



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟΥ
ΠΡΟΣΗΛΙΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Ντάντος Δημήτριος
Τζαλαμαρίας Ιωάννης

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Μενεγάκη Μαρία
Επίκουρος καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2015

*...Κάποια ξημερώματα, σε μακρύ τραπέζι,
θα 'ρθουν να καθίσουνε μάνες και παιδιά,
μέρα Αναστάσιμη κι ο Λαός θα παίζει
τα πολλά τραγούδια του
για τη Λευτεριά.*

*Αφιερωμένη σε όσους πέθαναν κυνηγημένοι,
αλλά ελεύθεροι
και σ' αυτούς που συνεχίζουν το Έργο τους στο σήμερα.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της Επίκουρου Καθηγήτριας Μαρίας Μενεγάκη στα πλαίσια απόκτησης του Διπλώματος Μηχανικού Μεταλλείου – Μεταλλουργού της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μας εργασίας, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, αναθέτοντάς μας την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, με θέμα: «Σχεδιασμός εκμετάλλευσης λιγνιτωρυχείου Προσηλίου Κοζάνης».

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Ανδρέα Μπενάρδο (Επίκουρος Καθηγητής) και τον κ. Αθανάσιο Μαυρίκο (Ερευνητικό – Διδακτικό Προσωπικό) για την αμέριστη βοήθειά τους, κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας εργασίας.

Ακόμα, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην εταιρεία ΜΕ.Τ.Ε. Α.Ε. και ιδιαιτέρως στον κ. Τζαλαμαρία Γεώργιο, για την προθυμία του και τη χορήγηση των στοιχείων, πάνω στα οποία βασίστηκε η παρούσα εργασία.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα άλλα δύο μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, κ. Μπενάρδο Ανδρέα (Επίκουρο Καθηγητή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών) και κ. Δαμίγο Δημήτριο (Αναπληρωτή Καθηγητής Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών) για την συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά, στην ανεύρεση του βέλτιστου δυνατού σχεδιασμού εκμετάλλευσης του λιγνιτικού κοιτάσματος στην περιοχή του Προσήλιου, περιοχή η οποία υπάγεται στο δήμο Κοζάνης και στην οποία δραστηριοποιείται η εταιρεία Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε.

Για τον σκοπό αυτό, κατασκευάστηκε καταρχήν, με βάση τα δεδομένα των γεωτρήσεων, το μοντέλο του κοιτάσματος με στόχο την εκτίμηση των αποθεμάτων. Στη συνέχεια, διαμορφώθηκαν δύο εναλλακτικά σχέδια, στη βάση των αποτελεσμάτων του μοντέλου. Στο πρώτο, σχεδιάζεται μια επιφανειακή εκμετάλλευση, με βαθμίδες ύψους και πλάτους 6 m και κλίση πρανούς 45° στα βόρεια, ανατολικά και νότια του χώρου εκμετάλλευσης. Όσον αφορά στο δυτικό τμήμα, οι βαθμίδες έχουν πλάτος 9 m και κλίση πρανούς 30°. Το δάπεδο της εκμετάλλευσης βρίσκεται στο υψόμετρο +490 m. Ο συνολικός όγκος του υπό εξόρυξη λιγνίτη ανέρχεται σε 11.456.800 m³ ή αλλιώς 13.748.160 tn και η σχέση εκμετάλλευσης από αυτό το σχέδιο είναι 16,8:1. Το δεύτερο σχέδιο αποτελείται από ένα συνδυασμό υπαίθριας και υπόγειας εκμετάλλευσης. Η υπαίθρια εκμετάλλευση σχεδιάζεται ακριβώς με τα ίδια χαρακτηριστικά άλλα το όριο σε αυτή την περίπτωση περιορίζεται αρκετά και δημιουργείται έτσι μία μικρότερη εκσκαφή. Η σχέση εκμετάλλευσης που προκύπτει από το δεύτερο σχέδιο ισούται με 14,1:1. Η υπόγεια εκμετάλλευση σχεδιάζεται στο ανατολικό τμήμα με πάτωμα και οροφή κοιτάσματος στα +496 m και +500 m αντίστοιχα. Χρησιμοποιείται η μέθοδος θαλάμων και στύλων με τετραγωνικούς στύλους ύψους 4 m και πλάτους 12 m, ενώ το πλάτος θαλάμου είναι 6 m. Ο συνολικός όγκος λιγνίτη που εξορύσσεται σε αυτό το σχεδιασμό ανέρχεται σε 6.644.000 m³ ή 7.972.800 tn.

Από την ανάλυση κόστους που πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα από τα εναλλακτικά σχέδια, προέκυψε ότι η μόνη λύση για την εκμετάλλευση του συγκεκριμένου κοιτάσματος είναι η εφαρμογή του δεύτερου σχεδίου, καθώς ο πρώτος εναλλακτικός σχεδιασμός αποδείχτηκε ότι είναι οικονομικά ασύμφορος.

ABSTRACT

The aim of this dissertation is the investigation of optimum mine design for the lignite deposit, which is located at Prosilio area, Kozani and is being exploited by M.E.T.E. S.A. company.

