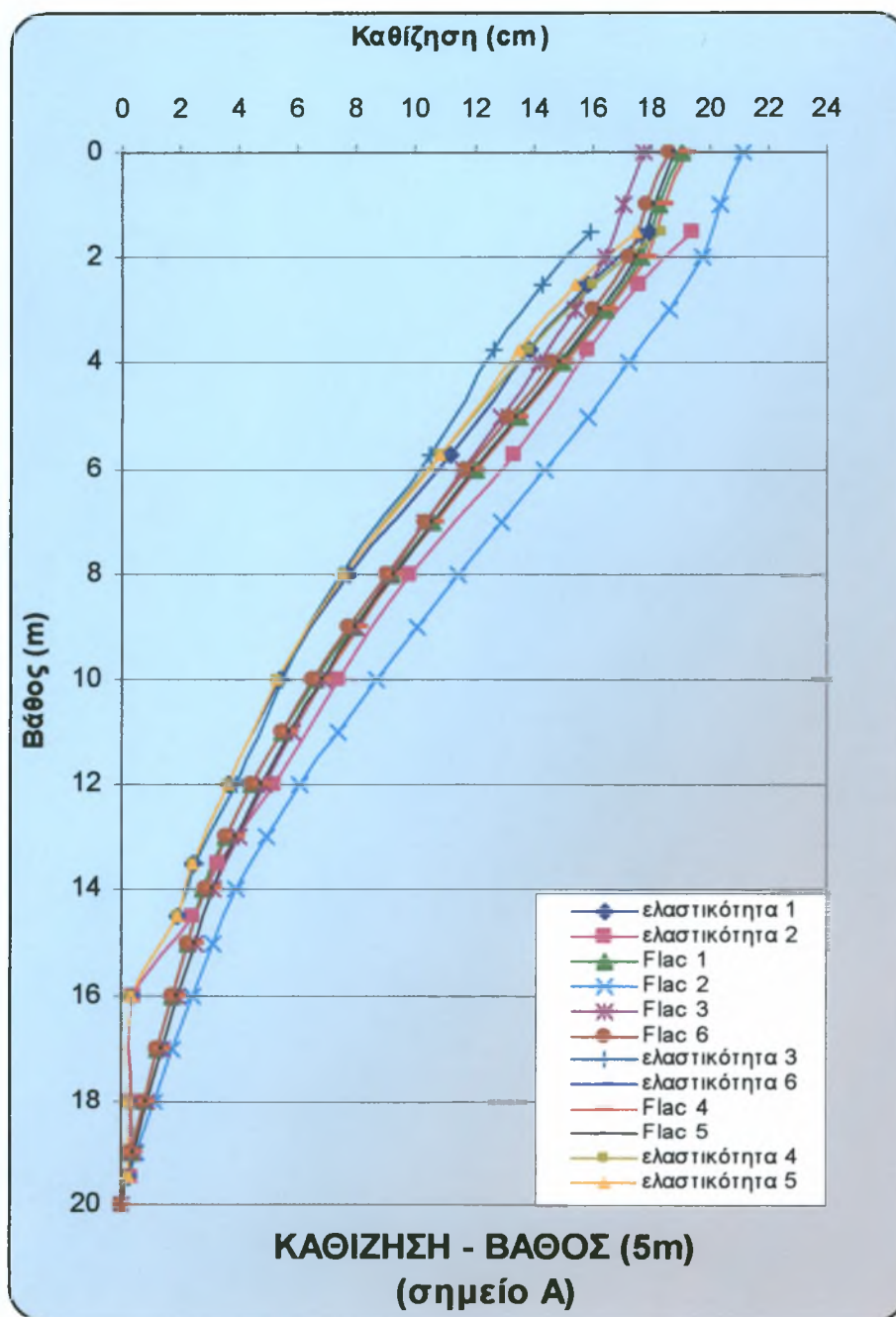
Σχήμα Γ2.3

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



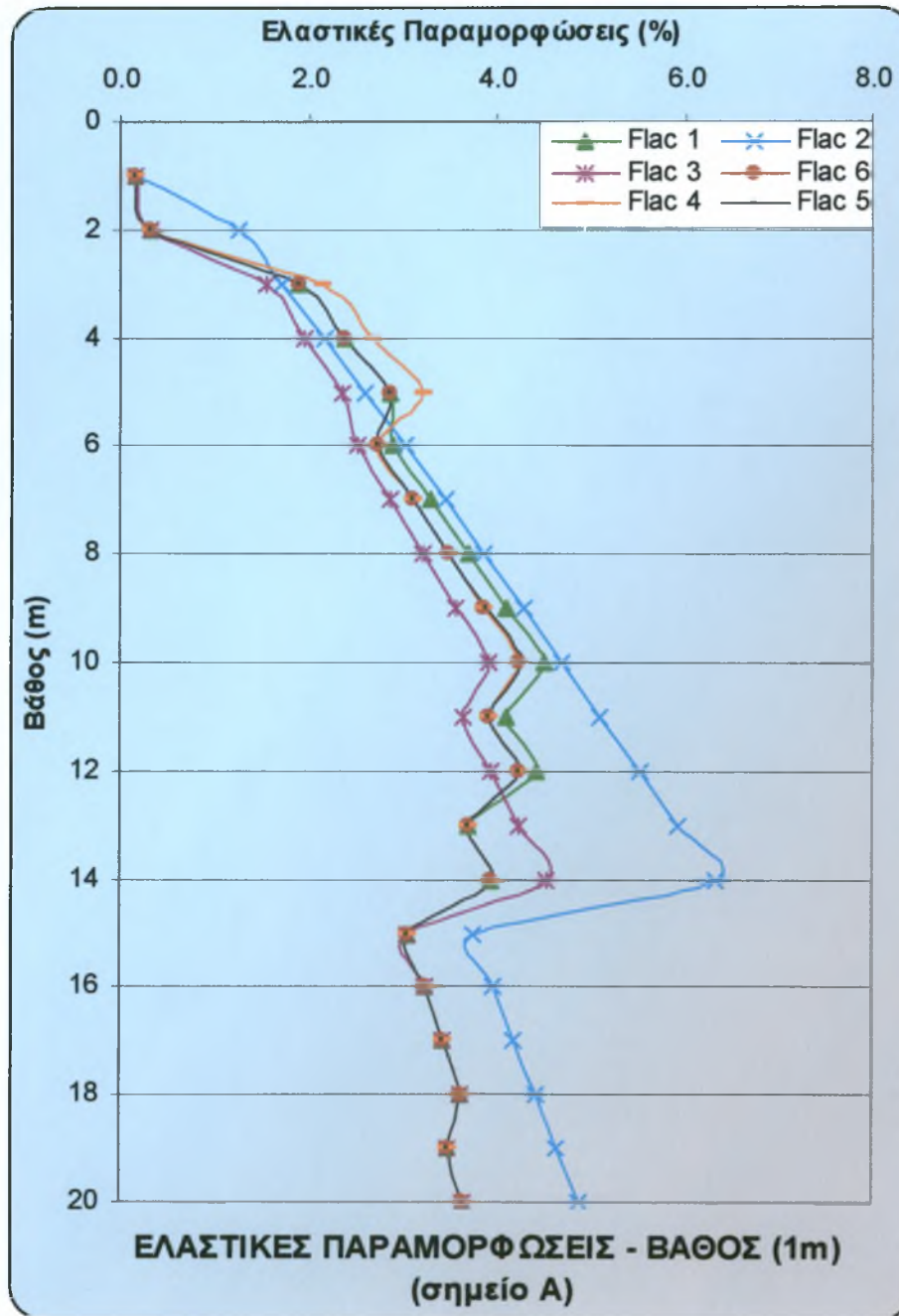
Σχήμα Γ2.4

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



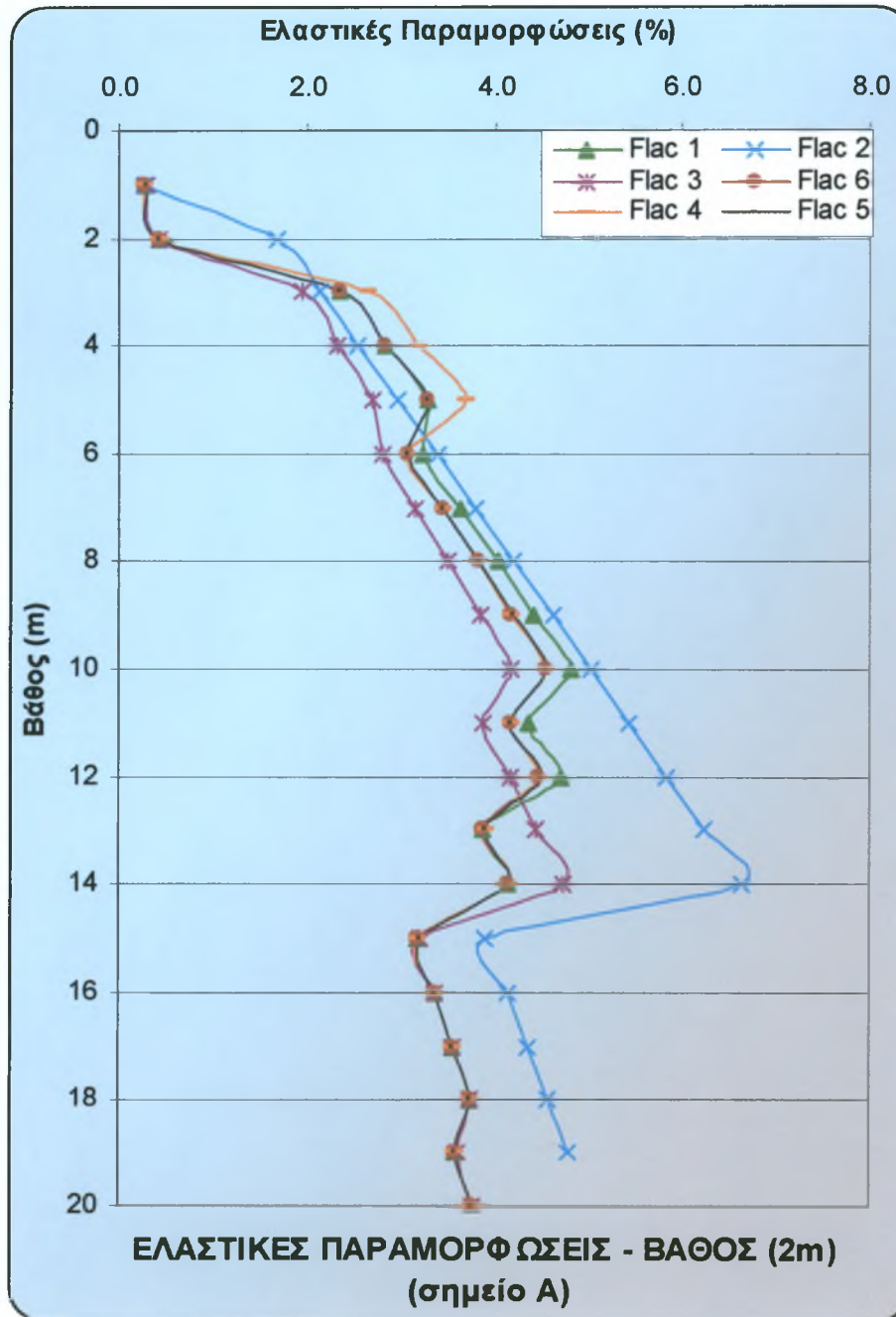
Σχήμα Γ2.5

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



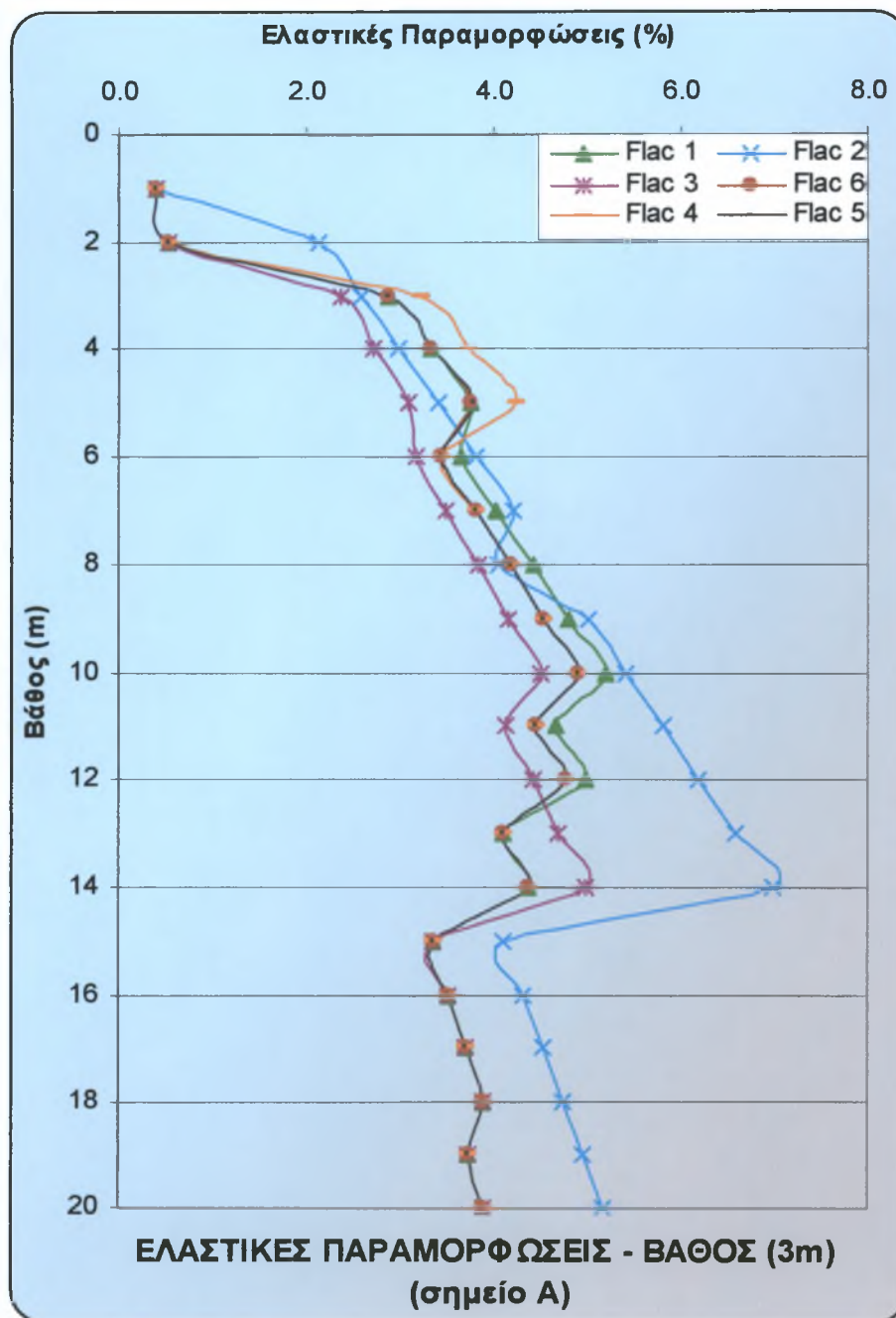
Σχήμα Γ2.6

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



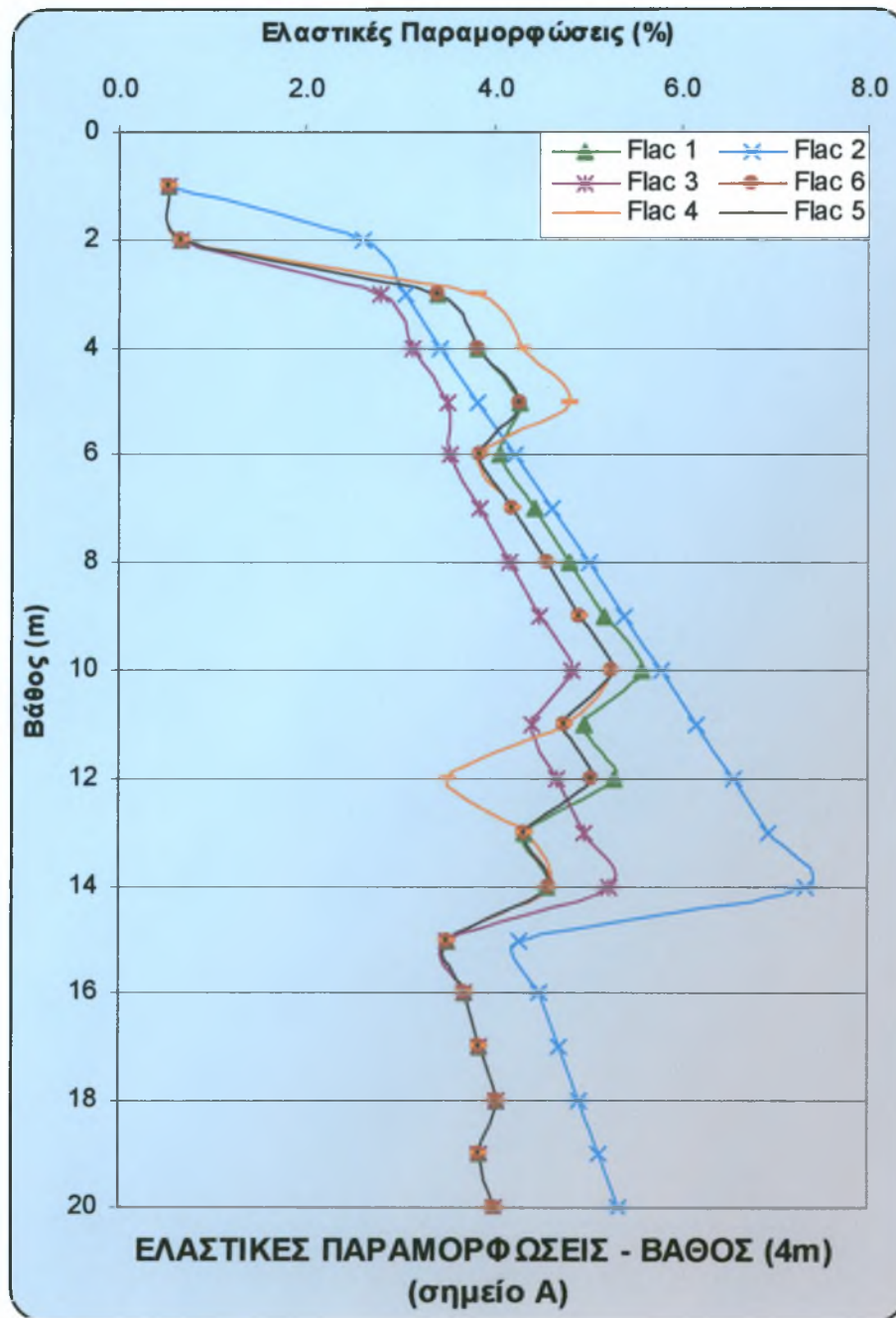
Σχήμα Γ2.7

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



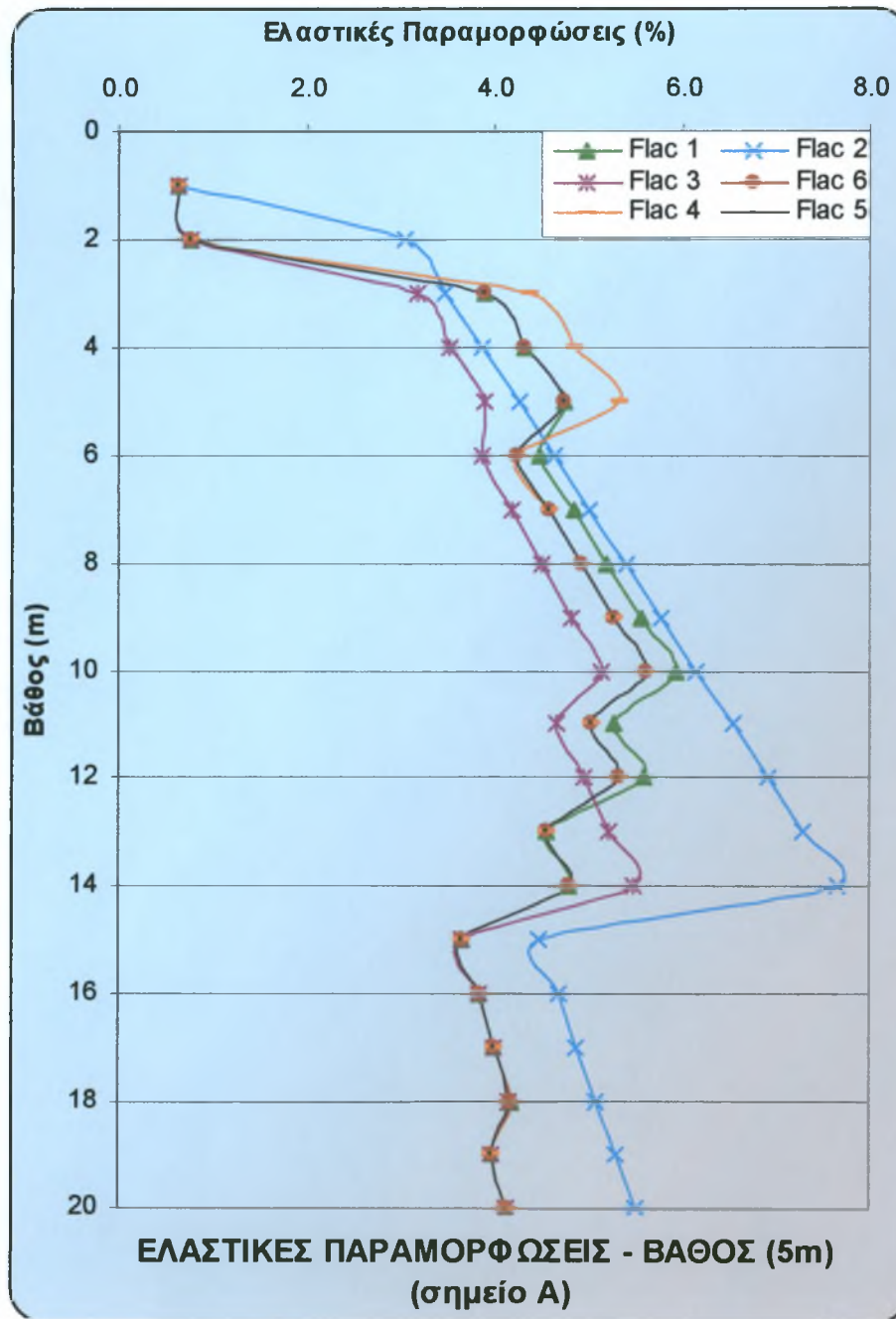
Σχήμα Γ2.8

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



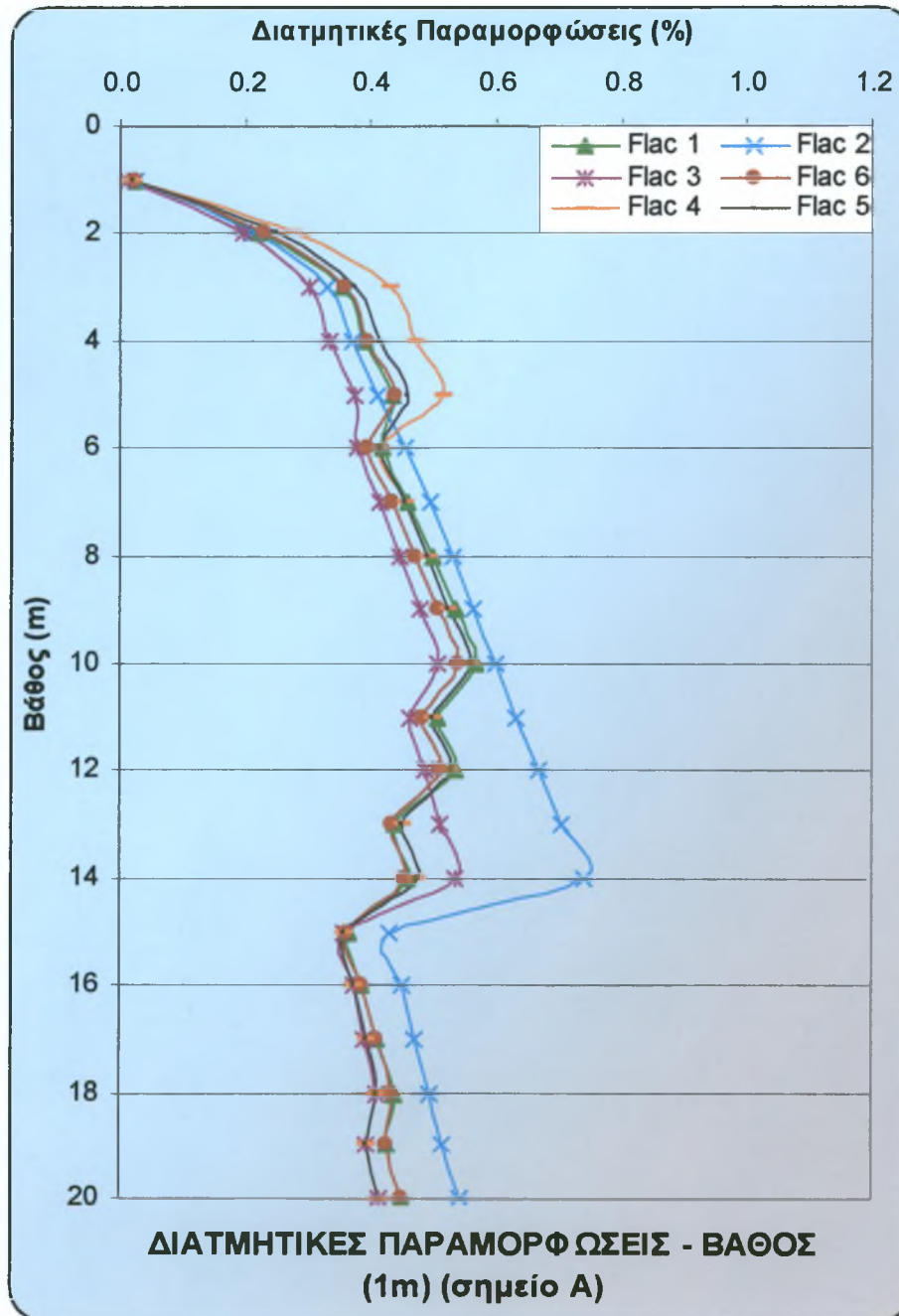
Σχήμα Γ2.9

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



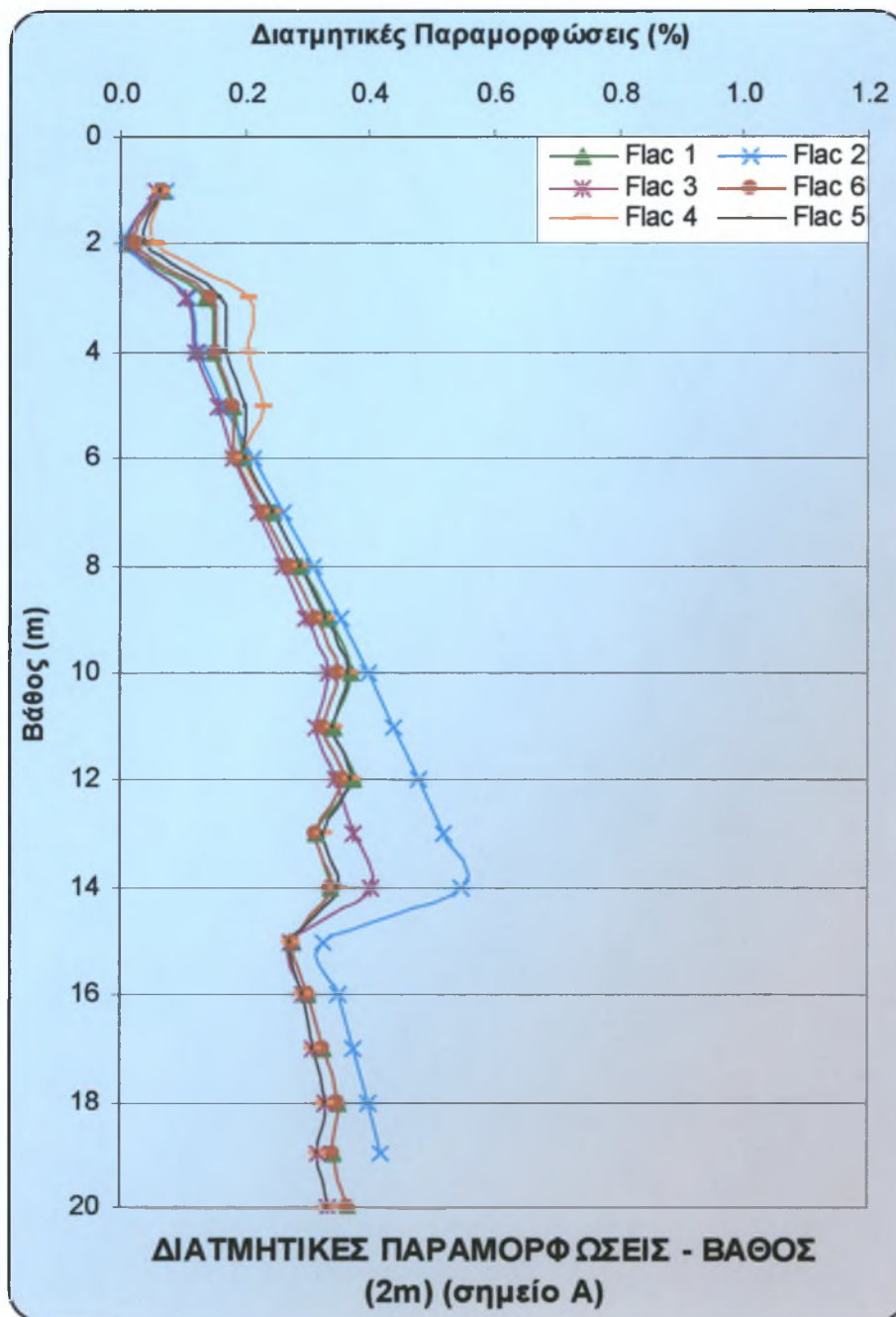
Σχήμα Γ2.10

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



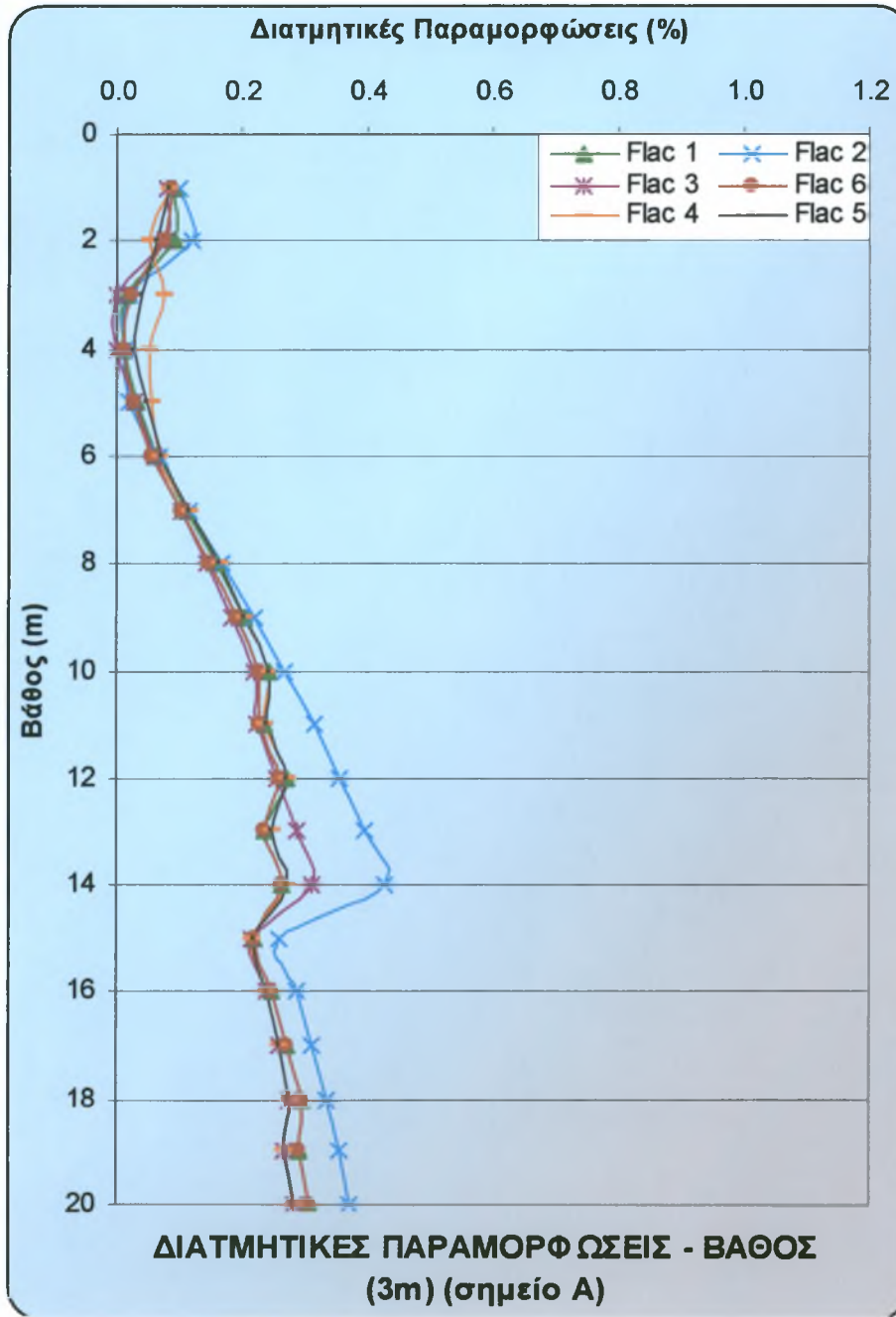
Σχήμα Γ2.11

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



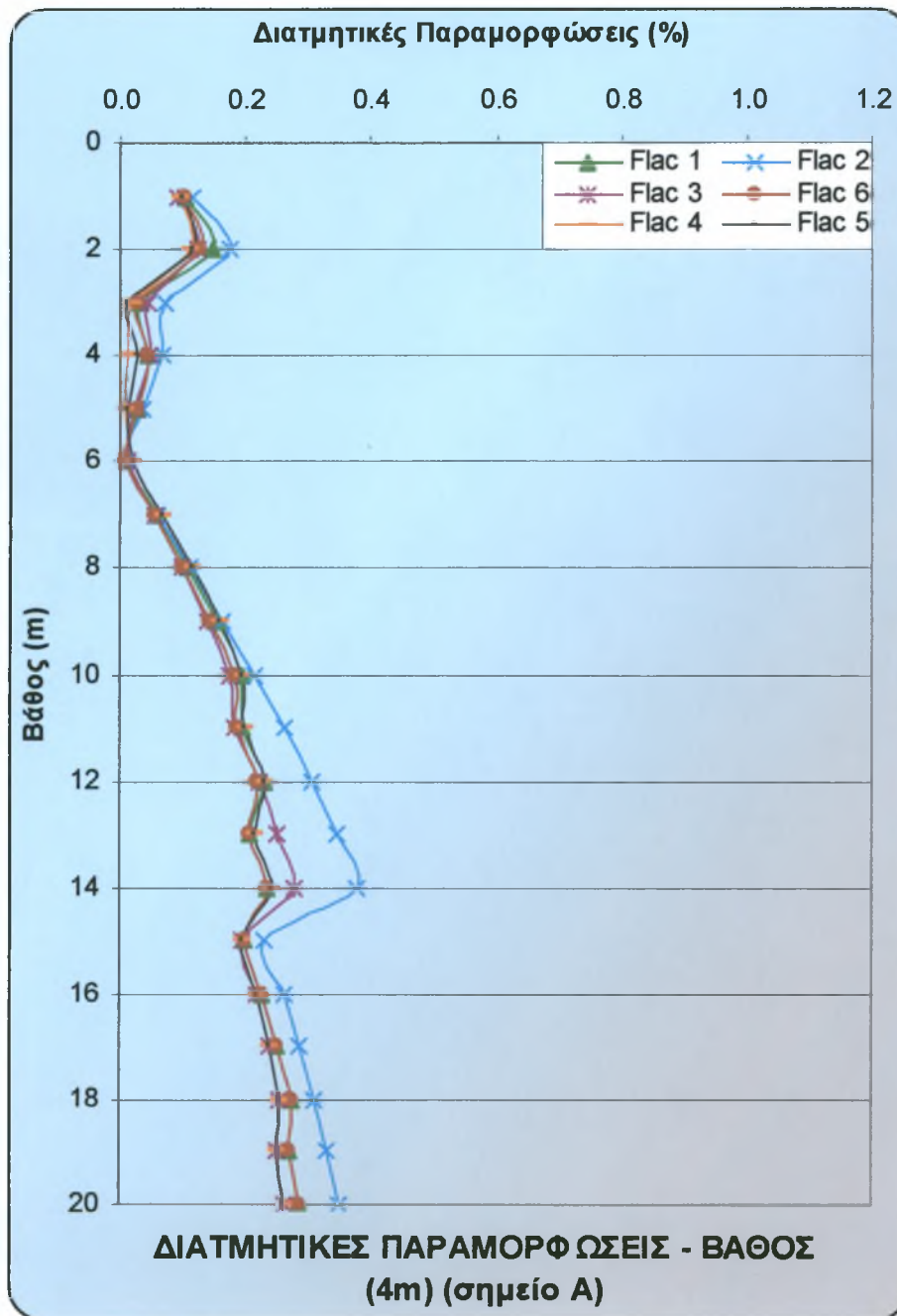
Σχήμα Γ2.12

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



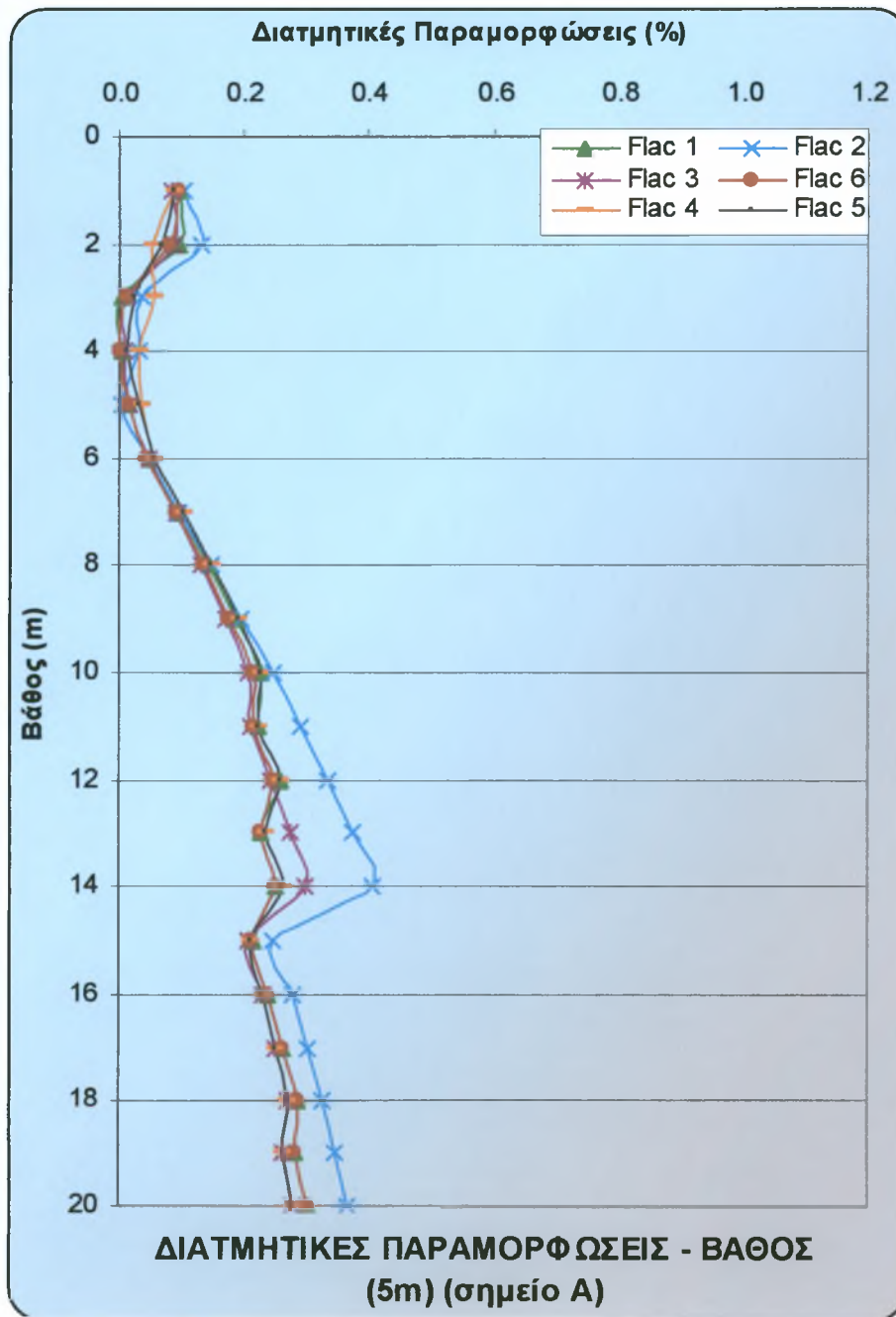
Σχήμα Γ2.13

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



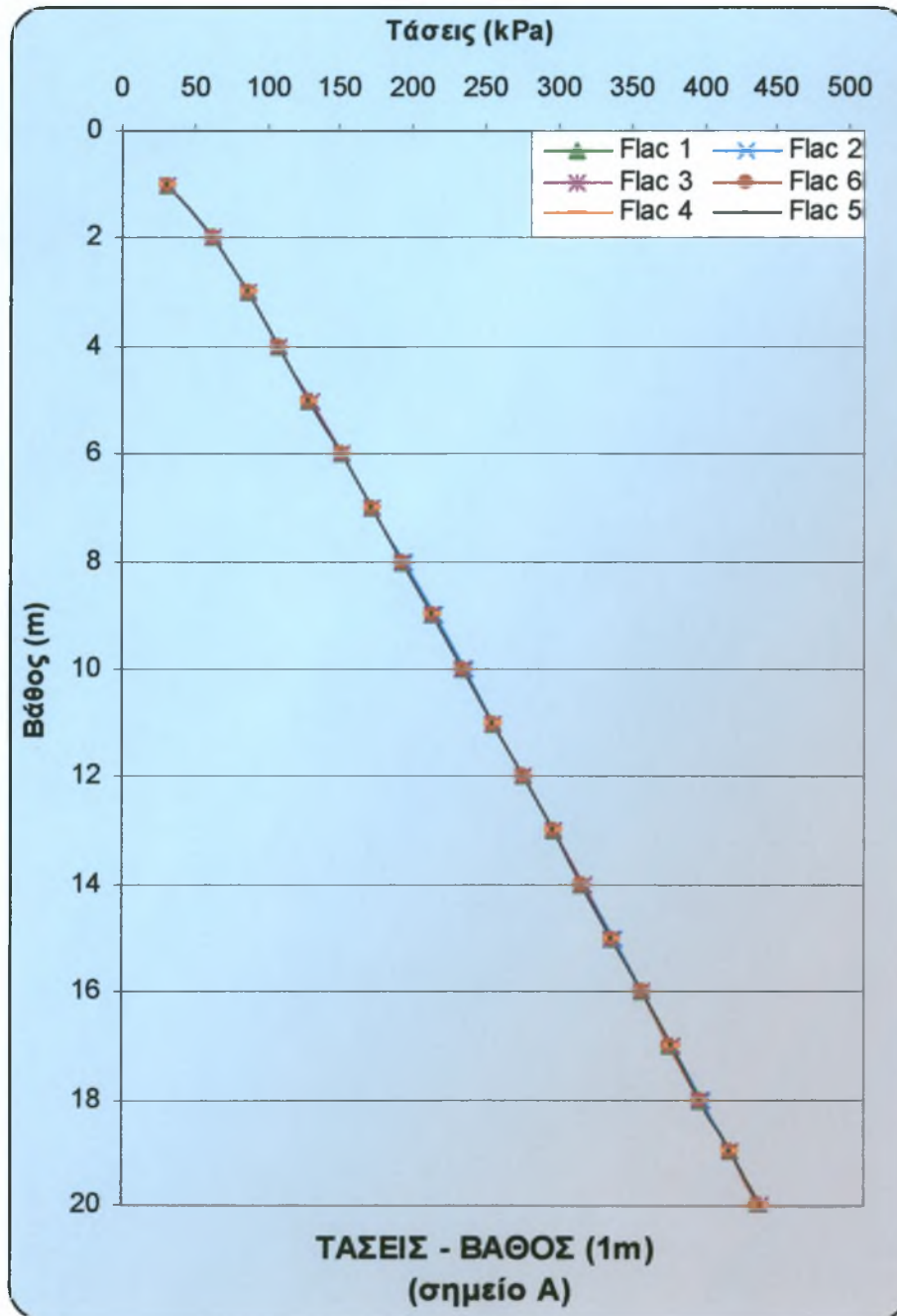
Σχήμα Γ2.14

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



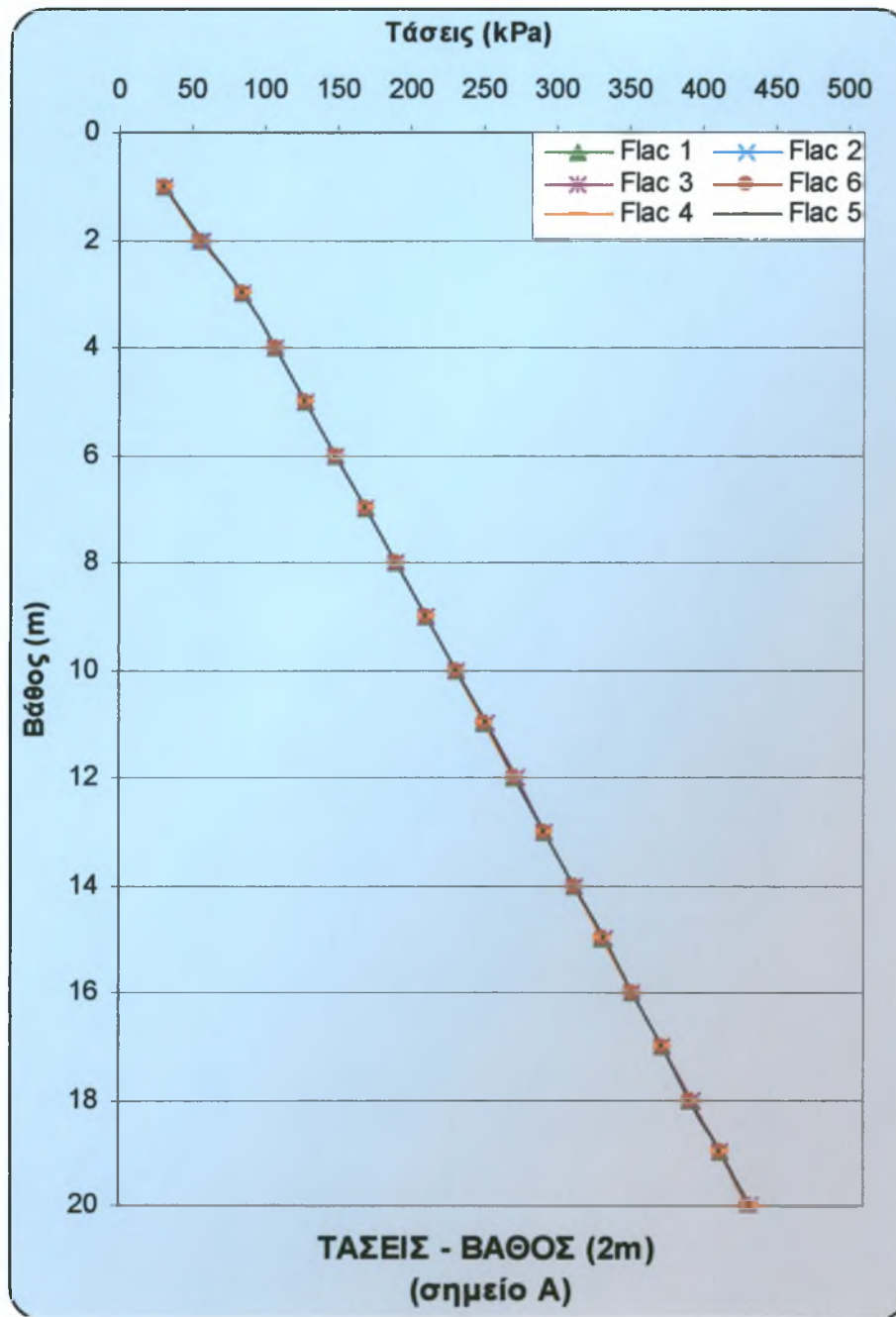
Σχήμα Γ2.15

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



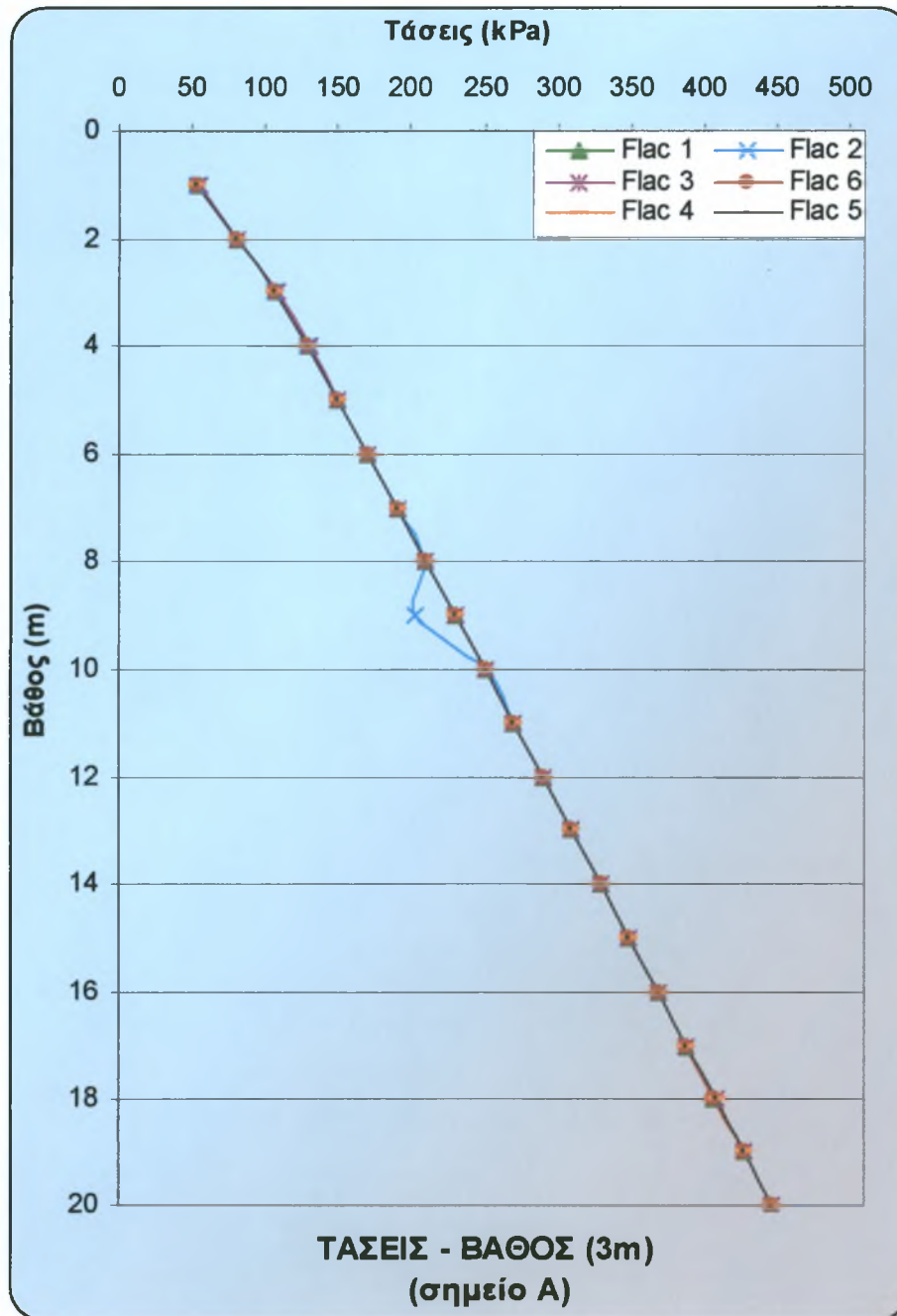
Σχήμα Γ2.16

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



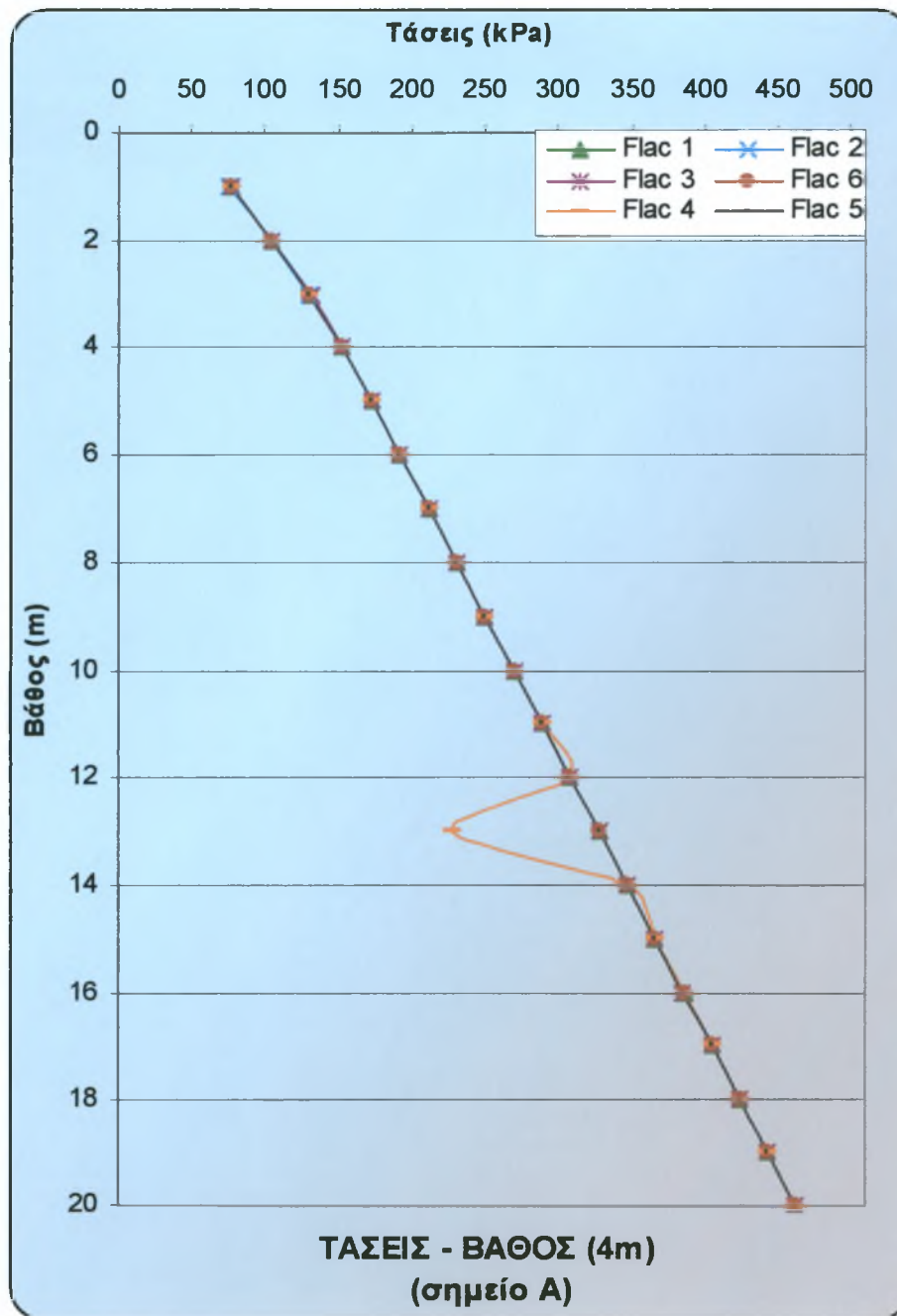
Σχήμα Γ2.17

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



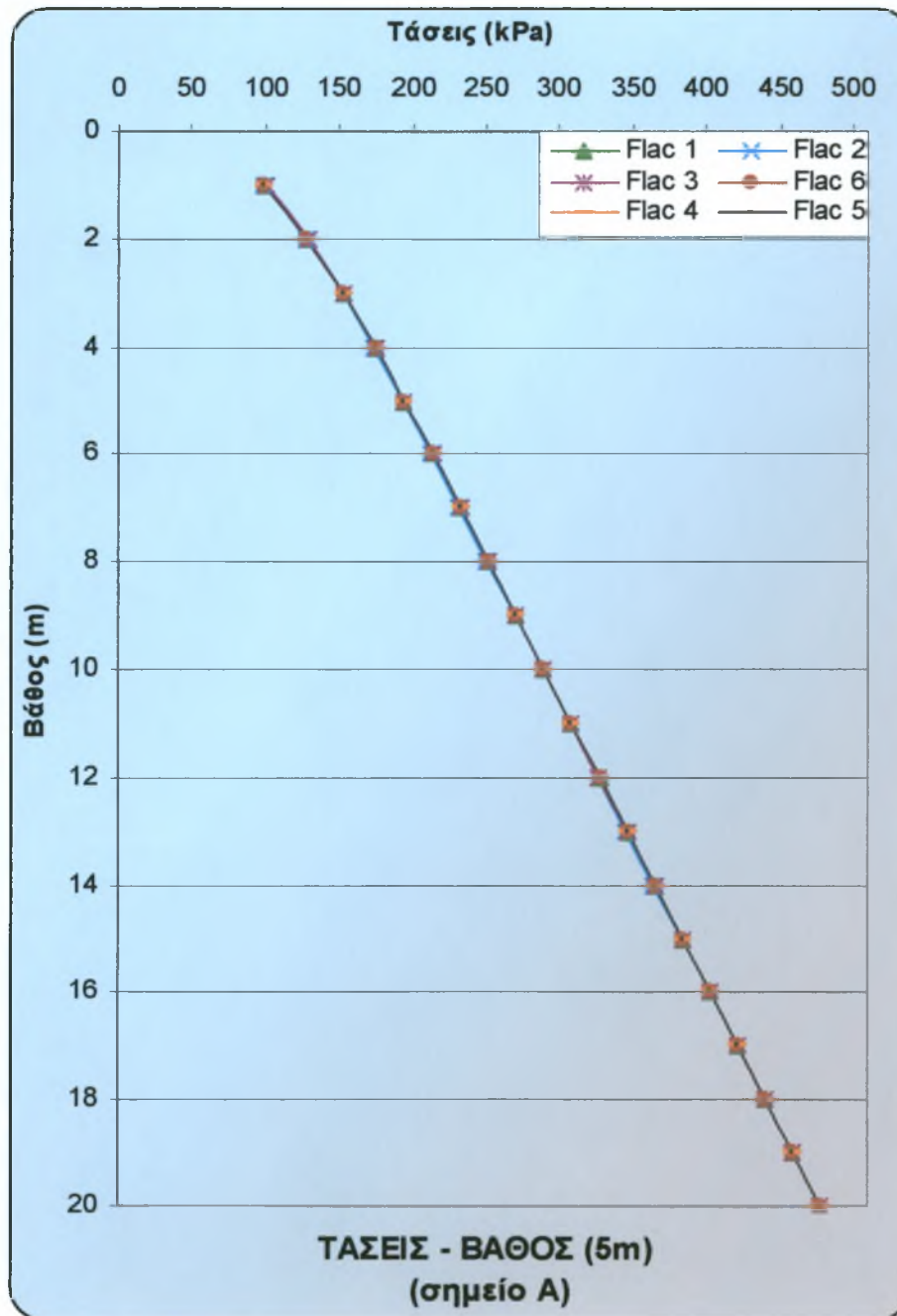
Σχήμα Γ2.18

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



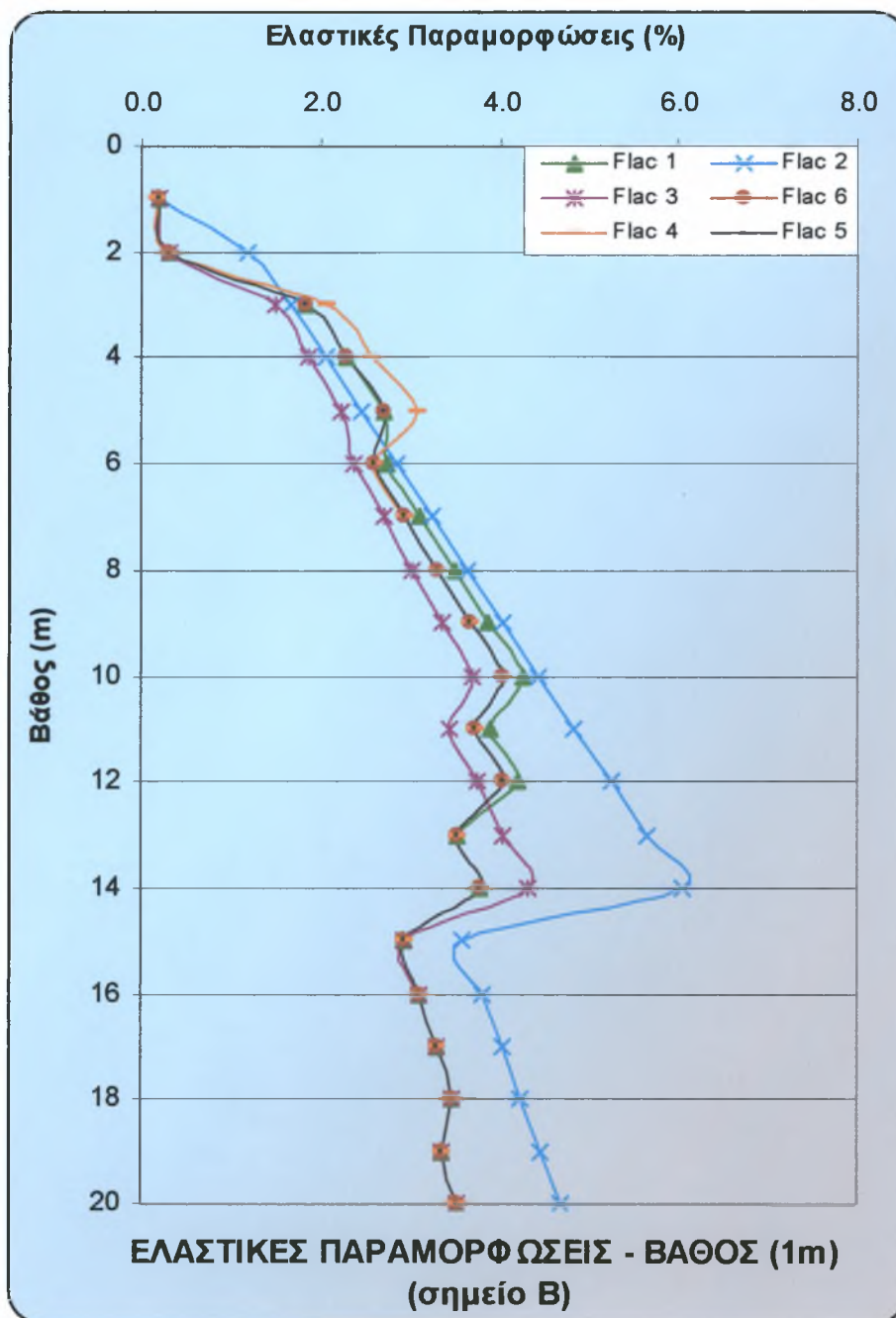
Σχήμα Γ2.19

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



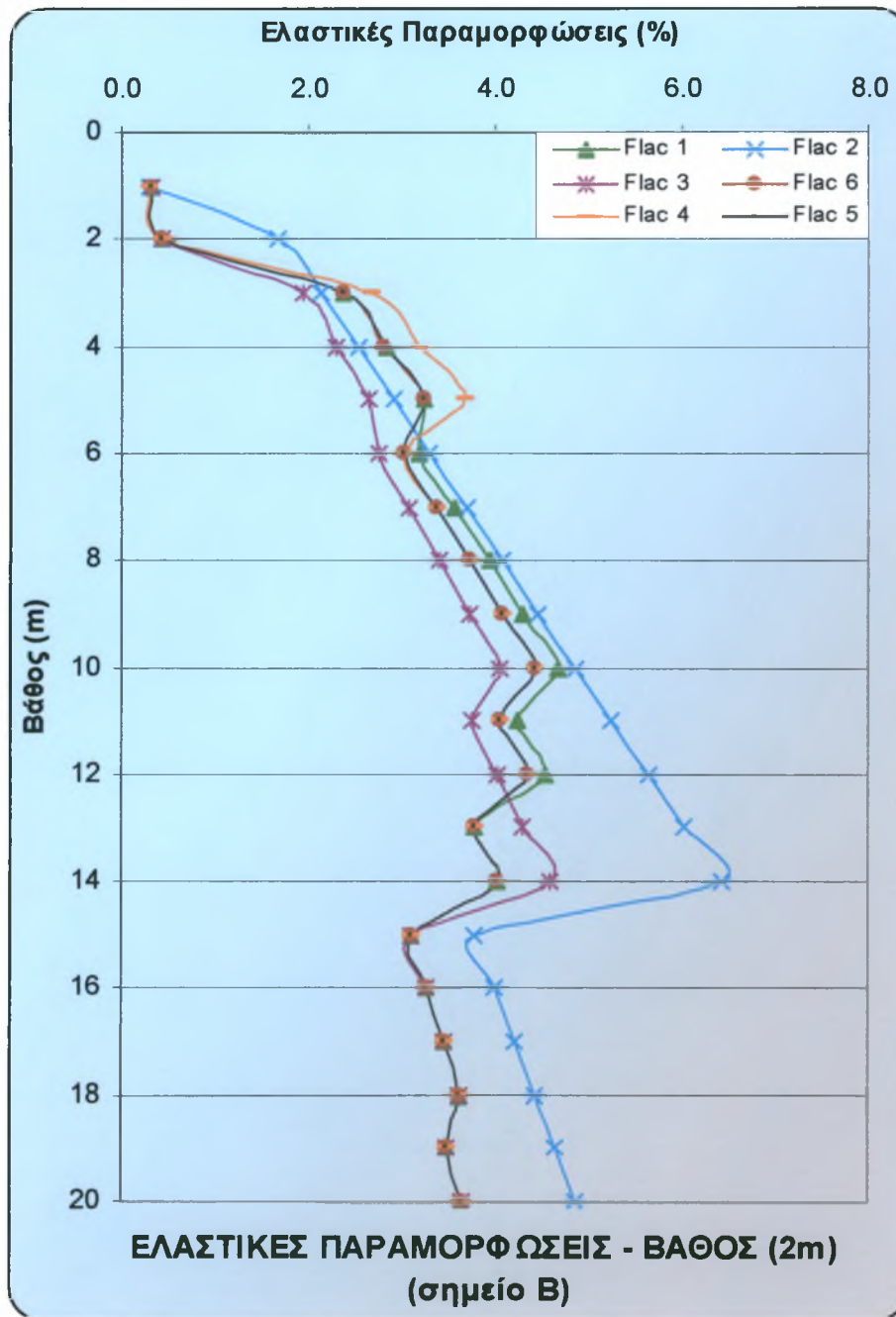
Σχήμα Γ2.20

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



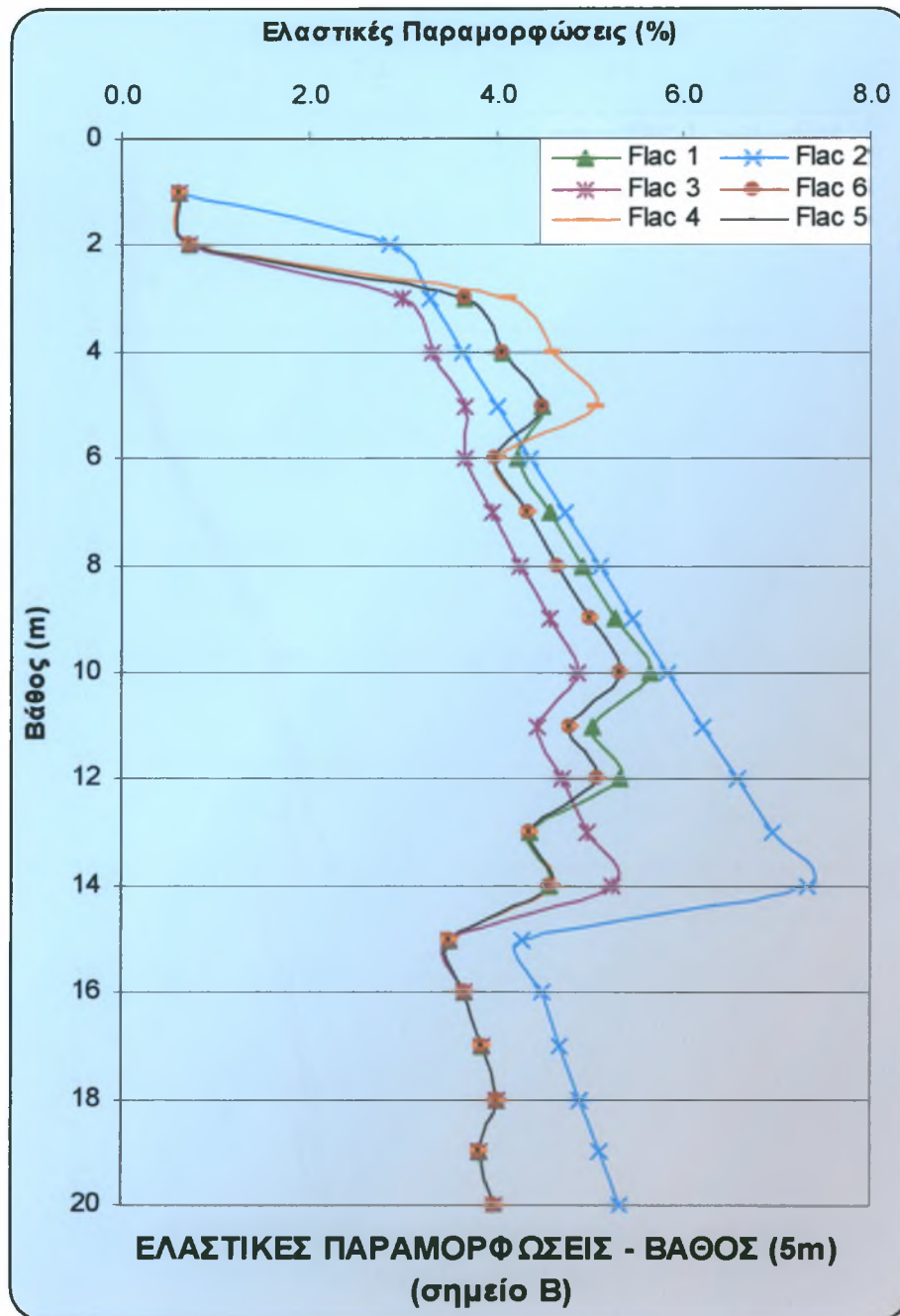
Σχήμα Γ2.21

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



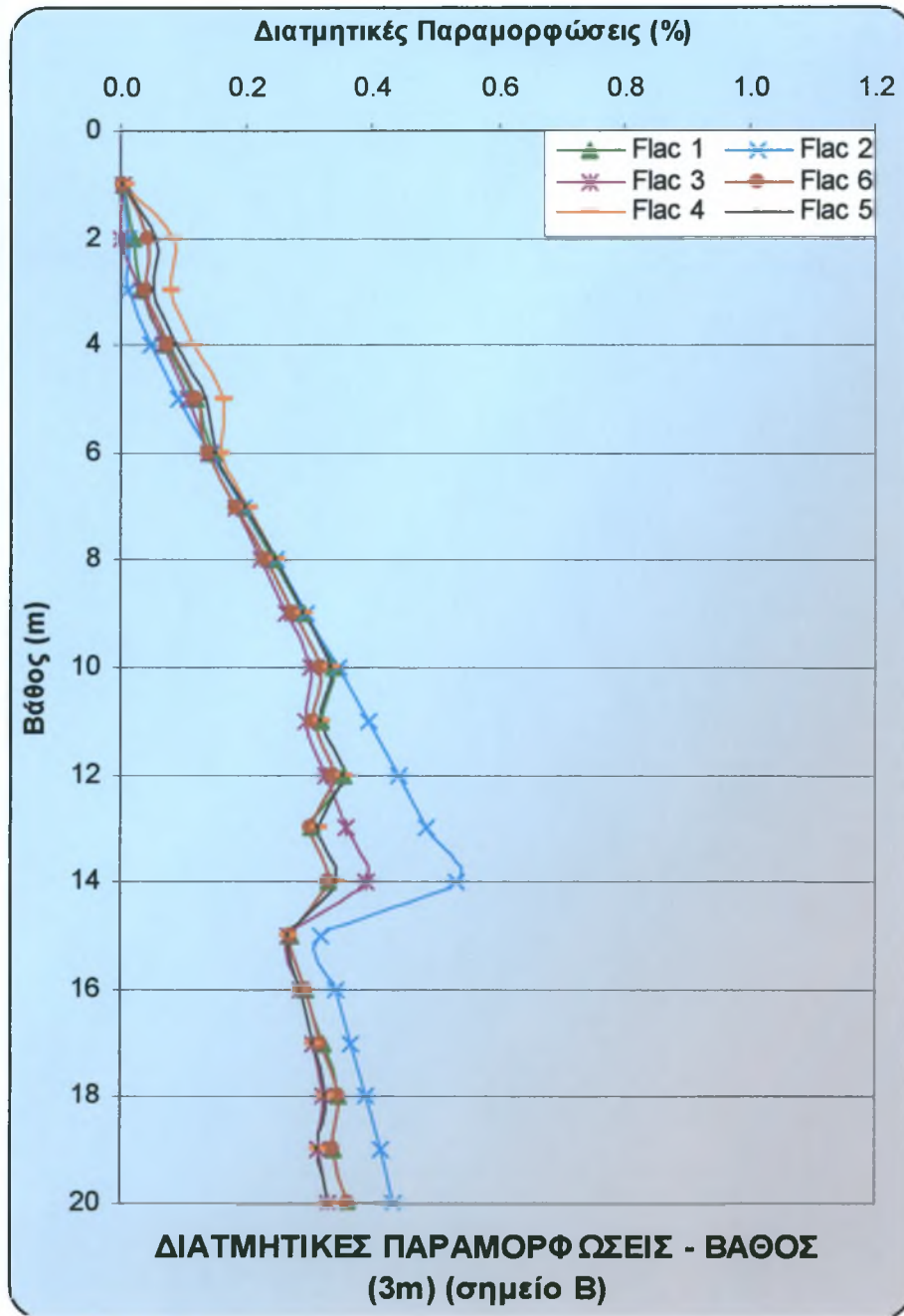
Σχήμα Γ2.22

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



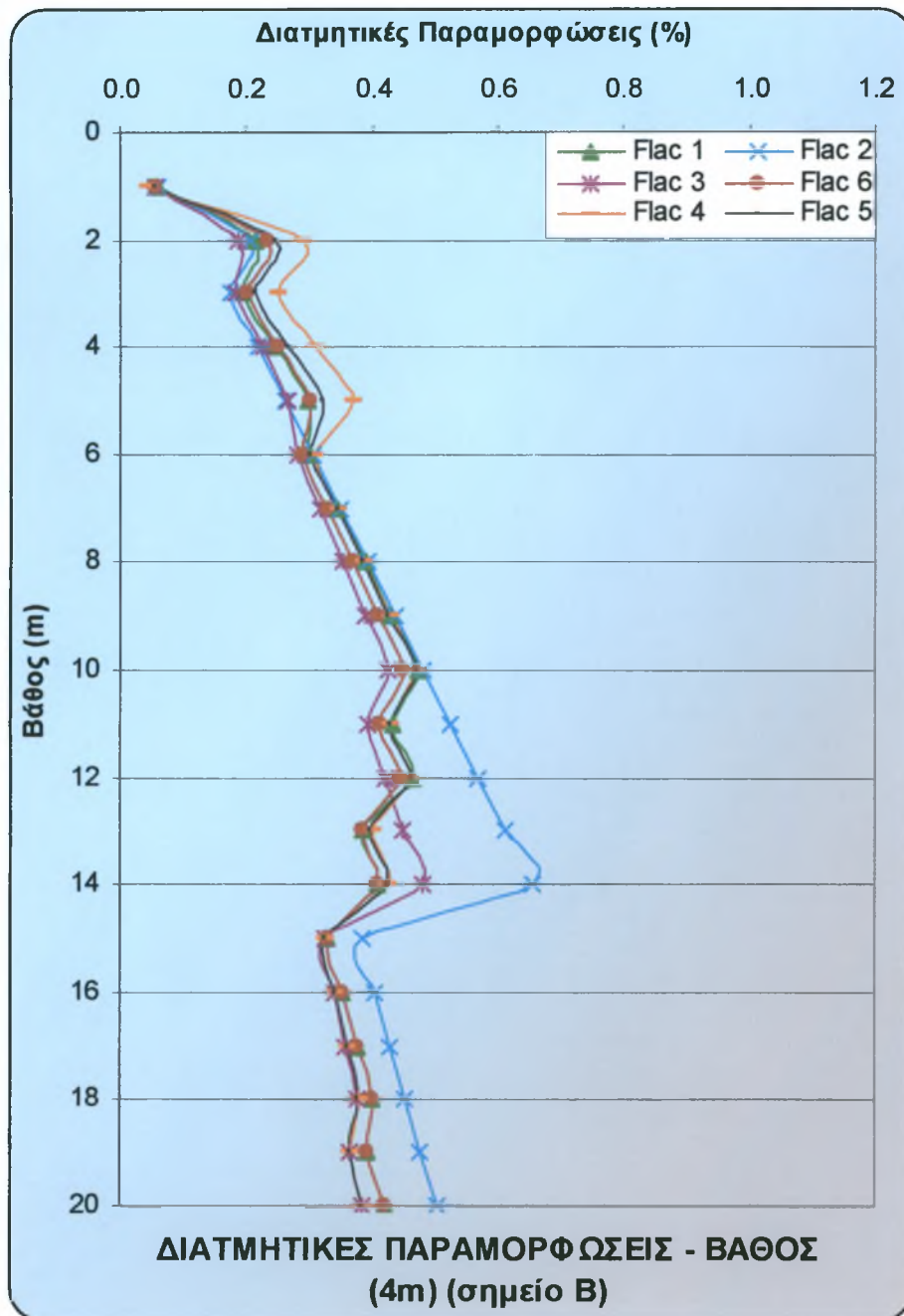
Σχήμα Γ2.25

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



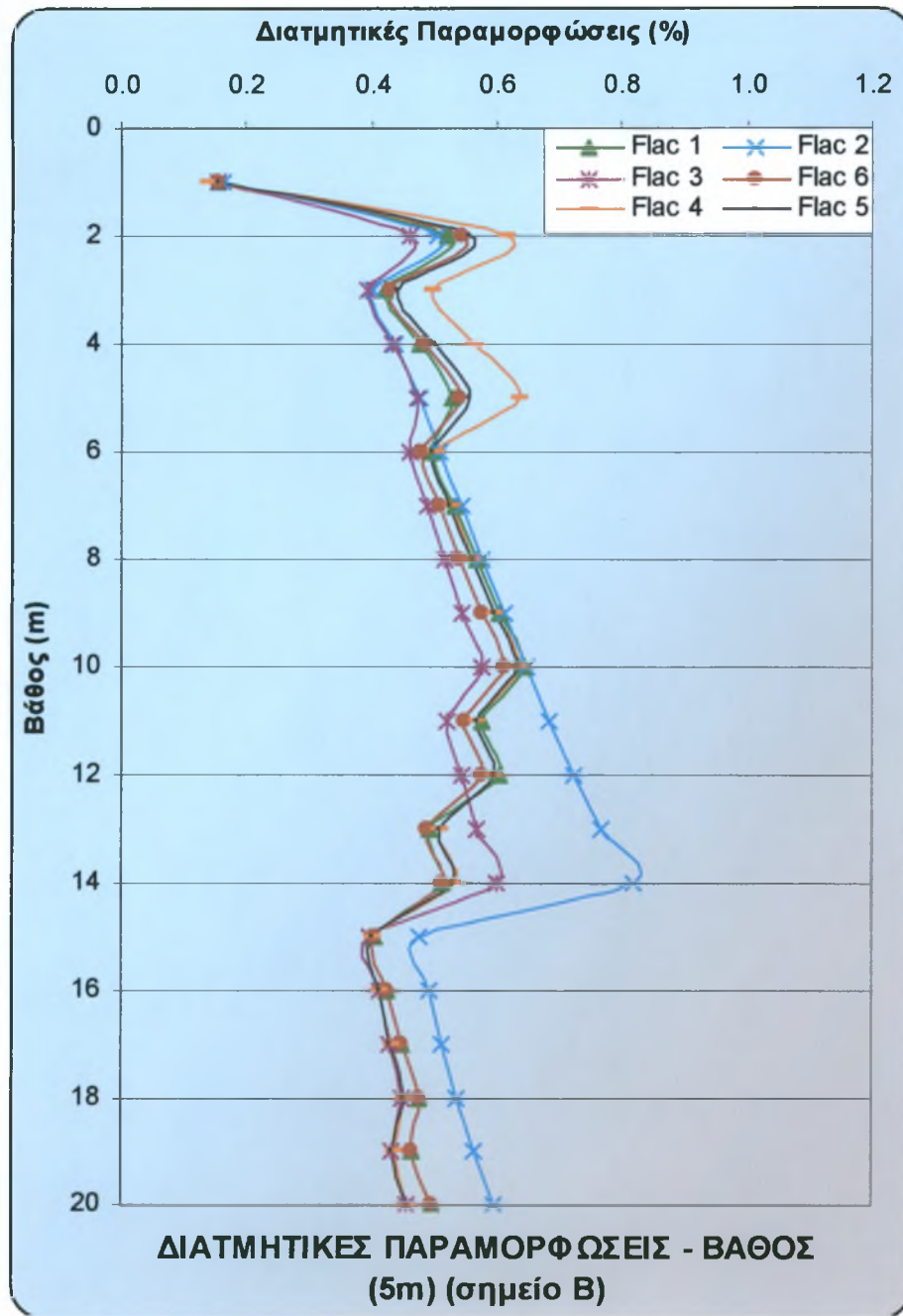
Σχήμα Γ2.28

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



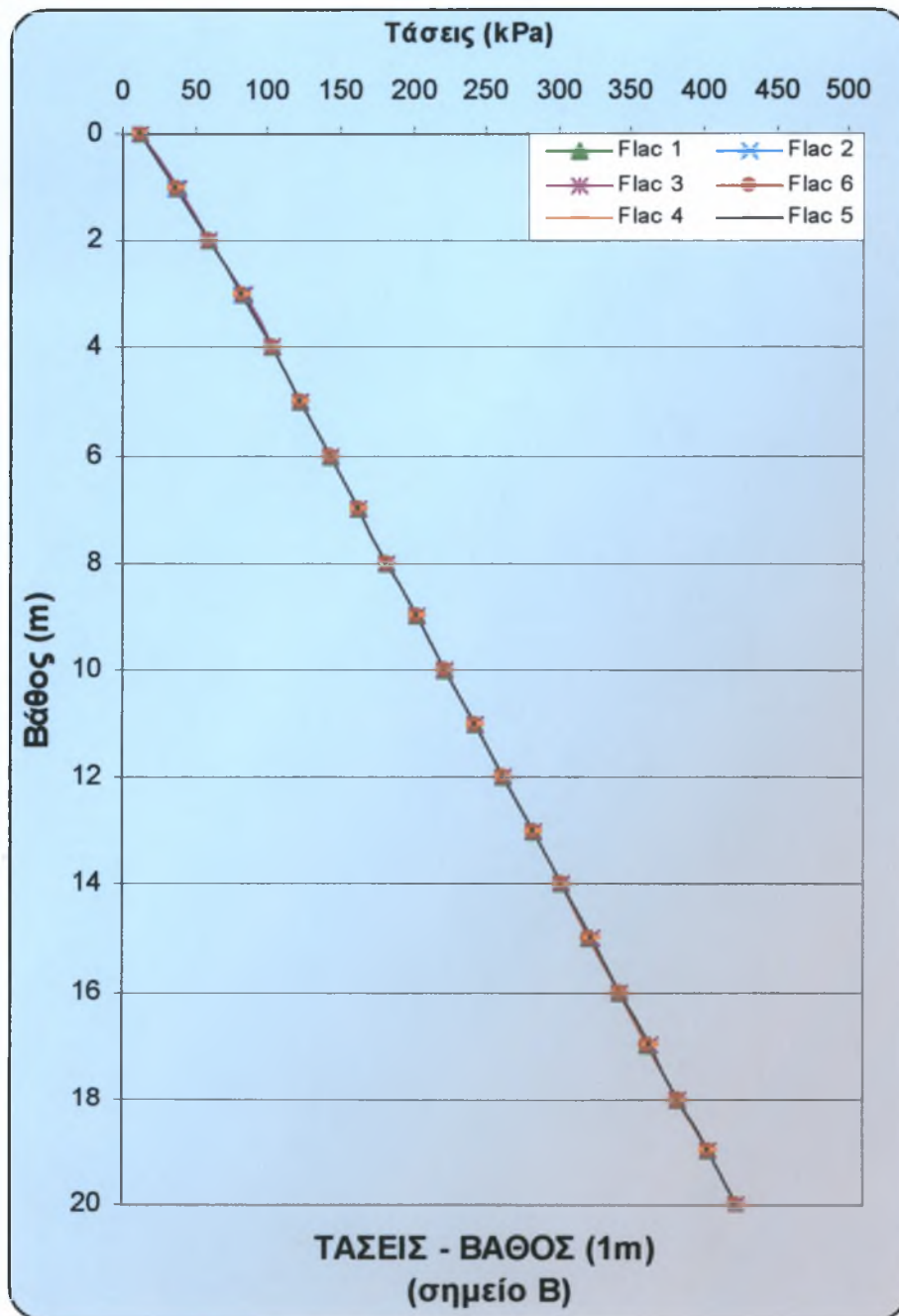
Σχήμα Γ2.29

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



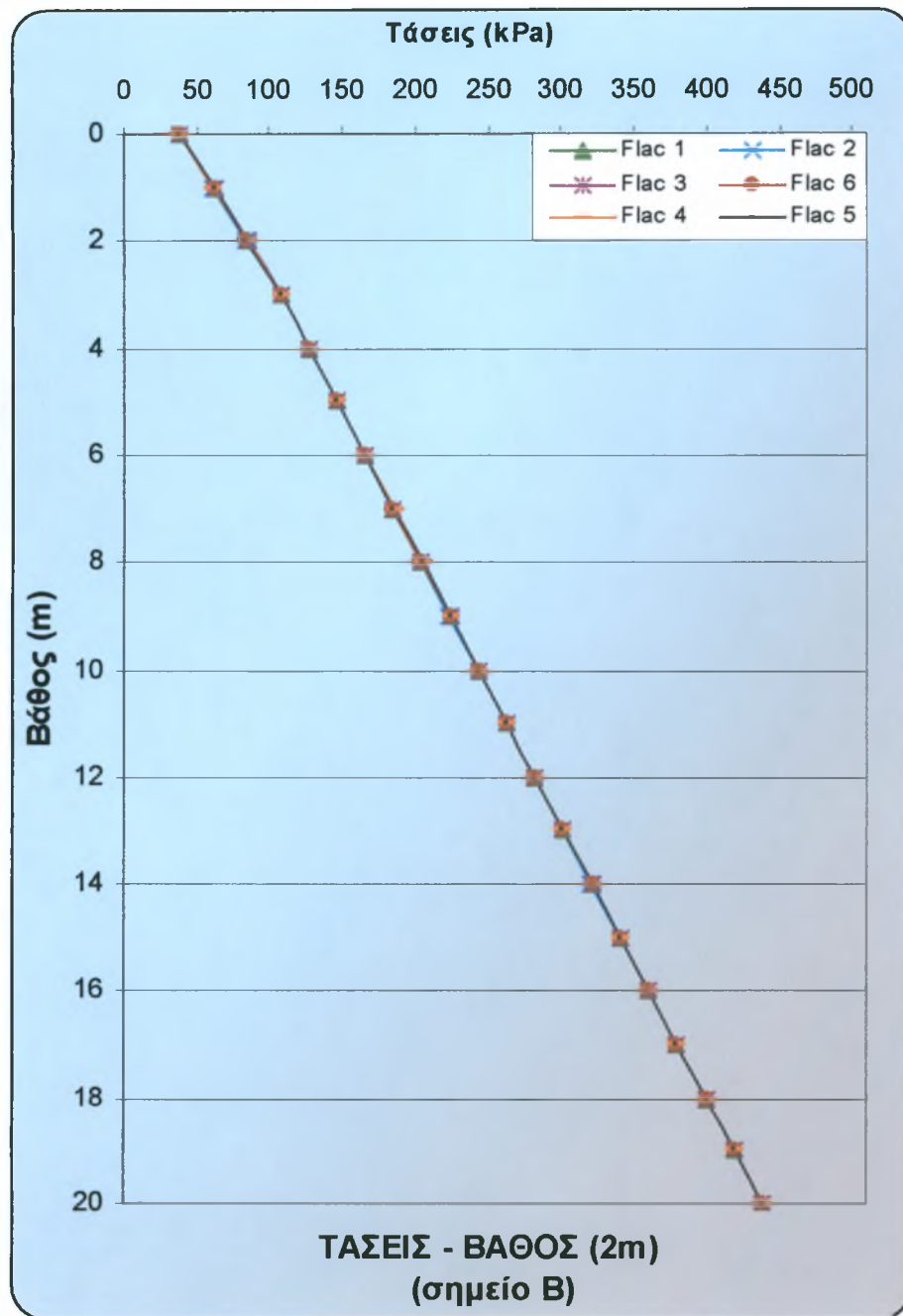
Σχήμα Γ2.30

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



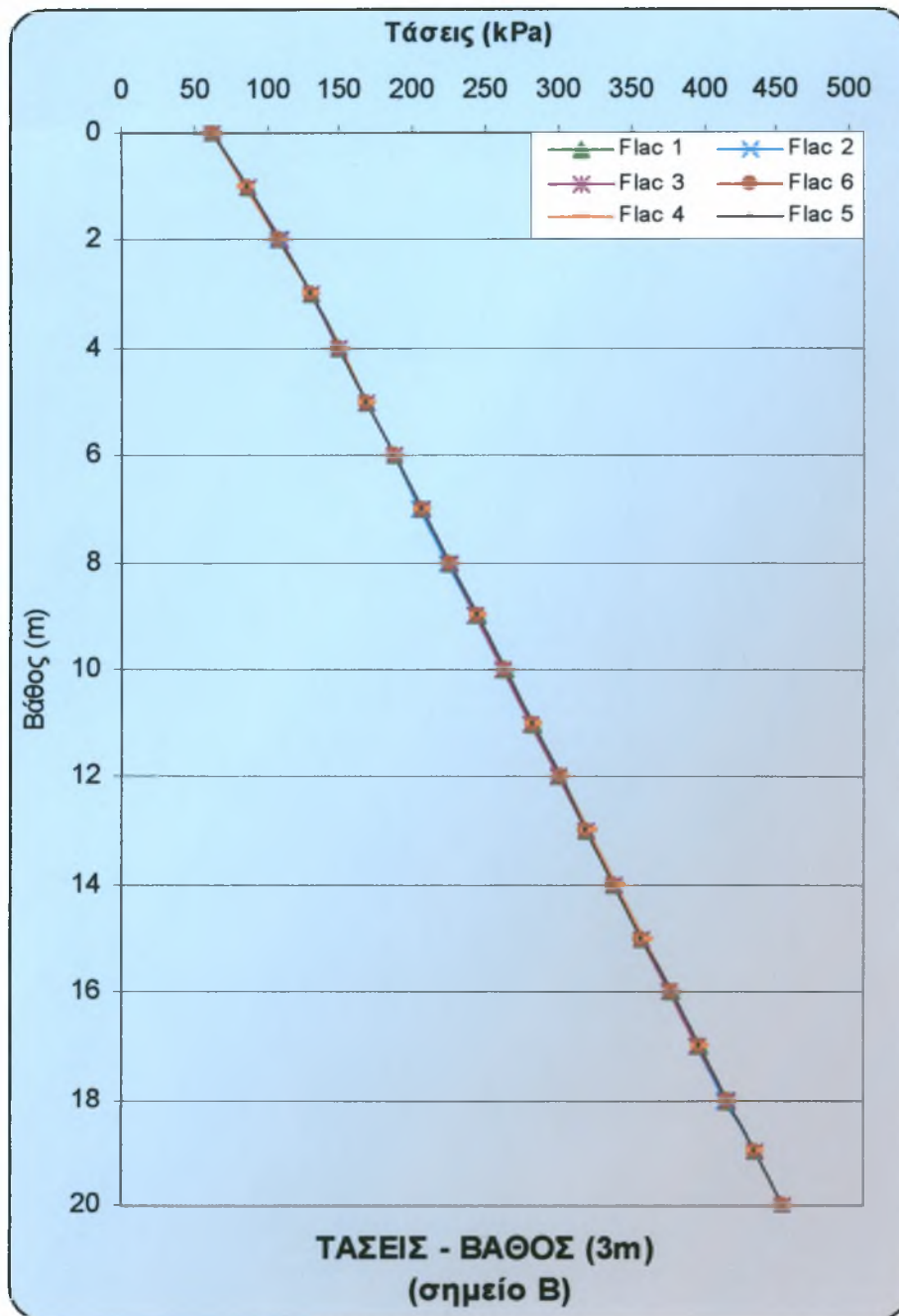
Σχήμα Γ2.31

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



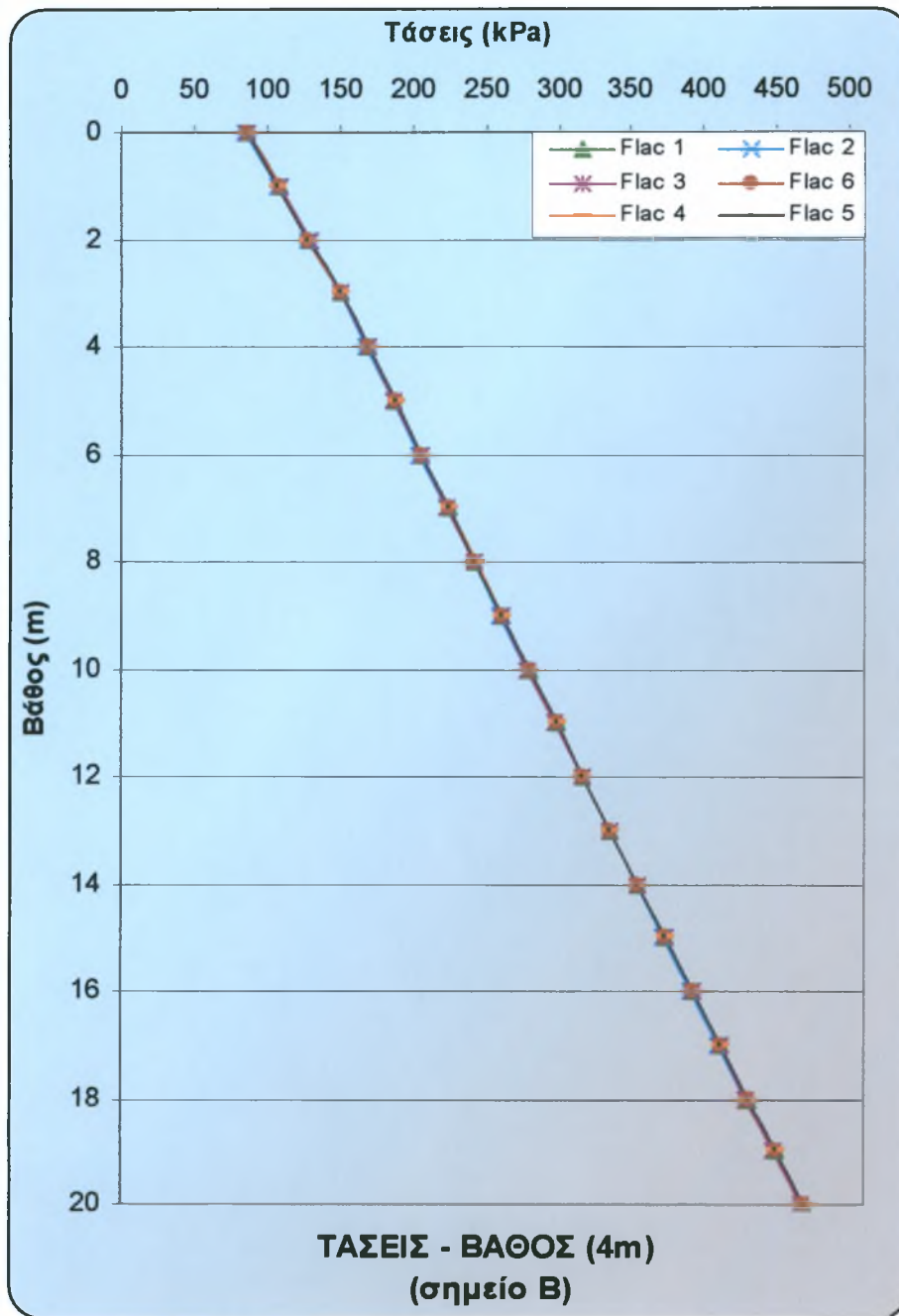
Σχήμα Γ2.32

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



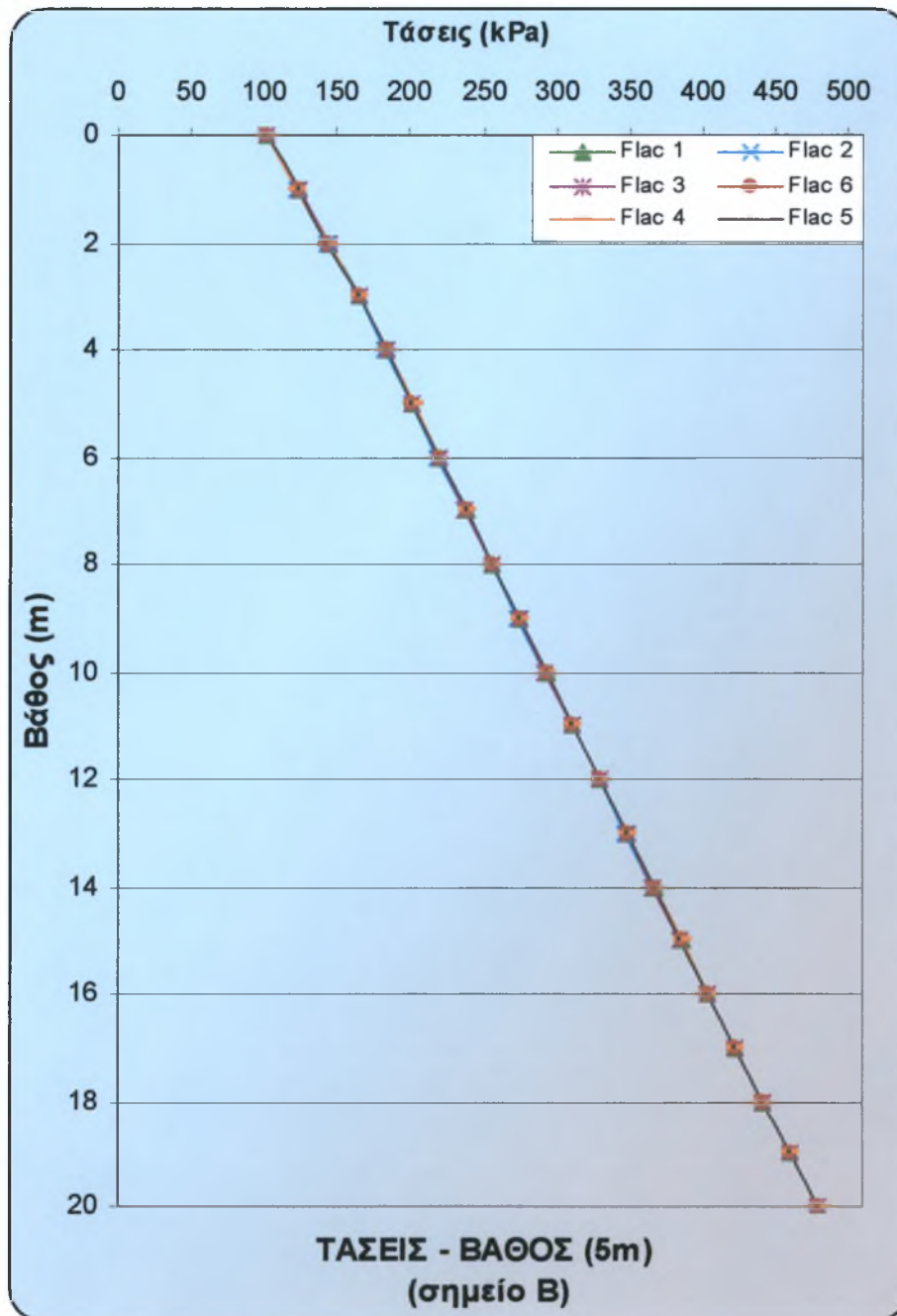
Σχήμα Γ2.33

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



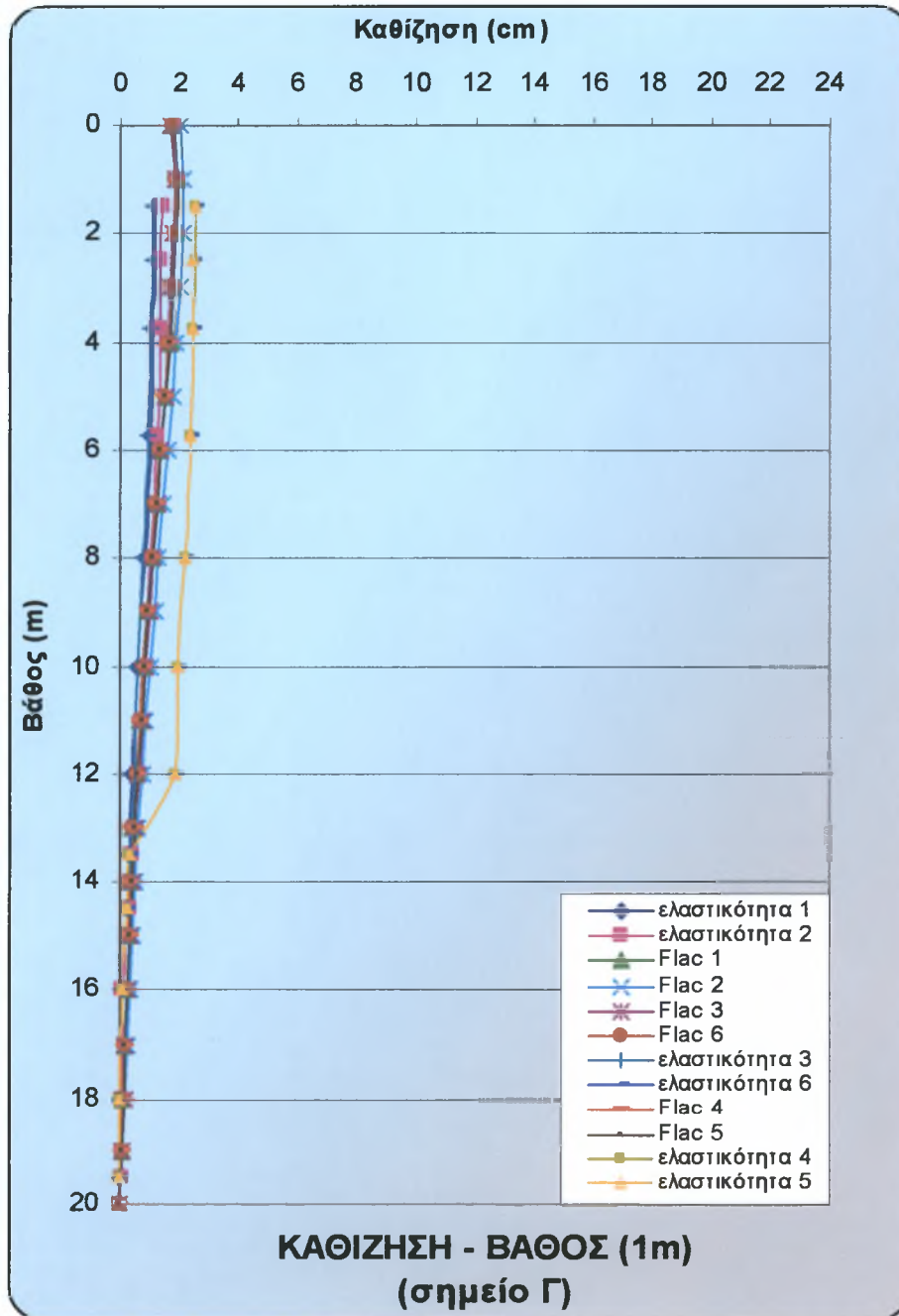
Σχήμα Γ2.34

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



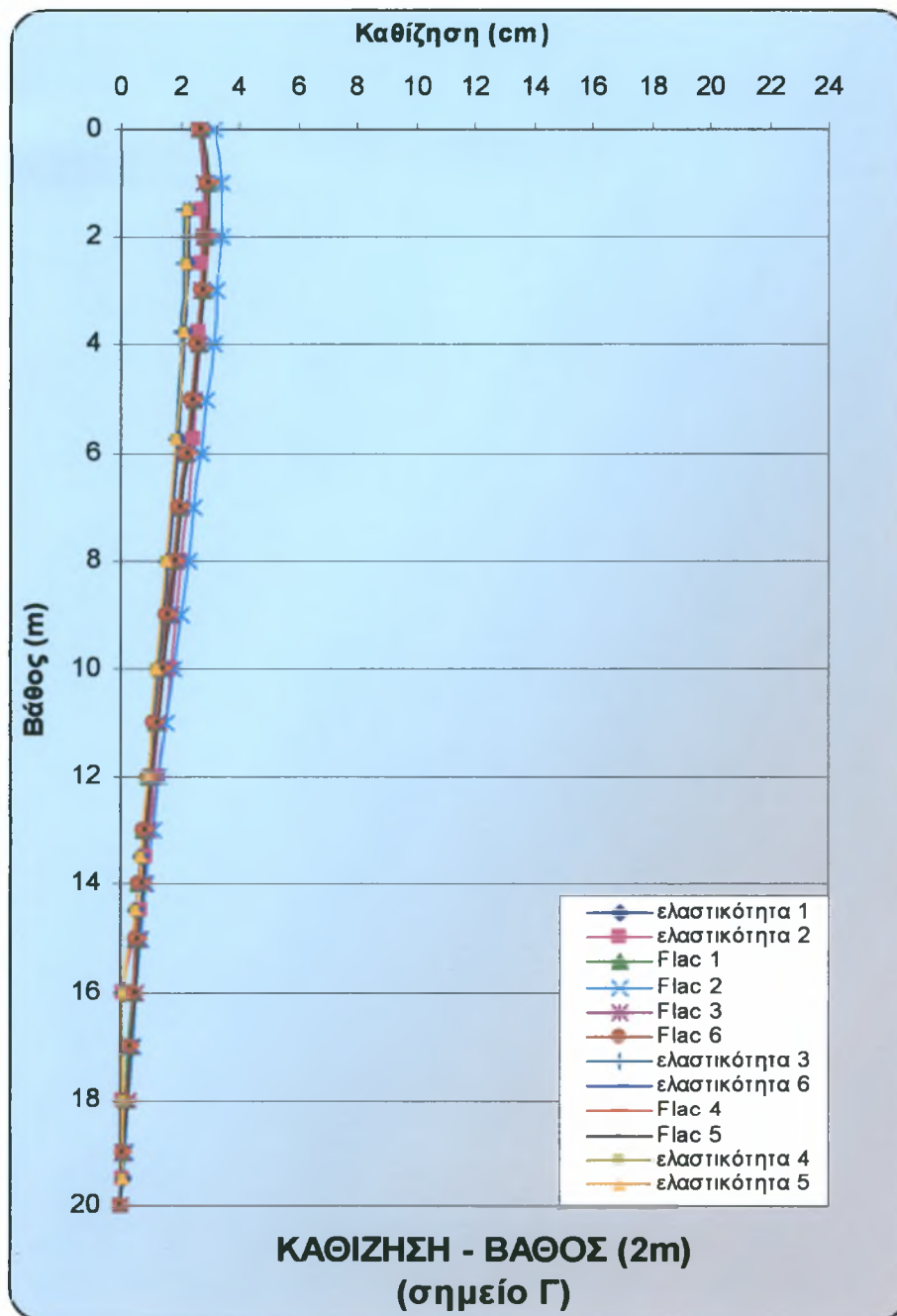
Σχήμα Γ2.35

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



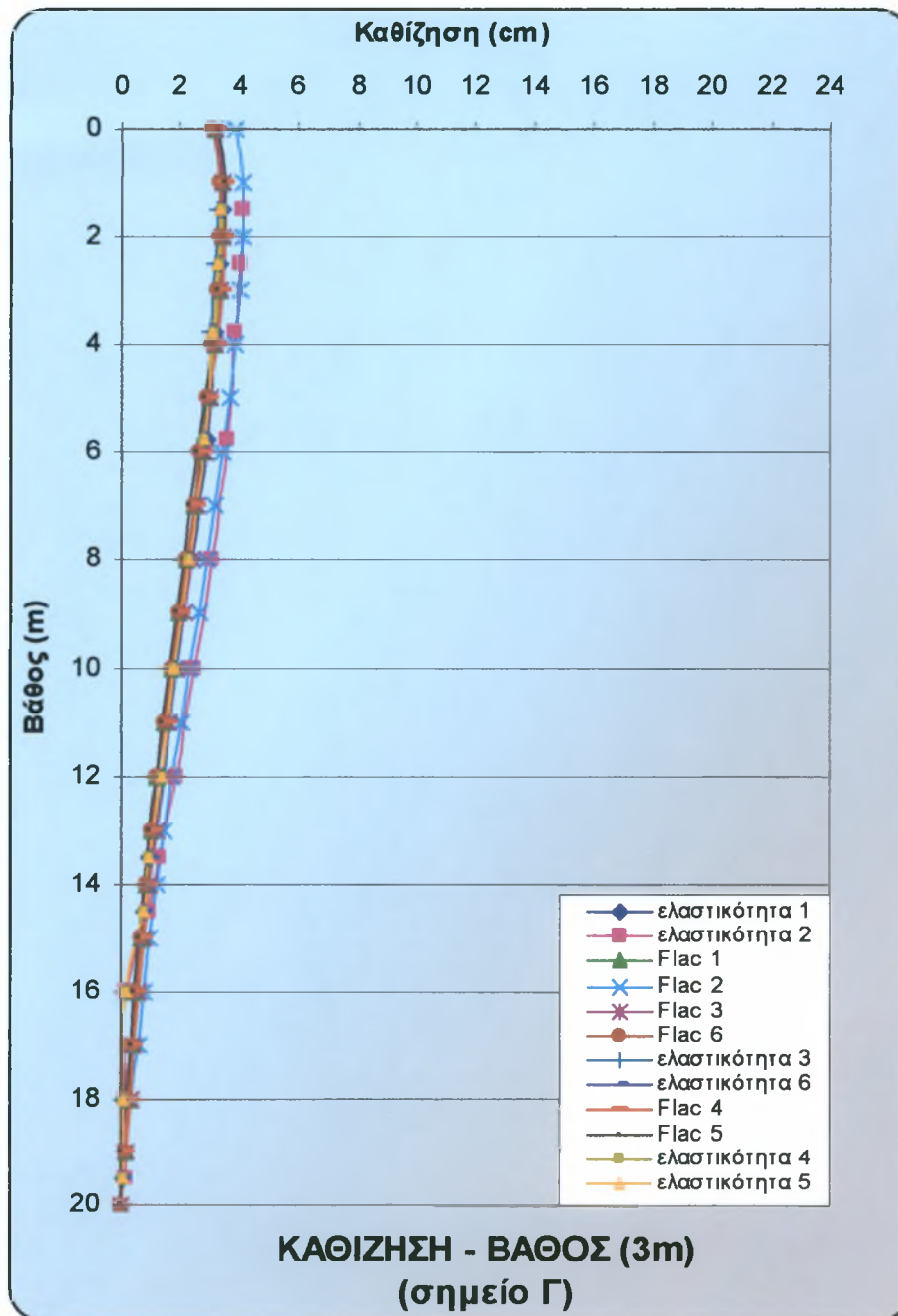
Σχήμα Γ2.36

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



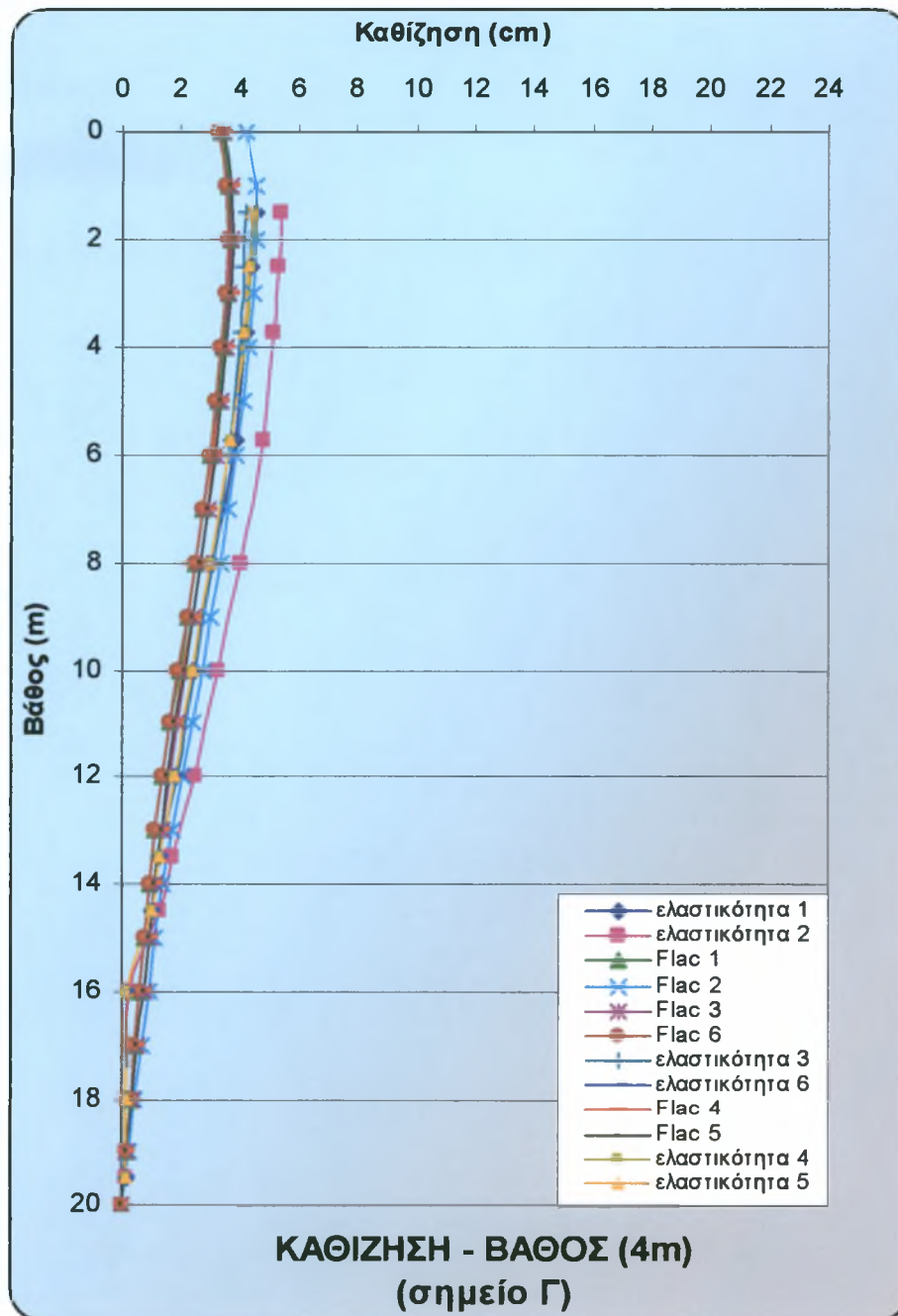
Σχήμα Γ2.37

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



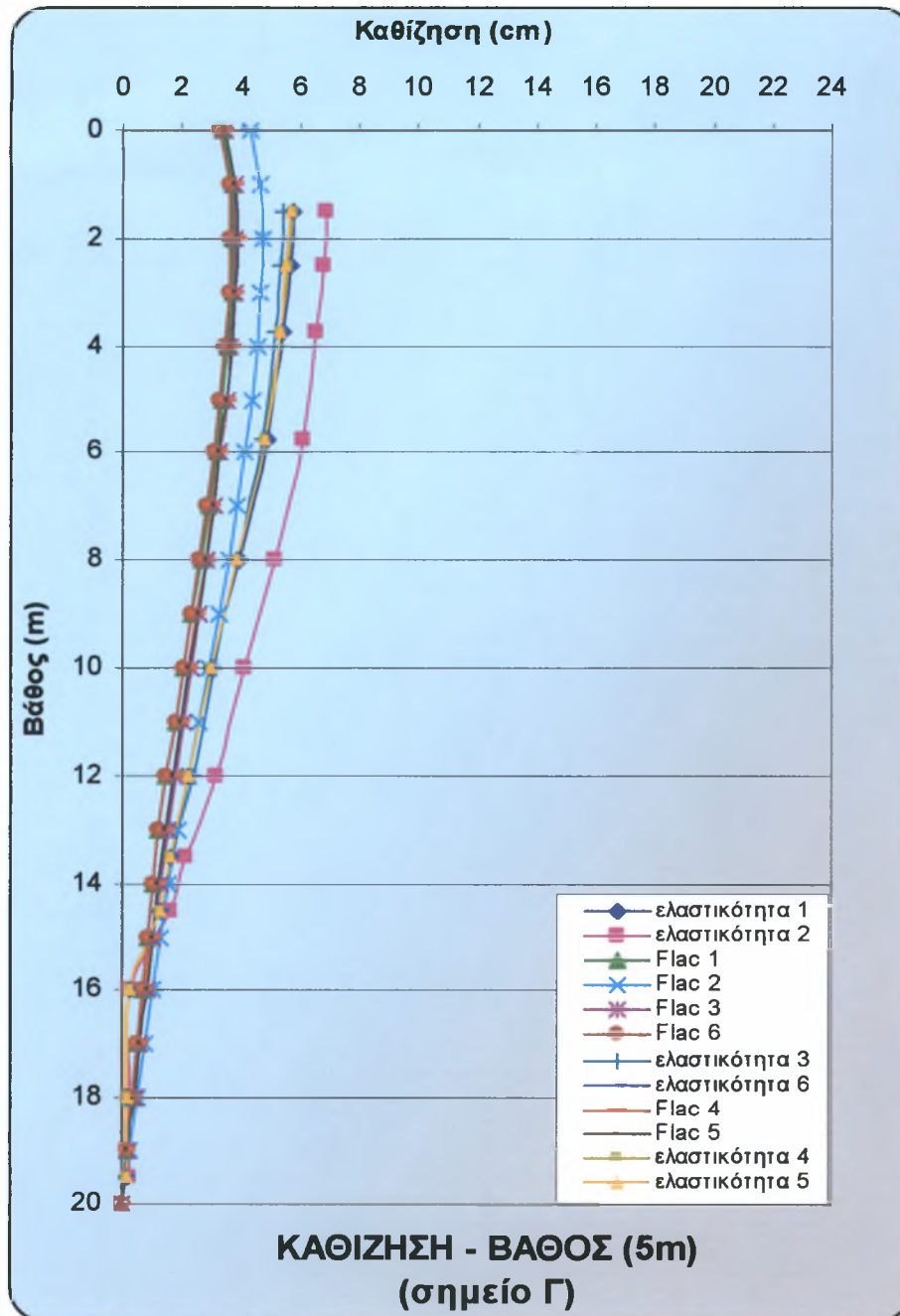
Σχήμα Γ2.38

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



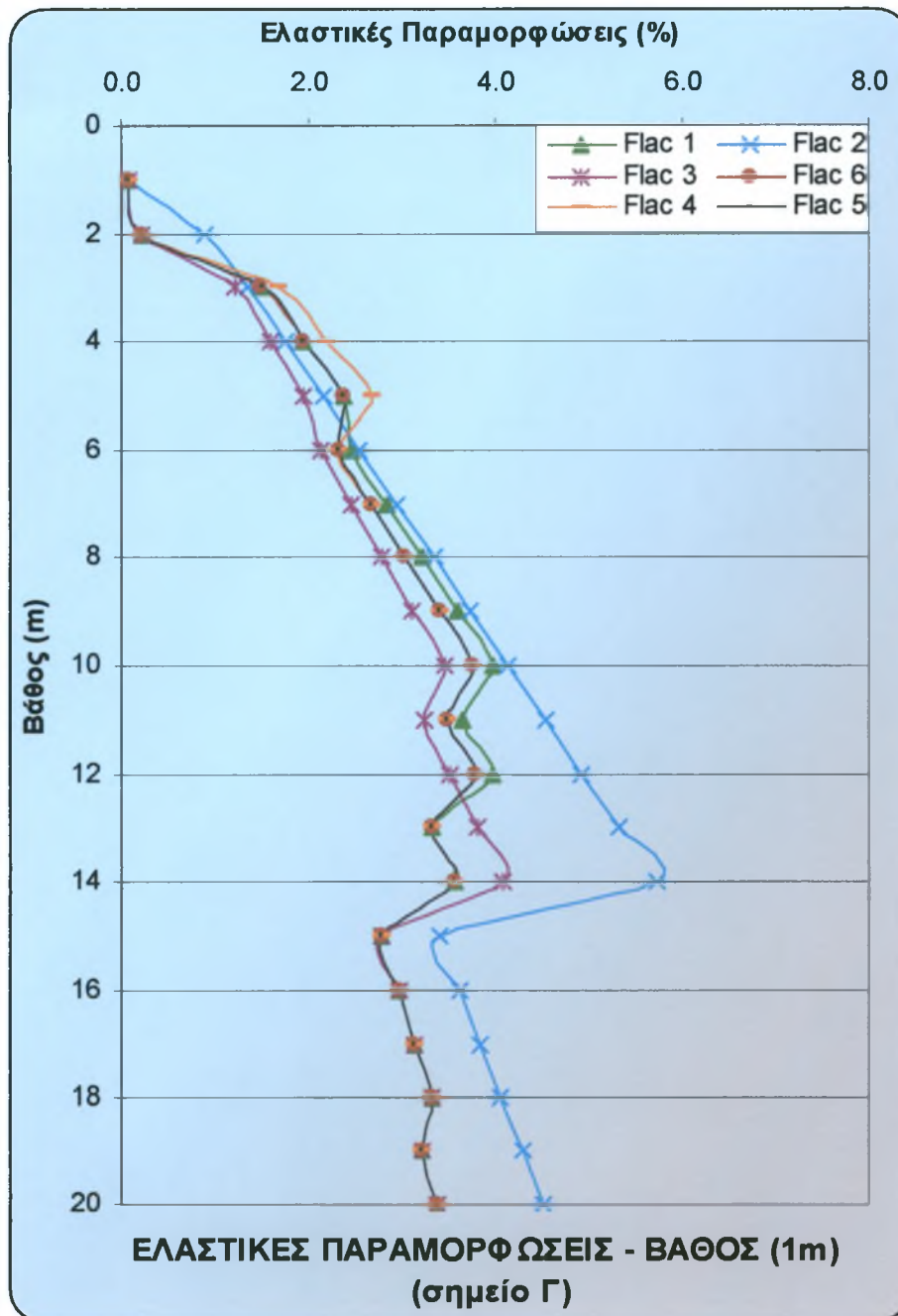
Σχήμα Γ2.39

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



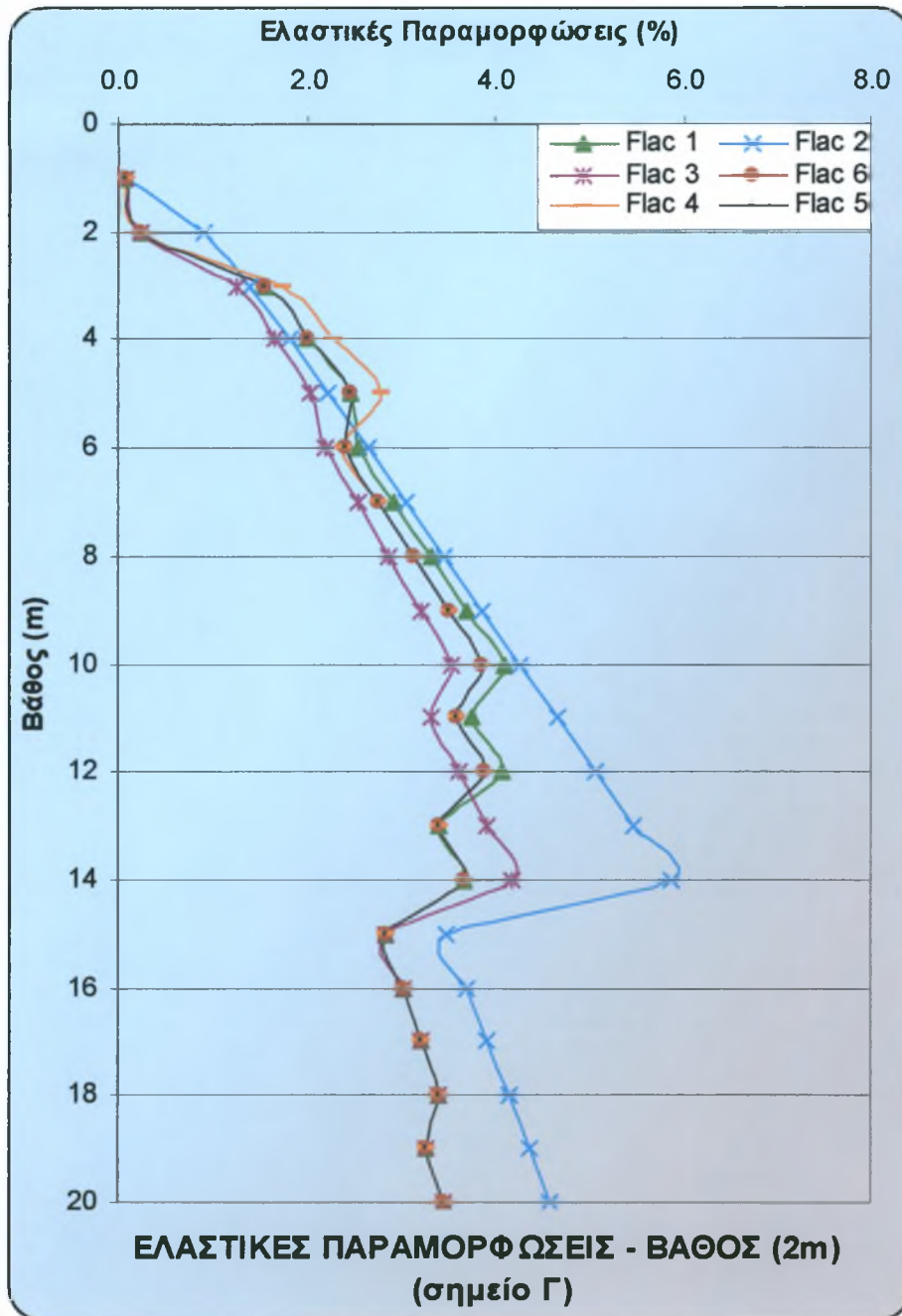
Σχήμα Γ2.40

Απεικόνιση καθιζήσεων με το βάθος σύμφωνα με την
τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



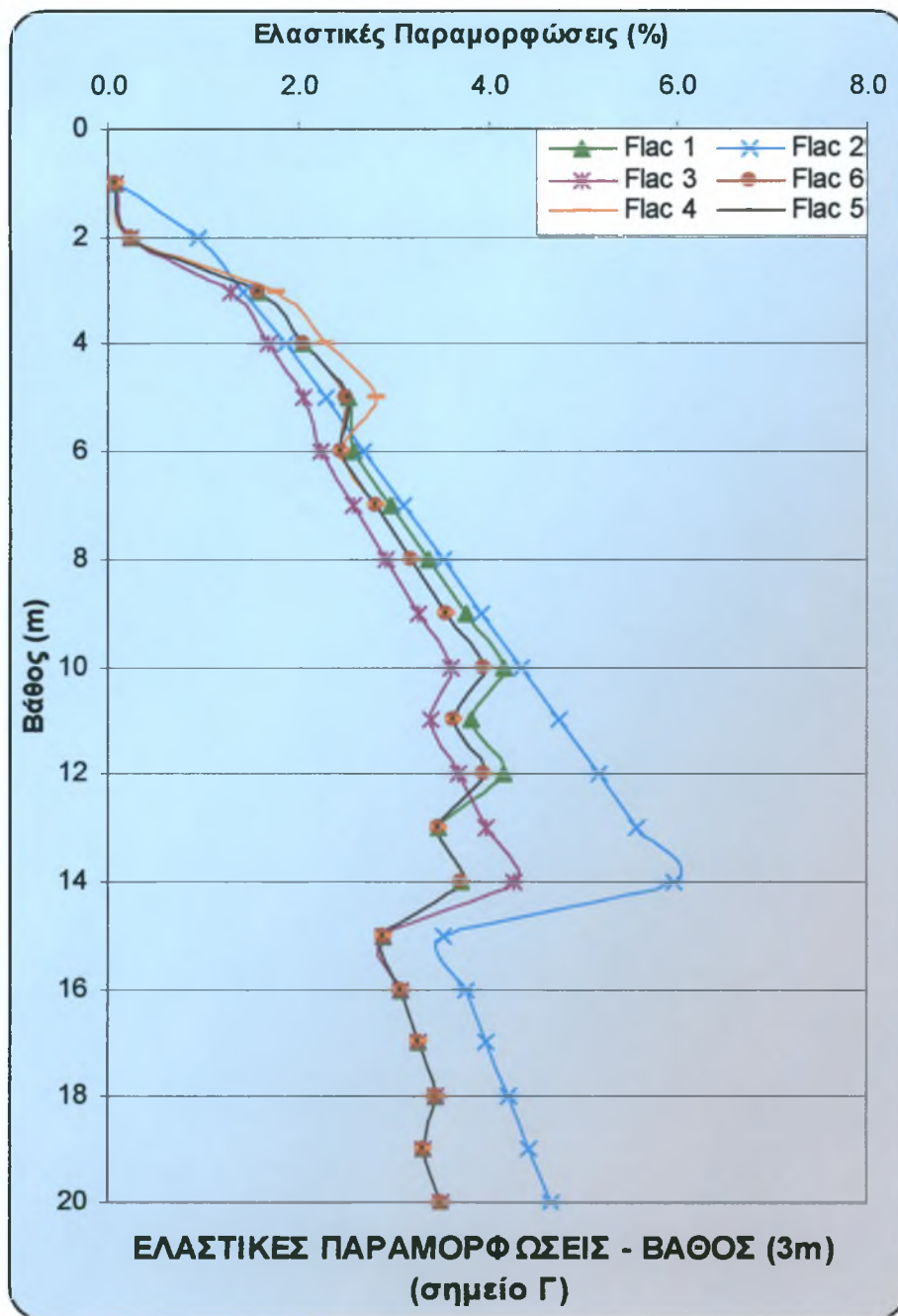
Σχήμα Γ2.41

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



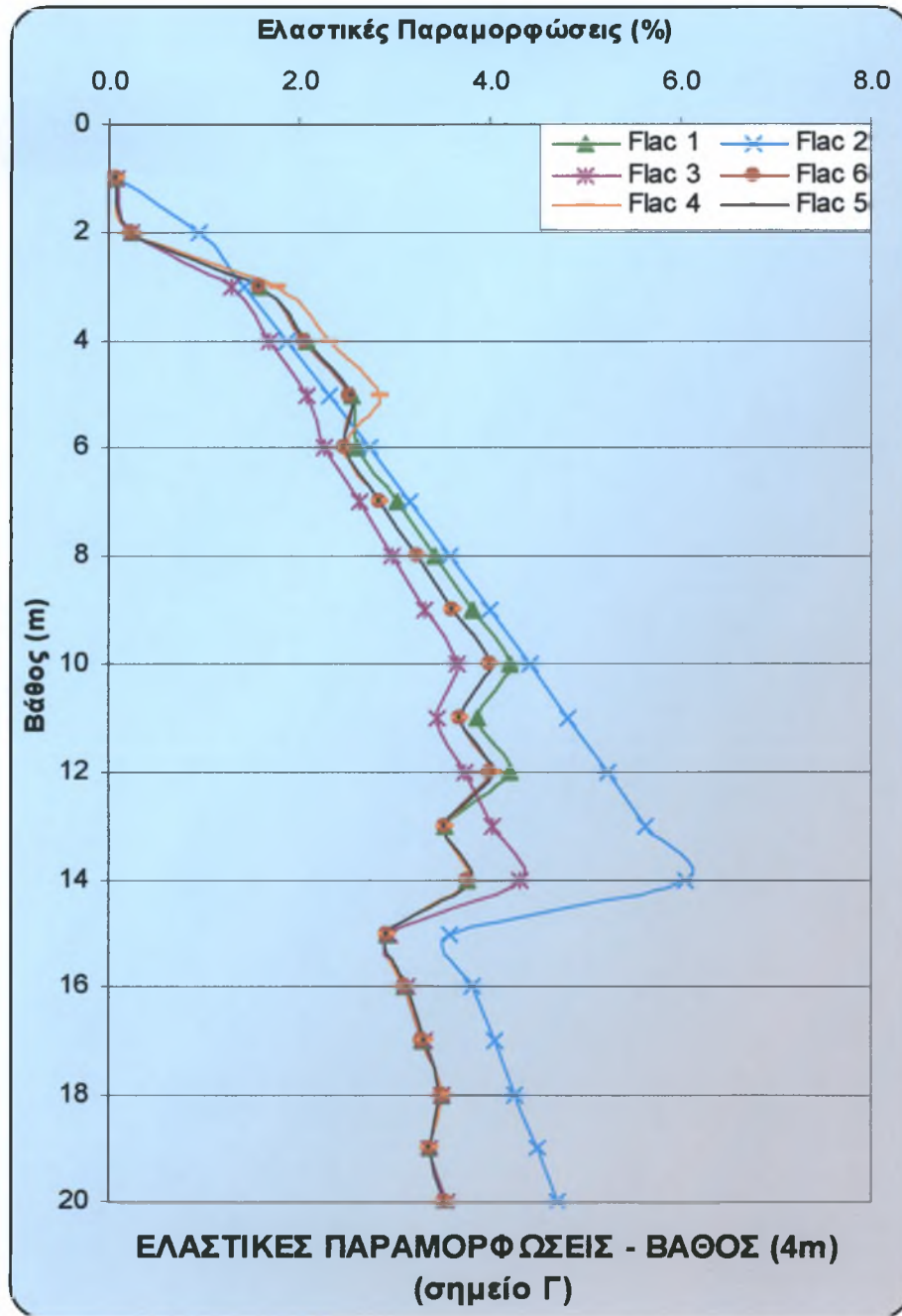
Σχήμα Γ2.42

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



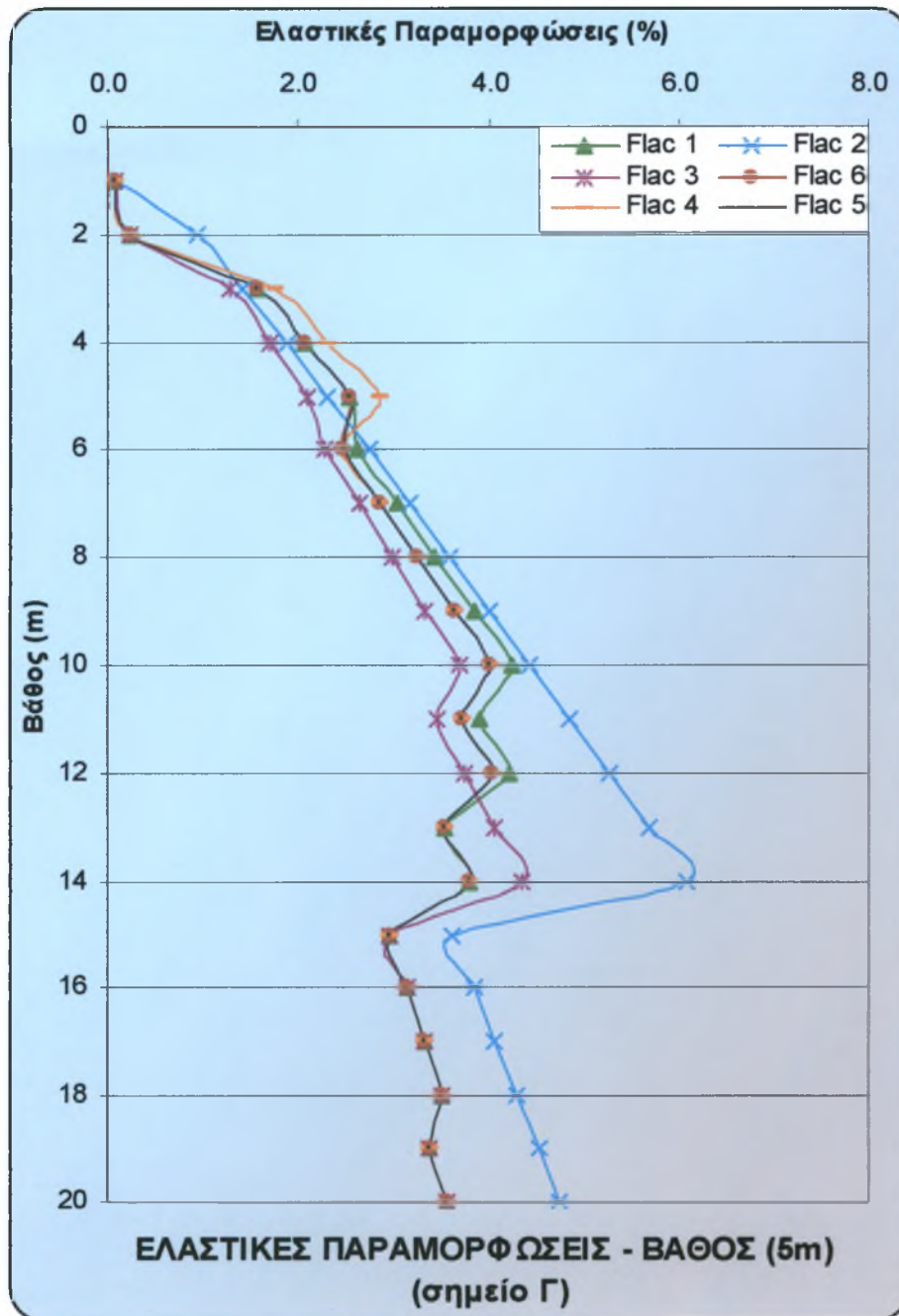
Σχήμα Γ2.43

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



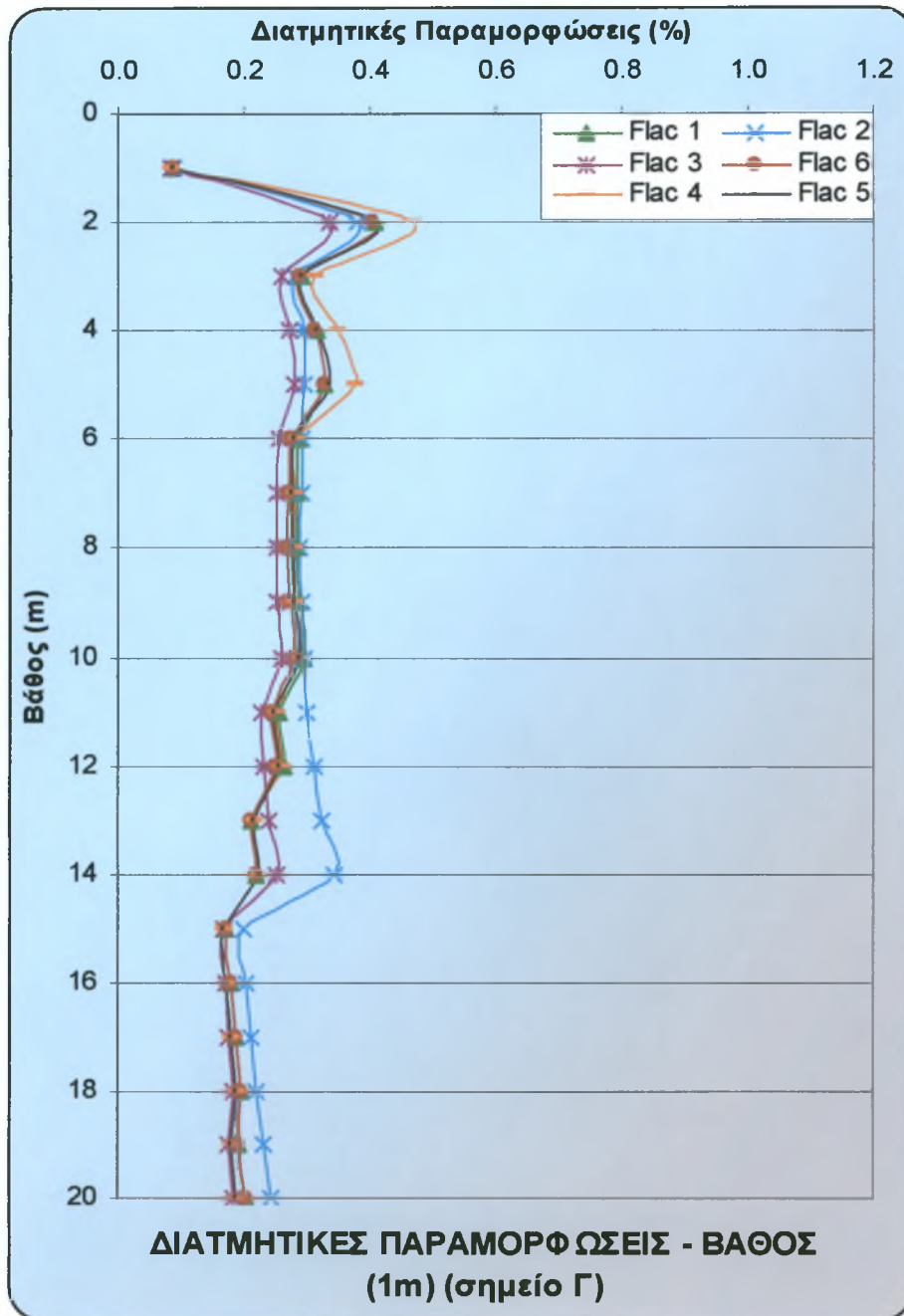
Σχήμα Γ2.44

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



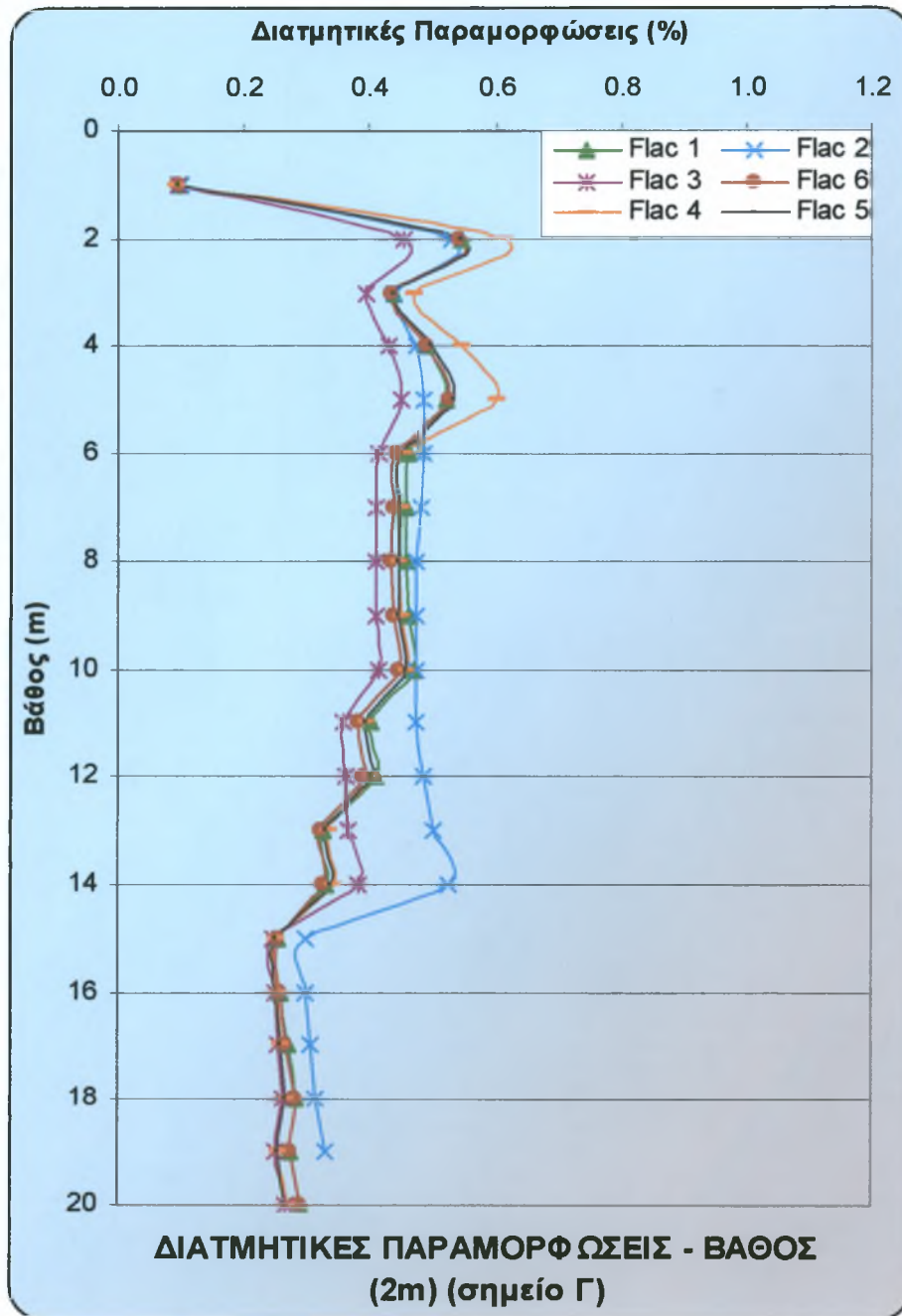
Σχήμα Γ2.45

Απεικόνιση ελαστικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



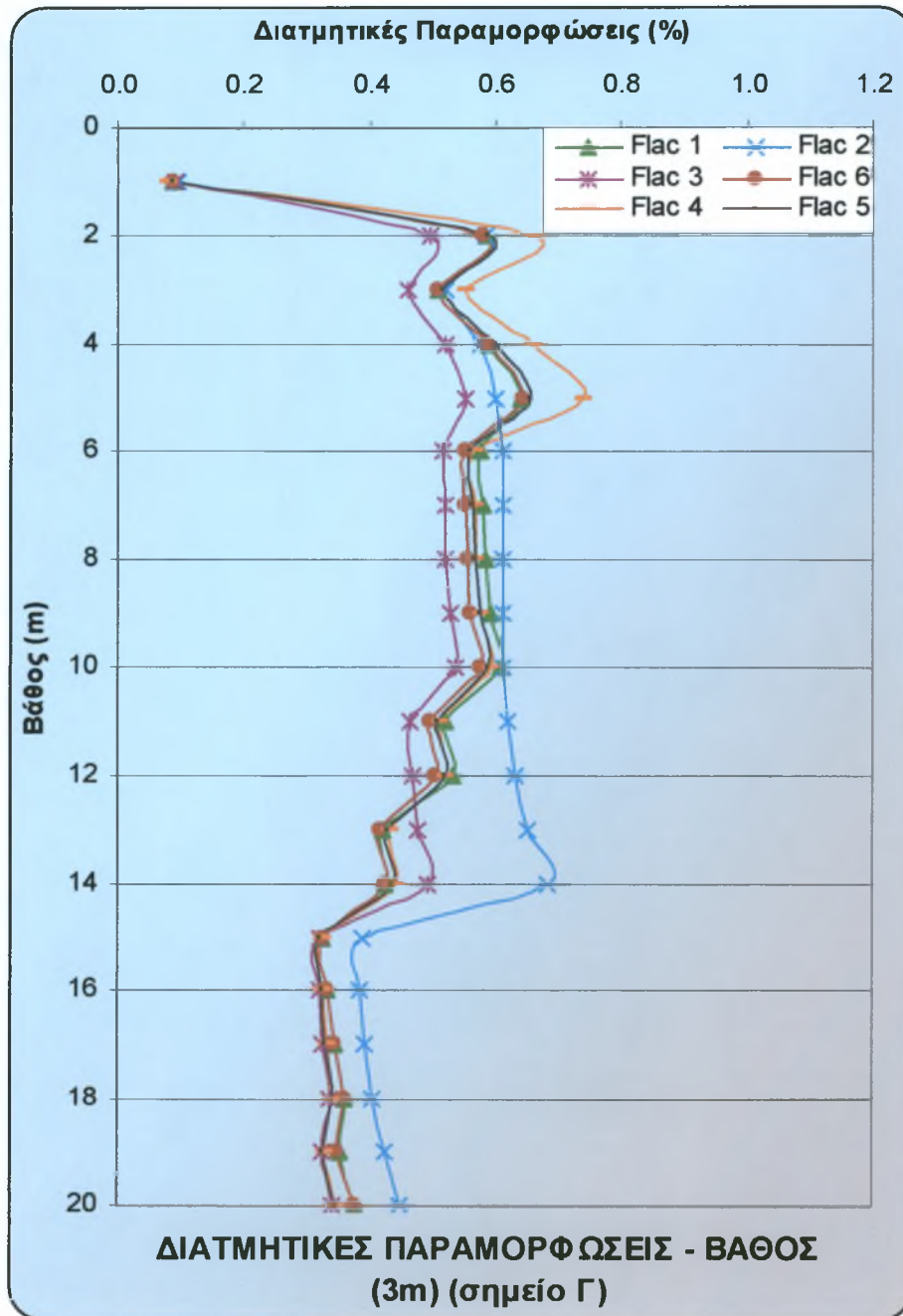
Σχήμα Γ2.46

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



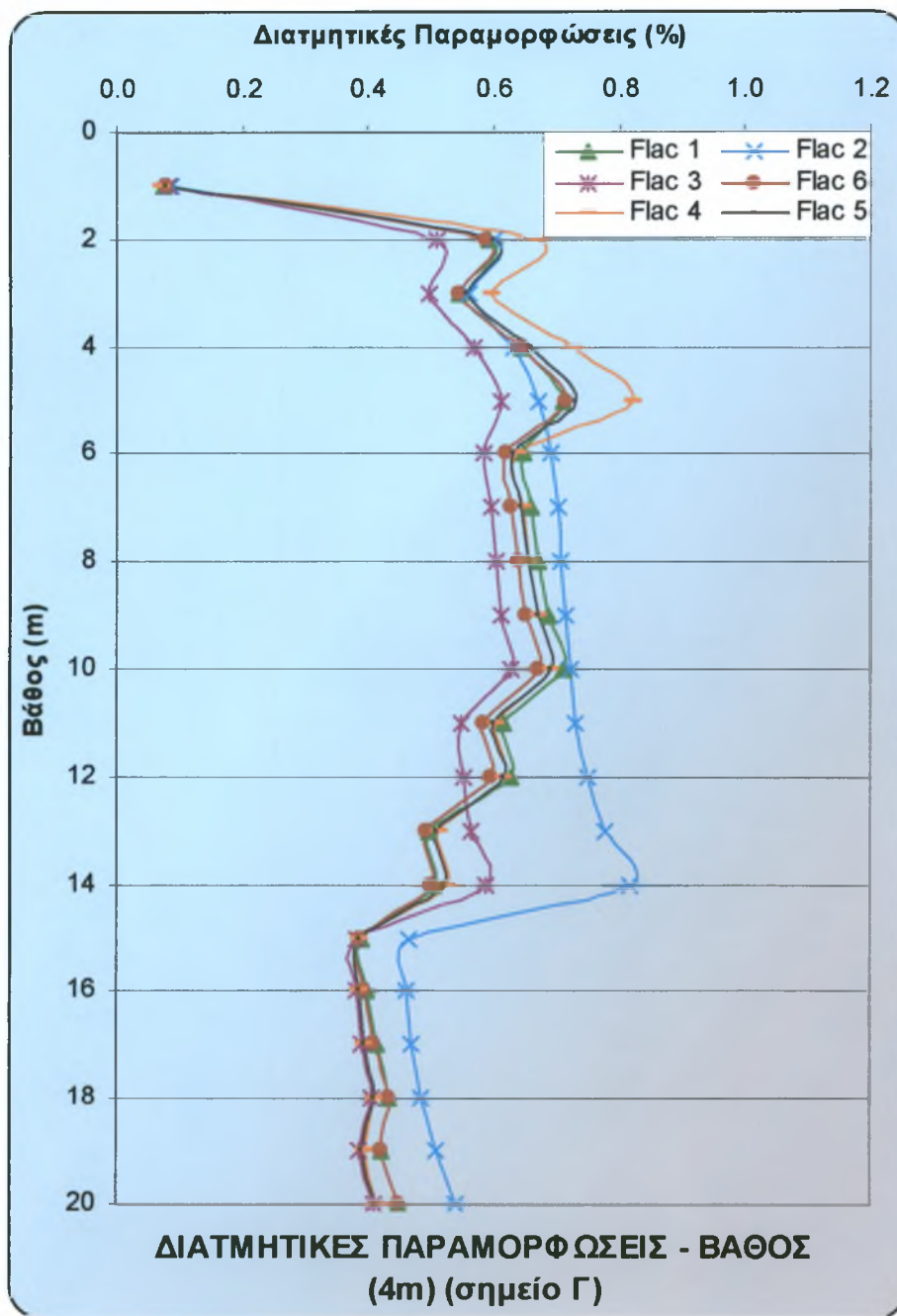
Σχήμα Γ2.47

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



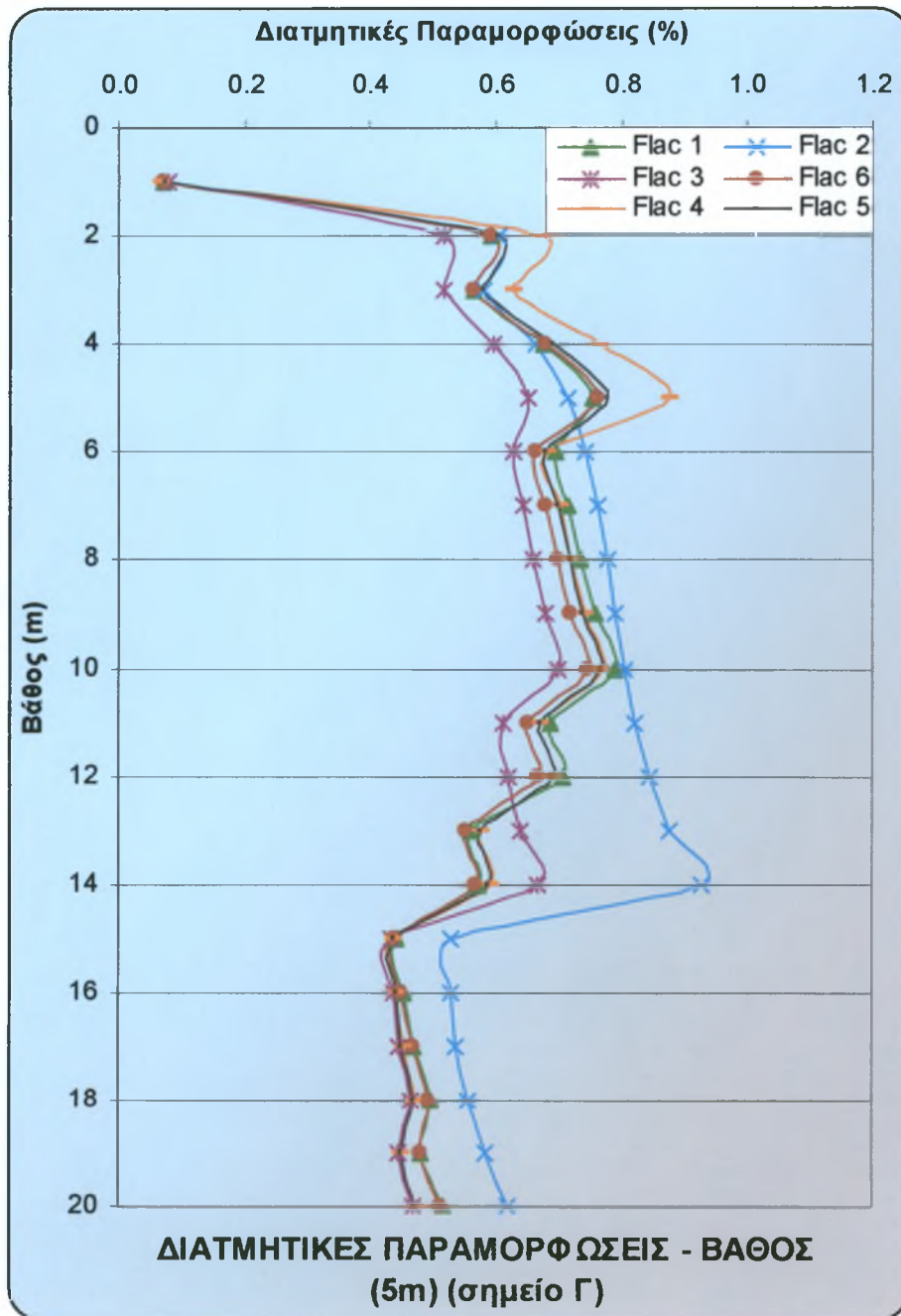
Σχήμα Γ2.48

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



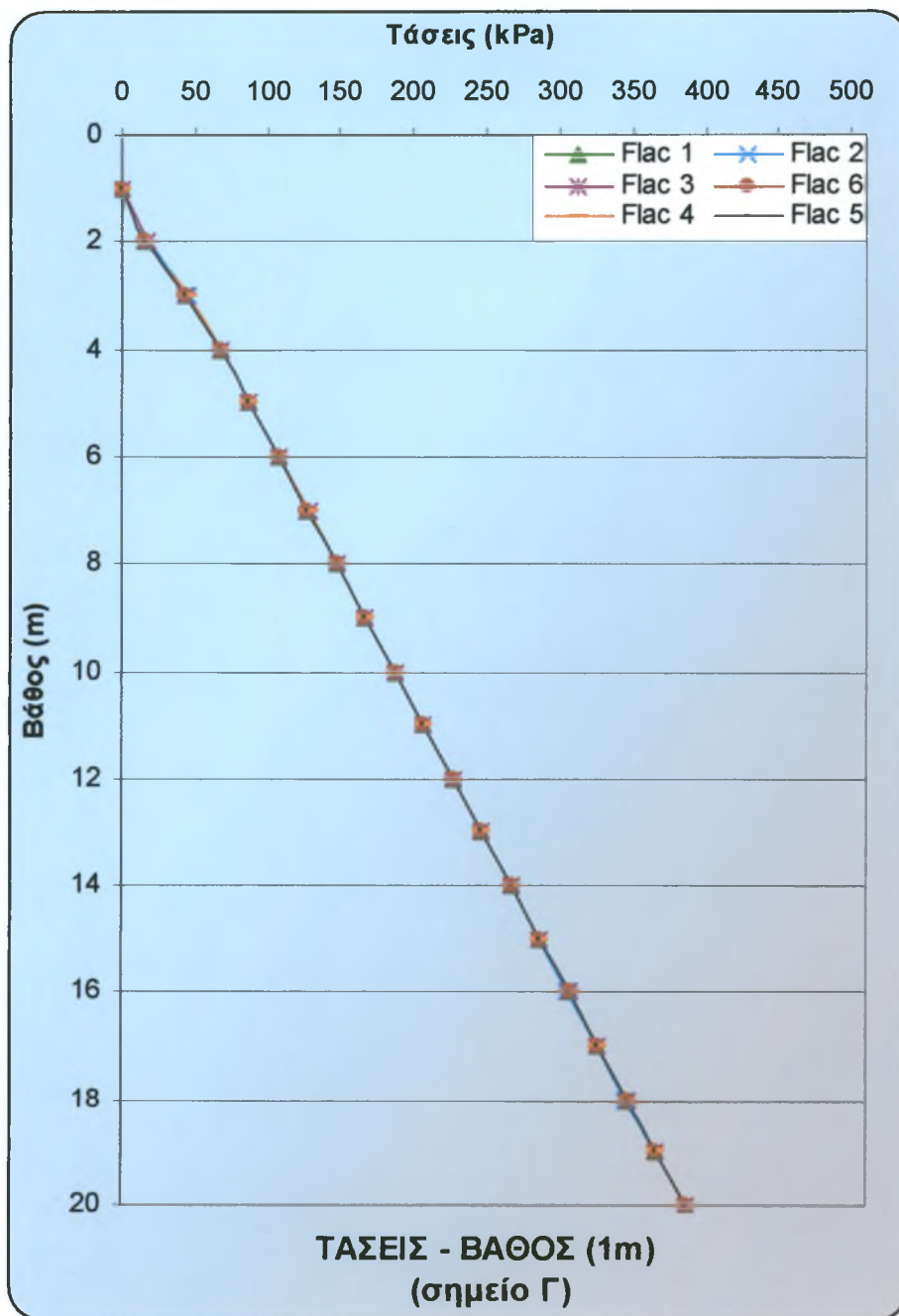
Σχήμα Γ2.49

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



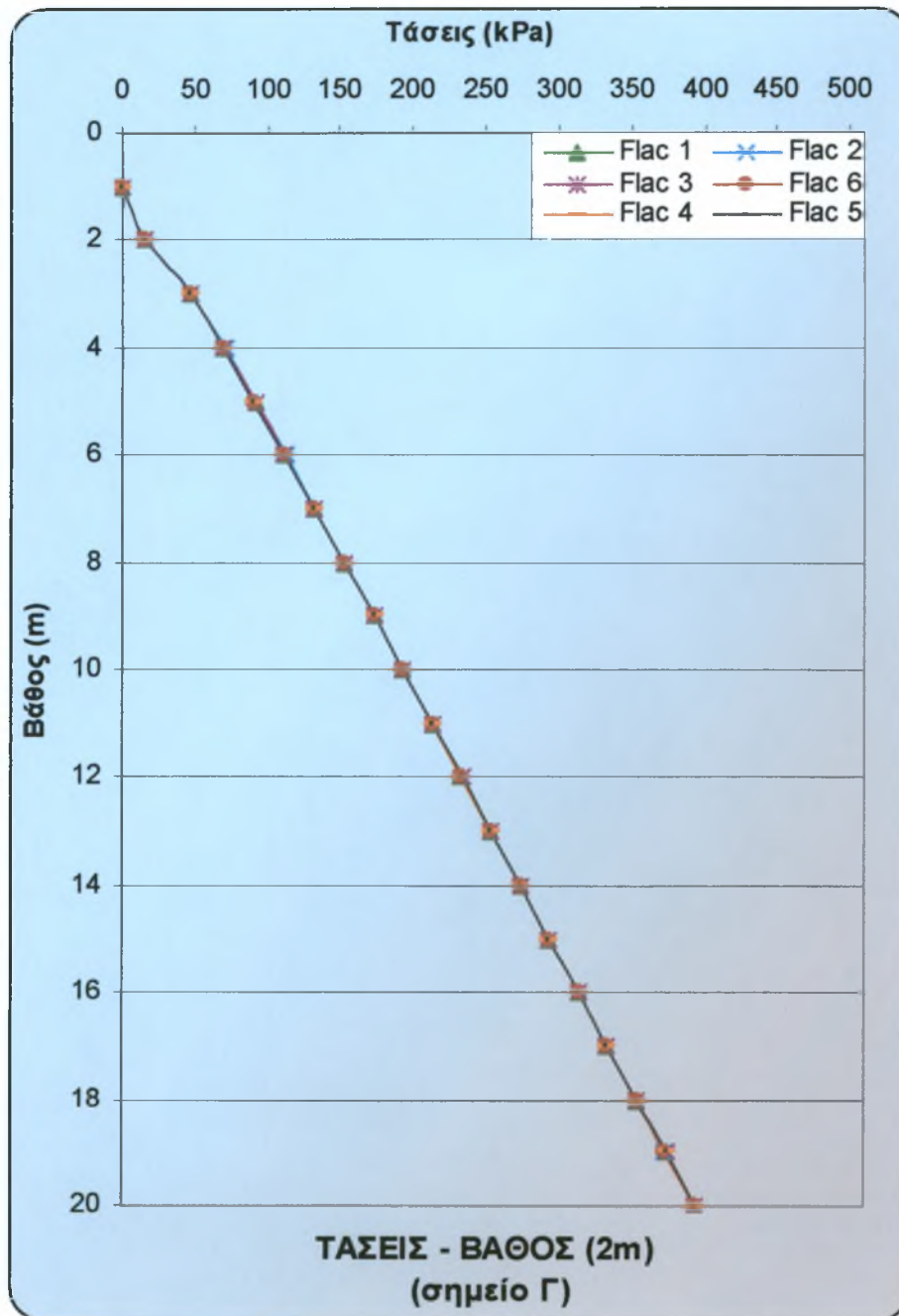
Σχήμα Γ2.50

Απεικόνιση διατμητικών παραμορφώσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



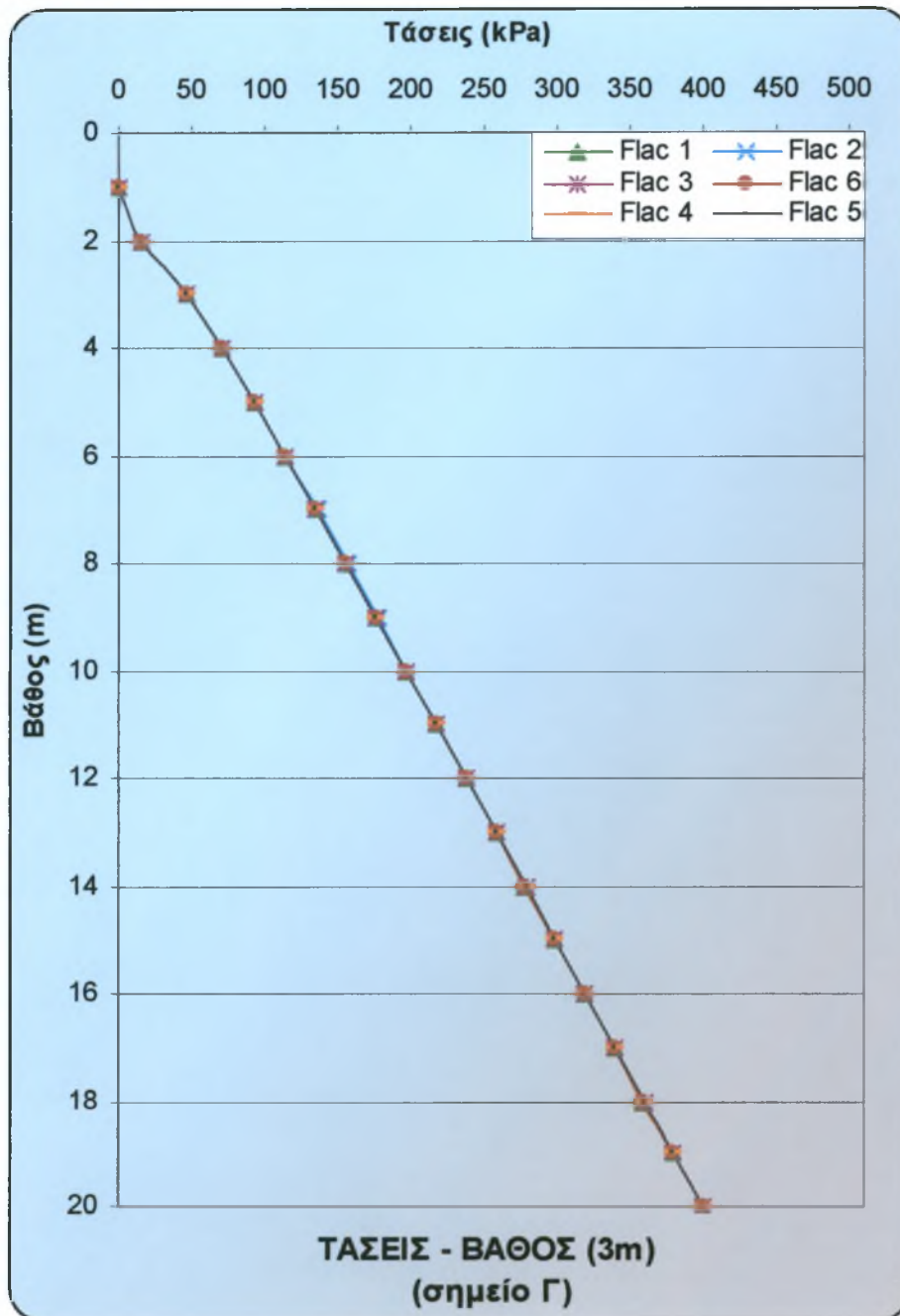
Σχήμα Γ2.51

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



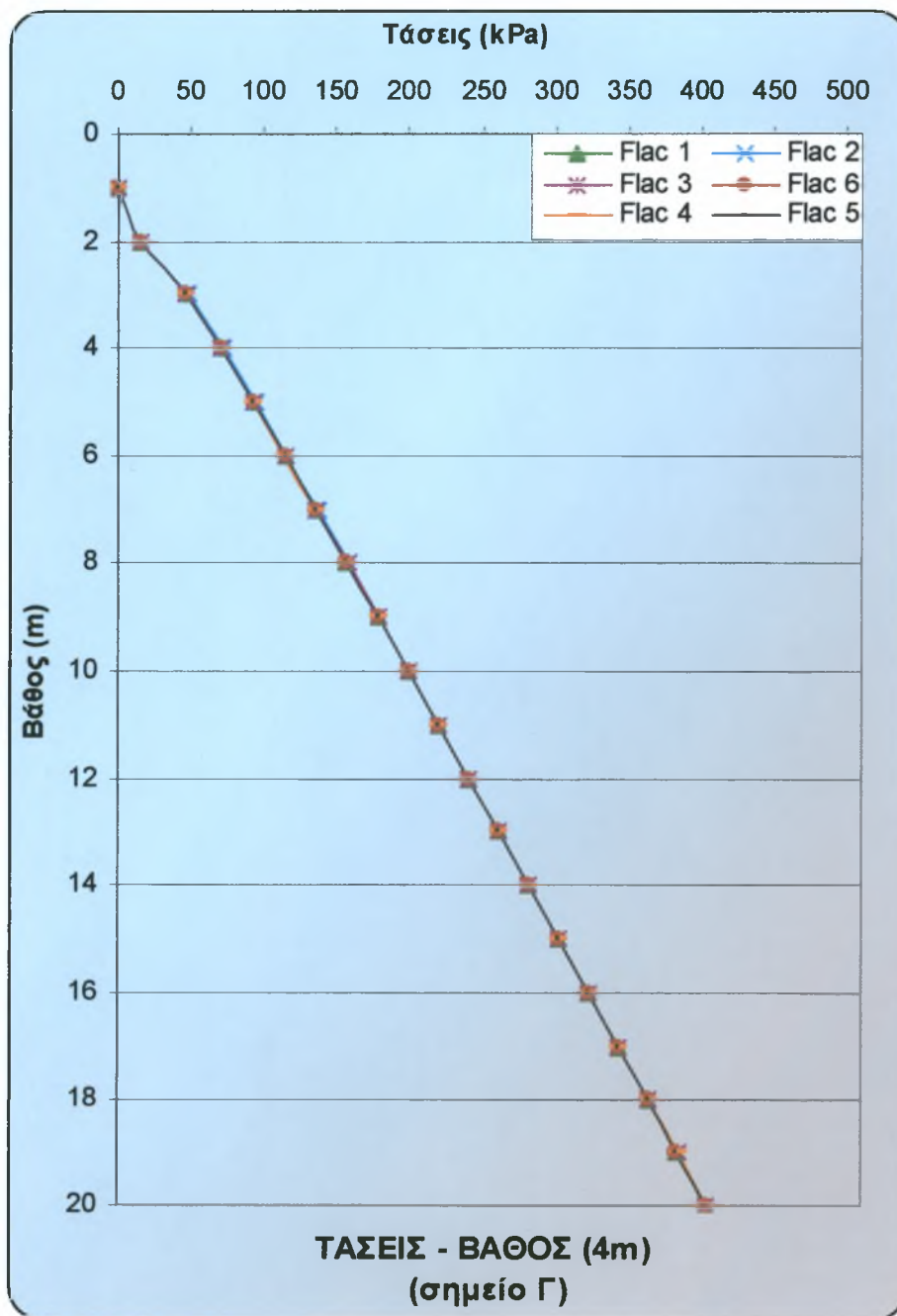
Σχήμα Γ2.52

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο
ύψους



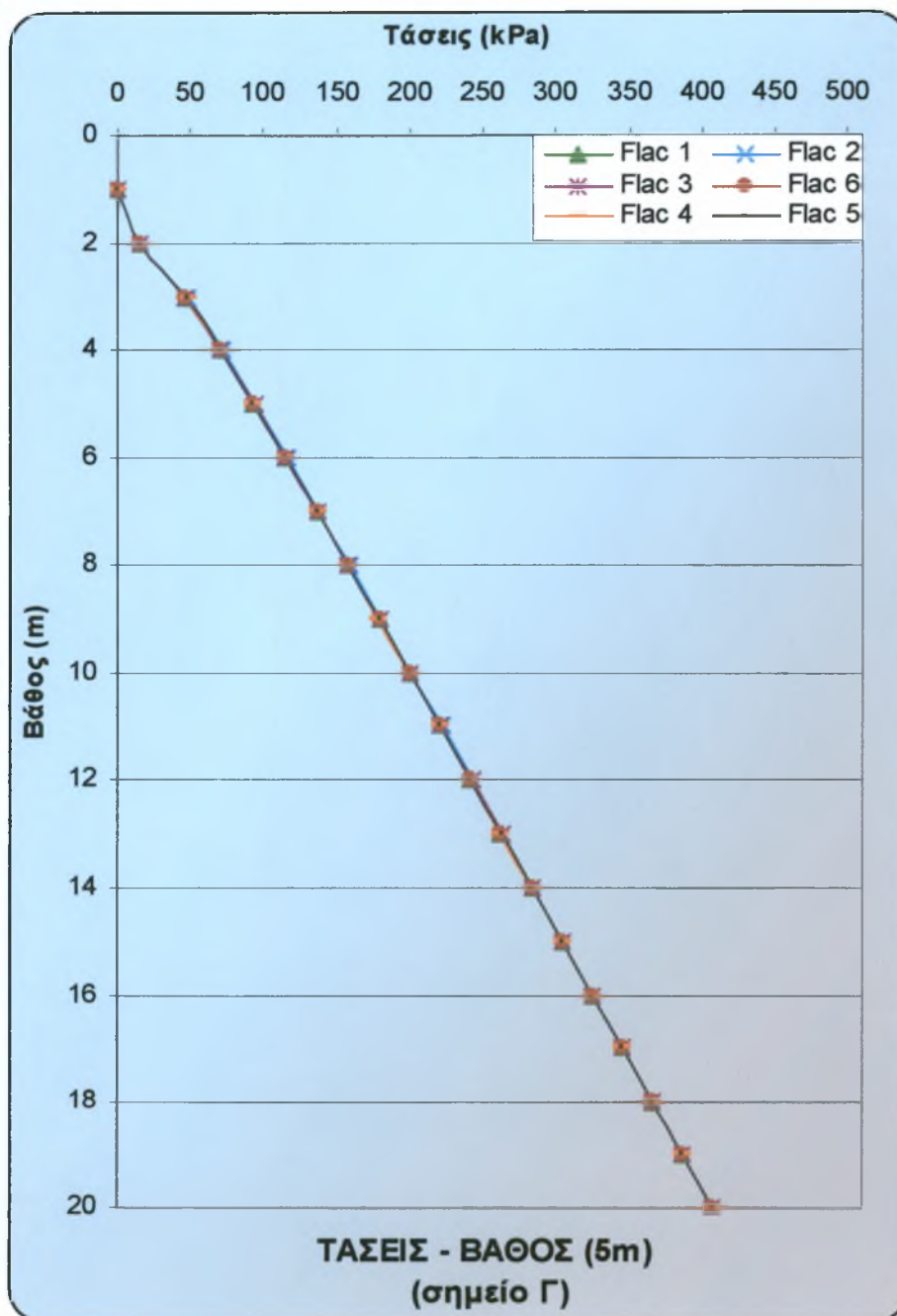
Σχήμα Γ2.53

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο
ίψους



Σχήμα Γ2.54

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο ίψους



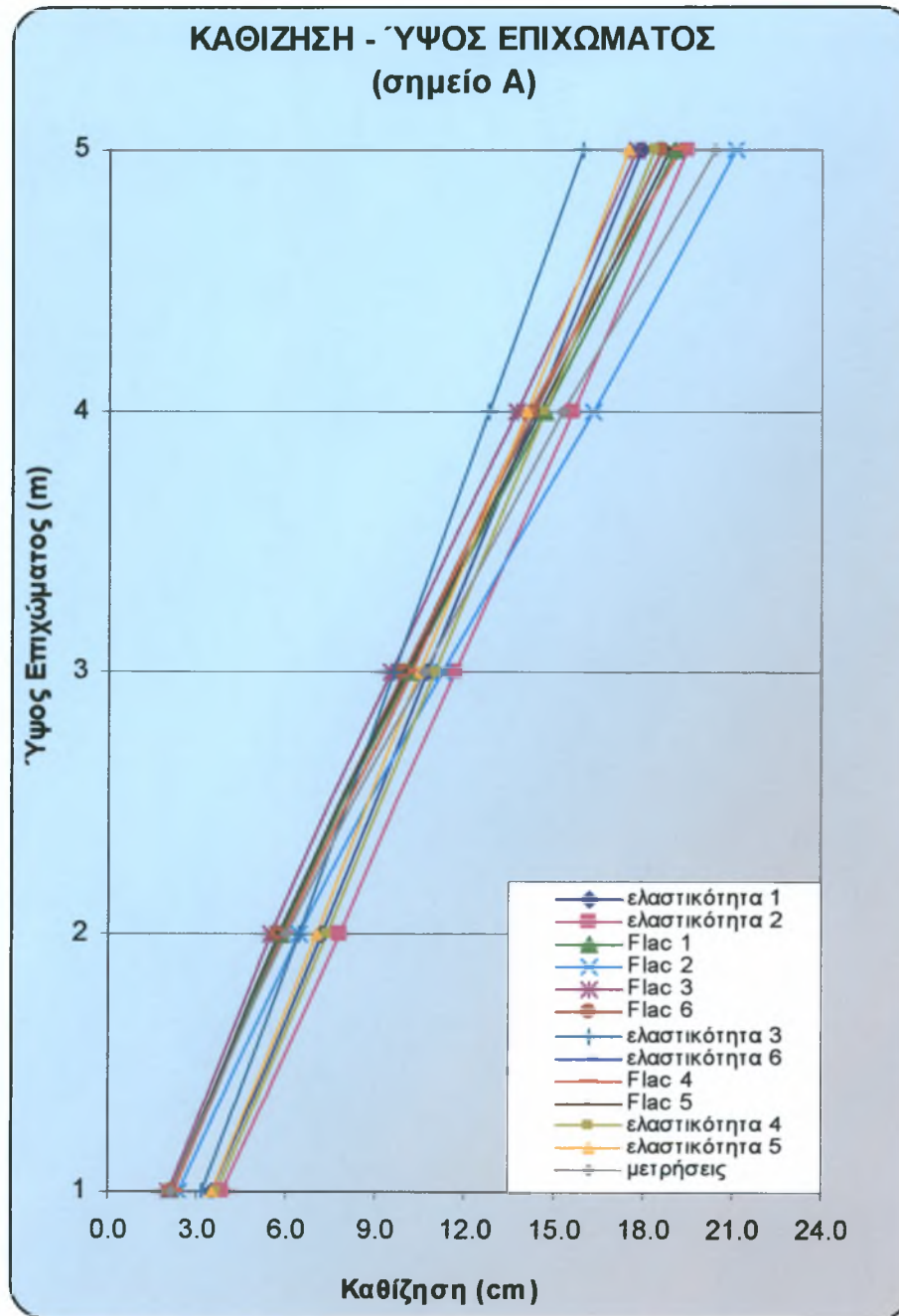
Σχήμα Γ2.55

Απεικόνιση ορθών τάσεων με το βάθος σύμφωνα με
την τμηματική ανάλυση του επιχώματος ανά μέτρο
ύψους

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

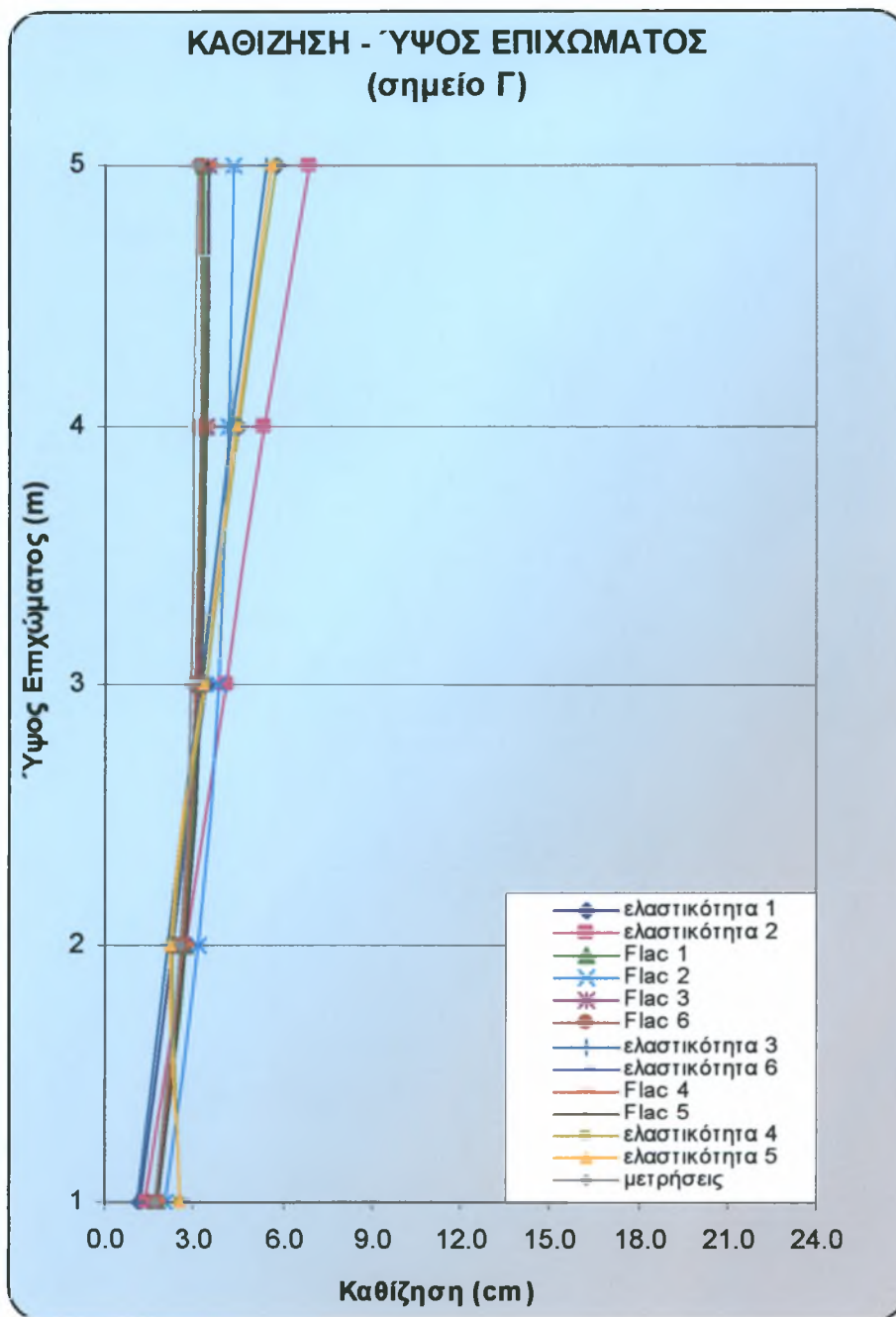


Απεικόνιση Αποτελεσμάτων "Καθίζησης – Ύψους Επιχώματος"



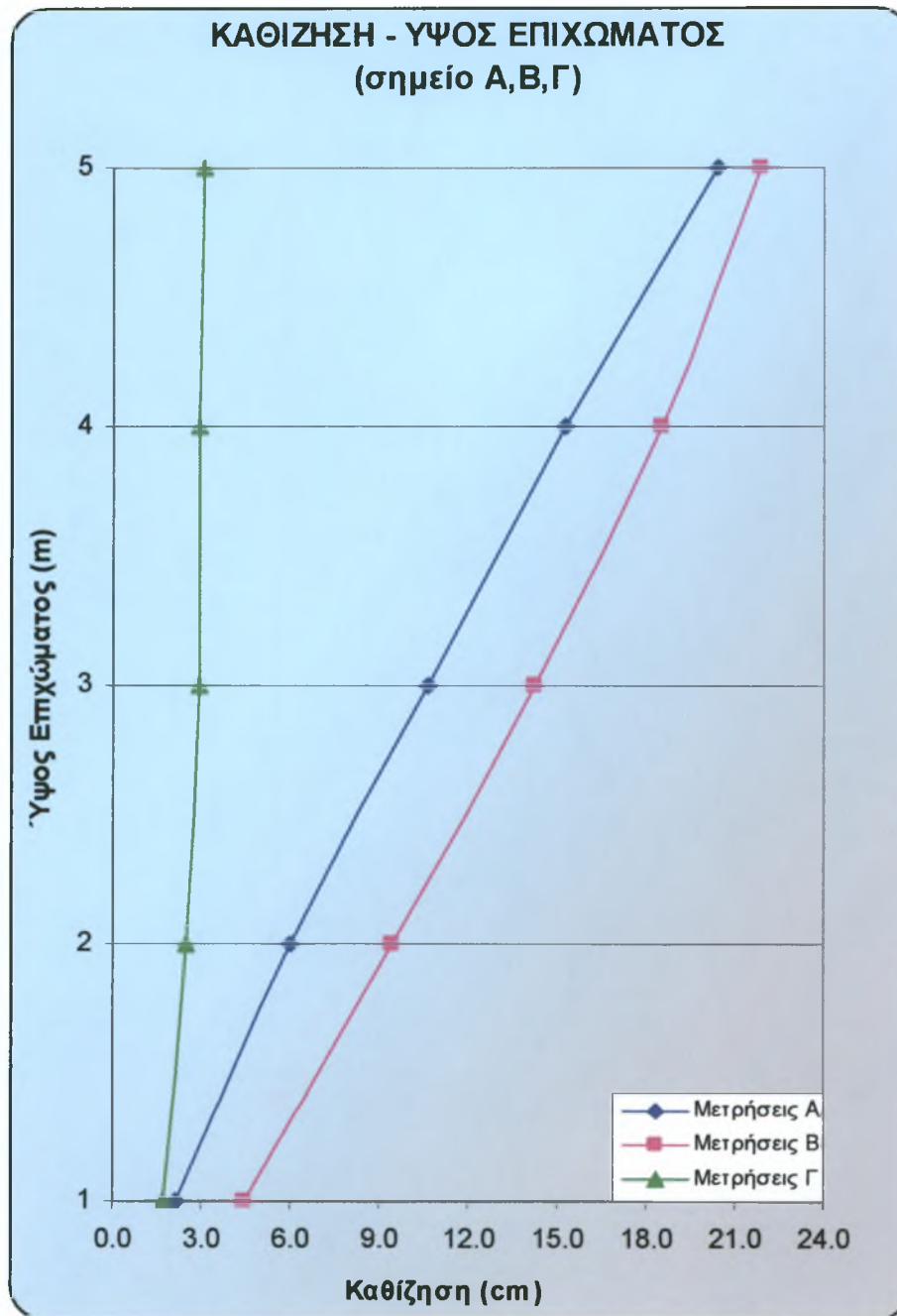
Σχήμα Δ.1

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



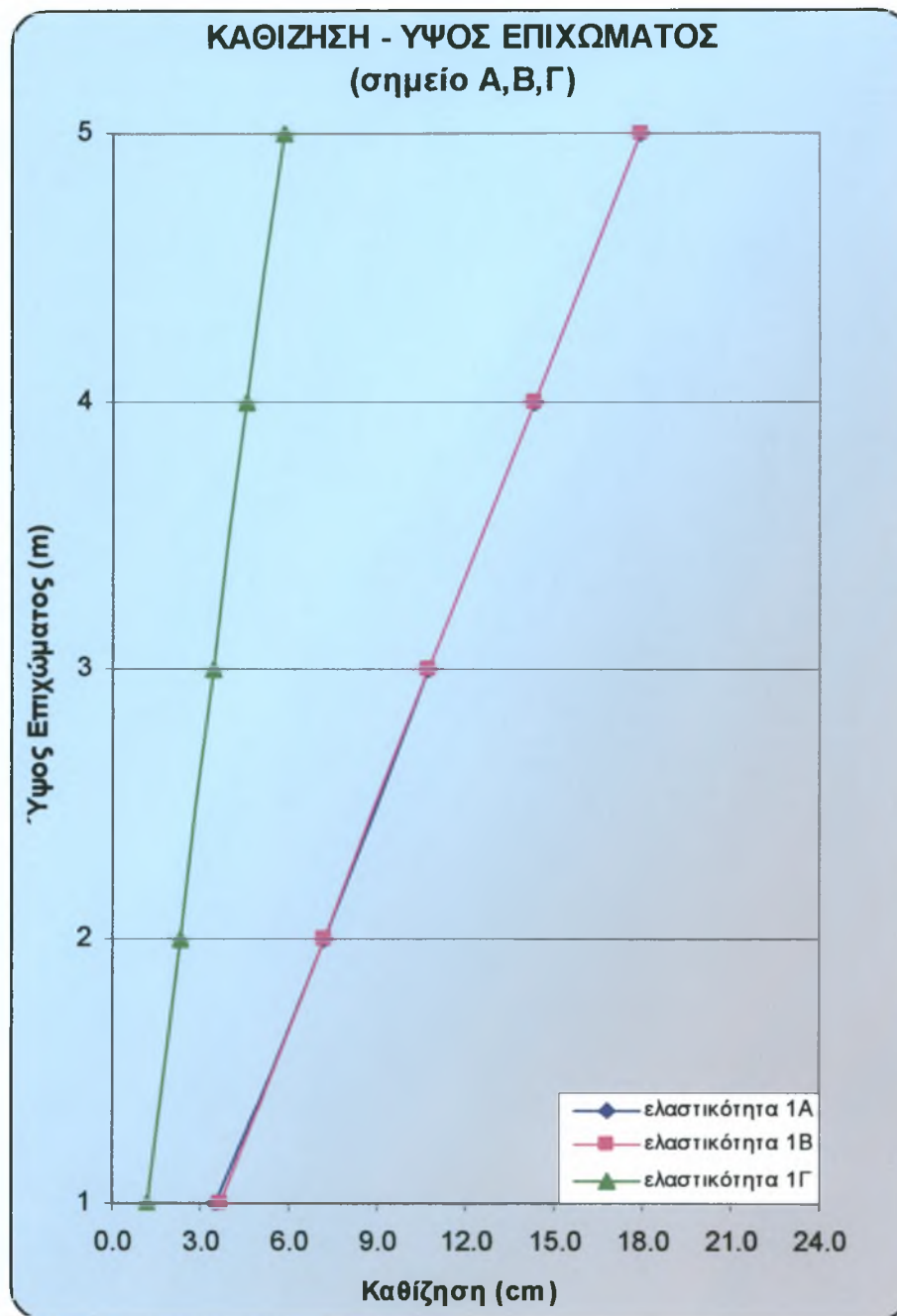
Σχήμα Δ.2

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



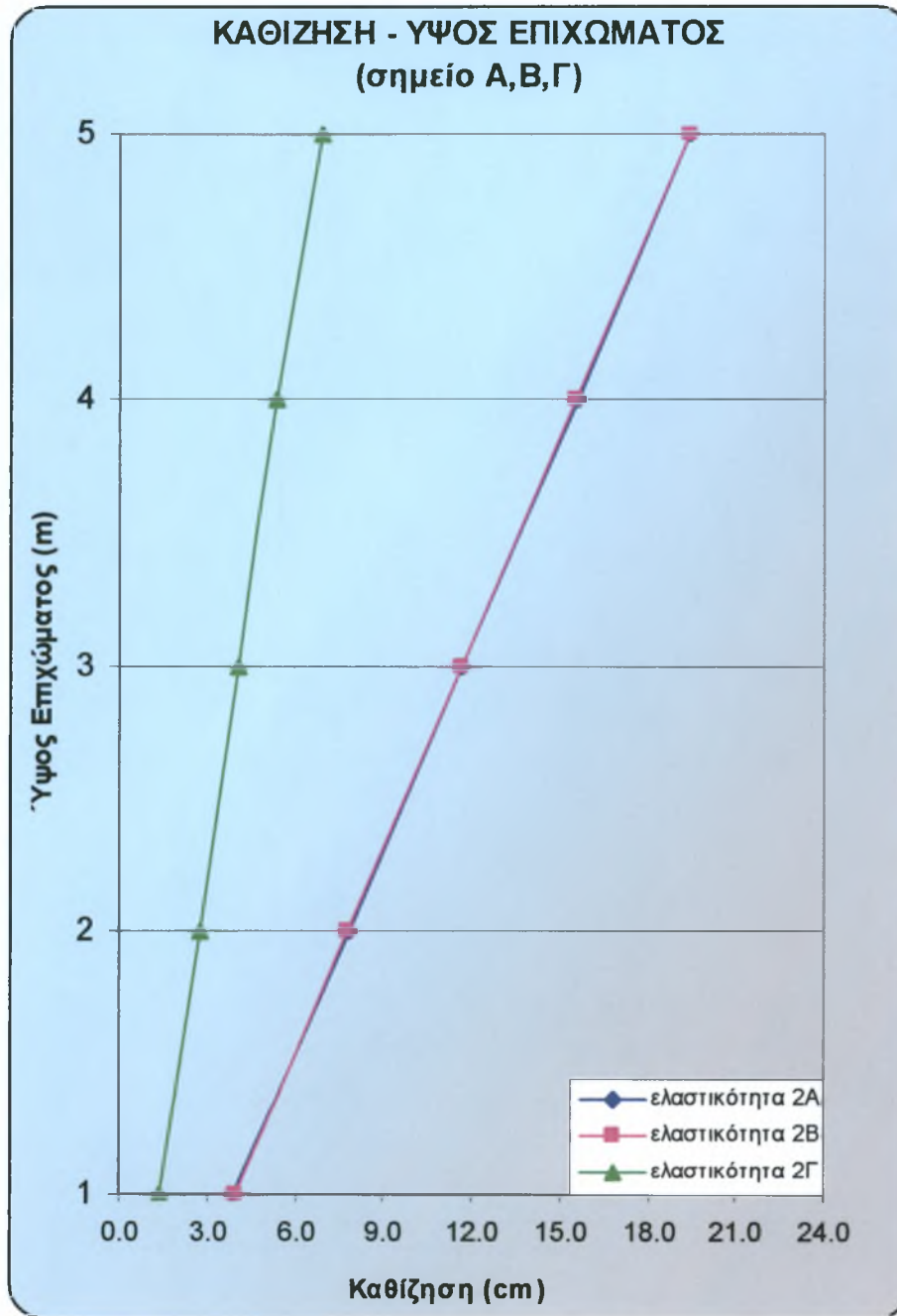
Σχήμα Δ.3

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



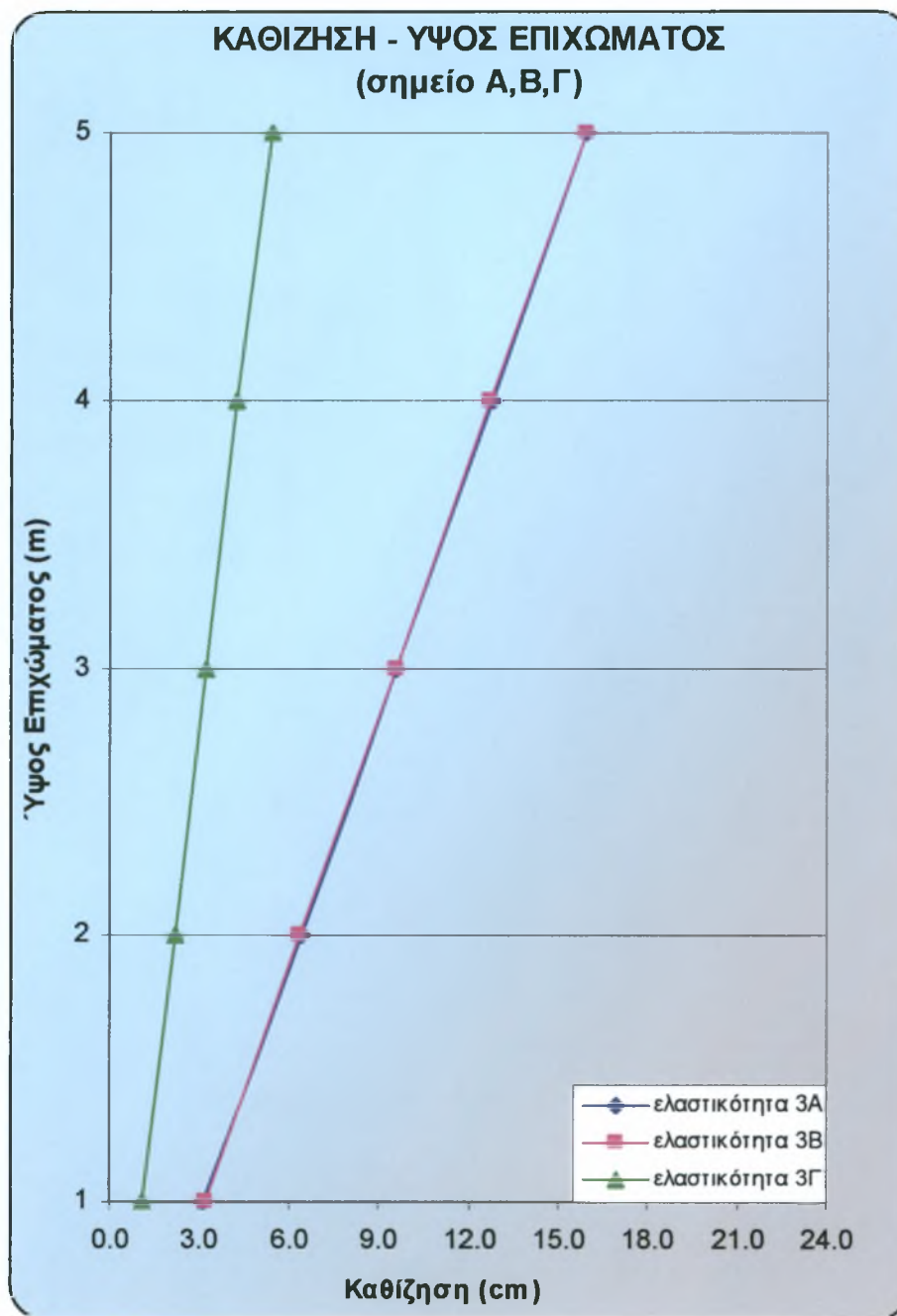
Σχήμα Δ.4

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



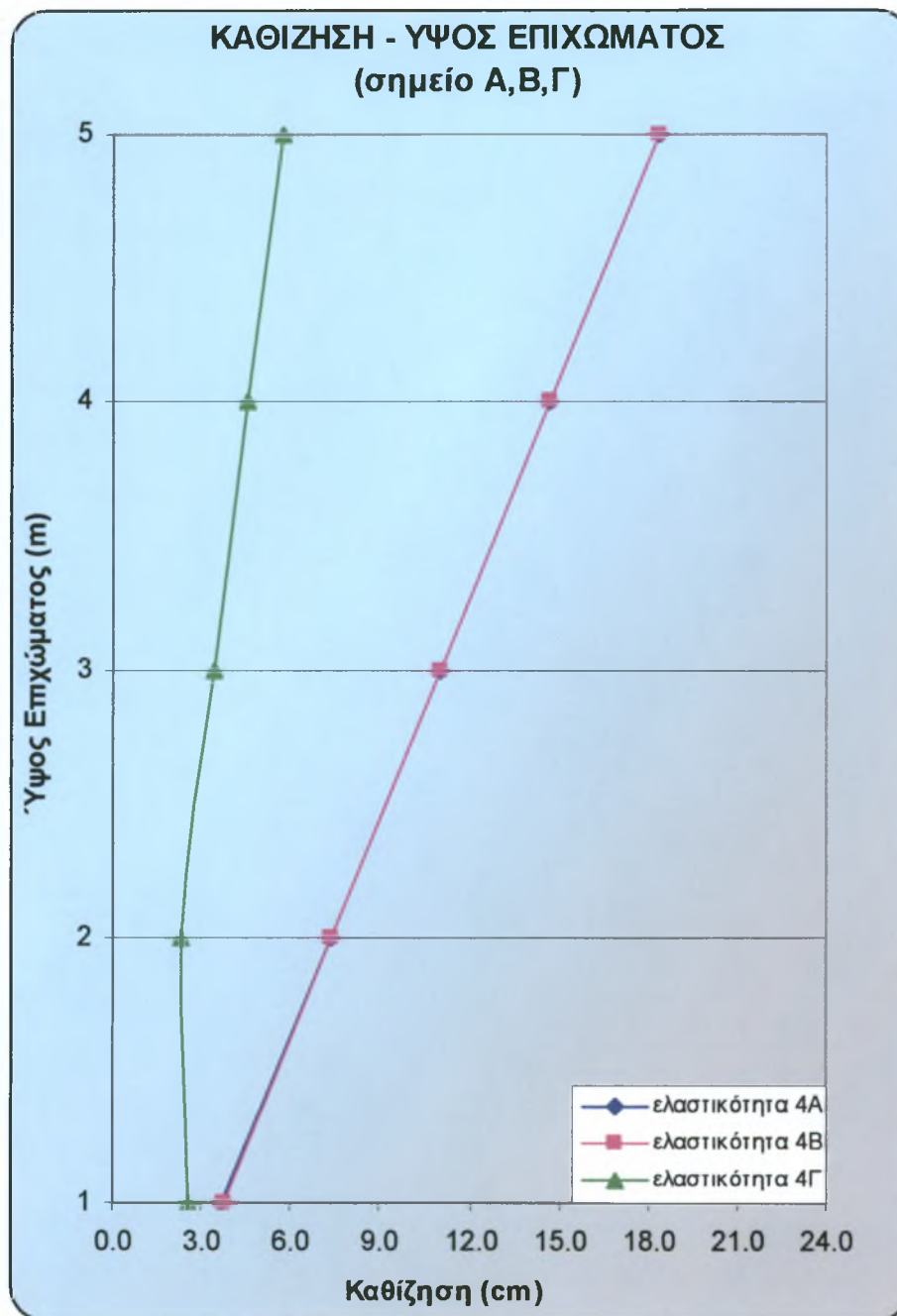
Σχήμα Δ.5

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



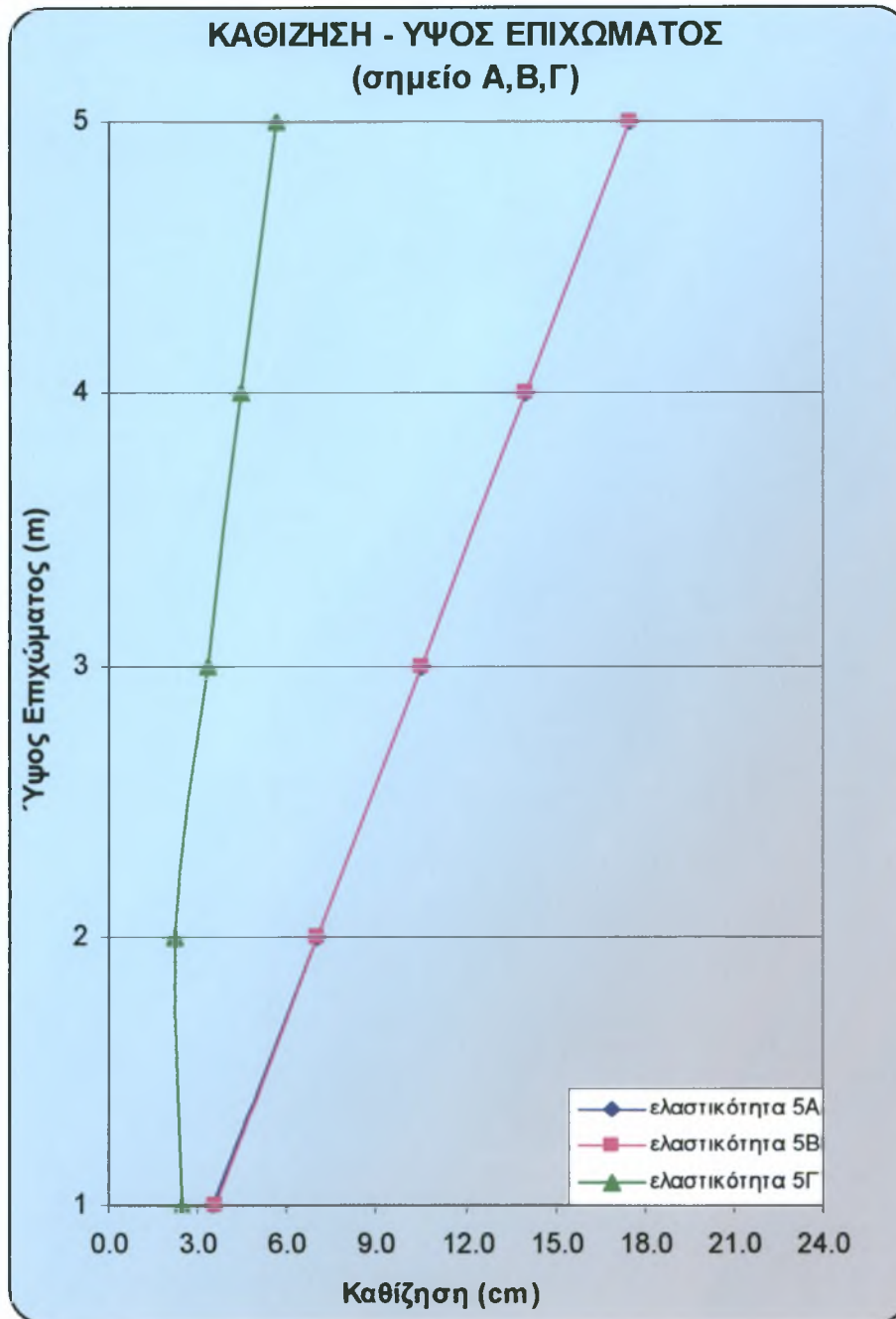
Σχήμα Δ.6

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



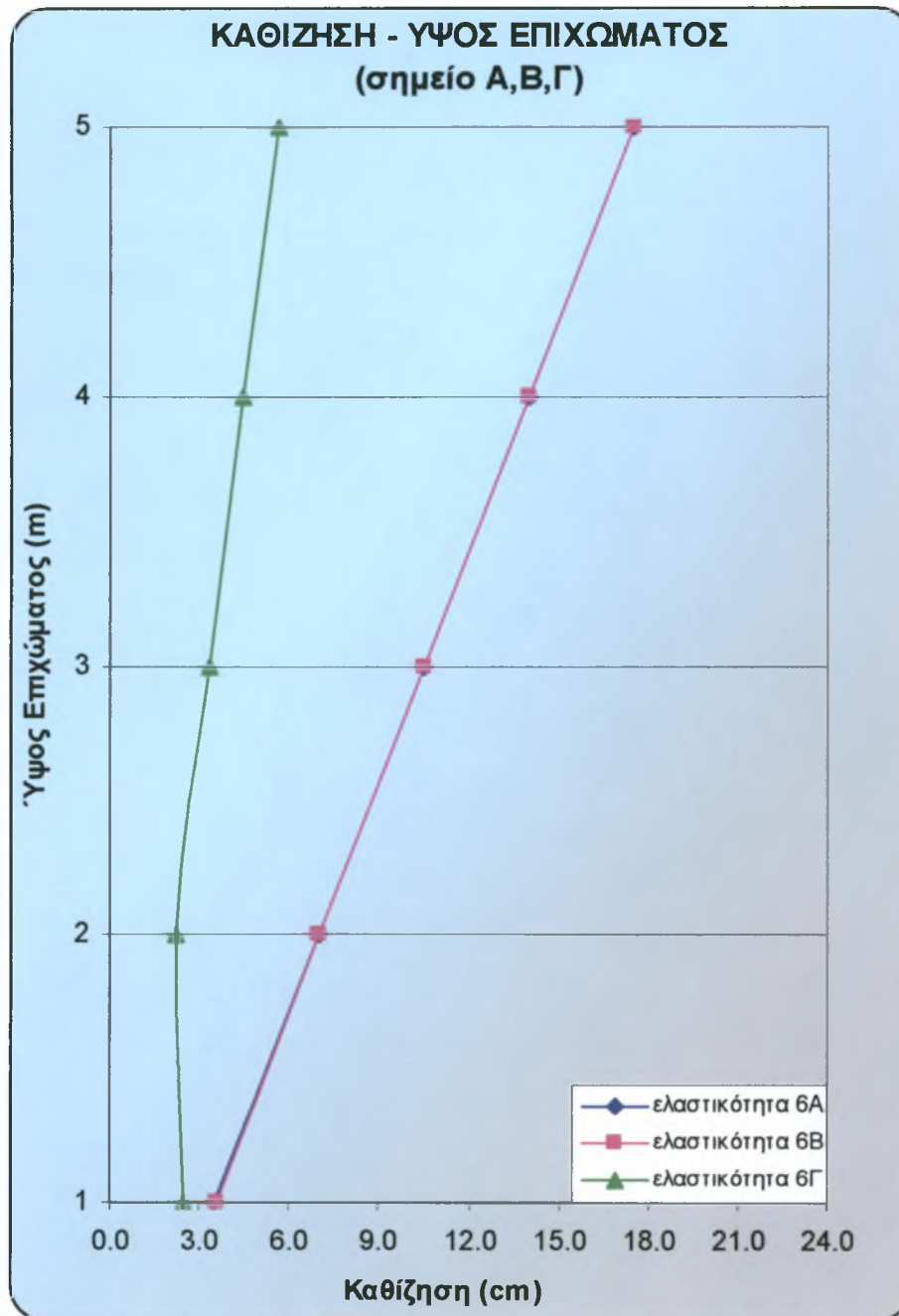
Σχήμα Δ.7

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



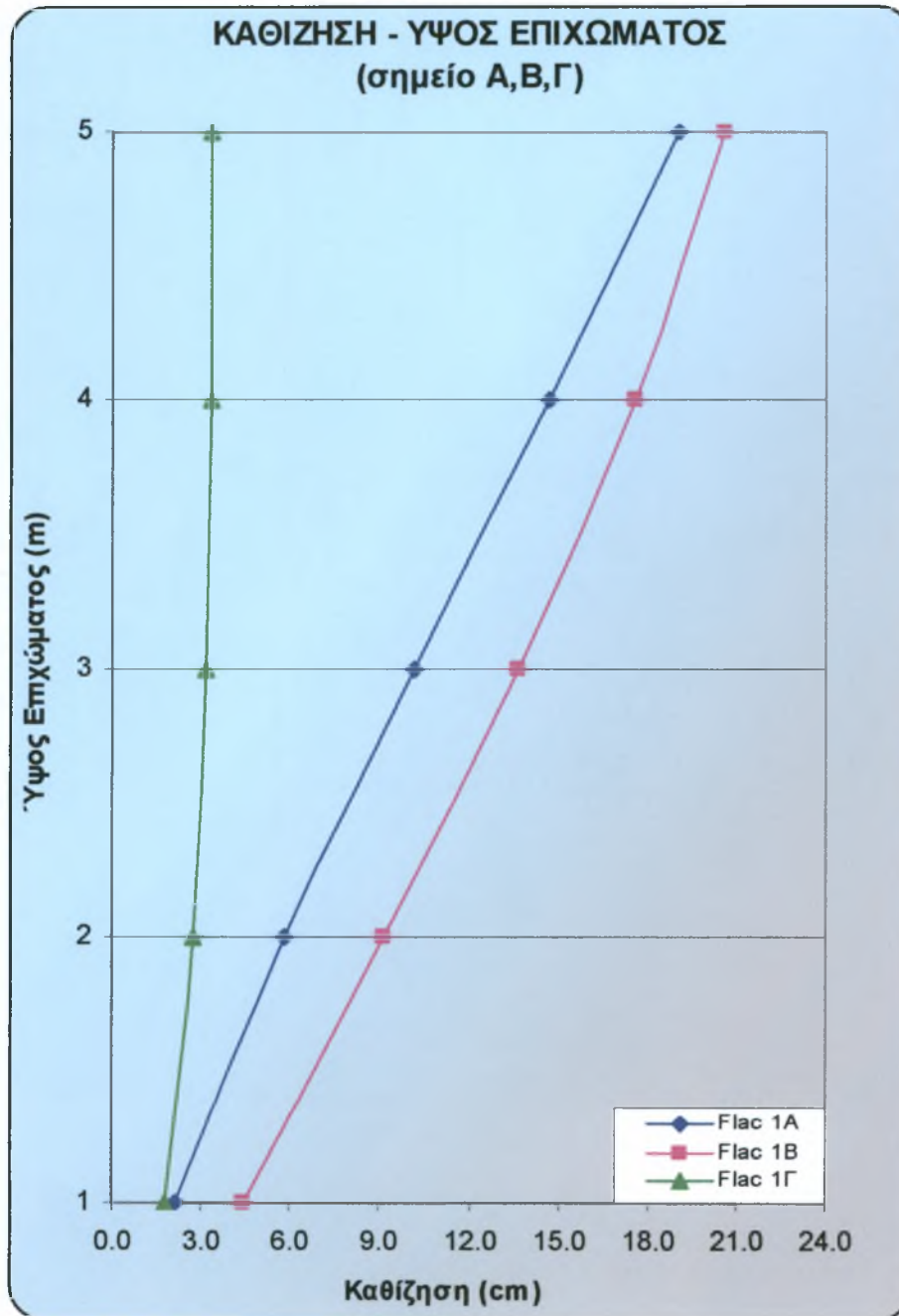
Σχήμα Δ.8

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



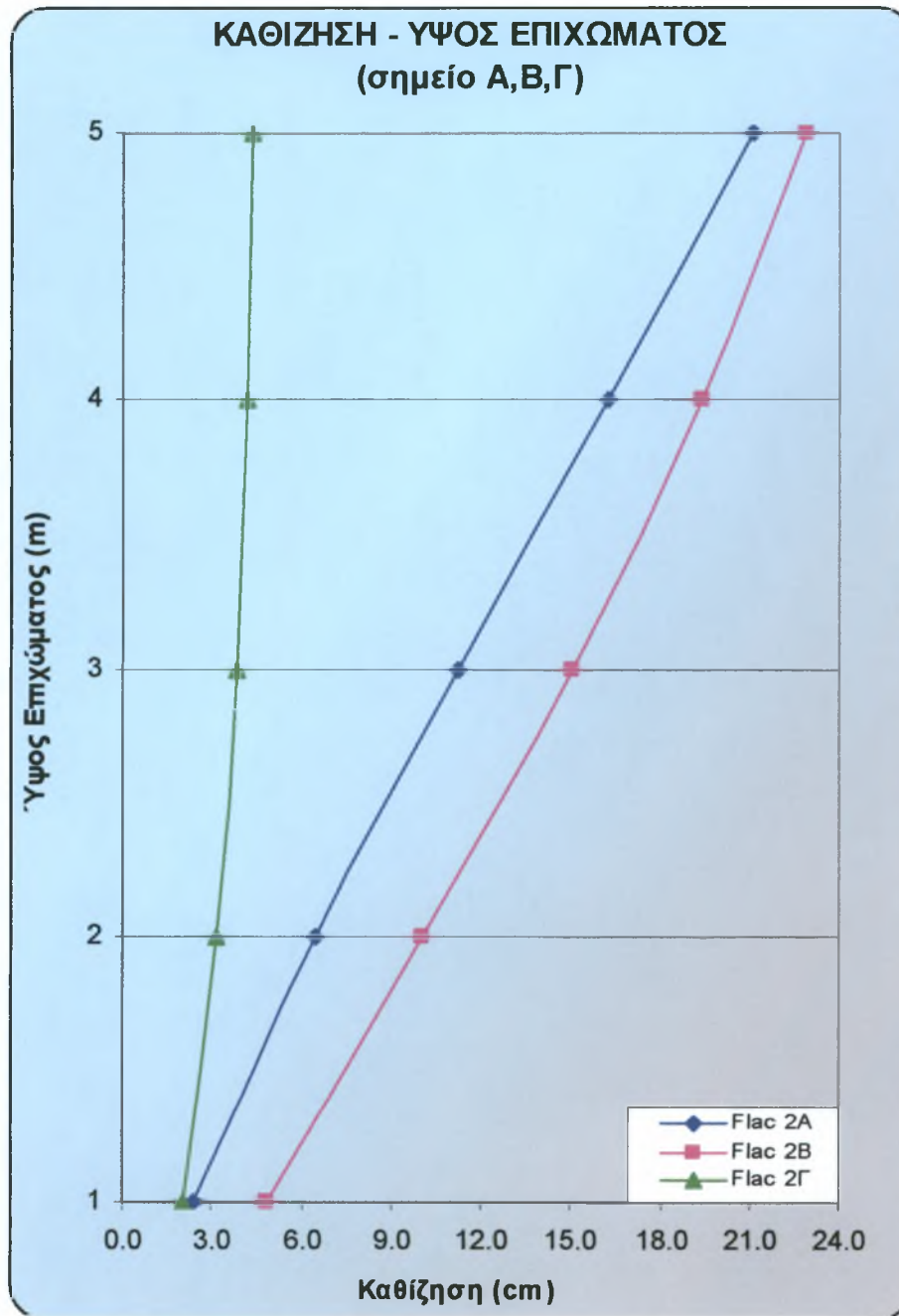
Σχήμα Δ.9

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



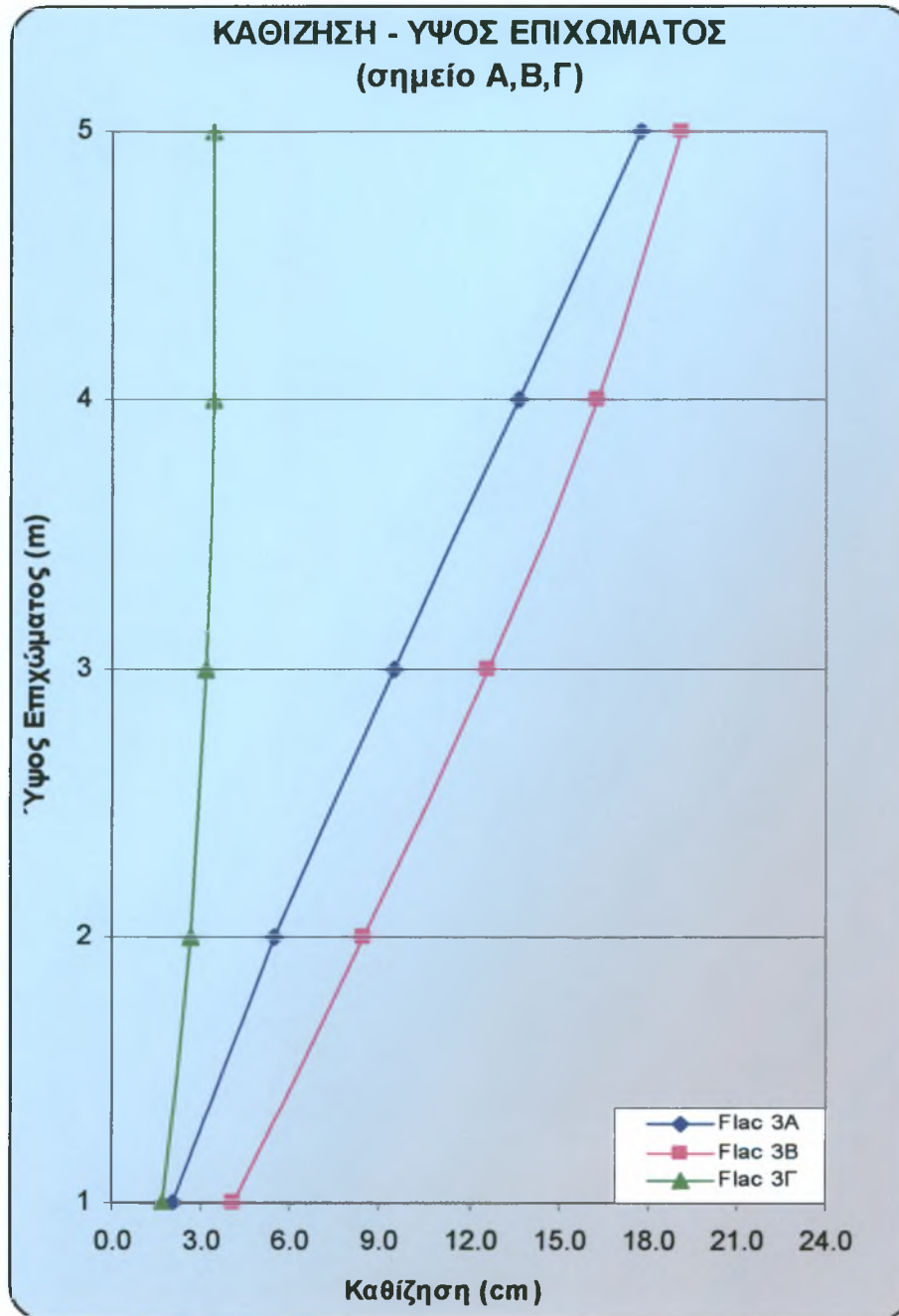
Σχήμα Δ.10

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



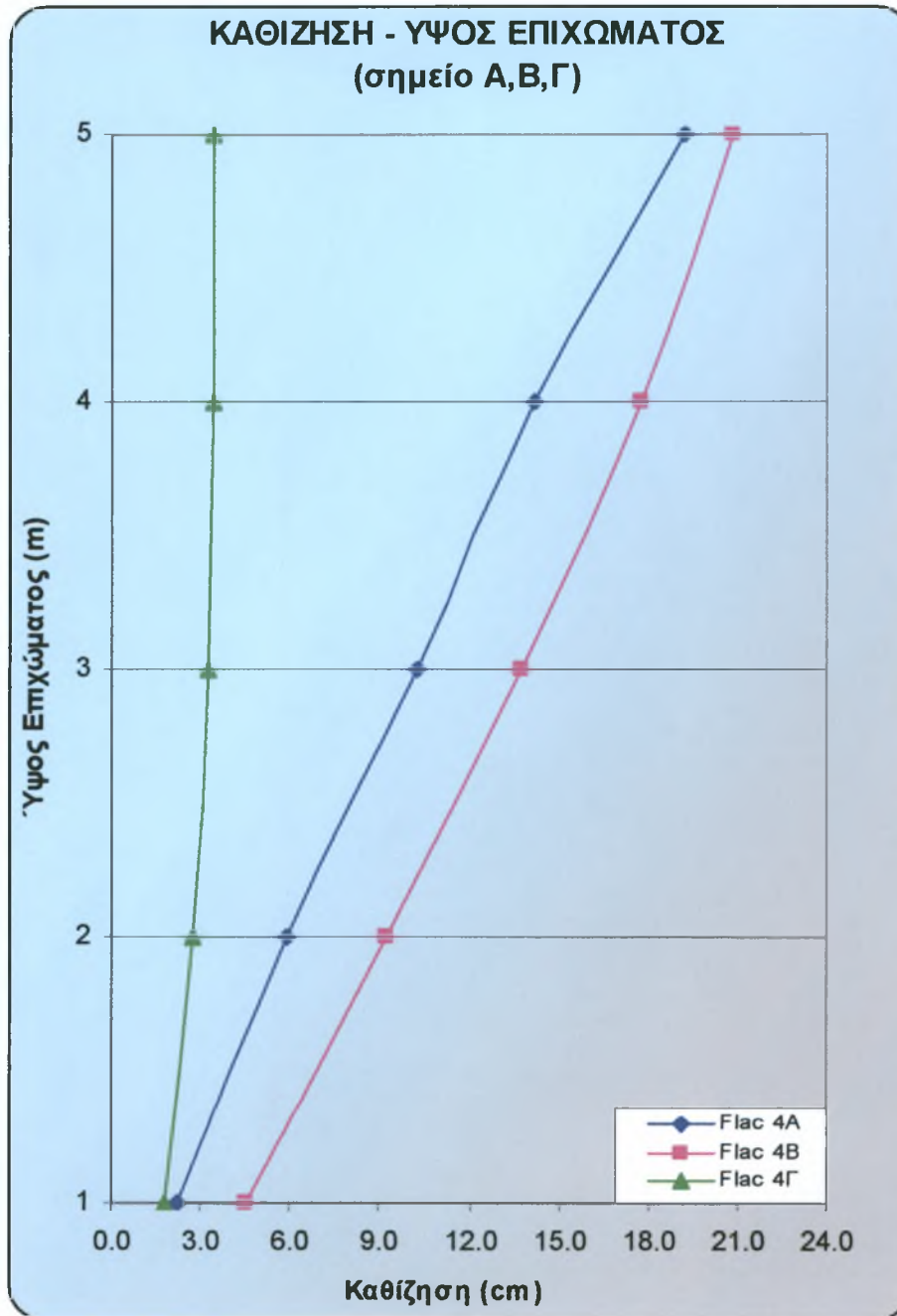
Σχήμα Δ.11

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



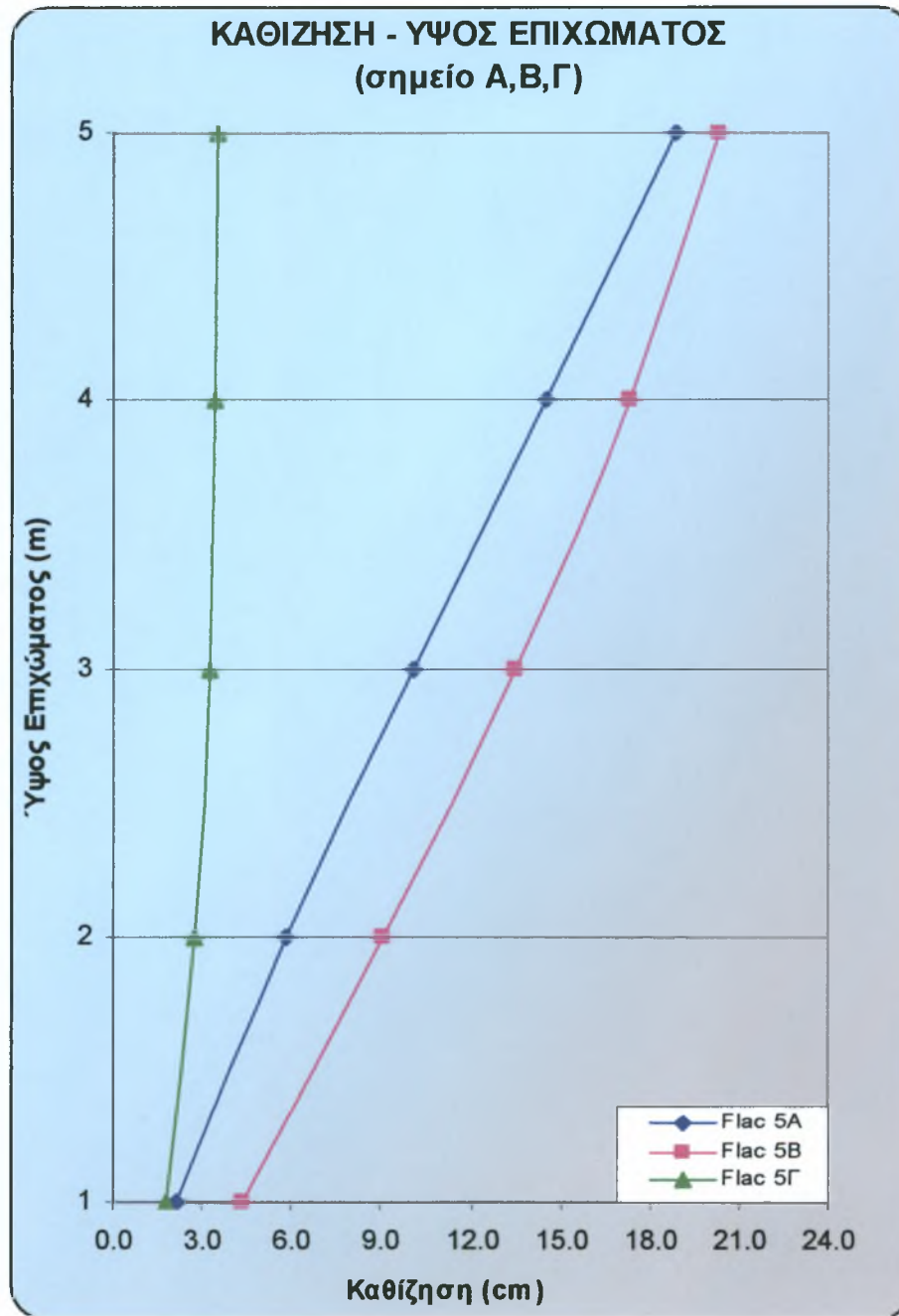
Σχήμα Δ.12

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



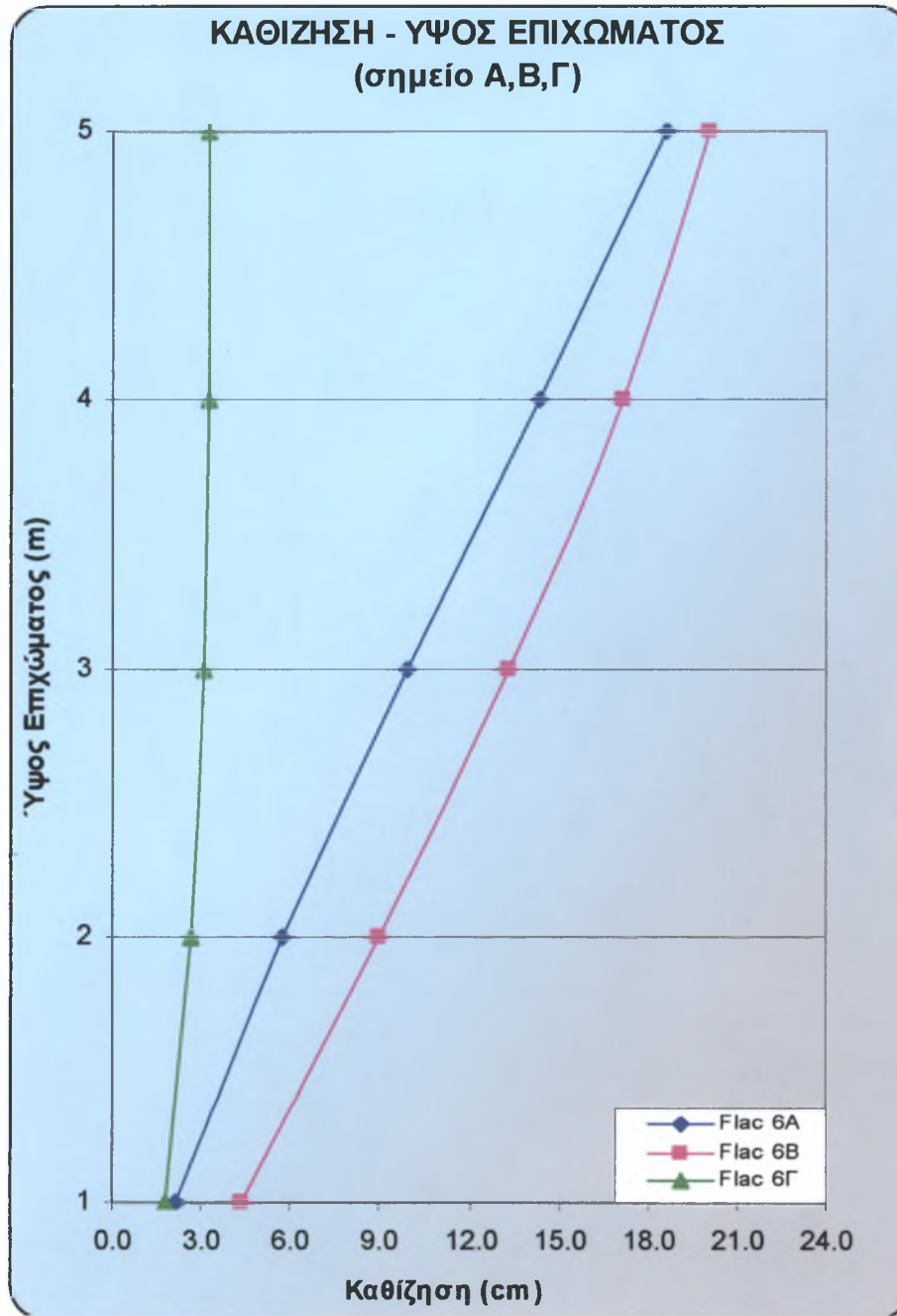
Σχήμα Δ.13

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά μέτρο ύψους



Σχήμα Δ.14

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους



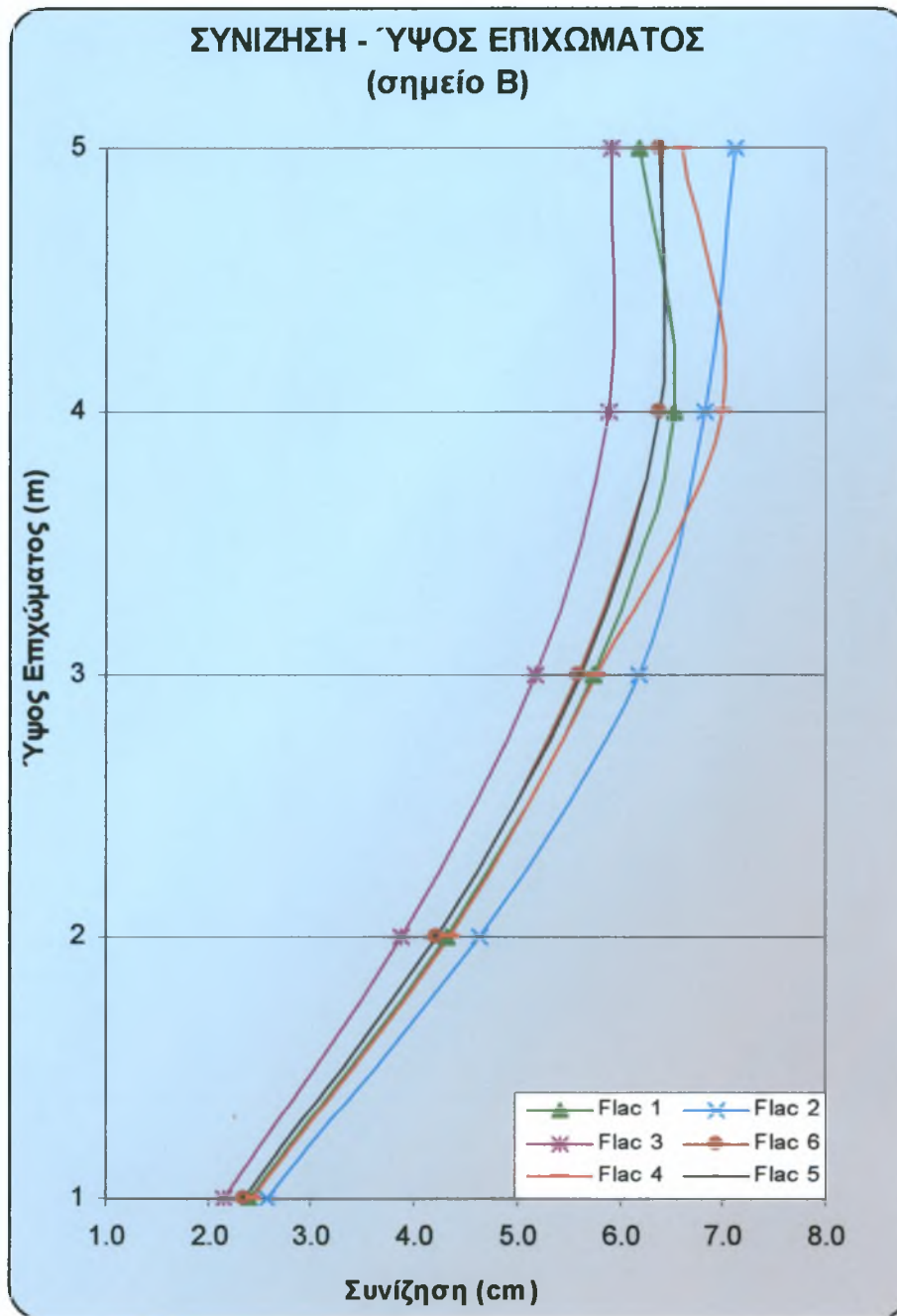
Σχήμα Δ.15

Απεικόνιση καθιζήσεων με το ύψος του επιχώματος ανά
μέτρο ύψους

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ε

Απεικόνιση Αποτελεσμάτων "Συνίζησης – Ύψους Επιχώματος"



Σχήμα Ε.1

Απεικόνιση συνίζησης του επιχώματος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

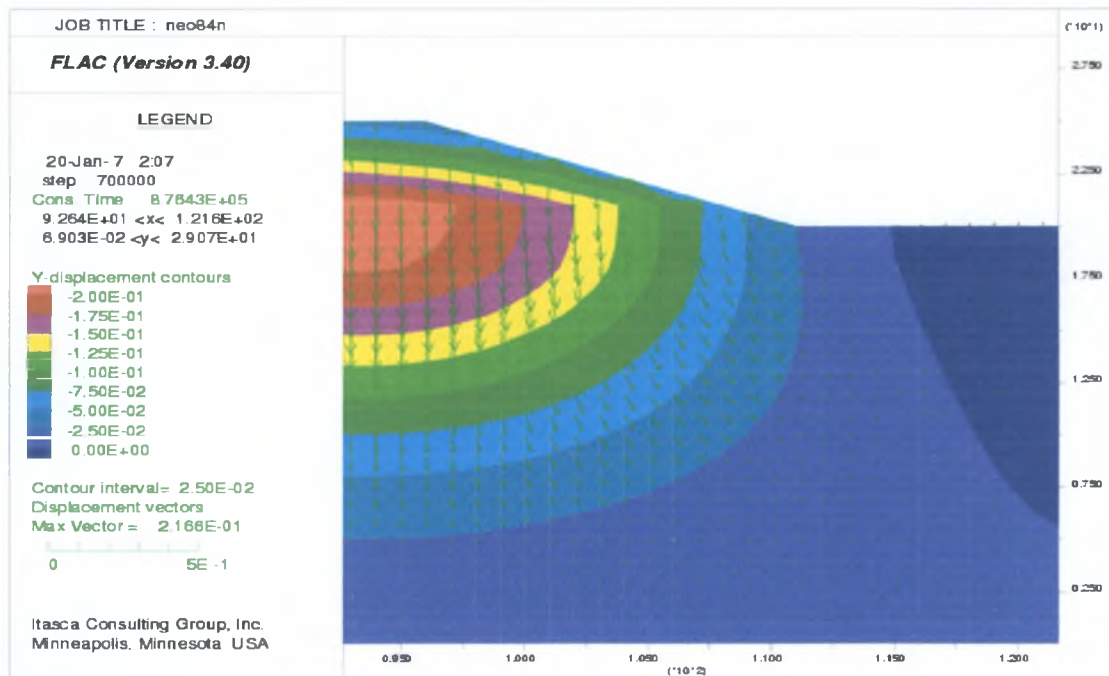
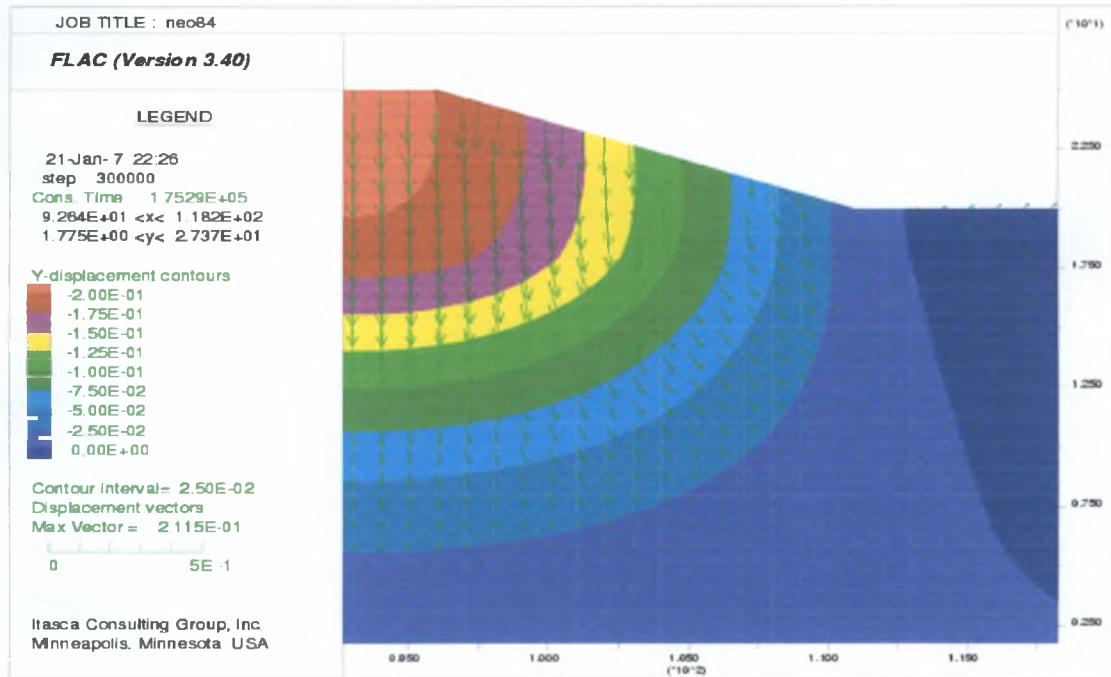
**Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Αριθμητικού Προσομοιώματος Πεδίων
Μετατοπίσεων και Τάσεων**

Ακολουθως παρατίθενται τα πεδία μετατοπίσεων και τάσεων, για τις αντίστοιχες παραμετρικές αναλύσεις, που υπέστη η φέρουσα γεωμάζα με τη θεμελίωση του νέου επιχώματος με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι ο ολικός σχεδιασμός του νέου επιχώματος, ενώ ο δεύτερος ορίζει την τμηματική μελέτη σχεδιασμού του νέου επιχώματος ανά μέτρο ύψους (1m). Πρέπει να επισημανθεί σε αυτή τη φάση ότι, την παρουσίαση της τμηματικής επίλυσης του επιχώματος, την λάβαμε μόνο για την βέλτιστη προσέγγιση παραμετρικής ανάλυσης (ομάδα παραμετρικών αναλύσεων Δ', neo81n, σελ. 54 – 56 και 57 – 59), ενώ για τις λοιπές οριζόμενες εξαιτίσεις για λόγους συντομίας ελήφθη το μέγιστο ύψος (5m) του επιχώματος.

Για ευνόητους λόγους χαρακτηρίζονται οι επιλύσεις με το αντίστοιχο κάθε φορά αριθμητικό προσομοίωμα, ως ακολούθως :

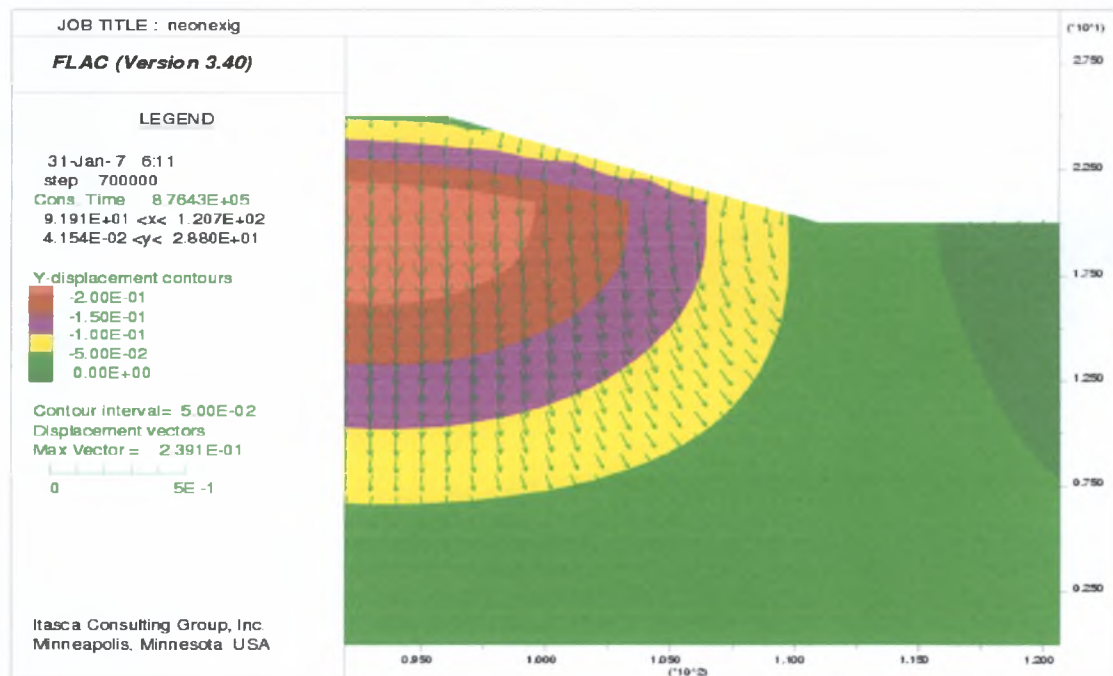
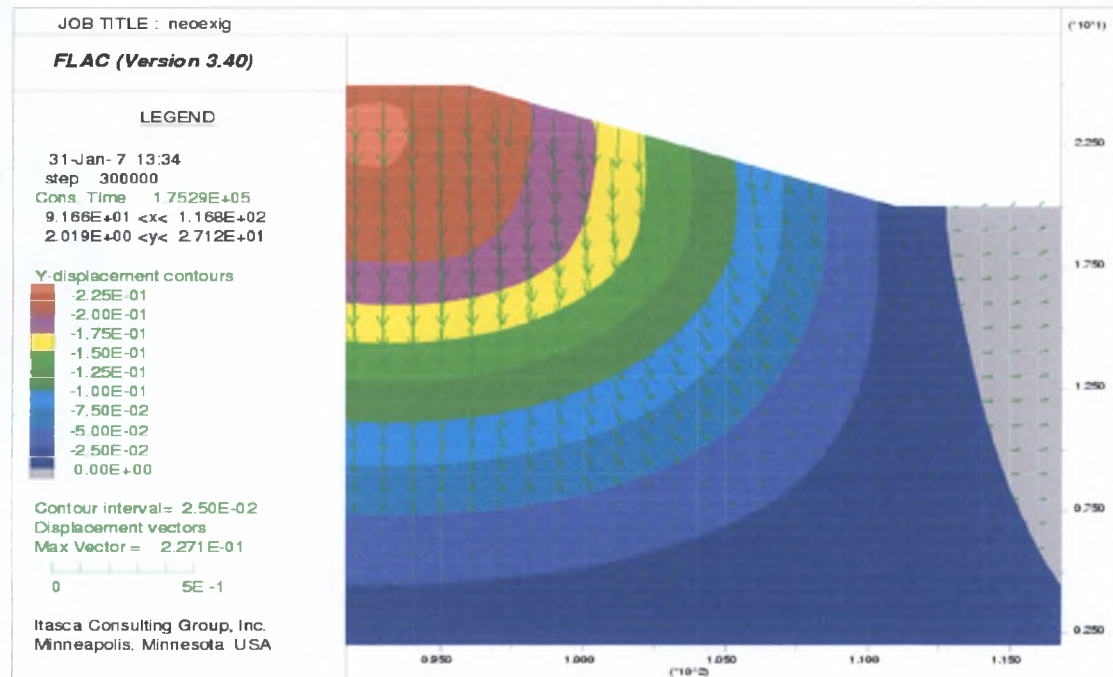
Neo84	: Flac 1, παραμετρική ανάλυση Α'
Neo84n	: Flac 1, παραμετρική ανάλυση Α' (τμηματική επίλυση)
Neoexig	: Flac 2, παραμετρική ανάλυση Β'
Neonexig	: Flac 2, παραμετρική ανάλυση Β' (τμηματική επίλυση)
Neo69	: Flac 3, παραμετρική ανάλυση Γ'
Neo69n	: Flac 3, παραμετρική ανάλυση Γ' (τμηματική επίλυση)
Neo81	: Flac 4, παραμετρική ανάλυση Δ'
Neo82	: Flac 5, παραμετρική ανάλυση Ε'
Neo82n	: Flac 5, παραμετρική ανάλυση Ε' (τμηματική επίλυση)
Neo83	: Flac 6, παραμετρική ανάλυση ΣΤ'
Neo83n	: Flac 6, παραμετρική ανάλυση ΣΤ' (τμηματική επίλυση)
Maxexig	: Flac 7, παραμετρική ανάλυση Ζ'

Minexig : Flac 8, παραμετρική ανάλυση H'



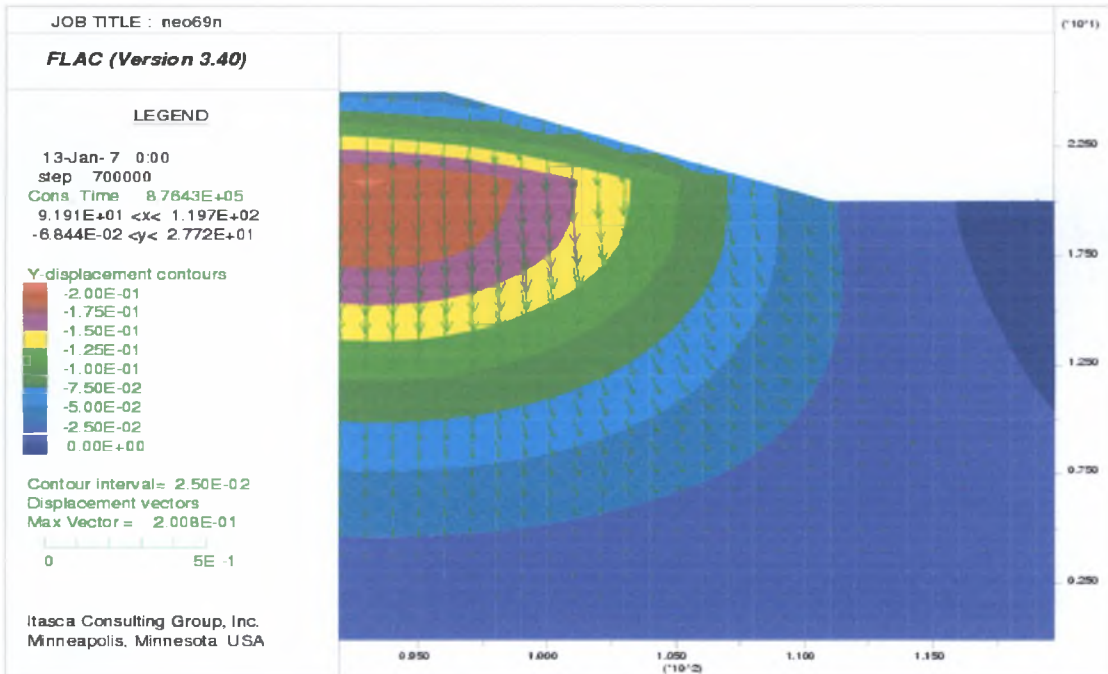
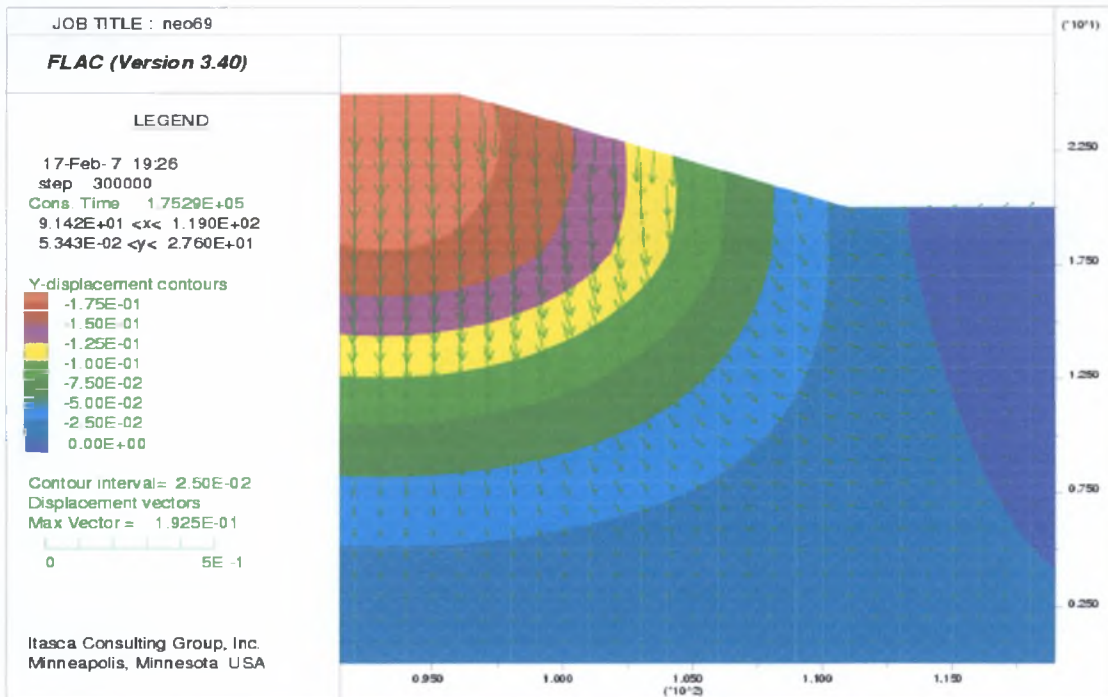
Σχήμα ΣΤ.1

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



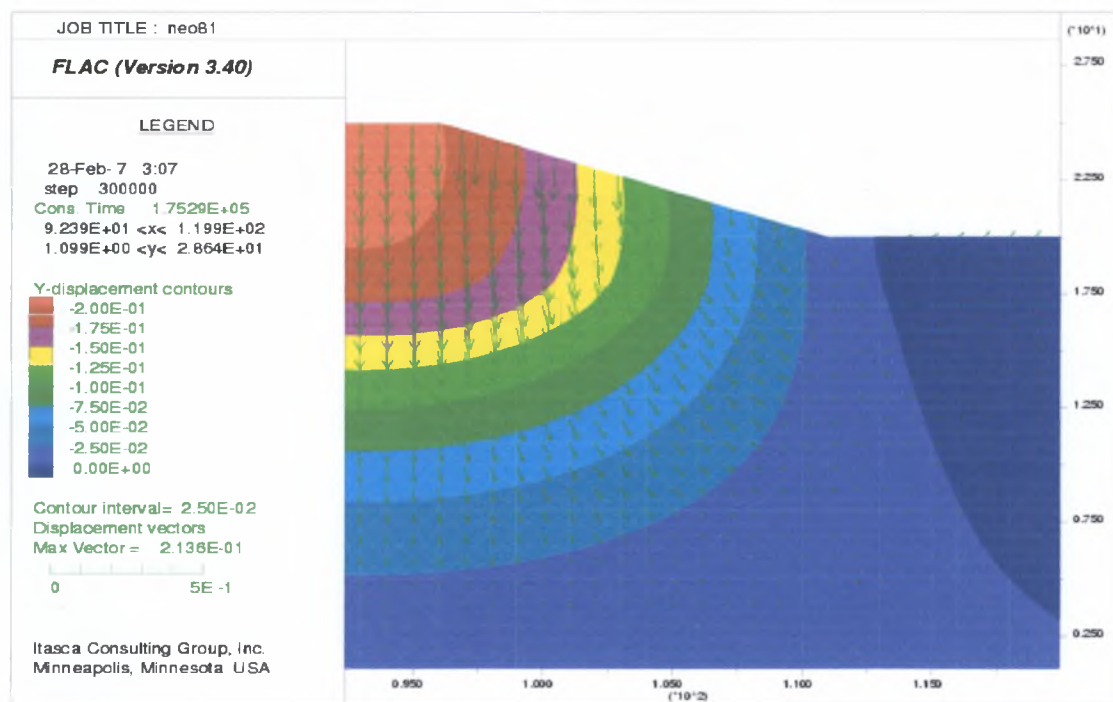
Σχήμα ΣΤ.2

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



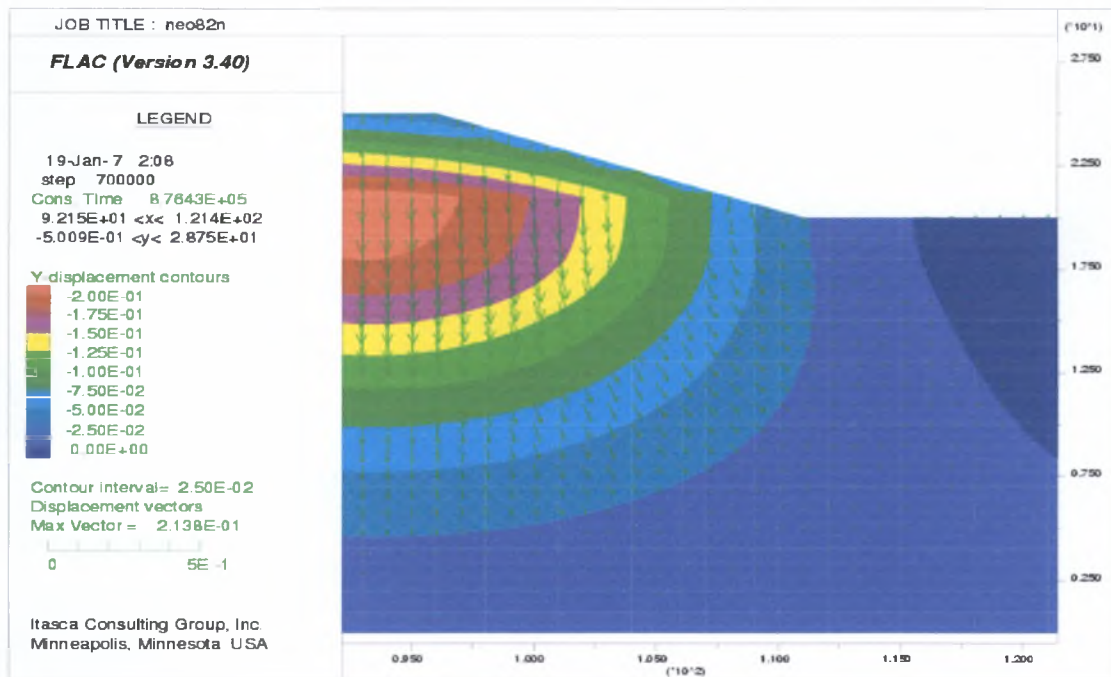
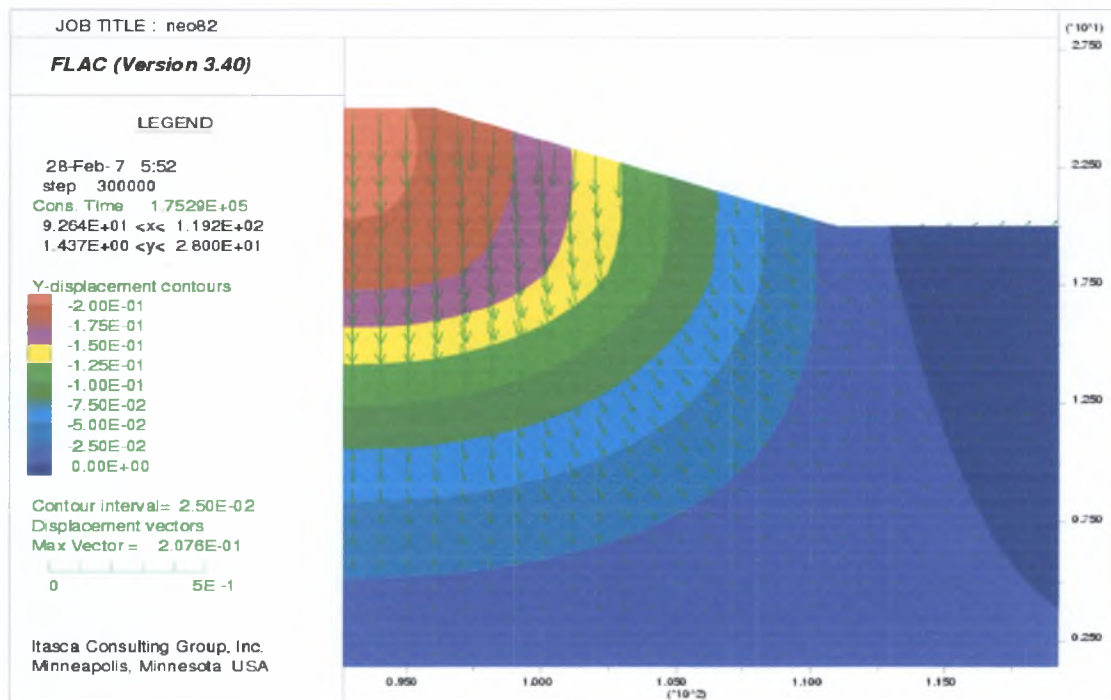
Σχήμα ΣΤ.3

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



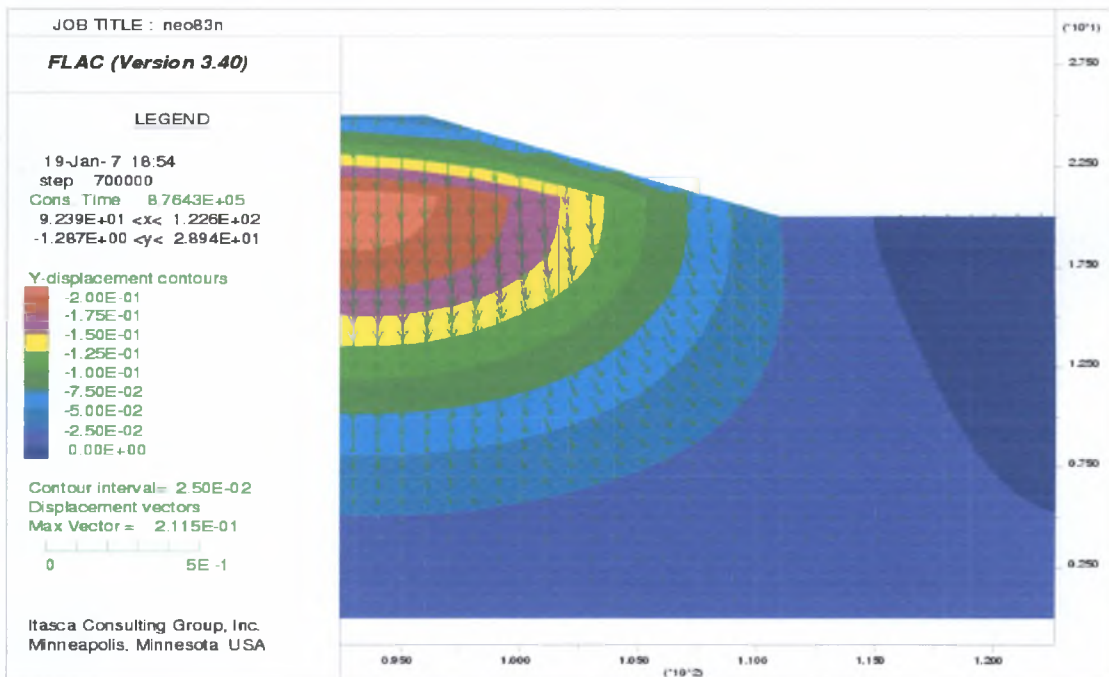
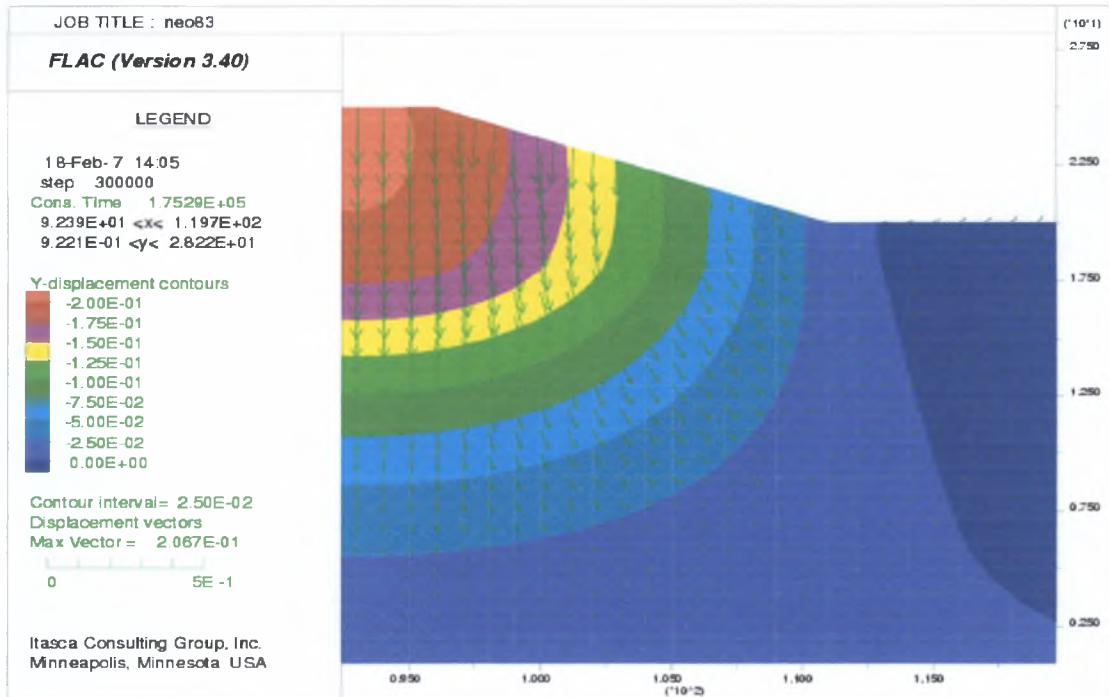
Σχήμα ΣΤ.4

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



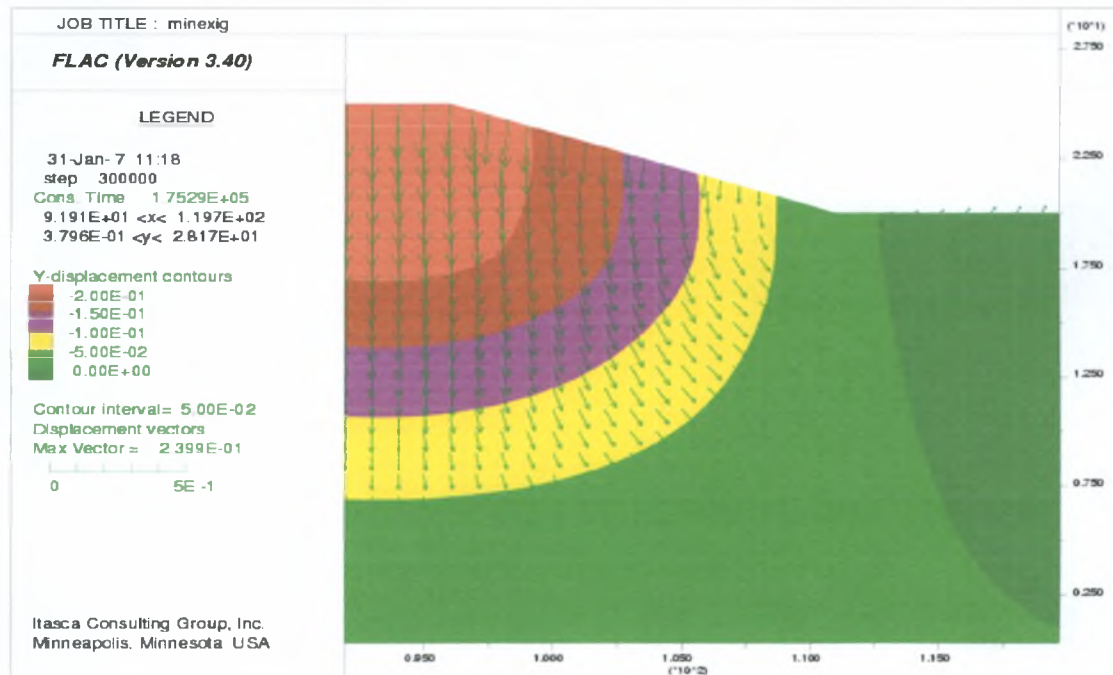
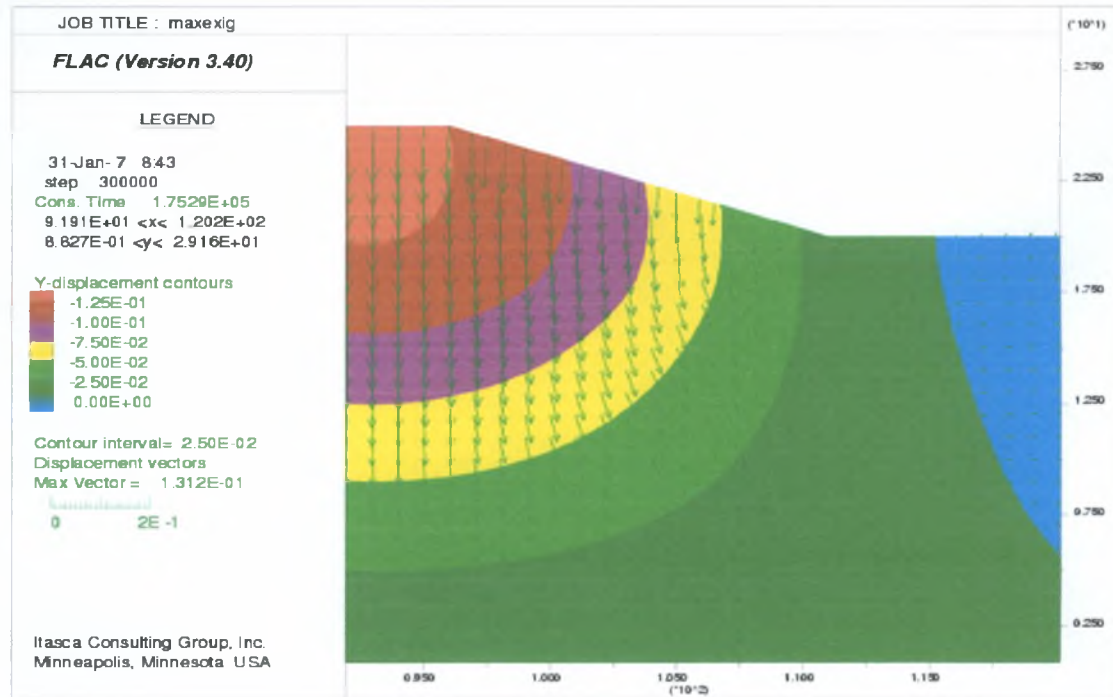
Σχήμα ΣΤ.5

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



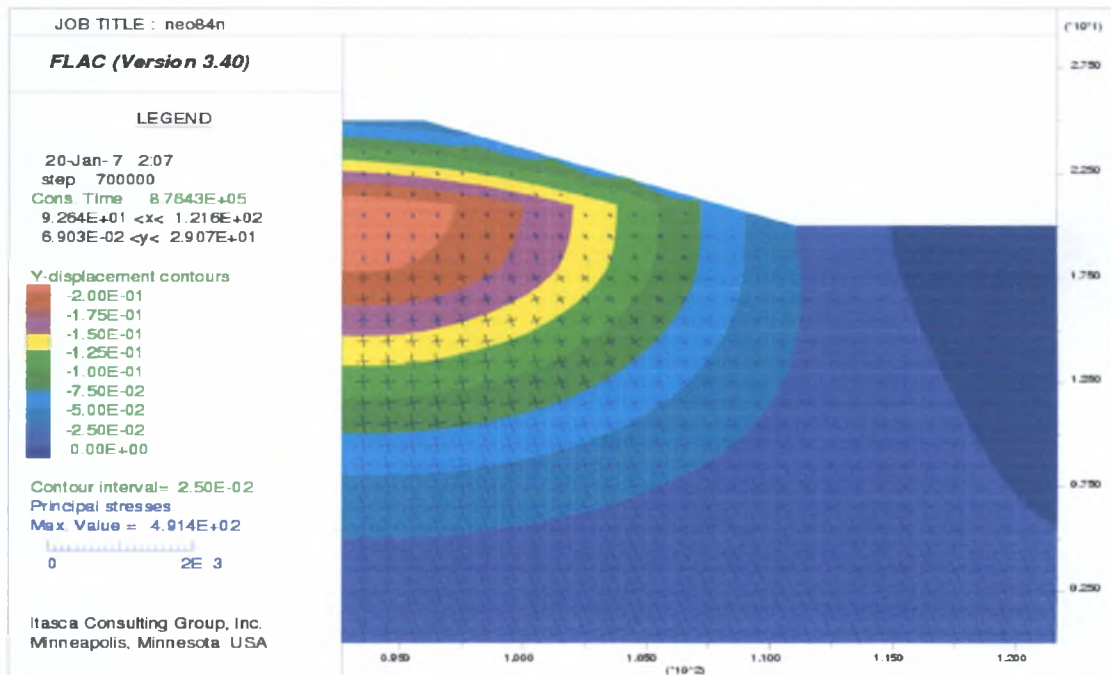
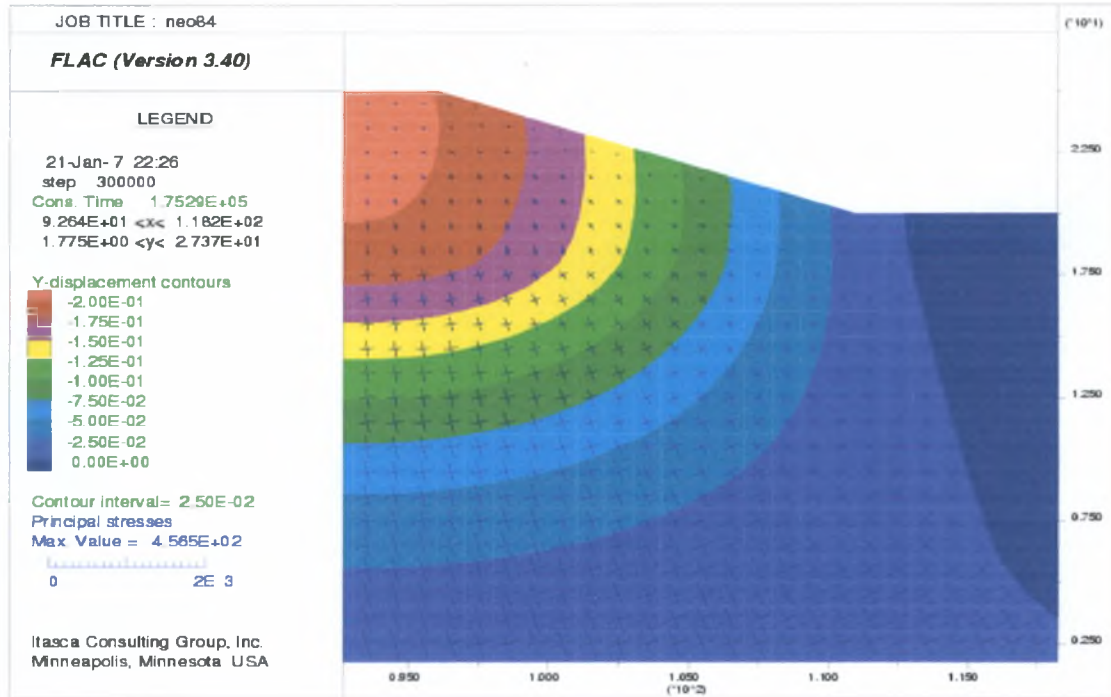
Σχήμα ΣΤ.6

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



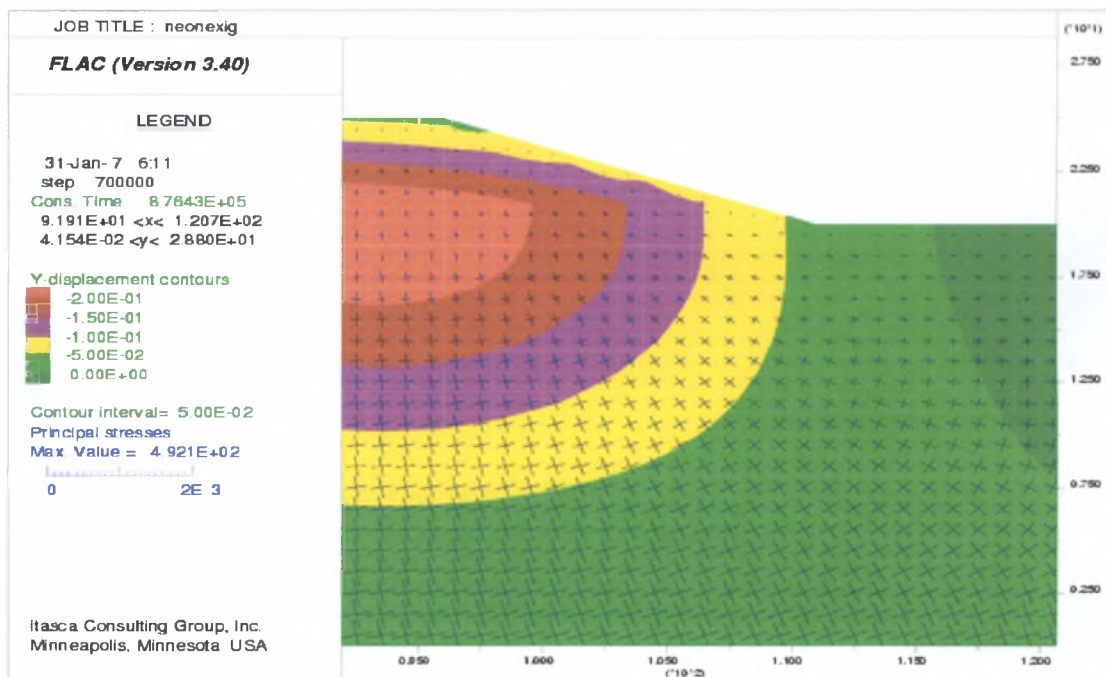
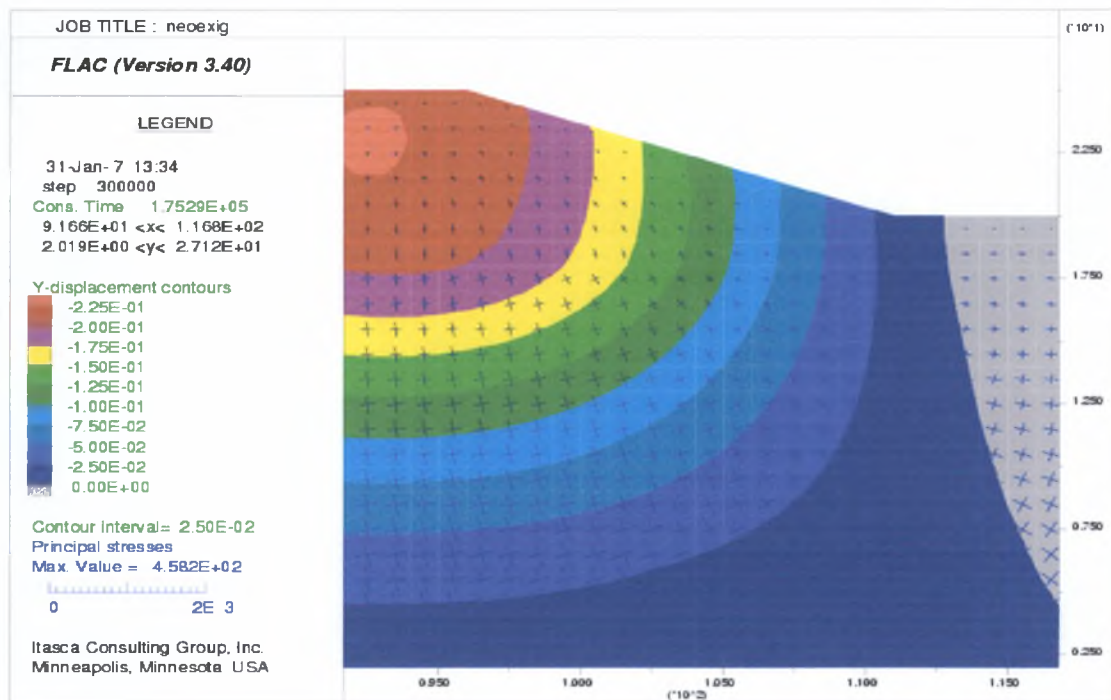
Σχήμα ΣΤ.7

Απεικόνιση κατανομής πεδίου μετατοπίσεων



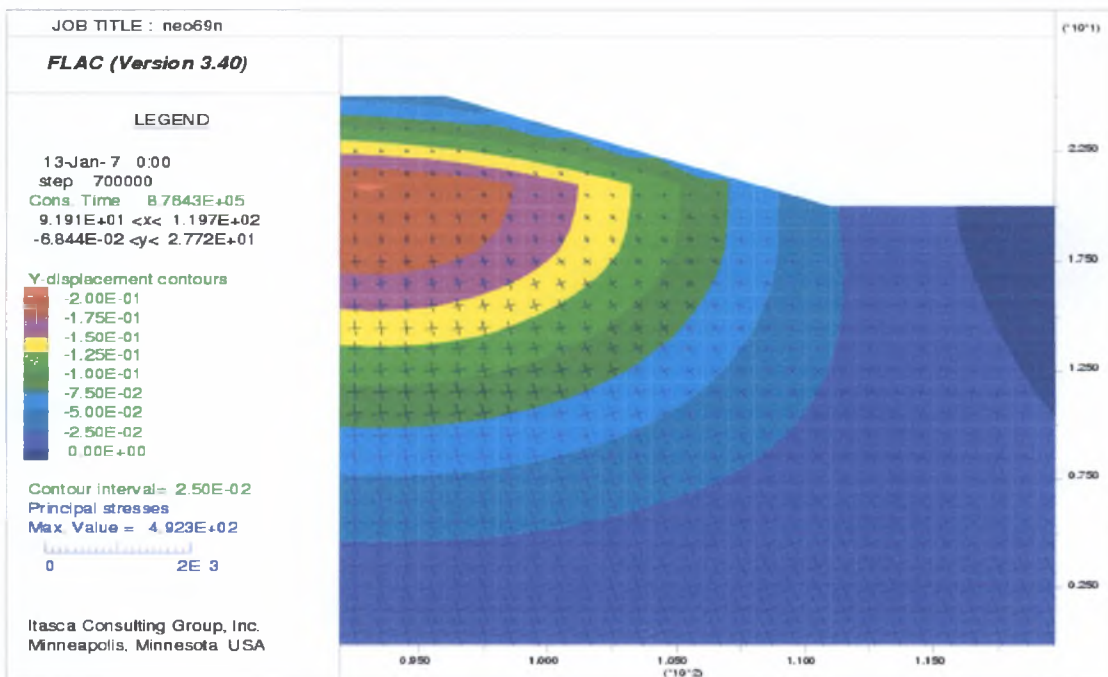
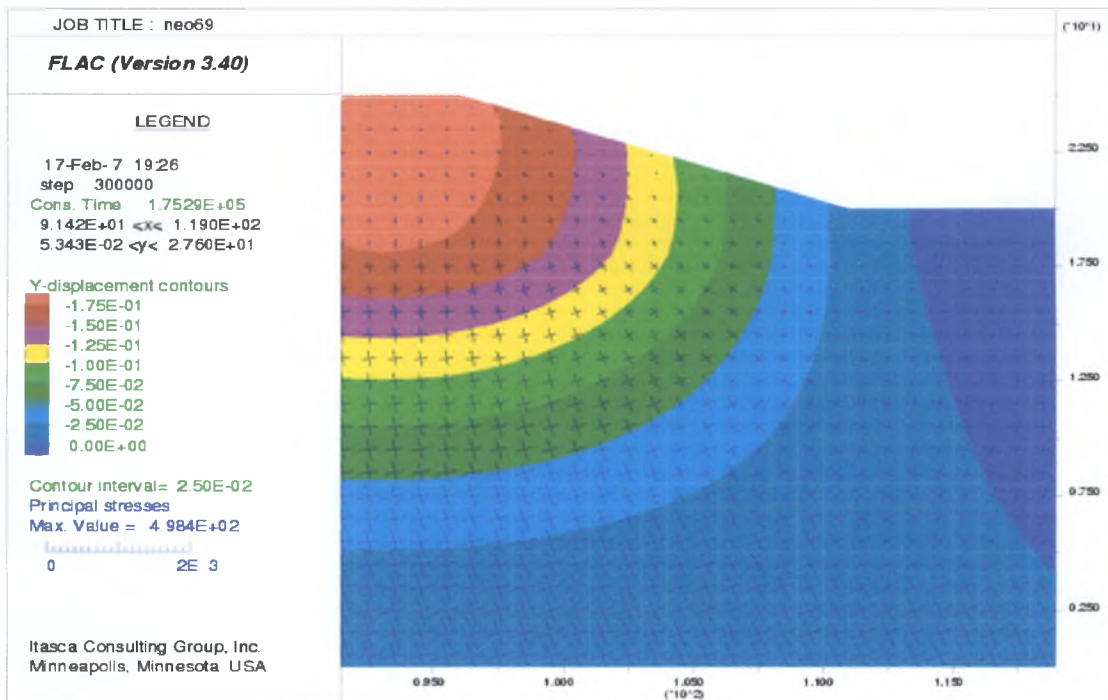
Σχήμα ΣΤ.8

Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων



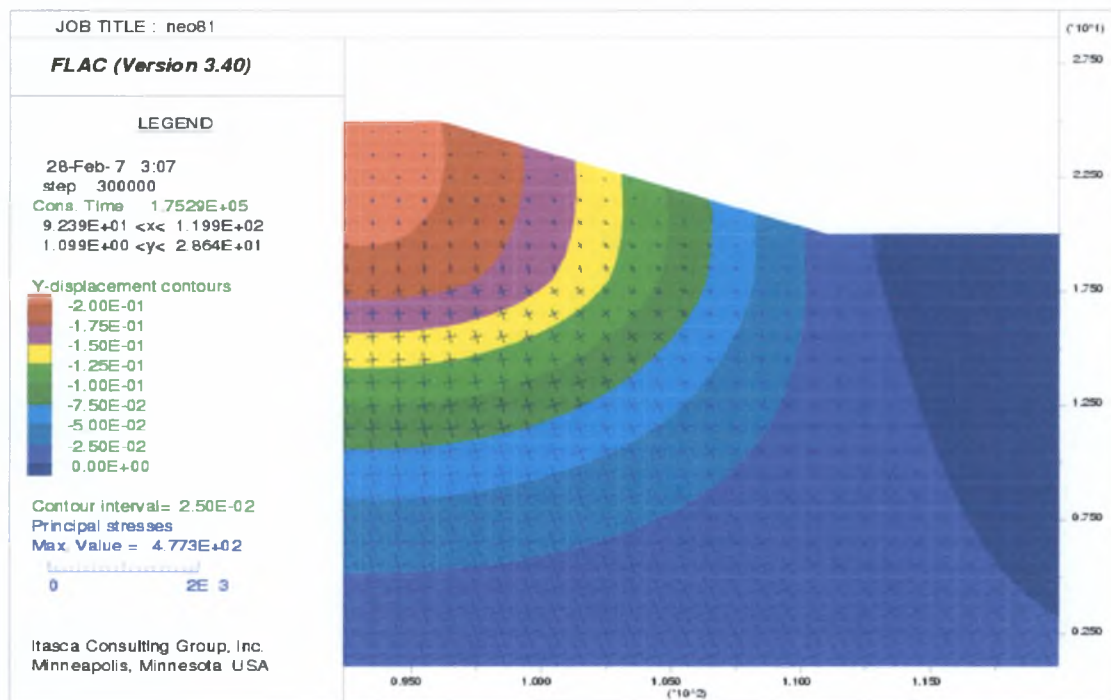
Σχήμα ΣΤ.9

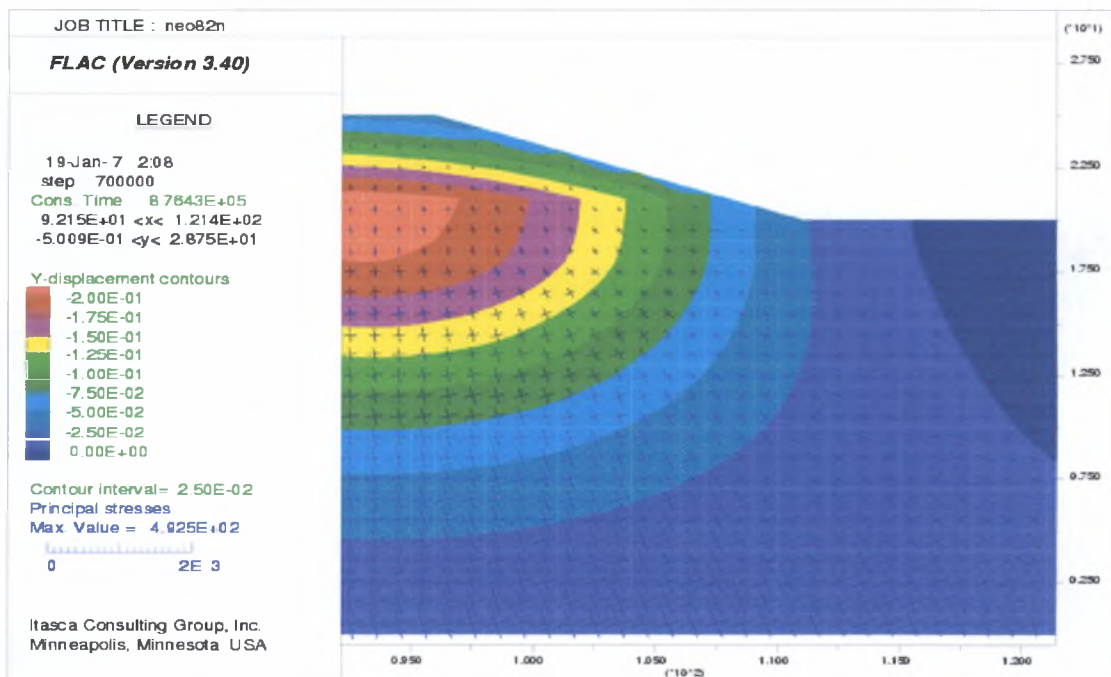
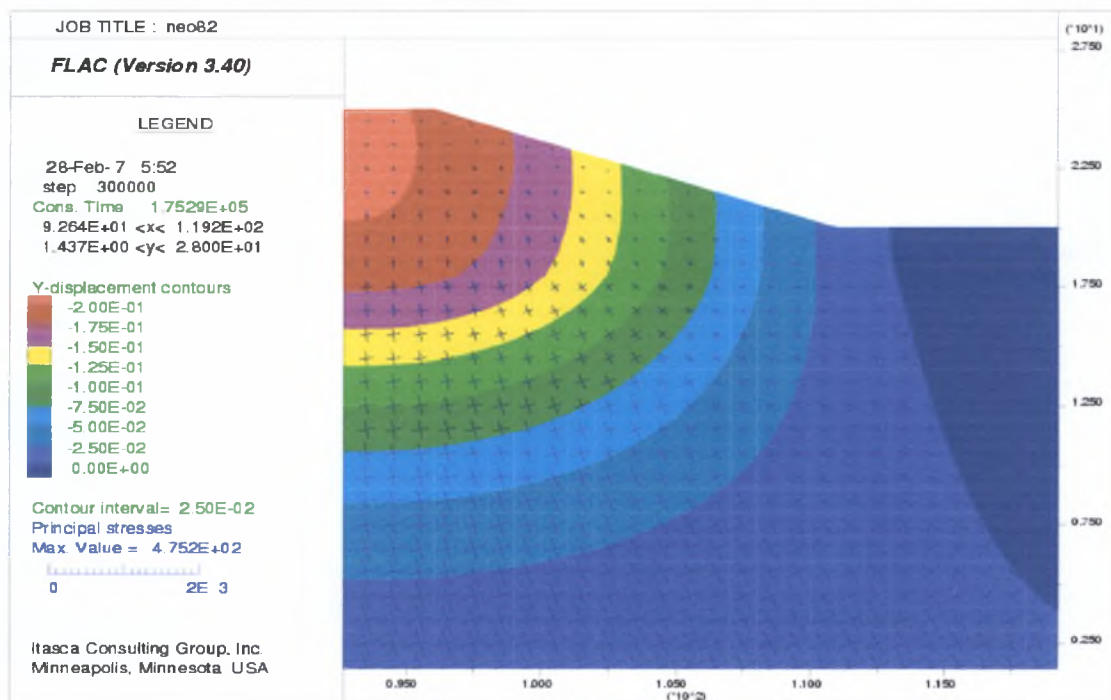
Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων



Σχήμα ΣΤ.10

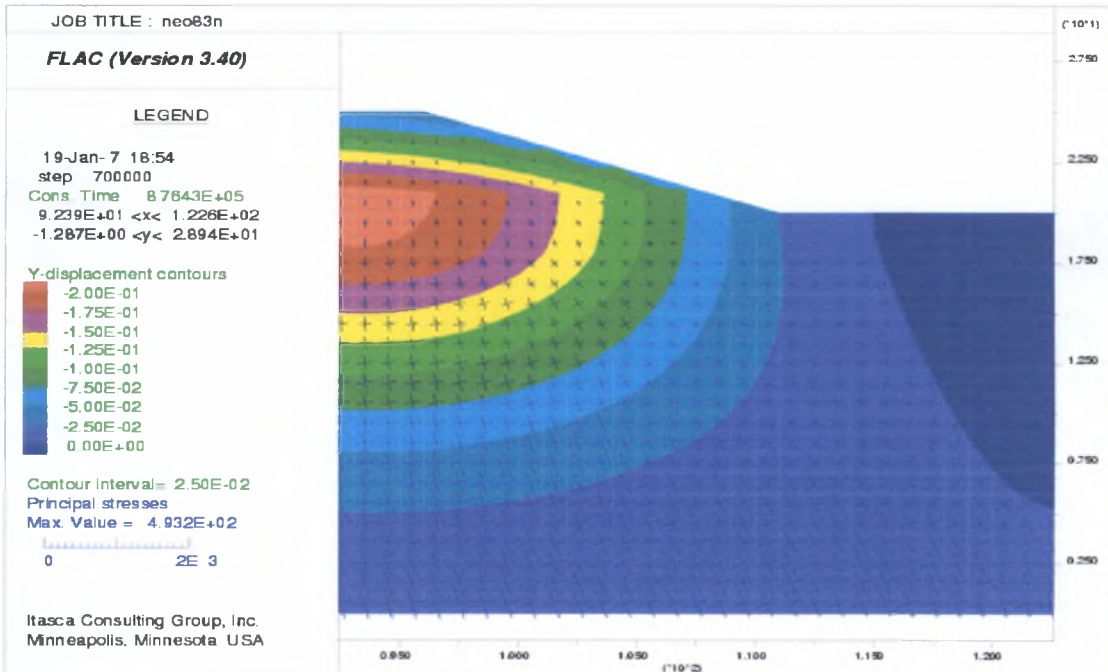
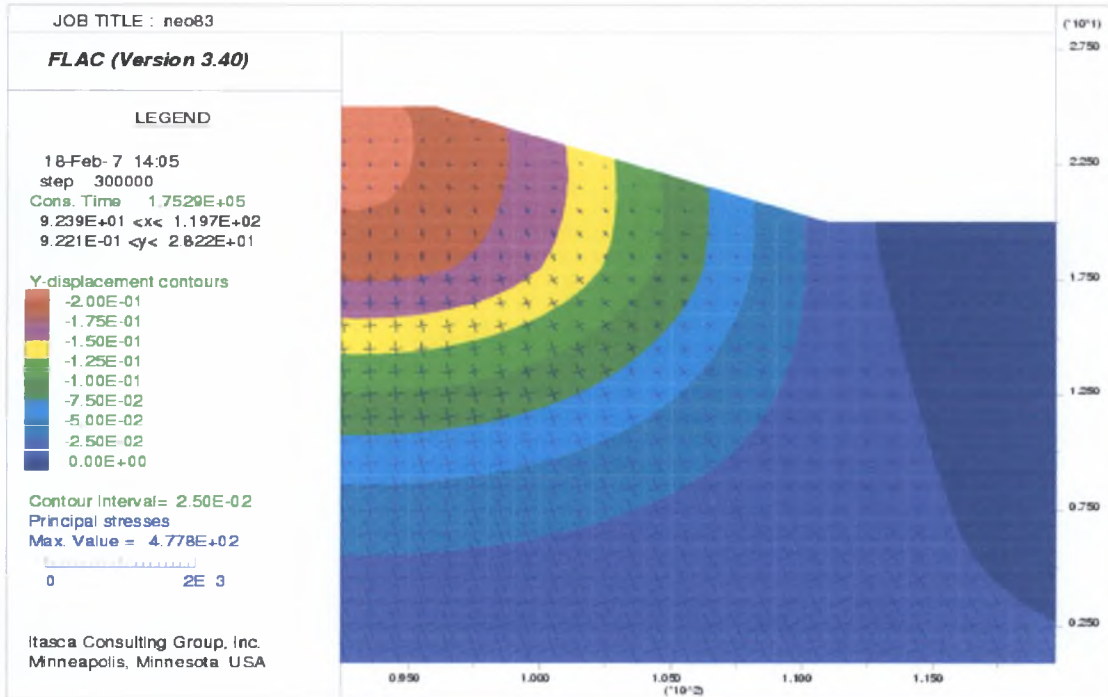
Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων





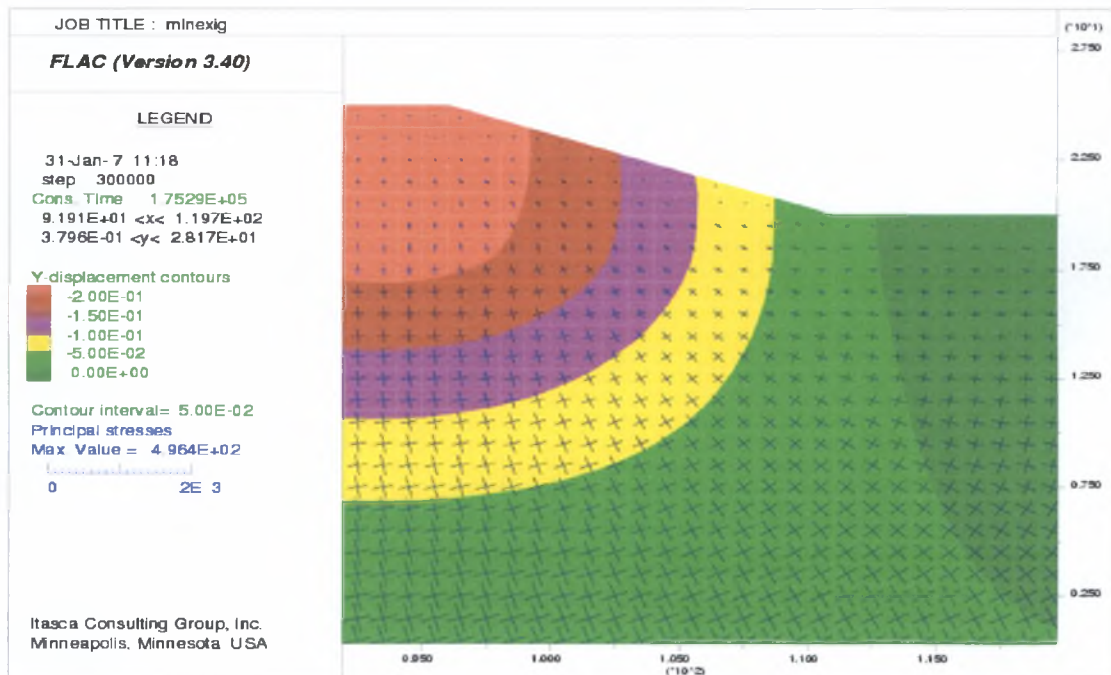
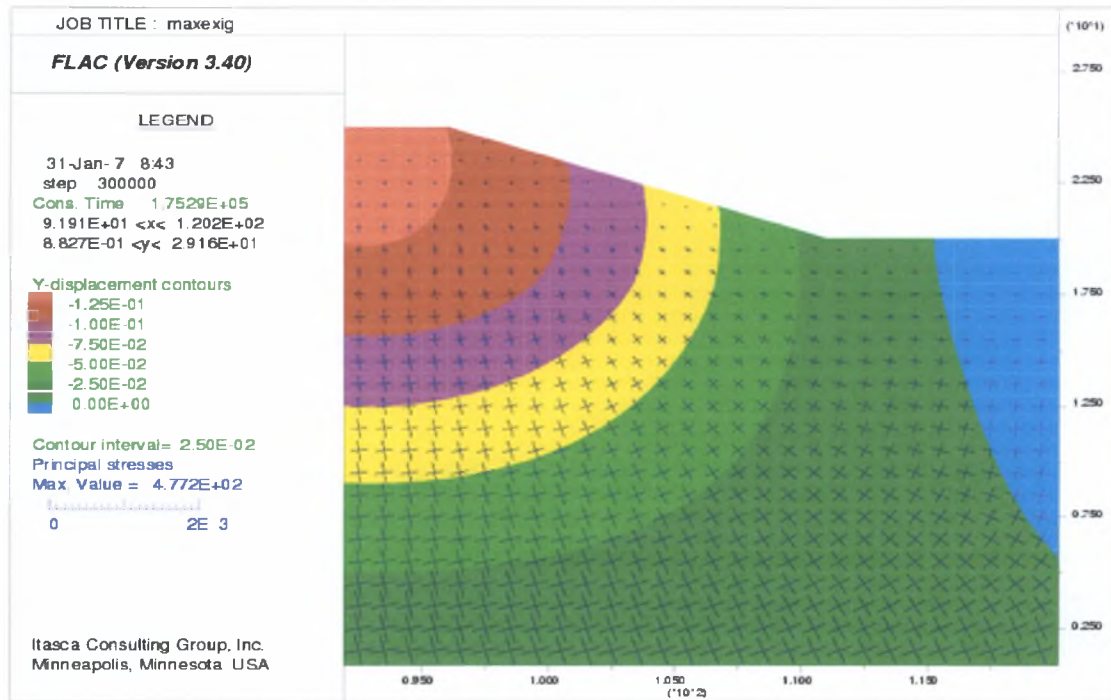
Σχήμα ΣΤ.12

Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων



Σχήμα ΣΤ.13

Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων



Σχήμα ΣΤ.14

Απεικόνιση κατανομής πεδίου τάσεων

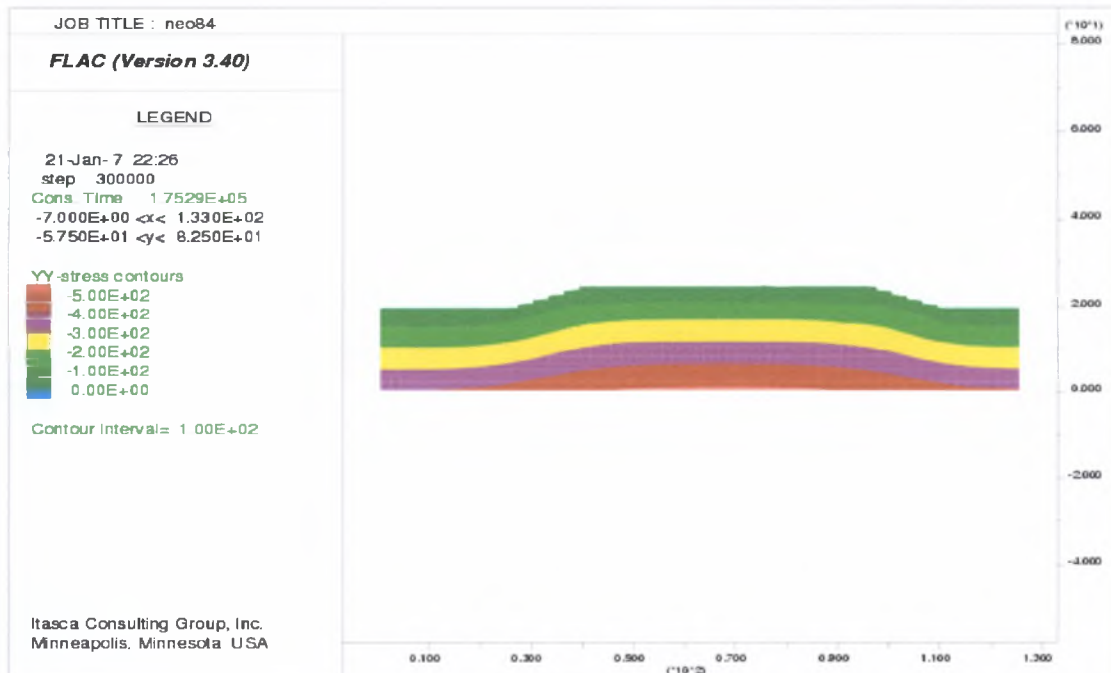
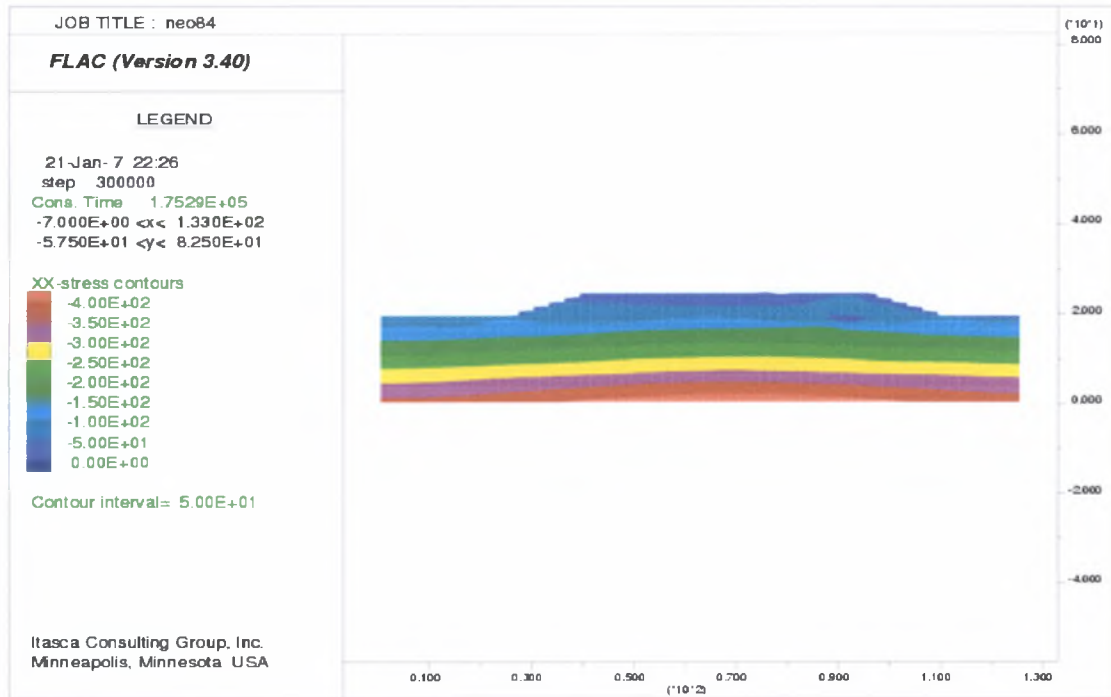
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

**Απεικόνιση Αποτελεσμάτων Αριθμητικού Προσομοιώματος Ισοβαρών
Ορθών και Διατμητικών Τάσεων**

Ακολουθως παρατίθενται οι ισοβαρείς των ορθών τάσεων (κατά τις διευθύνσεις x, y) και οι ισοβαρείς των διατητικών τάσεων για τις αντίστοιχες παραμετρικές αναλύσεις, που υπέστη η φέρουσα γεωμάζα με τη θεμελίωση του νέου επιχώματος, σύμφωνα με την ολική και την τμηματική κατασκευή του επιχώματος.

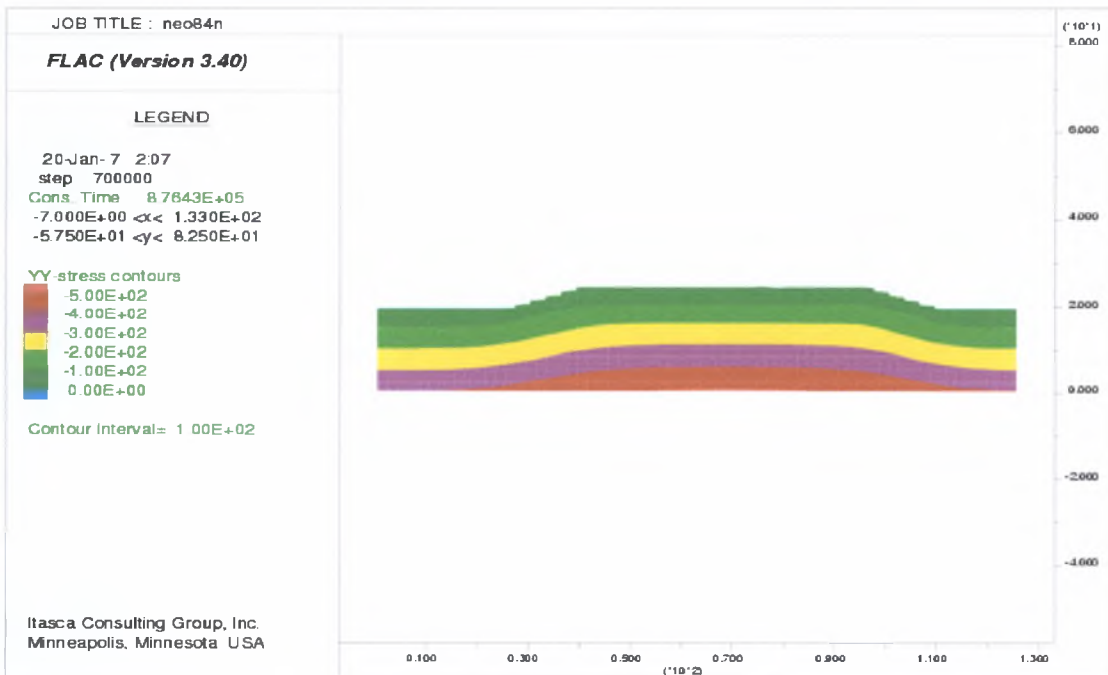
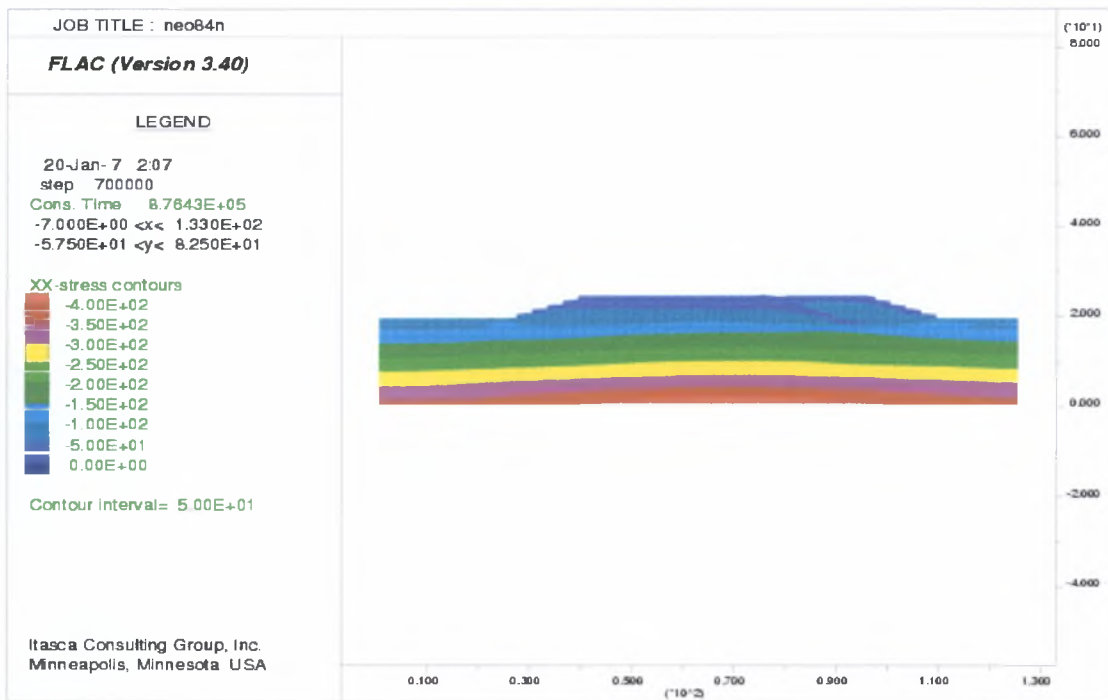
Για ευνόητους λόγους χαρακτηρίζονται οι επιλύσεις με το αντίστοιχο κάθε φορά αριθμητικό προσομοίωμα, ως ακολούθως :

Neo84	: Flac 1, παραμετρική ανάλυση A'
Neo84n	: Flac 1, παραμετρική ανάλυση A' (τμηματική επίλυση)
Neoexig	: Flac 2, παραμετρική ανάλυση B'
Neonexig	: Flac 2, παραμετρική ανάλυση B' (τμηματική επίλυση)
Neo69	: Flac 3, παραμετρική ανάλυση Γ'
Neo69n	: Flac 3, παραμετρική ανάλυση Γ' (τμηματική επίλυση)
Neo81	: Flac 4, παραμετρική ανάλυση Δ'
Neo81n	: Flac 4, παραμετρική ανάλυση Δ' (τμηματική επίλυση)
Neo82	: Flac 5, παραμετρική ανάλυση E'
Neo82n	: Flac 5, παραμετρική ανάλυση E' (τμηματική επίλυση)
Neo83	: Flac 6, παραμετρική ανάλυση ΣΤ'
Neo83n	: Flac 6, παραμετρική ανάλυση ΣΤ' (τμηματική επίλυση)
Maxexig	: Flac 7, παραμετρική ανάλυση Z'
Minexig	: Flac 8, παραμετρική ανάλυση H'



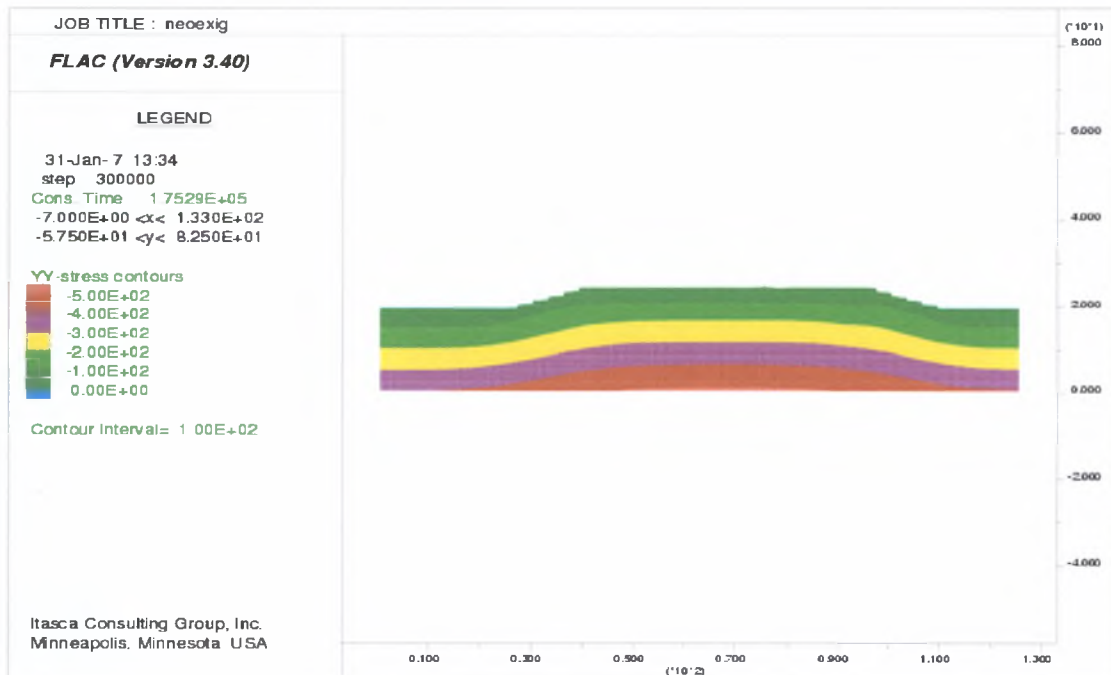
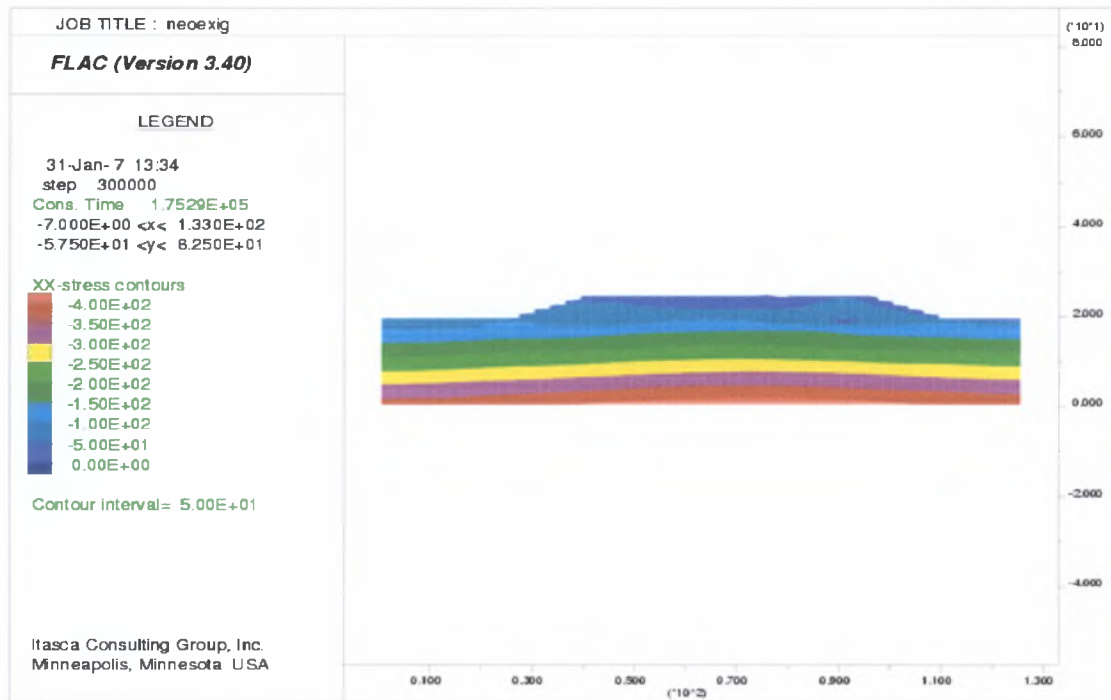
Σχήμα Ζ.1

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



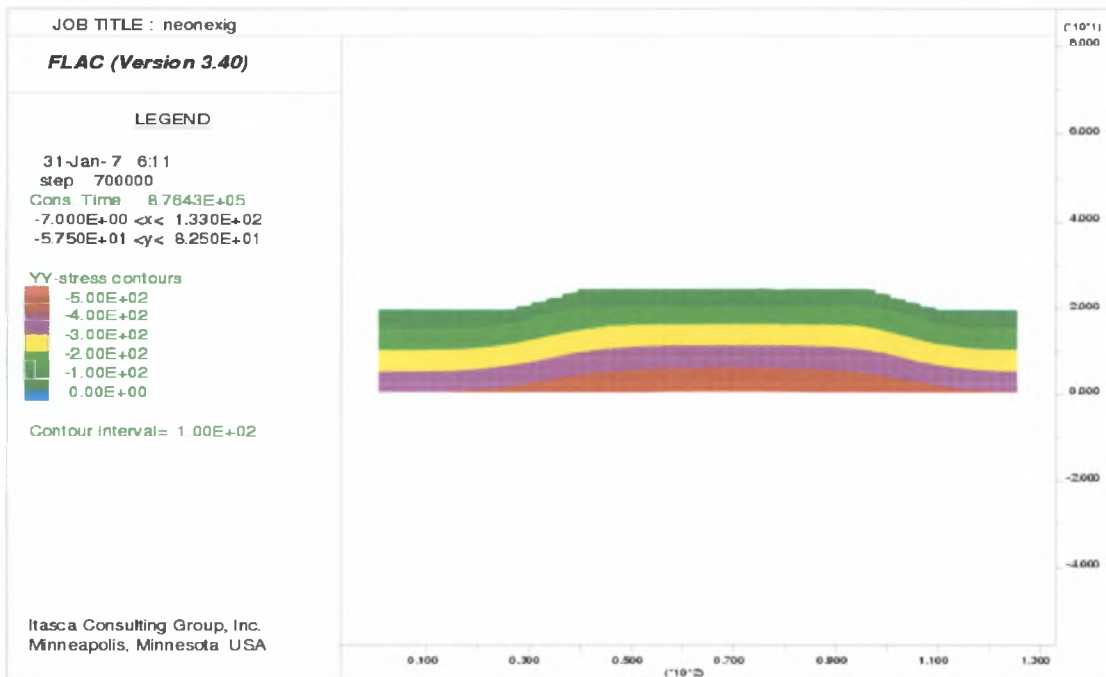
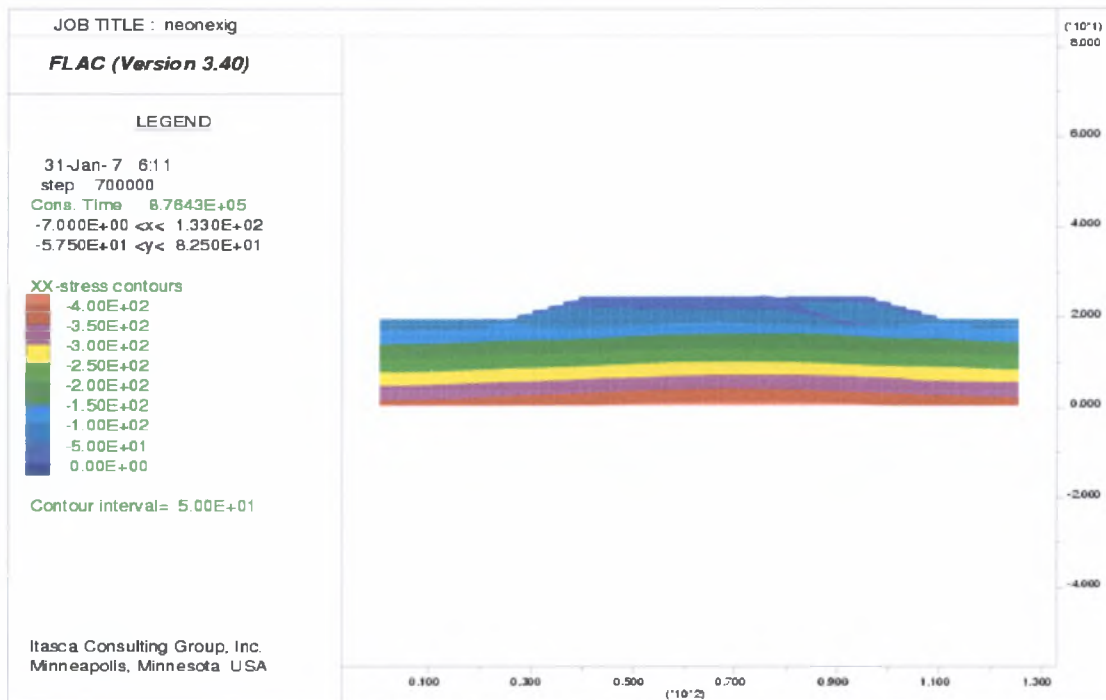
Σχήμα Ζ.2

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



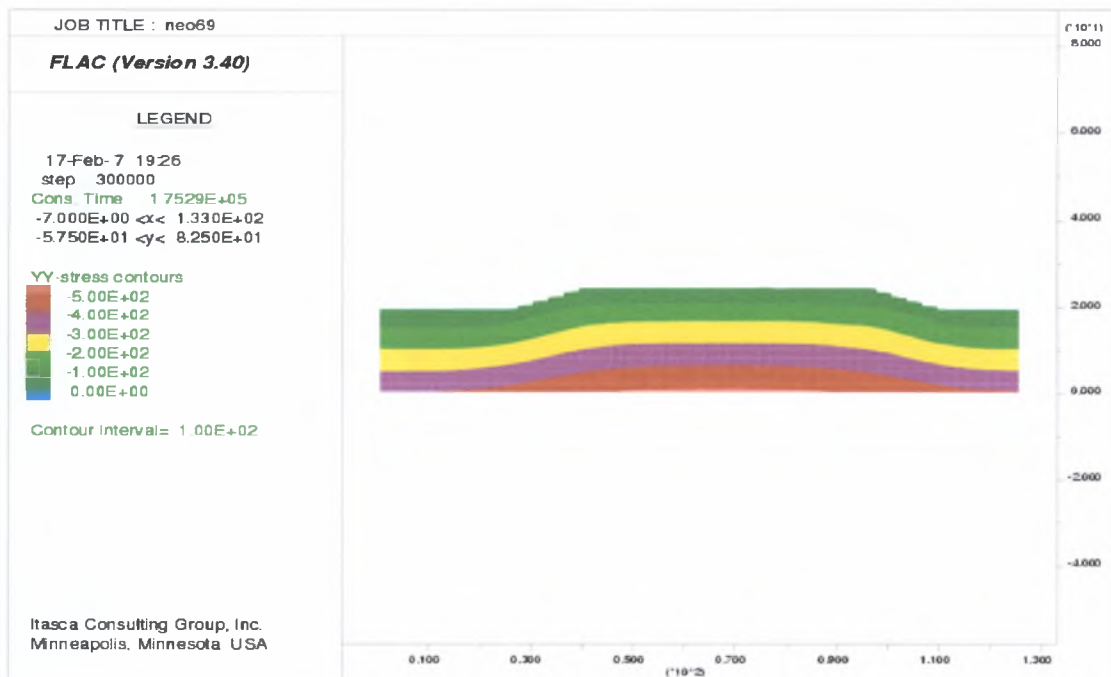
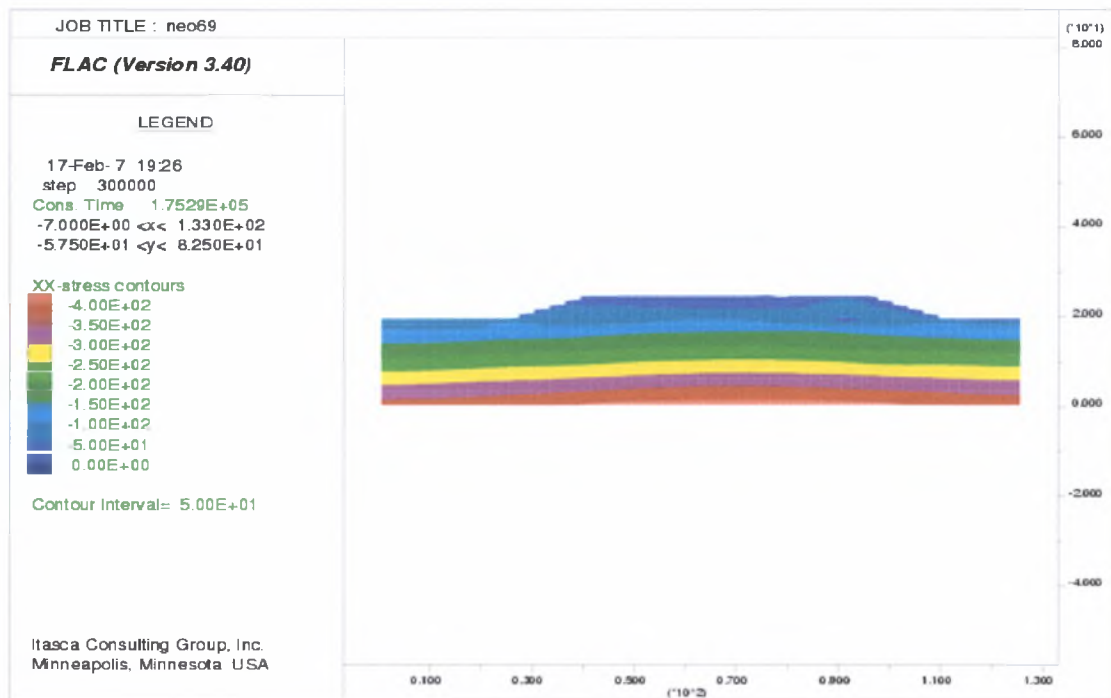
Σχήμα Ζ.3

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



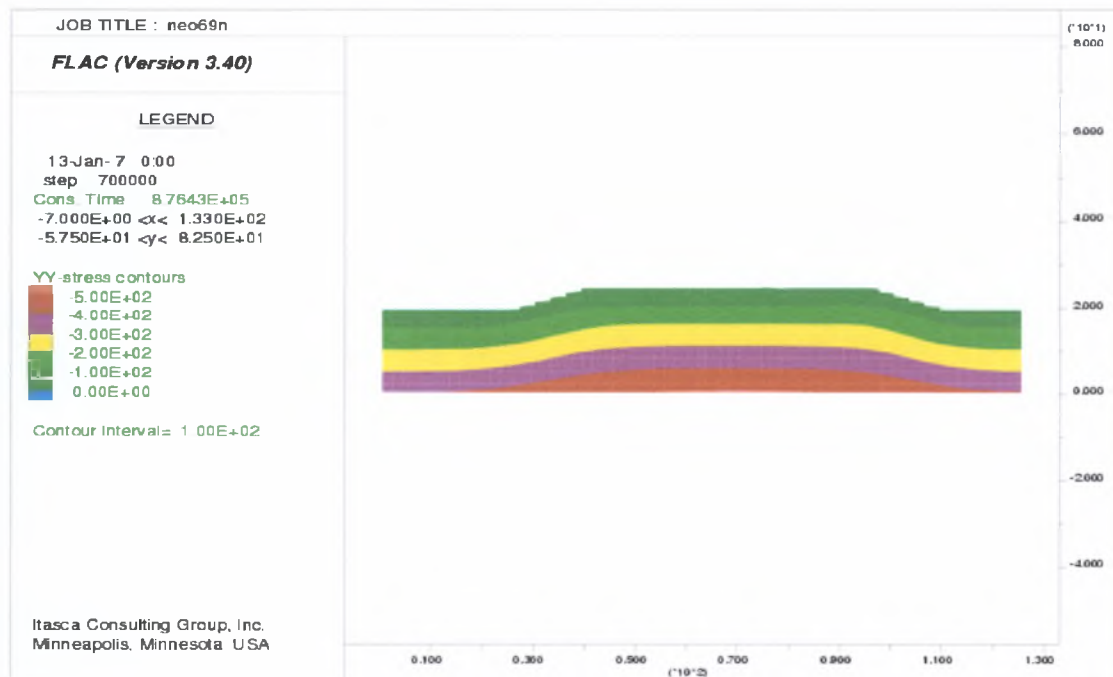
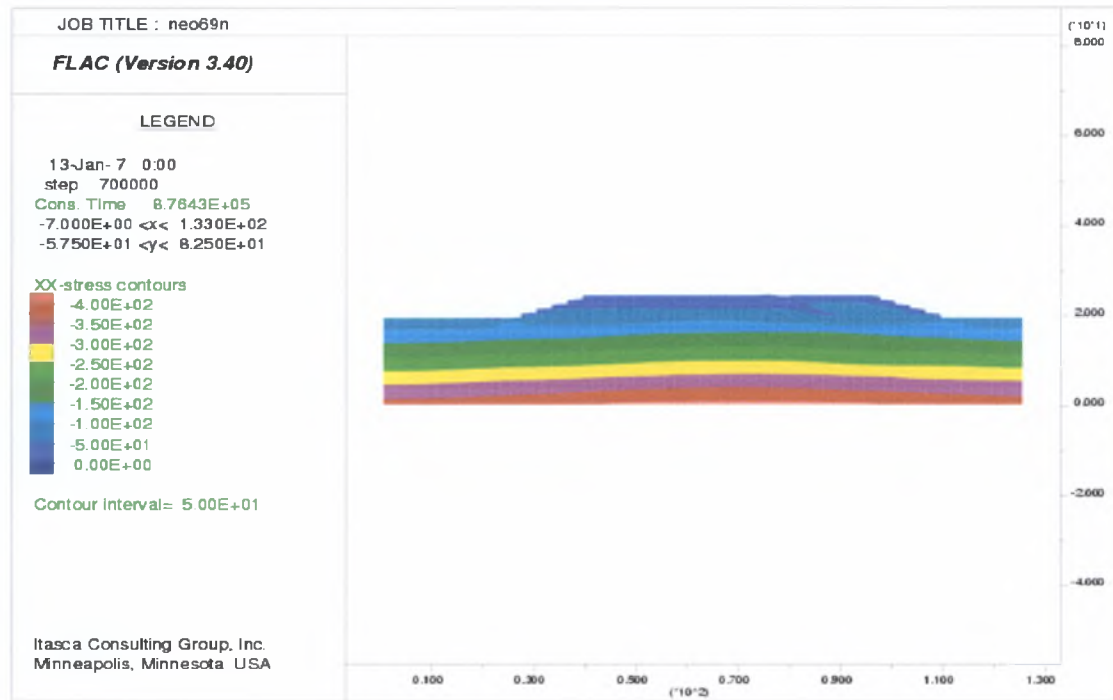
Σχήμα Ζ.4

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



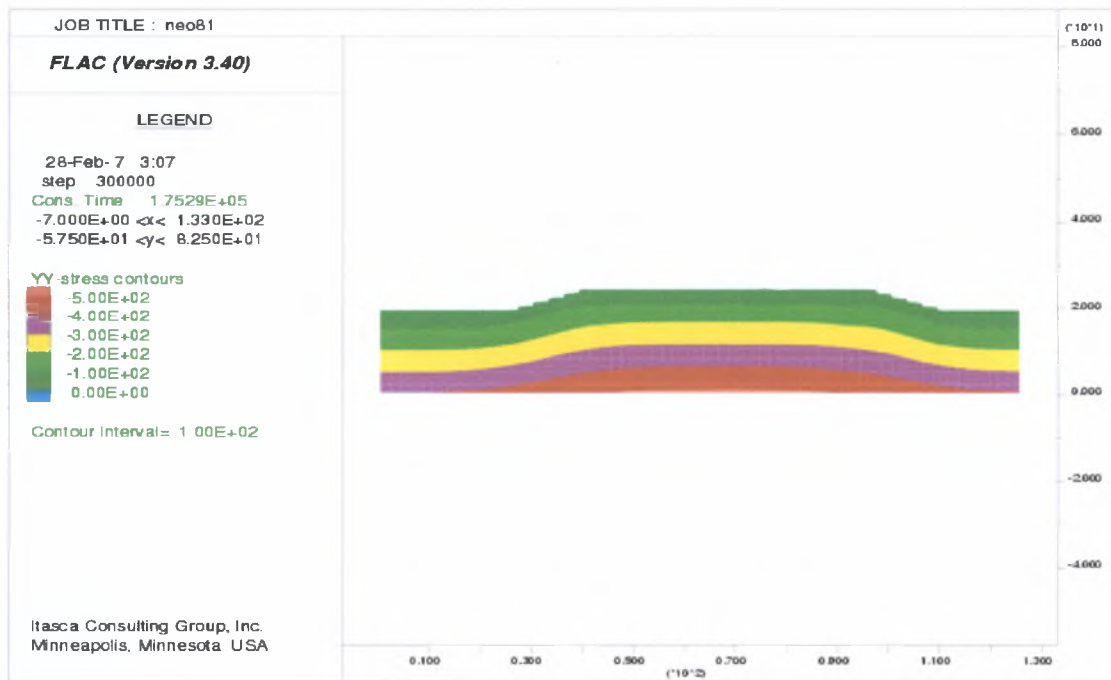
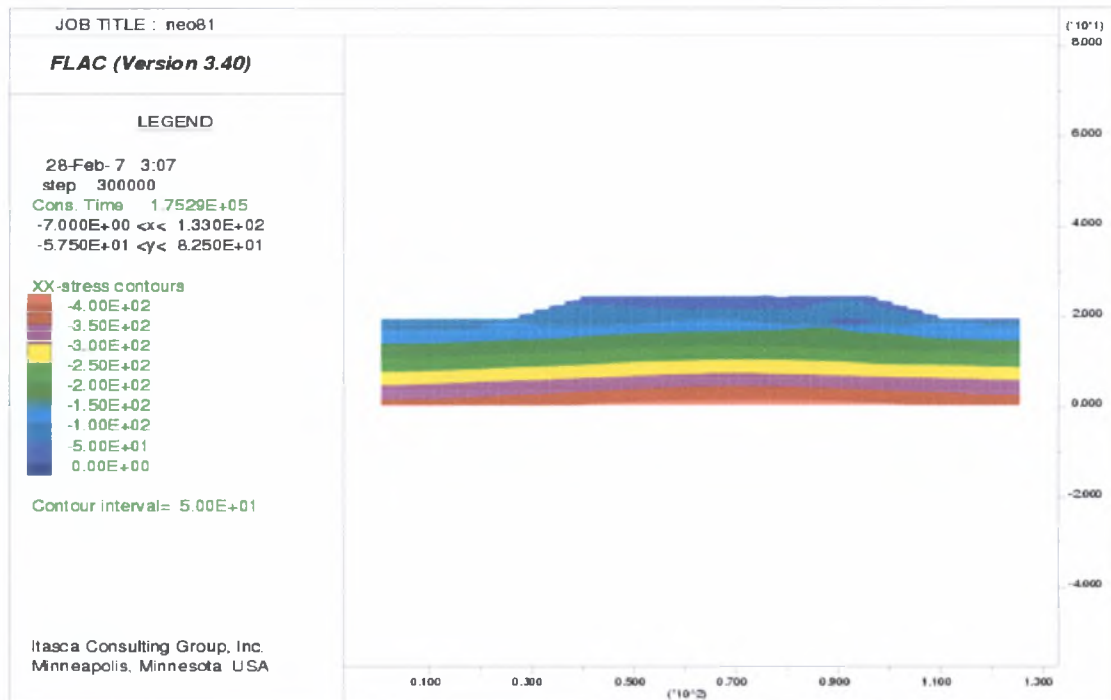
Σχήμα Ζ.5

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



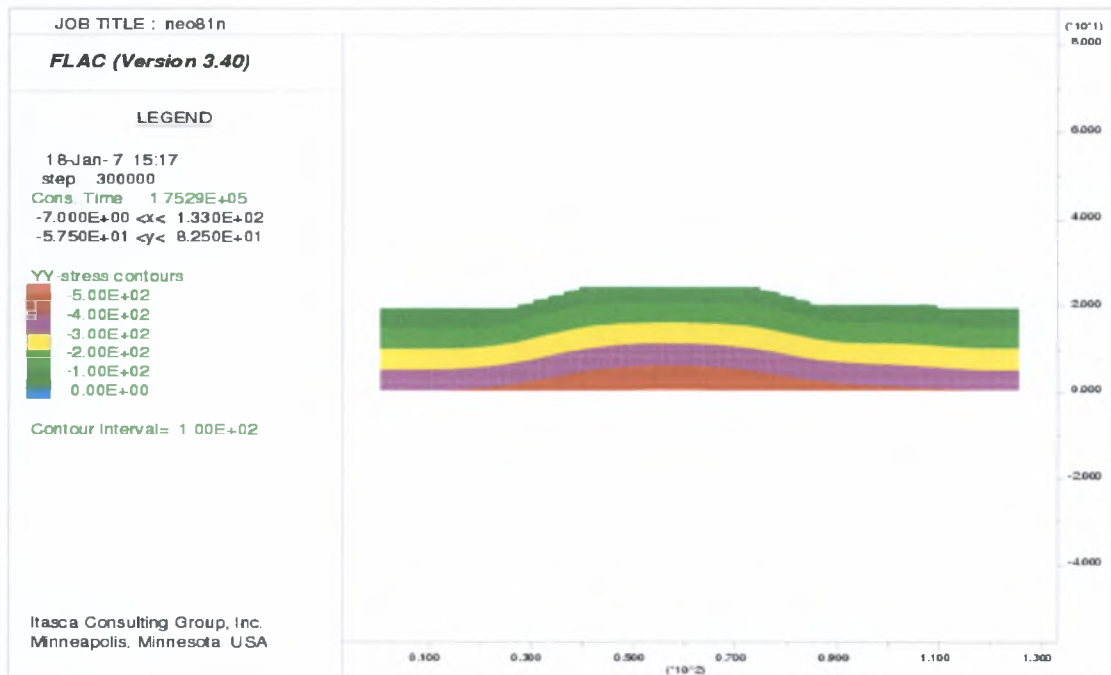
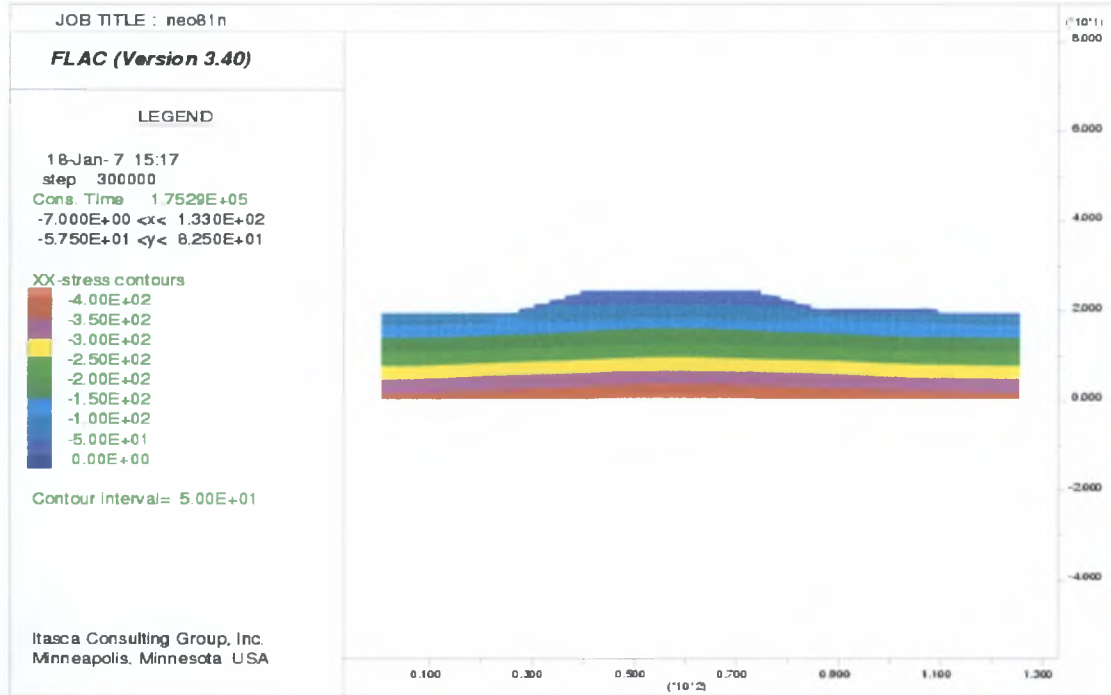
Σχήμα Ζ.6

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



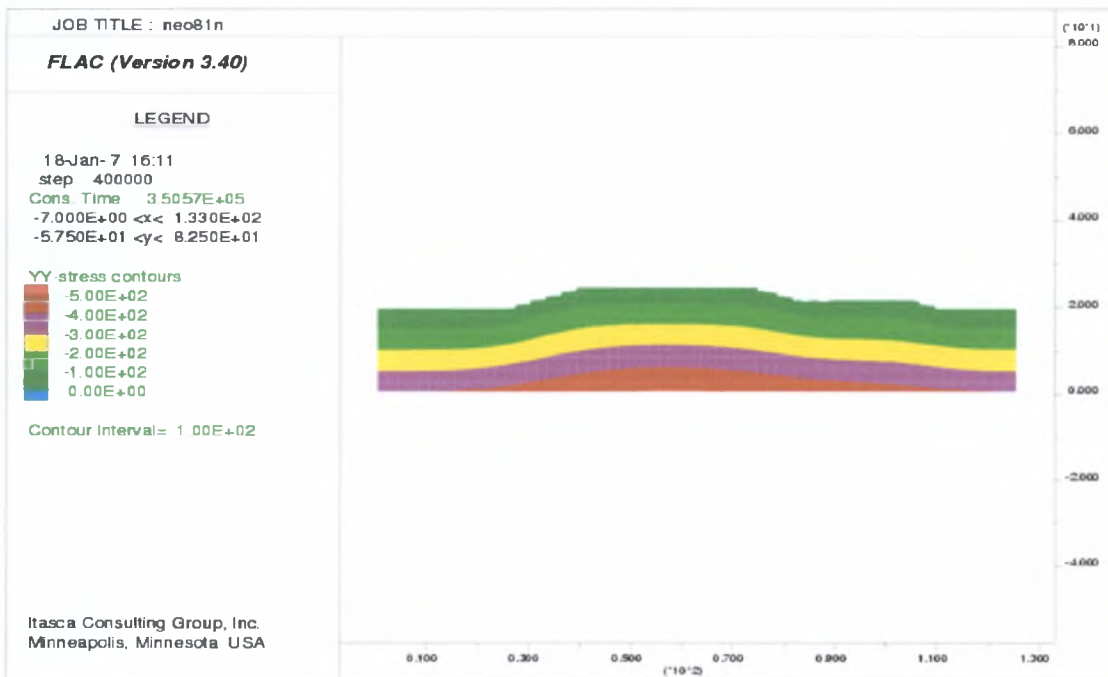
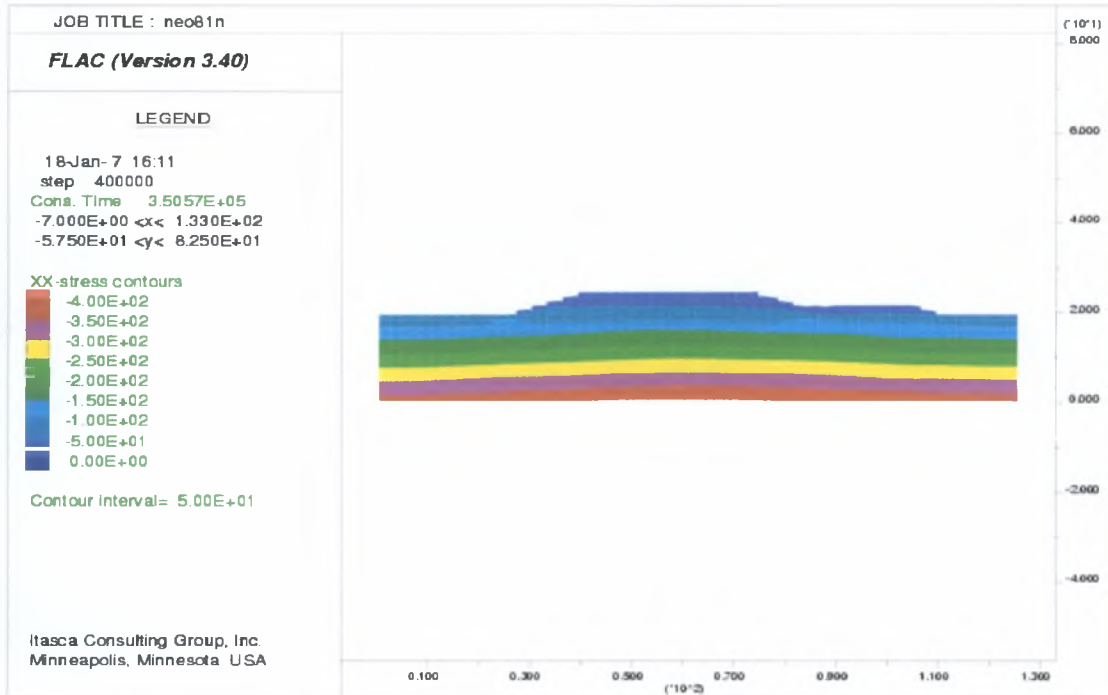
Σχήμα Ζ.7

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



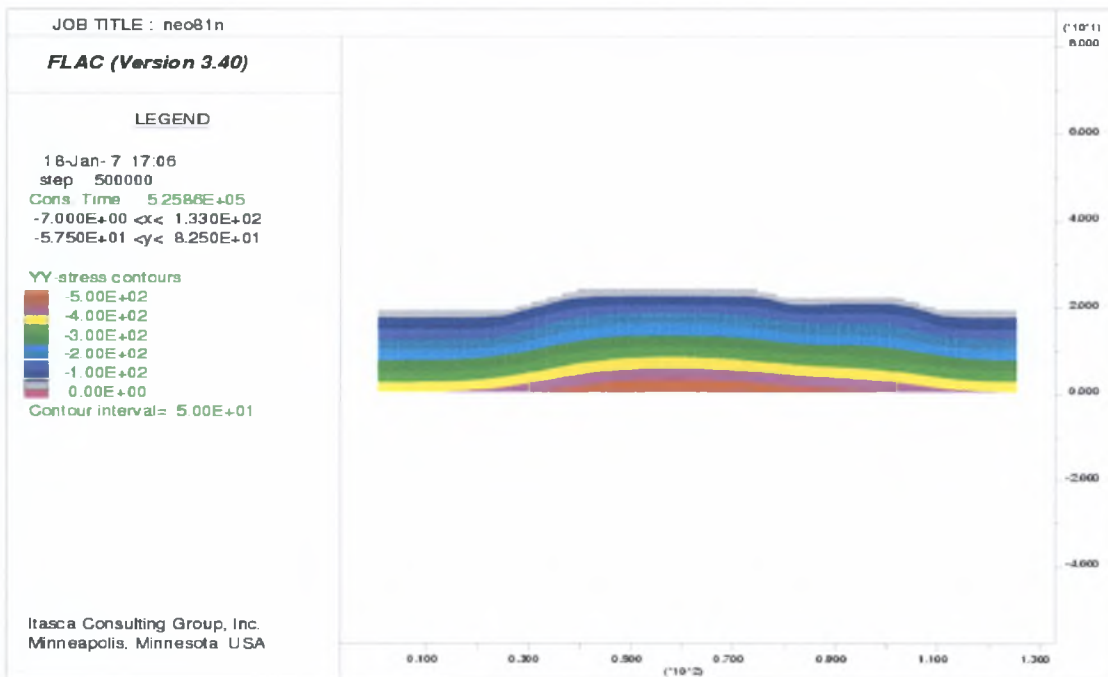
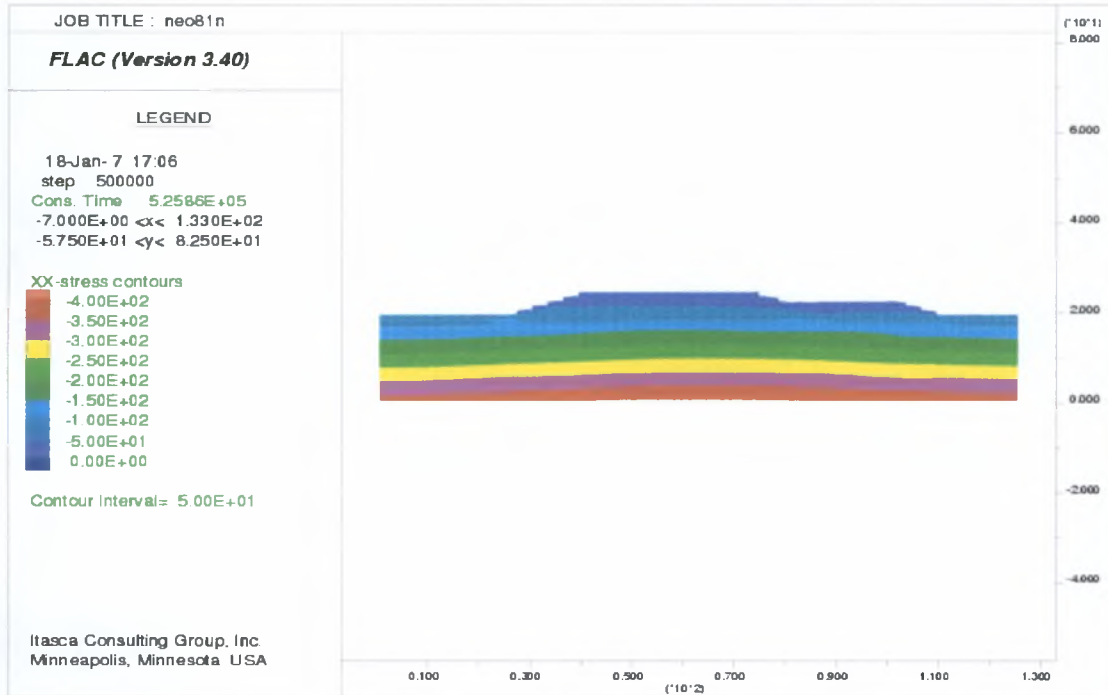
Σχήμα Ζ.8

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων για 1m
ύψους επιχώματος



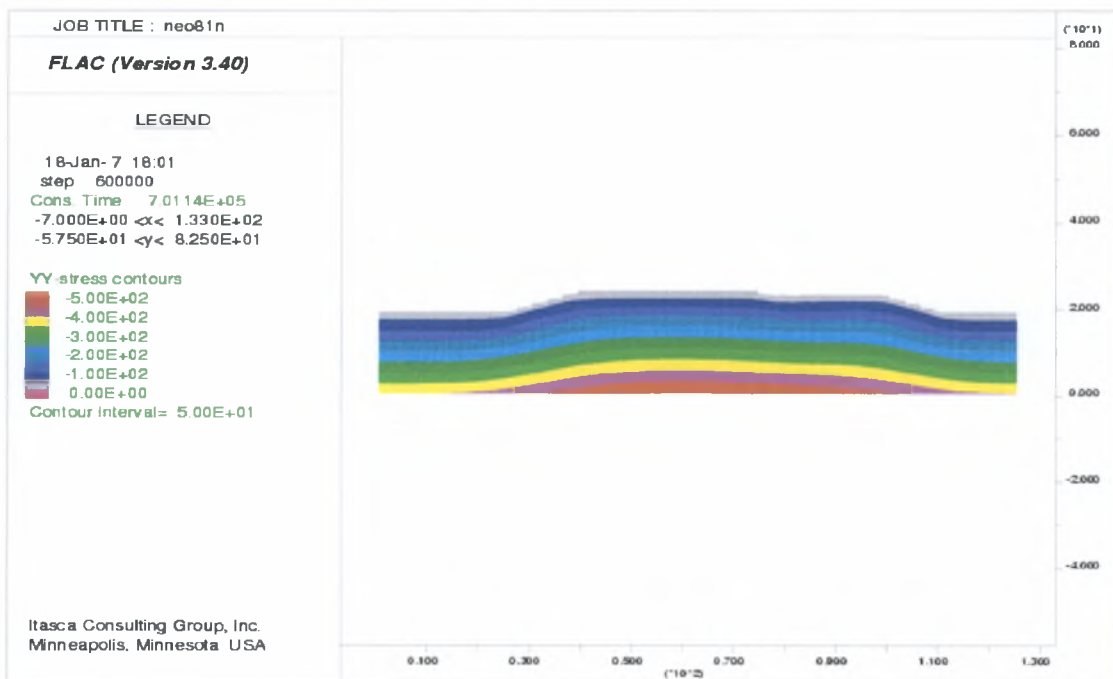
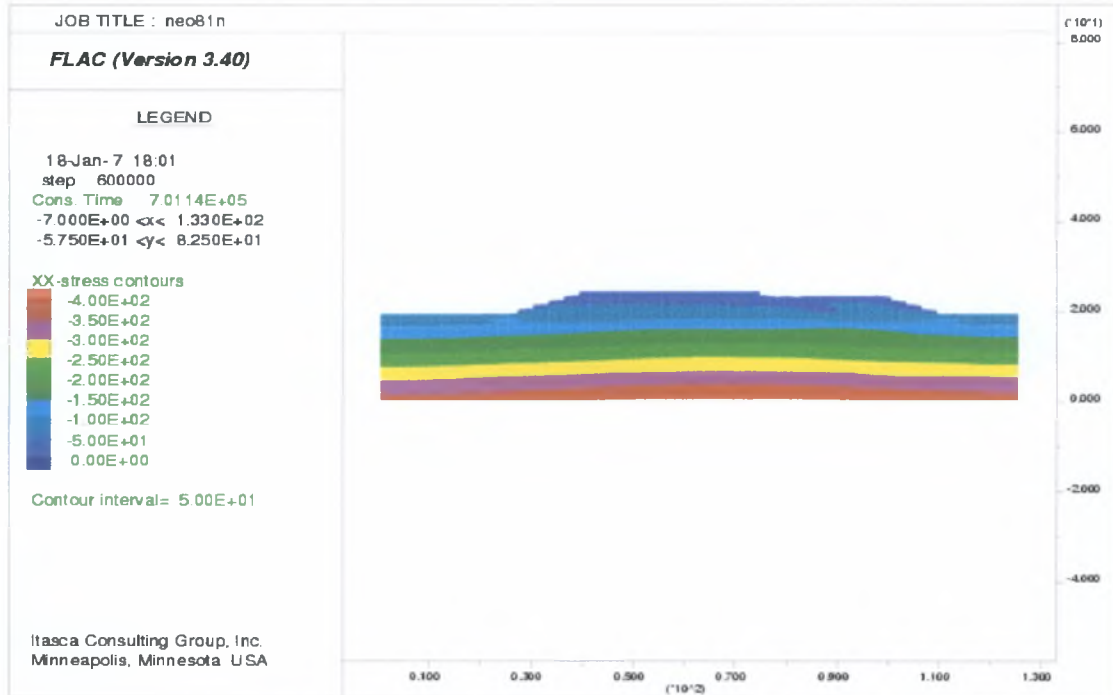
Σχήμα Ζ.9

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων για 2m
ύψους επιχώματος



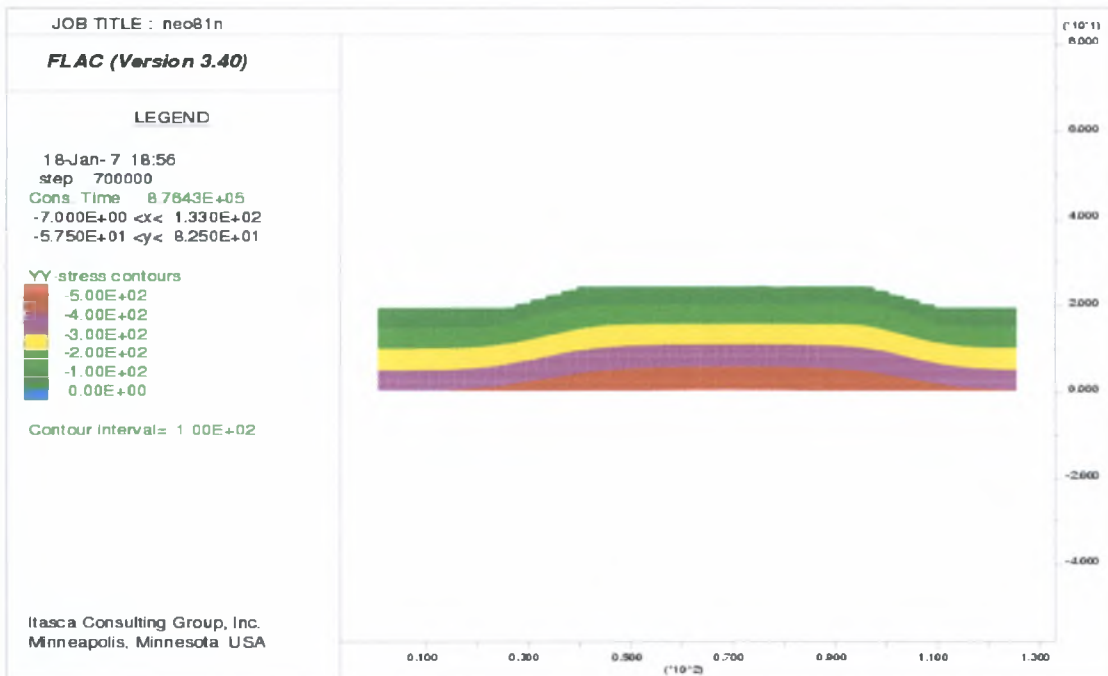
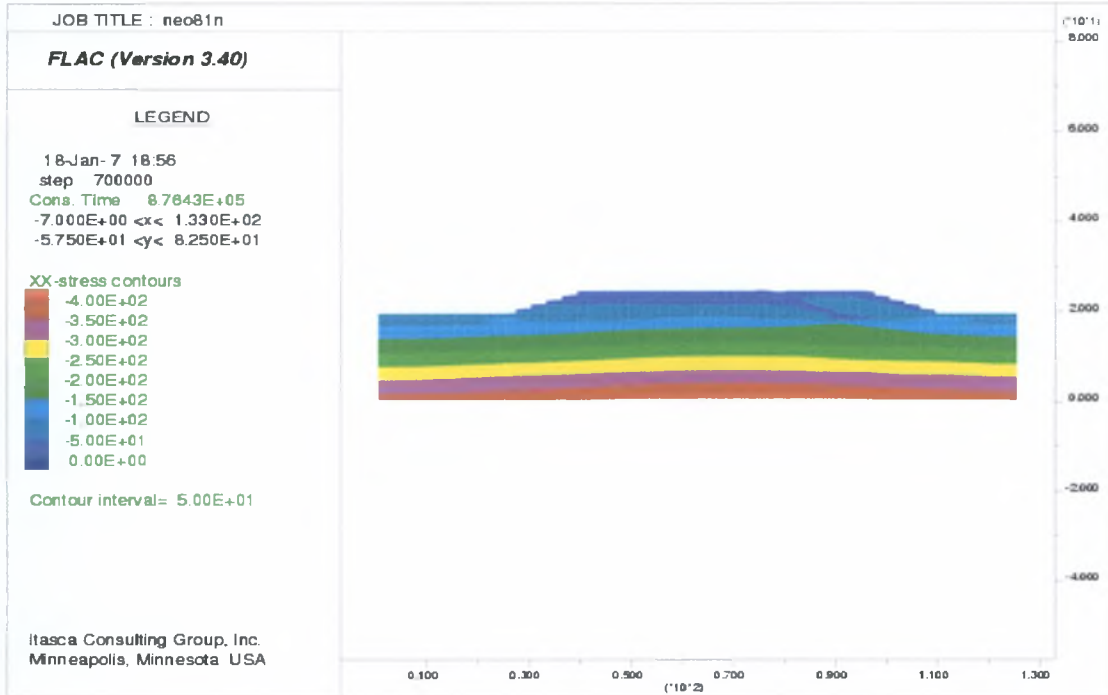
Σχήμα Z.10

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων για 3m
ύψους επιχώματος



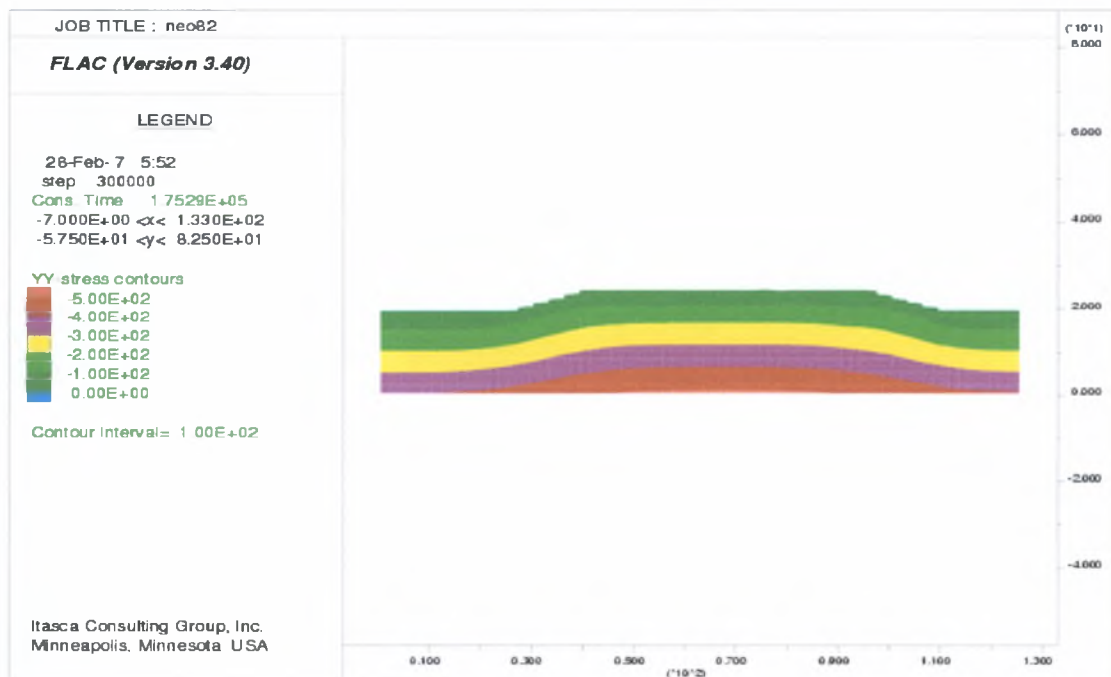
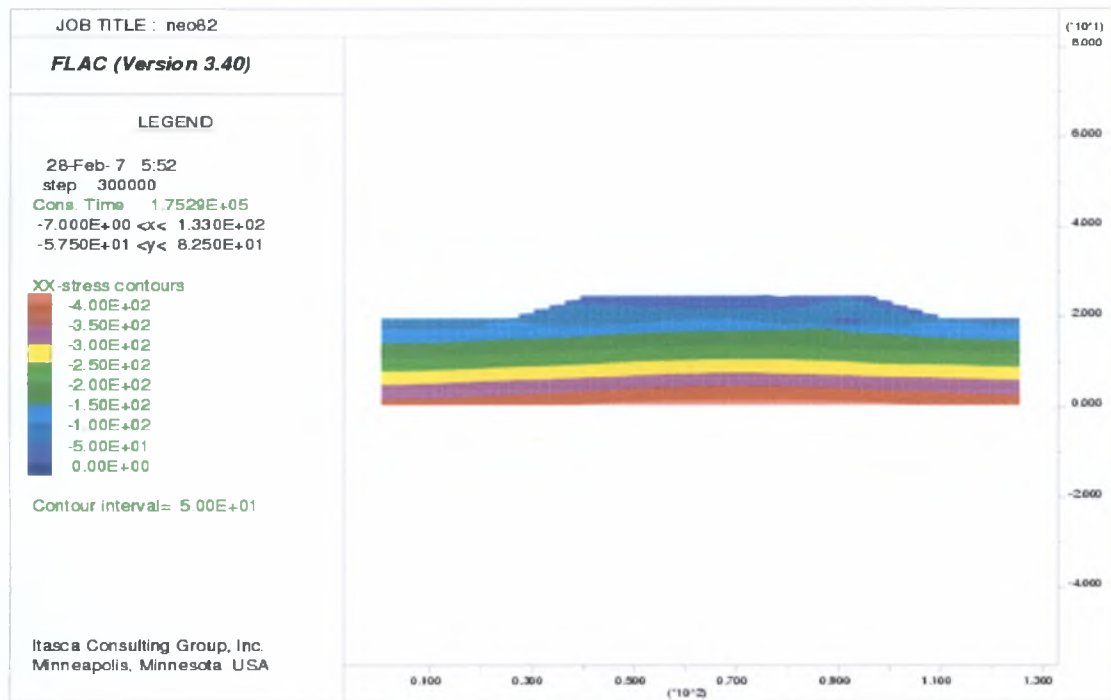
Σχήμα Z.11

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων για 4m
ύψους επιχώματος



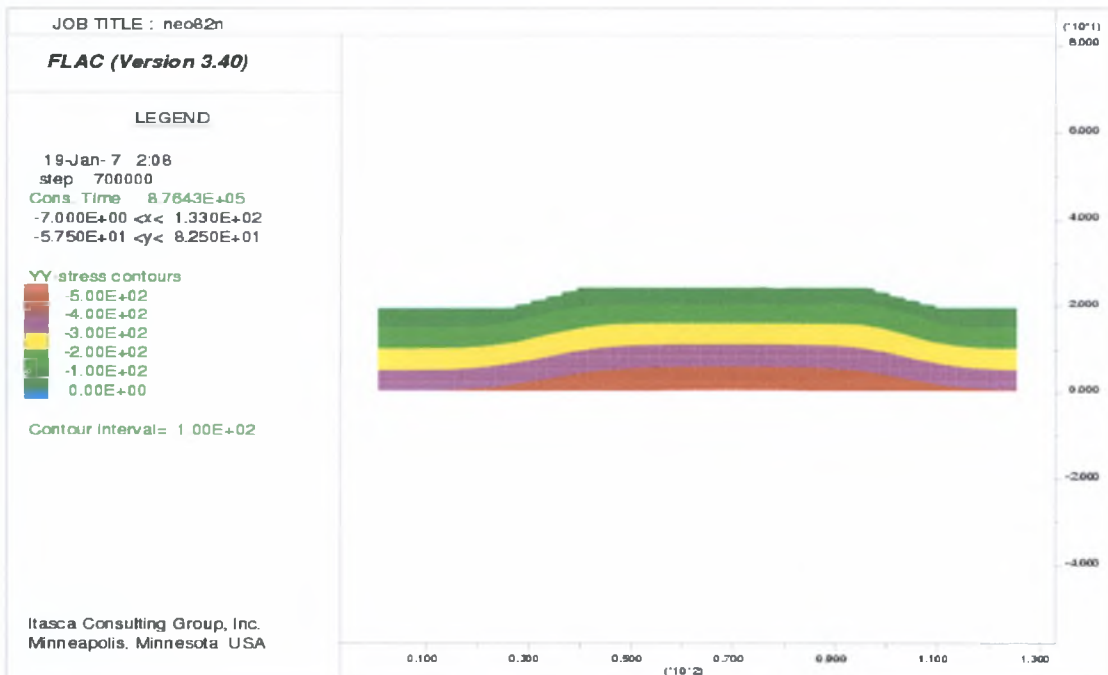
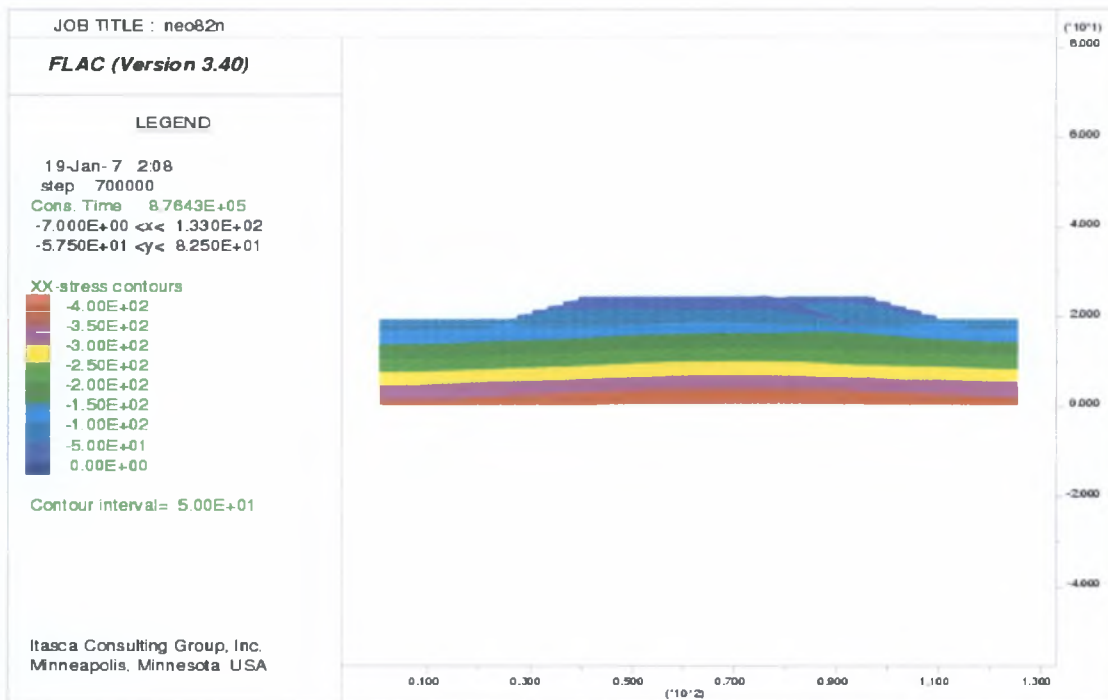
Σχήμα Z.12

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων για 5m
ύψους επιχώματος



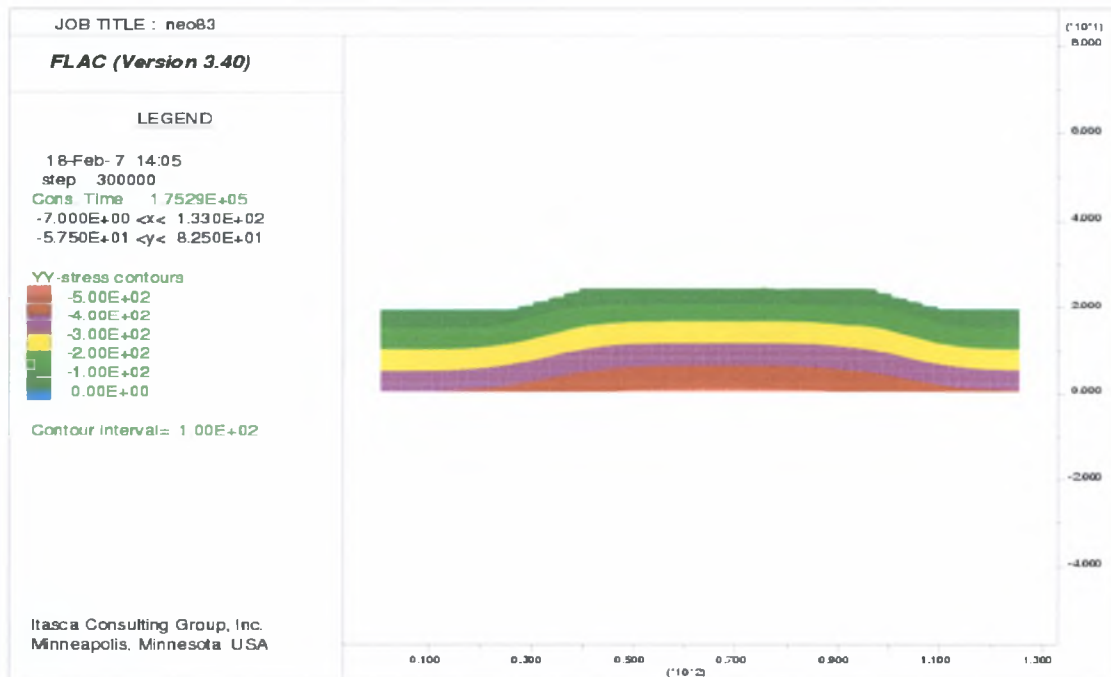
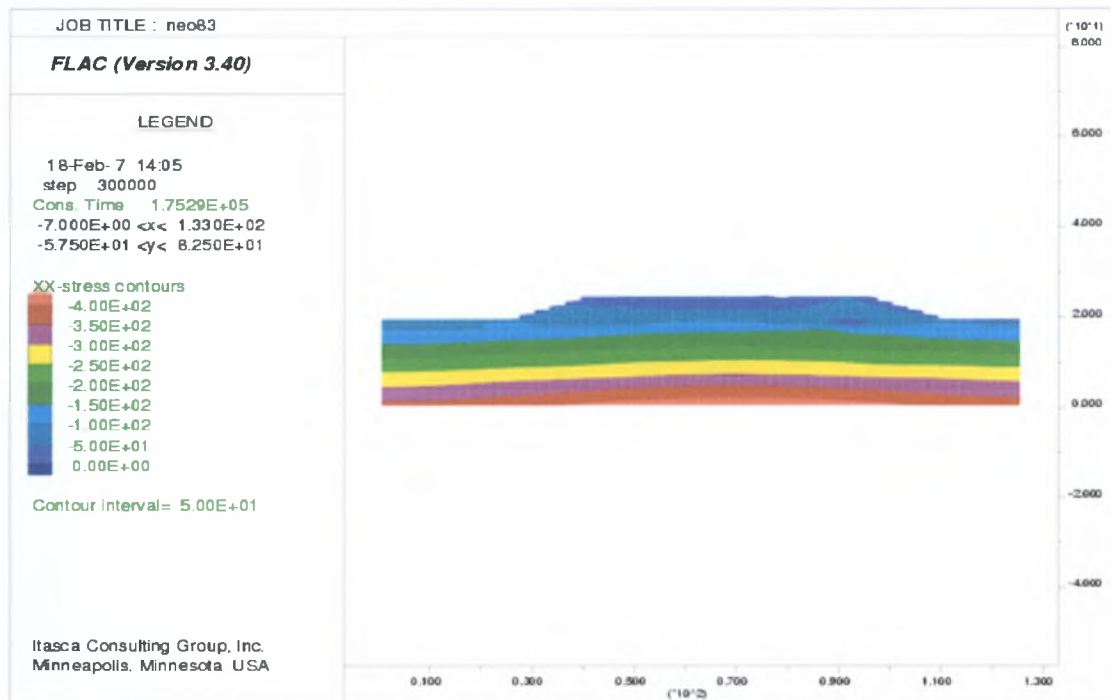
Σχήμα Ζ.13

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



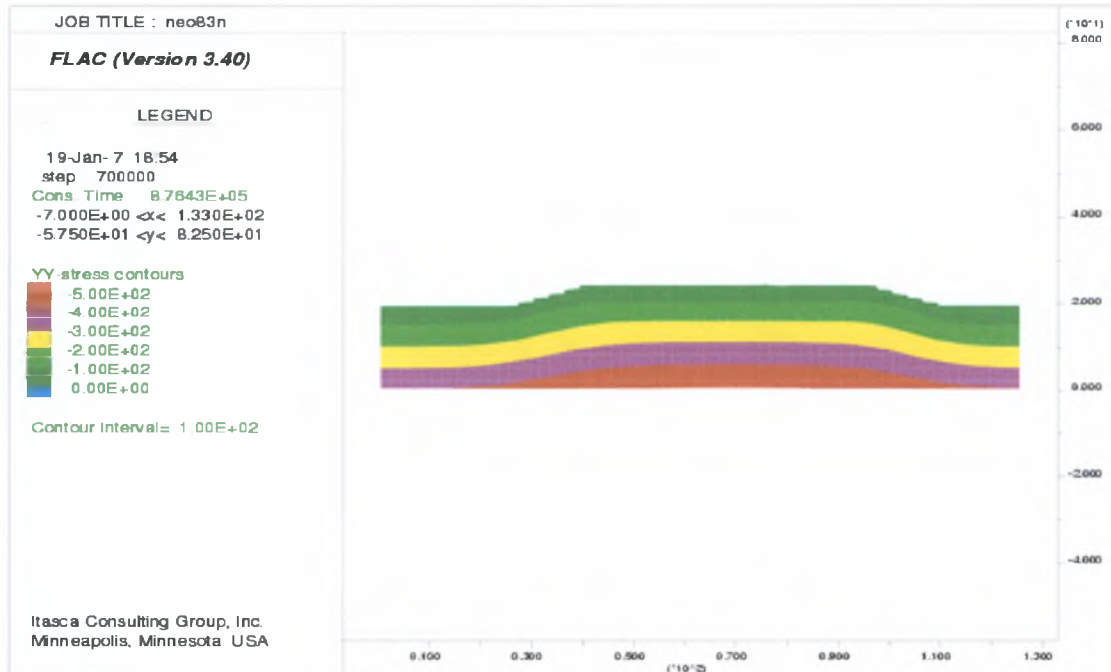
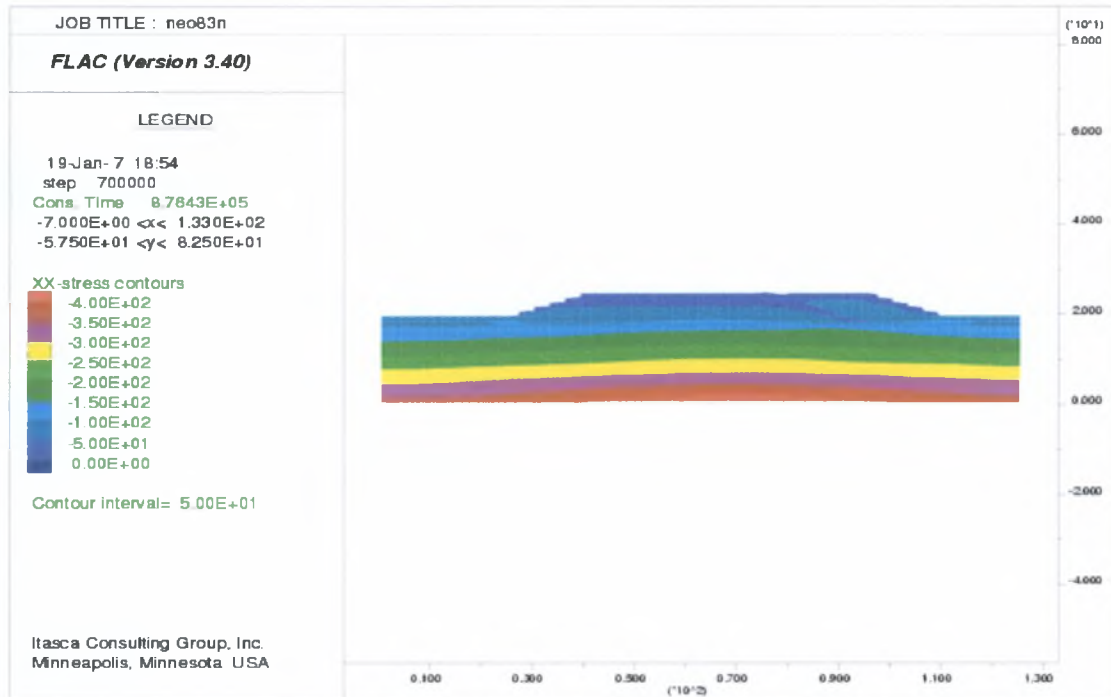
Σχήμα Ζ.14

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



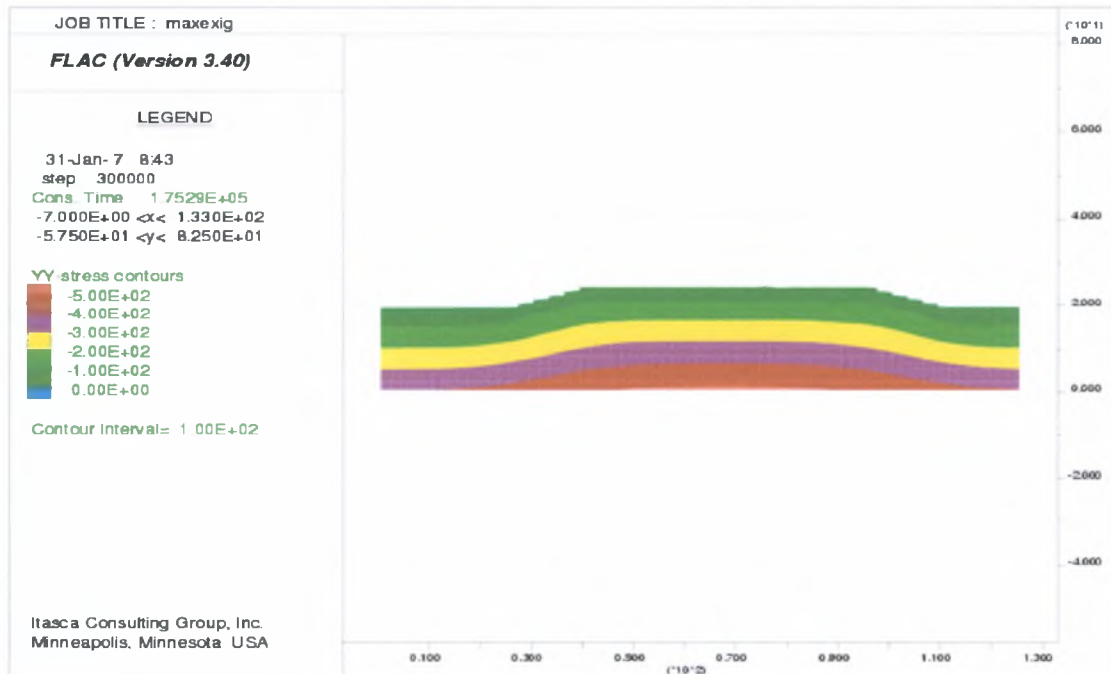
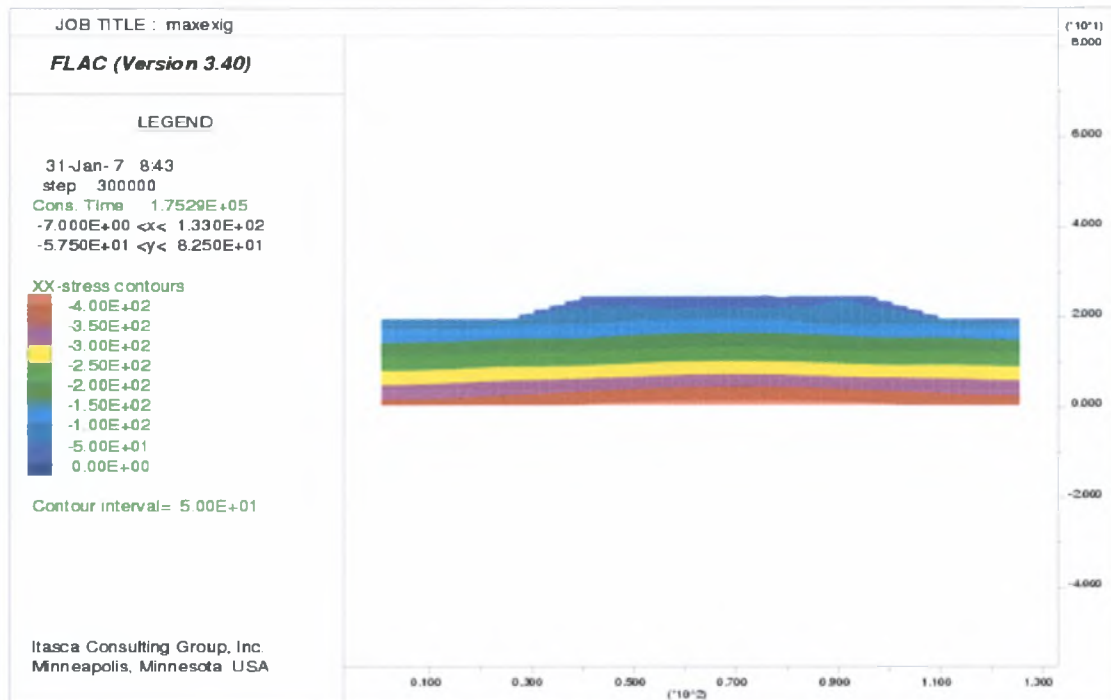
Σχήμα Ζ.15

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



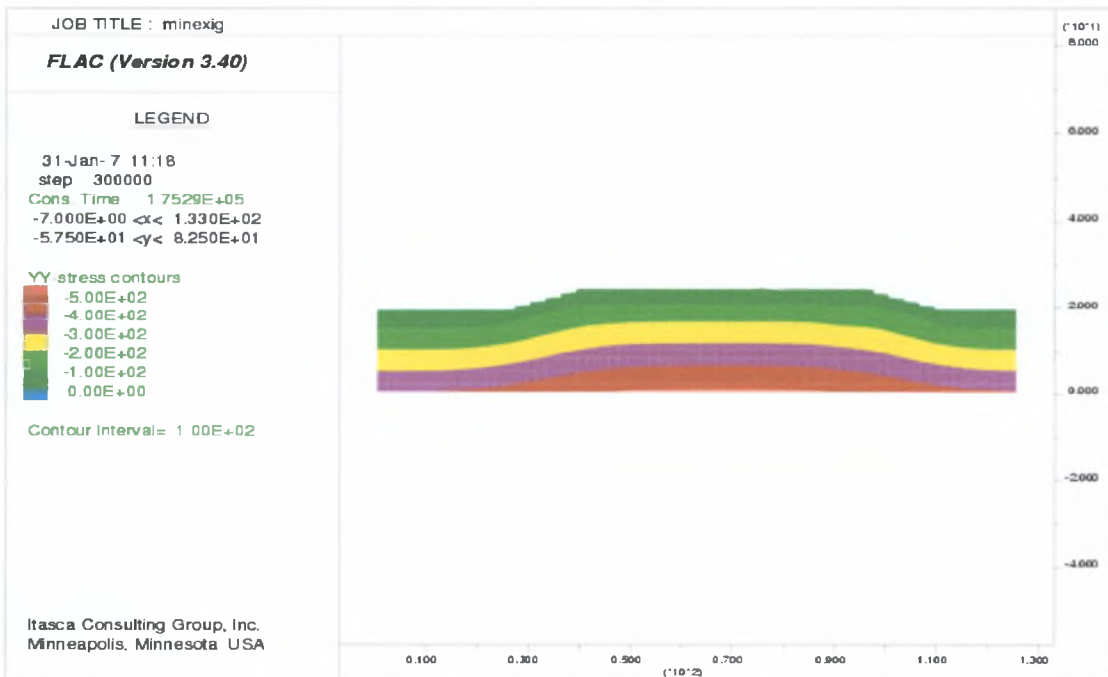
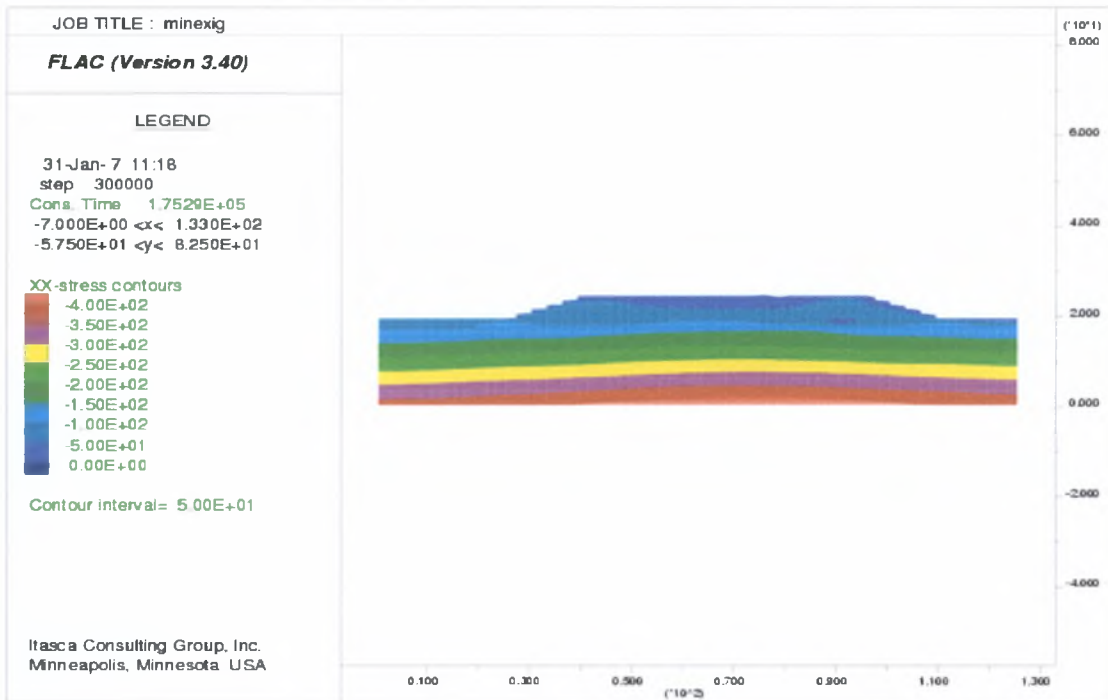
Σχήμα Ζ.16

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



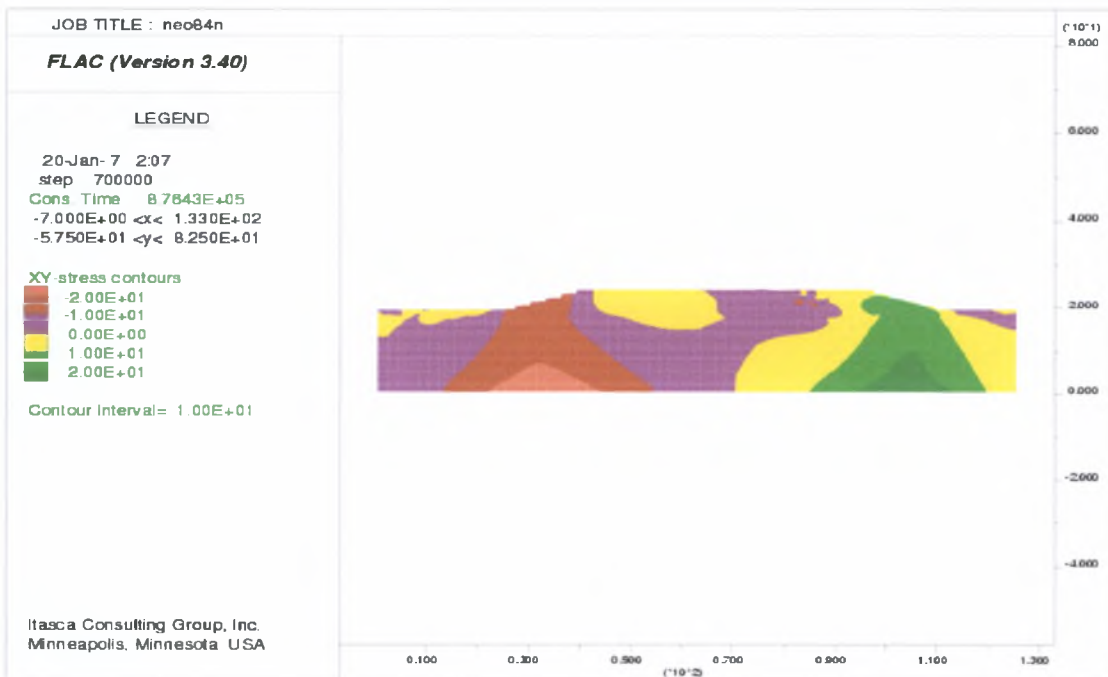
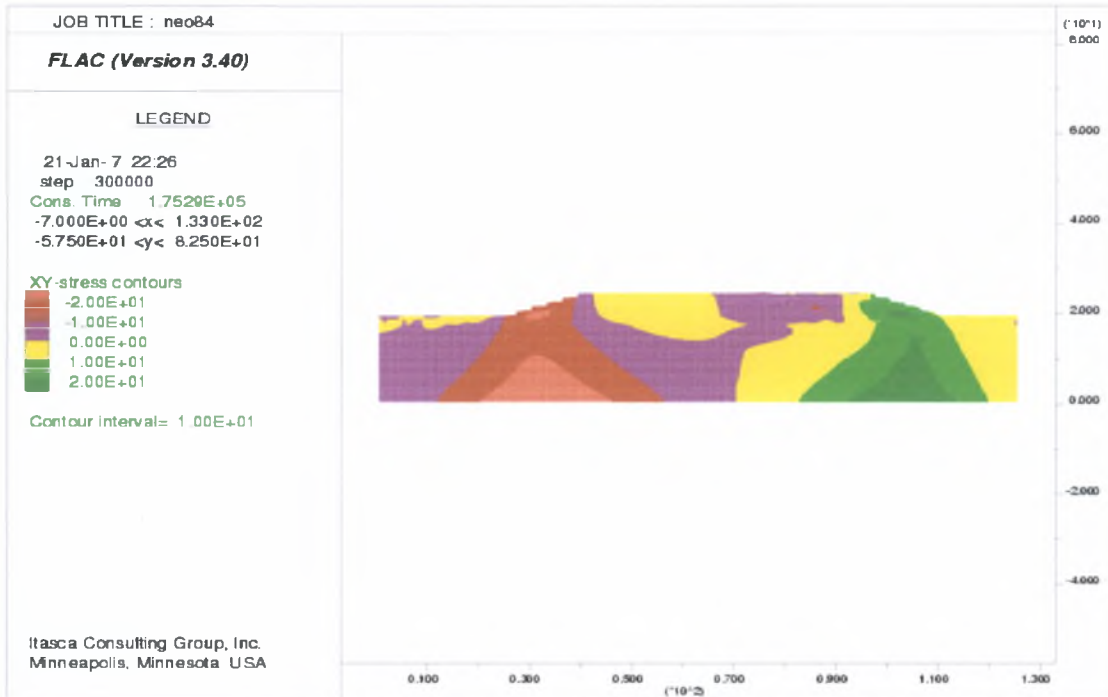
Σχήμα Ζ.17

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



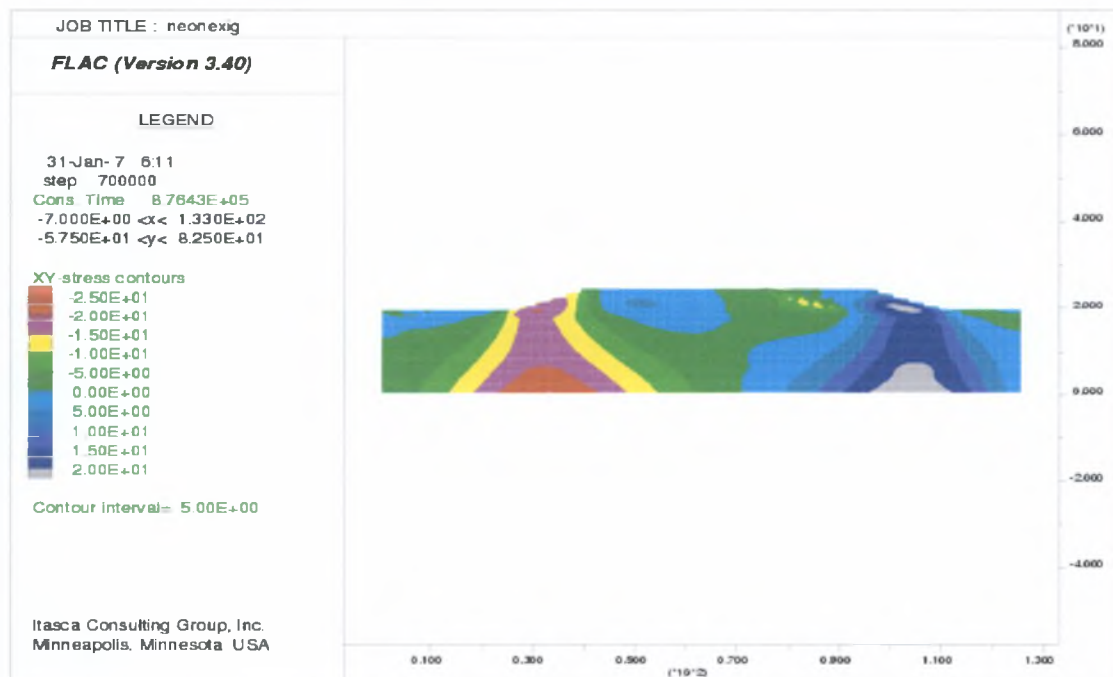
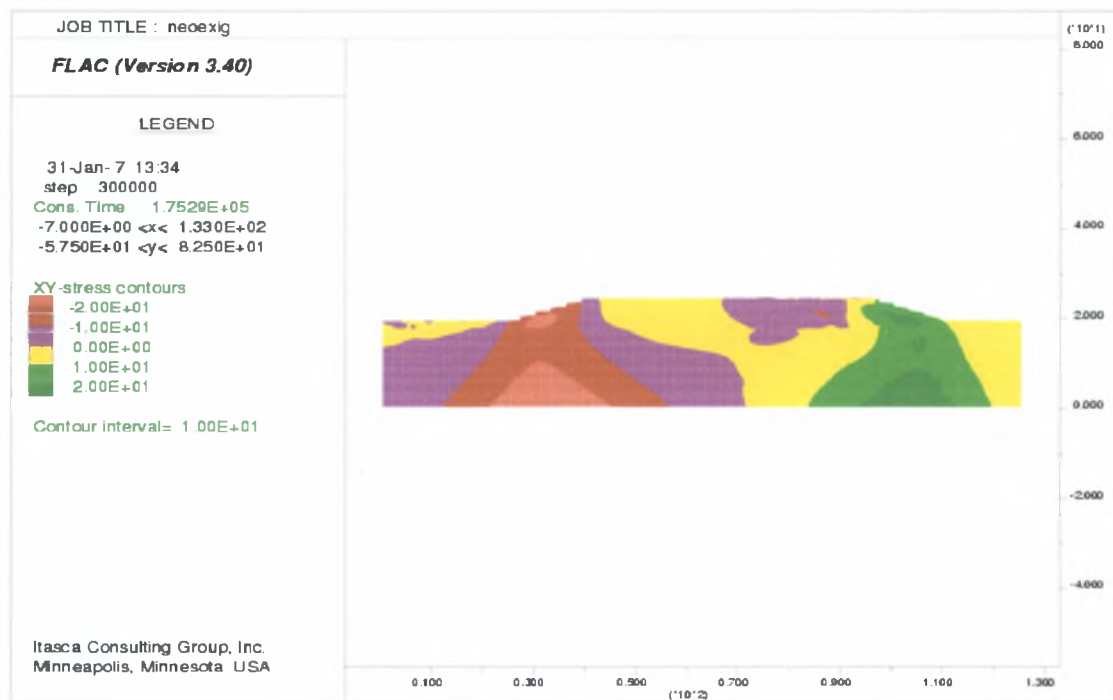
Σχήμα Ζ.18

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών ορθών τάσεων



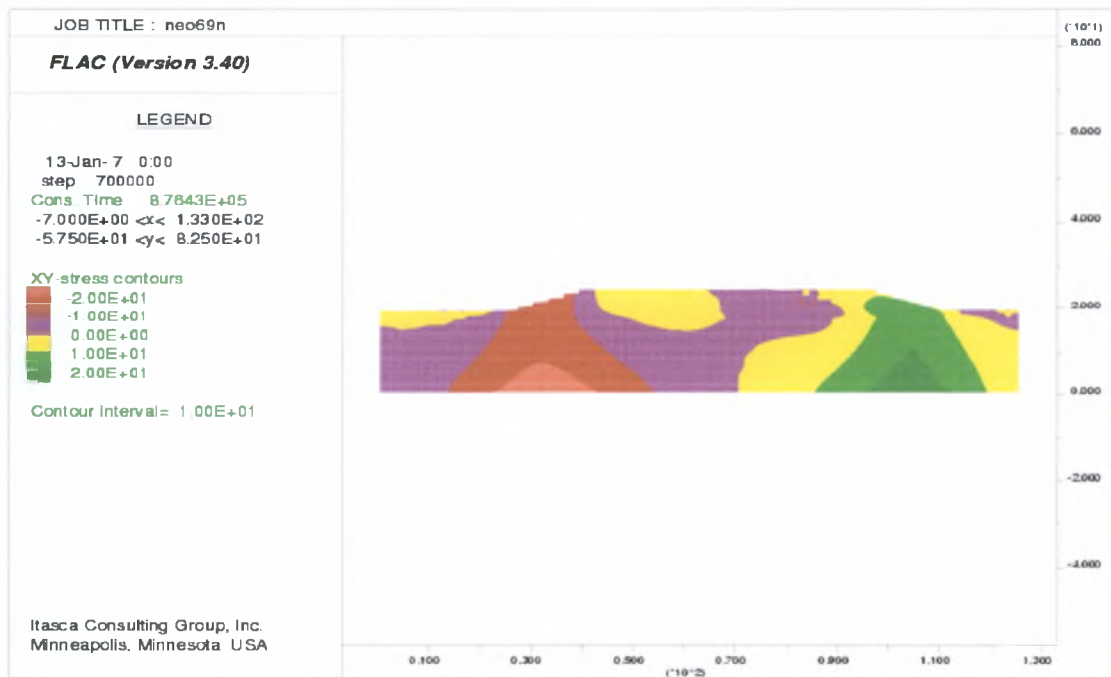
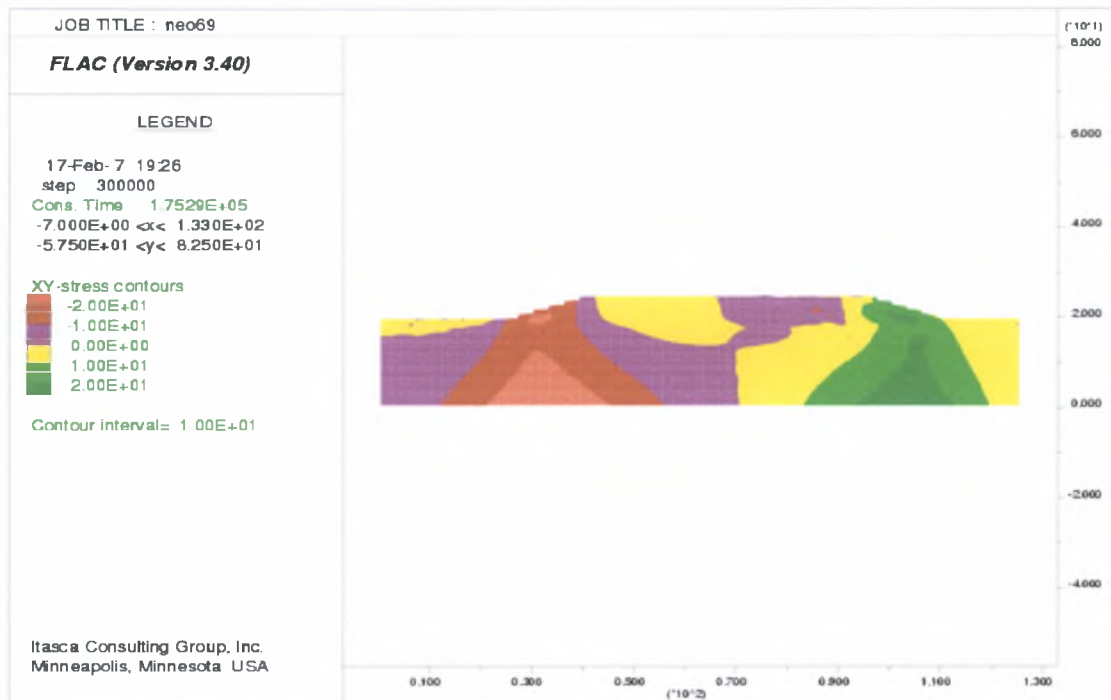
Σχήμα Ζ.19

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων



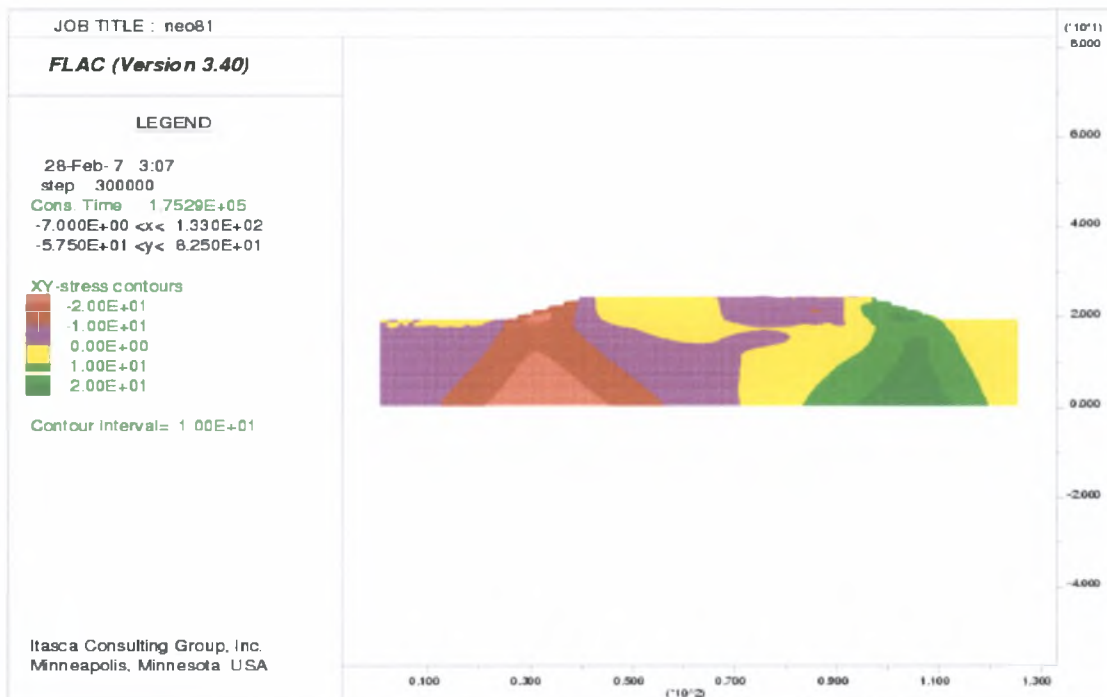
Σχήμα Ζ.20

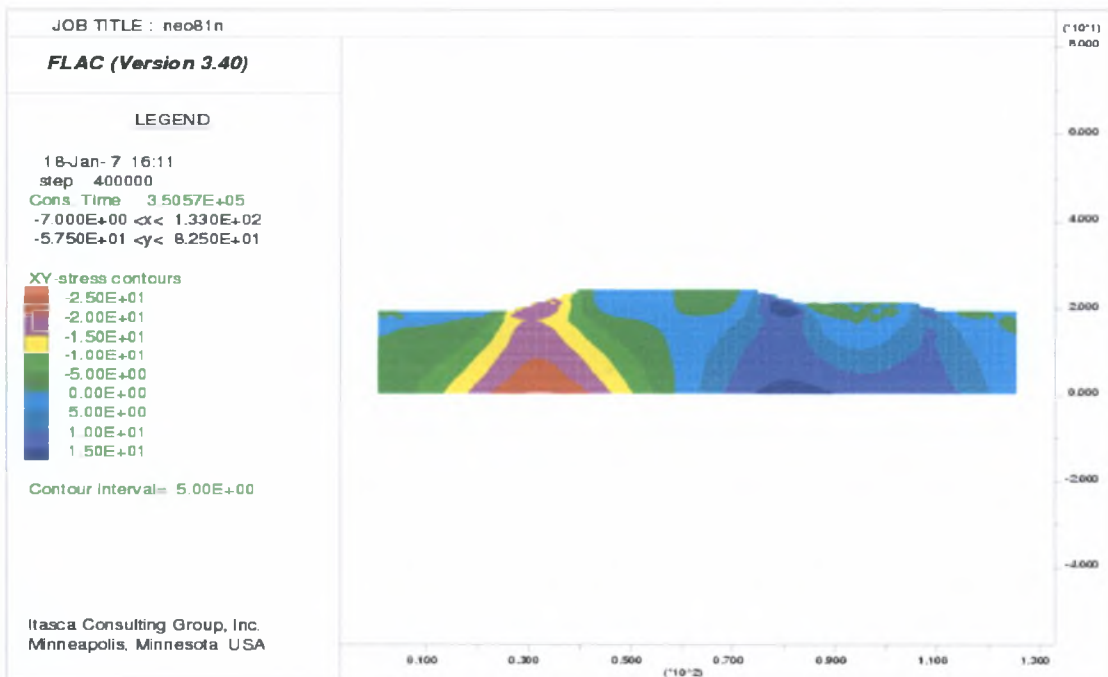
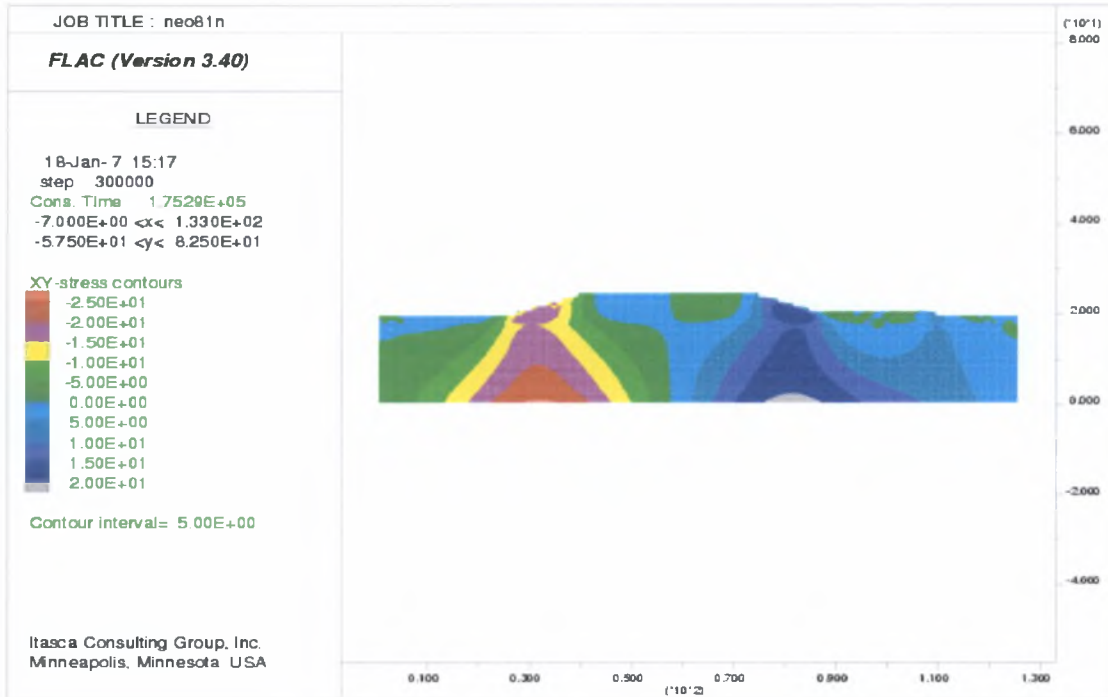
Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων



Σχήμα Ζ.21

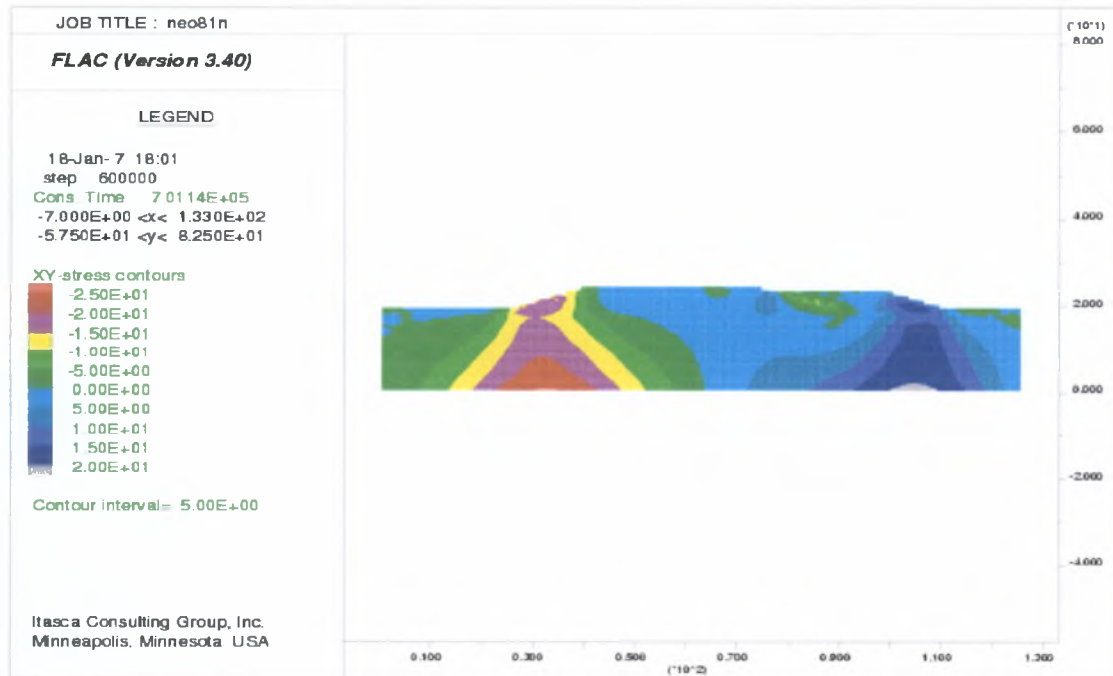
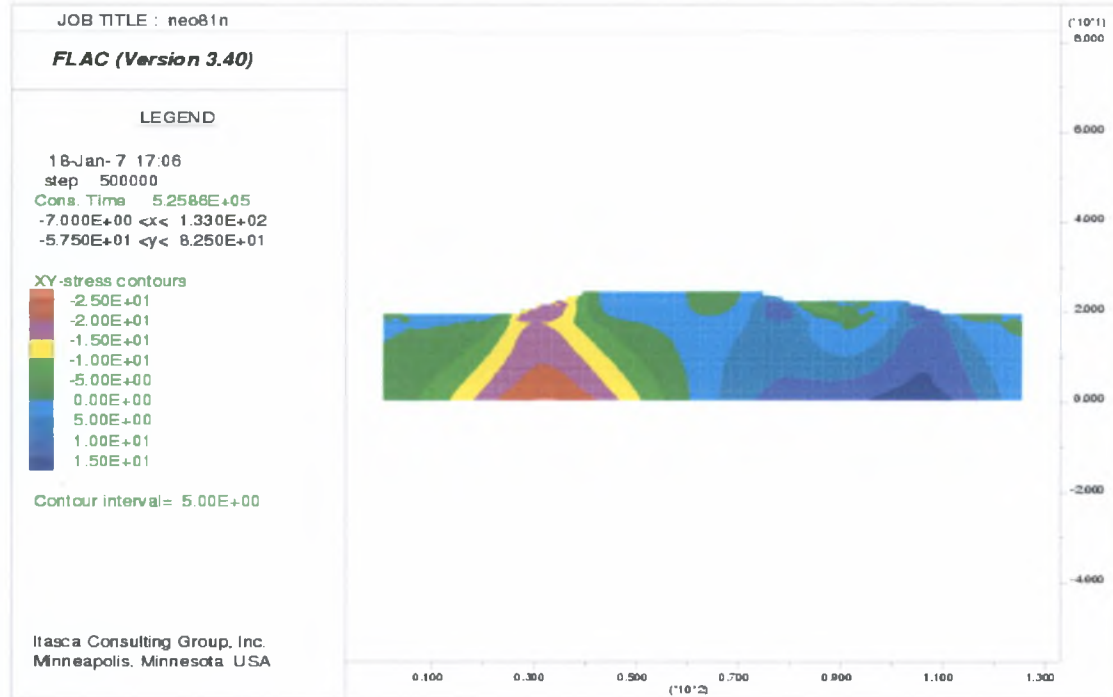
Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων





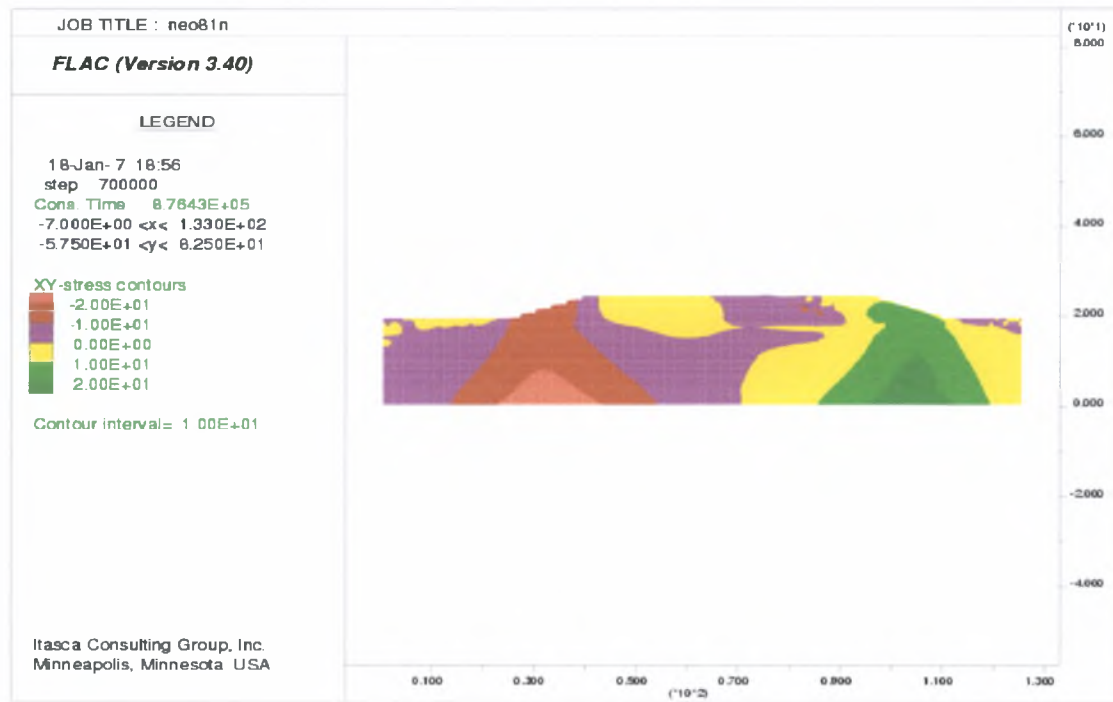
Σχήμα Z.23

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων
για 1m – 2m ύψους επιχώματος



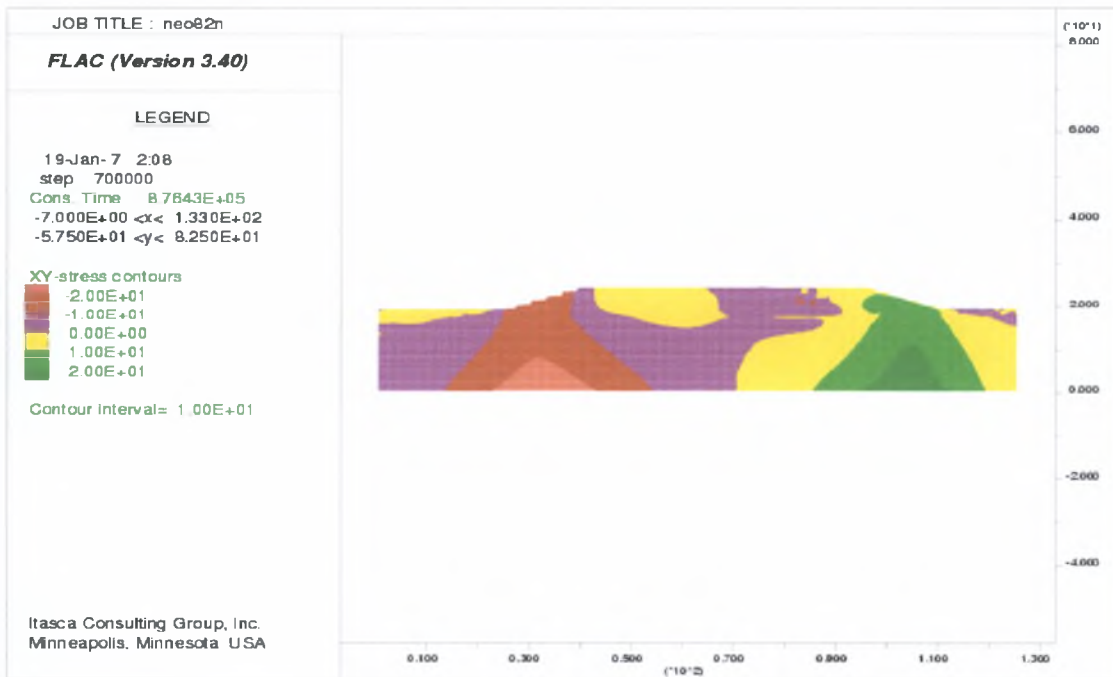
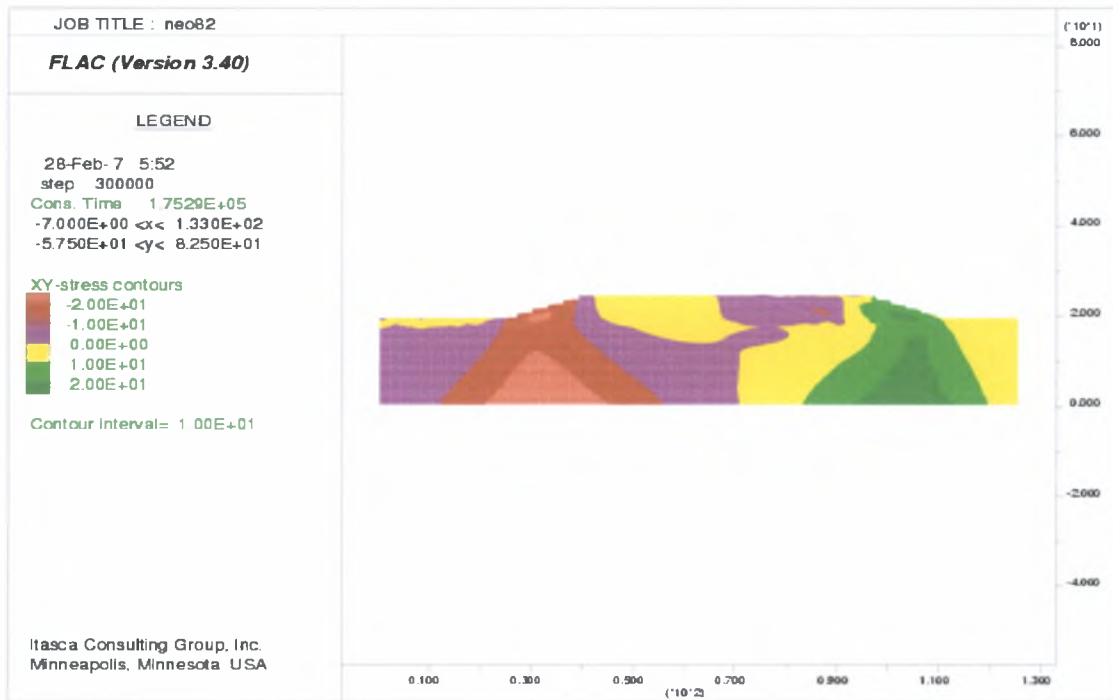
Σχήμα Z.24

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων
για 3m – 4m ύψους επιχώματος



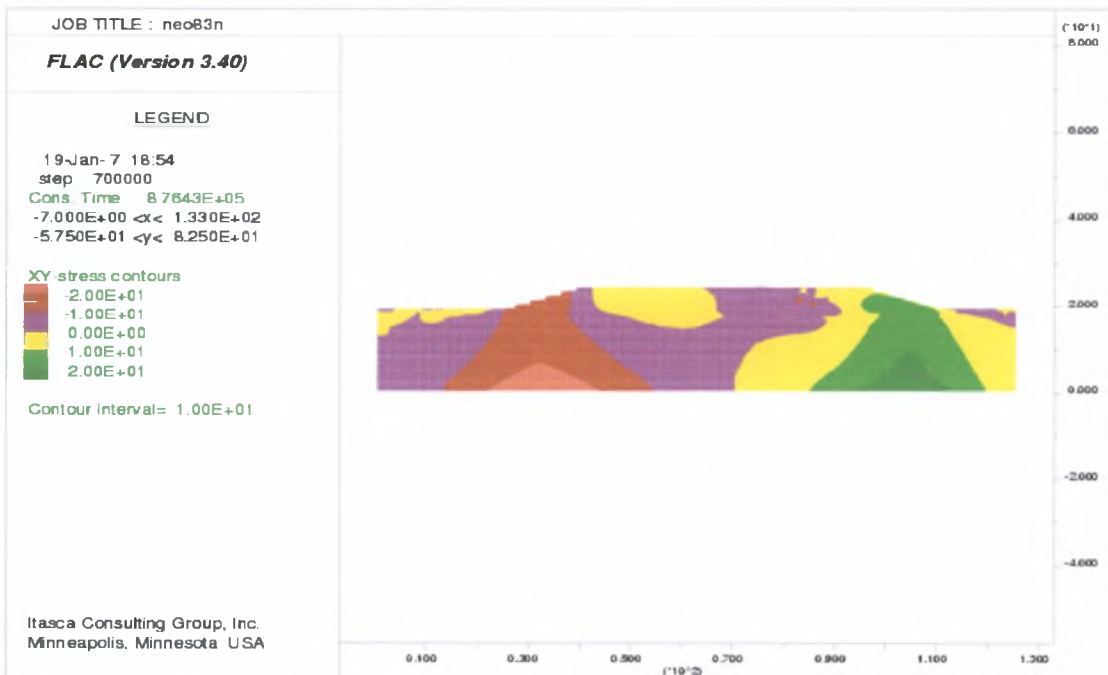
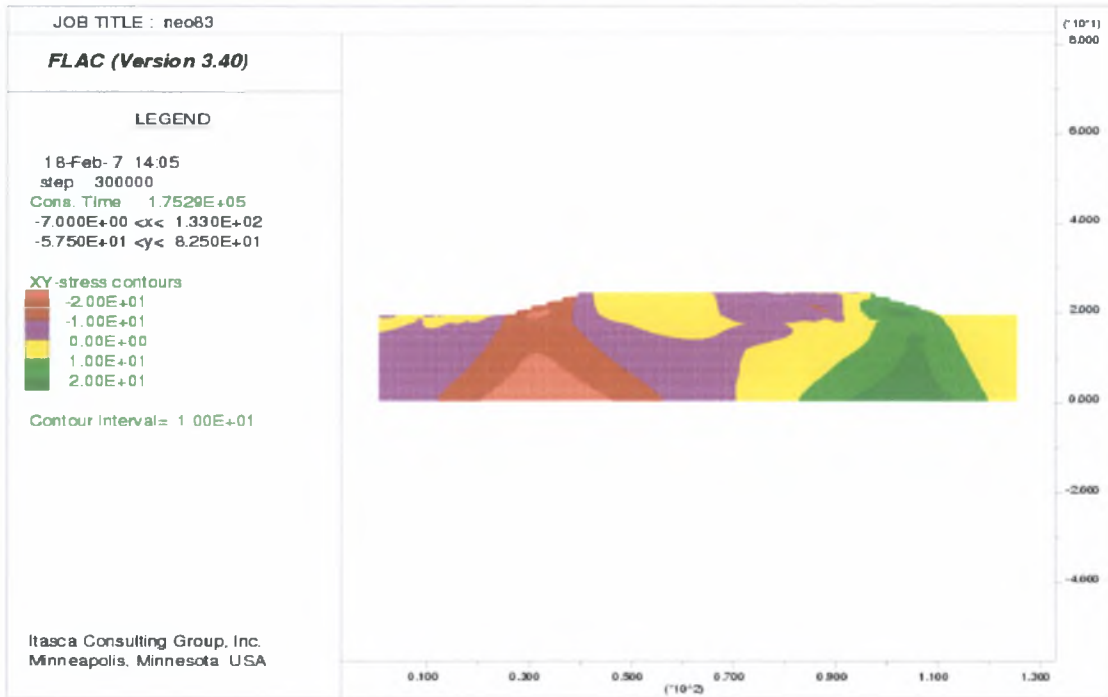
Σχήμα Z.25

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων
για 5m ύψους επιχώματος



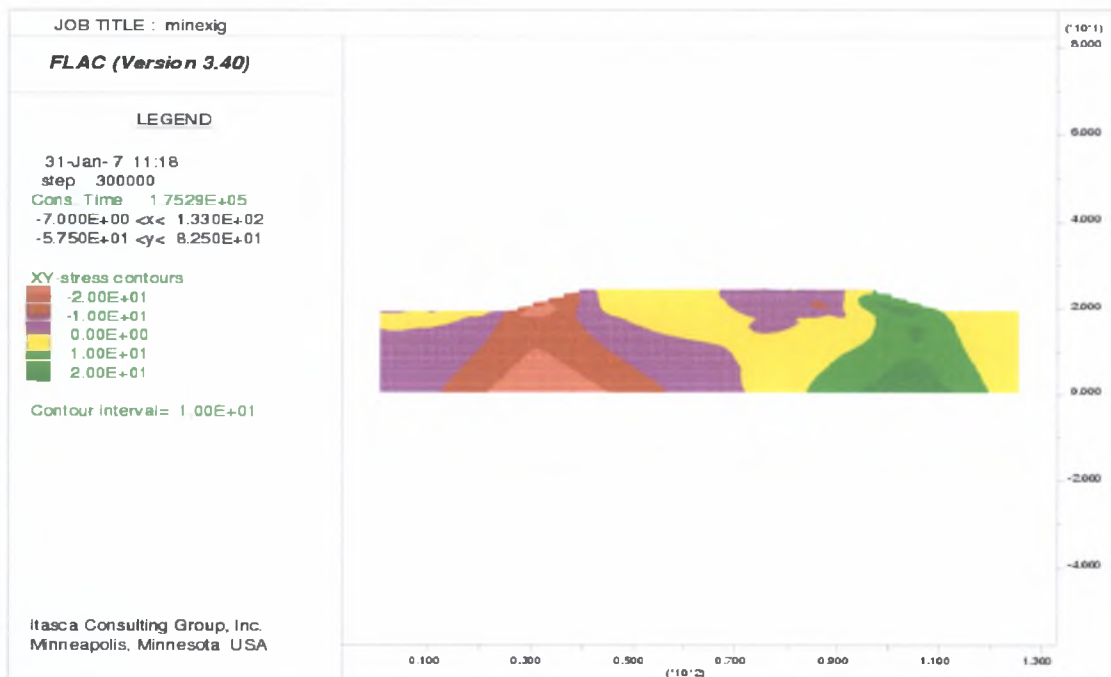
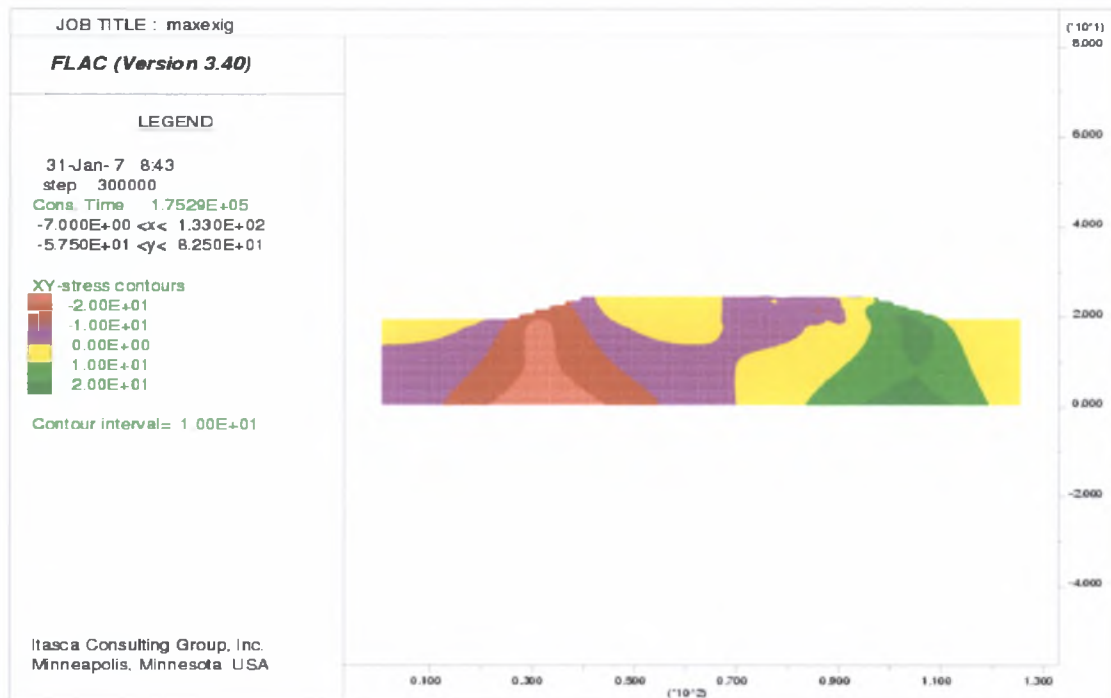
Σχήμα Z.26

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων



Σχήμα Z.27

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων



Σχήμα Z.28

Απεικόνιση κατανομής ισοβαρών διατμητικών τάσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κωστόπουλος Σ. (2003), Γεωτεχνικές Κατασκευές Ι – Ανάλυση των Αρχών Σχεδιασμού & Κατασκευής, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα
2. Κωμοδρόμος Αιμ. (2001), Υπολογιστική Γεωτεχνική Μηχανική–Γραμμική –Μη Γραμμική Ανάλυση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
3. Asaoka A. (1978), Observational Procedure of Settlement Prediction

ΤΕΥΧΗ

1. ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε (1998), Τεχνική Αξιολόγηση των Γεωτεχνικών Εργασιών στο Τμήμα Πολύμυλος – Κουλούρα της Εγνατίας Οδού