For this purpose, the available drilling data were used in order to develop the block model of the deposit and estimate the reserves. Based on the results of the model two alternative design plans were formed. The first plan, provides opencast mining, with benches of 6 m height and width and slope angle of 45° on the north, east and south section of the exploitation space. Regarding the west section, benches have 9 m width and slope angle of 30°. The bottom of the pit is located at the altitude of +490 m.,The total volume of the lignite to be exploited according to the first plan is estimated at 11.456.800 m^3 or 13.748.160 tn, while the stripping ratio is 16,8 : 1. The second plan, provides, a combination of open pit and underground mining. The open pit excavation is designed with the same characteristics as the open pit in the first plan, but in this case the area of the excavation is restricted. The stripping ratio according to the second design is 14,1 : 1. The underground exploitation following the open pit is designed in the east section with floor and ceiling at +496 m and +500 m respectively. The rooms and pillars method is being used. The rectangular pillars have 12 m width and 4 m height, while the width of the room is 6 m. The total volume of lignite that will be extracted, according to the second alternative plan is estimated at 6.644.000 m^3 or 7.972.800 tn.

The cost analysis conducted for each alternative revealed that the only the second plan could be implemented, since the first alternative proved to be economically unfeasible.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ.....	1
1.1 Προφίλ του ομίλου.....	1
1.1.1 Ετήσια παραγωγή και διάθεση.....	1
1.2 Περιοχή μελέτης.....	1
1.2.1 Τοποθεσία λιγνιτωρυχείου.....	1
1.2.2 Τρόπος μετάβασης στο λιγνιτωρυχείο.....	5
1.3 Έρευνα με δειγματοληπτικές γεωτρήσεις για την ανεύρεση λιγνιτοφόρου κοιτάσματος.....	5
1.3.1 Περιγραφή – Τρόπος κατασκευής γεωτρητικού προγράμματος.....	5
1.3.2 Εξοπλισμός.....	6
1.3.3 Διατρητικός εξοπλισμός.....	6
1.4 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία – έδαφος.....	7
1.4.1 Γεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.....	7
1.4.2 Γεωλογικά στοιχεία χώρου επέμβασης.....	8
1.4.3 Κοιτασματολογικά στοιχεία περιοχής.....	9
1.4.4 Έδαφος.....	10
1.5 Φυσικό περιβάλλον.....	11
1.6 Μετεωρολογικά και υδρογραφικά - υδρολογικά στοιχεία.....	11
1.6.1 Μετεωρολογικά στοιχεία.....	11
1.6.2 Υδρογραφικά – υδρολογικά στοιχεία.....	13
1.6.2.1 Τα χαρακτηριστικά των ρεμάτων P1, P2, P3, P4, P5, P6.....	13
1.6.2.2 Τμήμα του κύριου ρέματος που διατρέχει το χώρο επέμβασης.....	15
1.7 Μηχανολογικός εξοπλισμός του έργου.....	17
1.8 Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	22
1.8.1 Ατμόσφαιρα.....	22
1.8.2 Νερά.....	25
1.8.3 Μορφολογία – έδαφος.....	26
1.8.4 Χλωρίδα – πανίδα.....	26
1.8.5 Θόρυβος.....	26
1.8.6 Αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	29
2.1 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα Surpac.....	29
2.2 Διαδικασίες προσδιορισμού και αποτύπωσης των αποθεμάτων.....	30

2.3 Δημιουργία βάσης δεδομένων.....	31
2.4 Διαδικασία προσδιορισμού τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων	42
2.5 Κατασκευή του block model.....	44
2.5.1 Μέθοδος nearest neighbour.....	48
2.5.2 Μέθοδος Inverse Distance.....	53
2.6 Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου.....	58
2.7 Δημιουργία βοηθητικού block model	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟΥ	60
3.1 Πρώτος εναλλακτικός σχεδιασμός (με βάση το κριτήριο μέγιστης απόληψης)	60
3.1.1 Μέθοδος εκμετάλλευσης.....	60
3.1.2 Σχεδιασμός με τη χρήση του προγράμματος surpac	60
3.1.3 Δημιουργία τελικού ανάγλυφου.....	68
3.1.4 Δημιουργία τρισδιάστατης απεικόνισης τελικού αναγλύφου (dtm) και υπολογισμός όγκων.....	70
3.2. Δεύτερος εναλλακτικός σχεδιασμός (συνδυαστικός σχεδιασμός υπαίθριας – υπόγειας εκμετάλλευσης).....	74
3.2.1 Τελικός σχεδιασμός υπαίθριας.....	75
3.2.2 Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης	80
3.2.2.1 Περιγραφή μεθόδου θαλάμων και στύλων και υπολογισμός παραμέτρων.....	80
3.2.2.2 Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης στο surpac	87
3.2.2.3 Υπολογισμός όγκων υπόγειας εκμετάλλευσης.....	91
3.2.2.4 Υποστήριξη υπογείων στοών	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ	99
4.1 Προκαταρκτική οικονομική ανάλυση πρώτου εναλλακτικού σχεδιασμού υπαίθρια εκμετάλλευση.....	100
4.2 Προκαταρκτική οικονομική ανάλυση δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού (συνδυασμός υπαίθριας – υπόγειας εκμετάλλευσης).....	101
4.2.1 Επιφανειακή εκμετάλλευση	101
4.2.2 Υπόγεια εκμετάλλευση	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Συντεταγμένες χώρου επέμβασης.....	2
Πίνακας 1.2 Συντεταγμένες κορυφών πρώτου τμήματος που εξαιρείται της επιφανειακής εκμετάλλευσης και αποθέσεων	4
Πίνακας 1.3 Συντεταγμένες κορυφών δεύτερου τμήματος που εξαιρείται από την επιφανειακή εκμετάλλευση και τις αποθέσεις	4
Πίνακας 1.4 Πλημμυρικές απορροές – Ορθολογική μέθοδος για περίοδο επαναφοράς T = 50 έτη	14
Πίνακας 1.5 Γεωμετρικά – υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής εντός ορυχείου.....	17
Πίνακας 1.6 Μηχανήματα εκσκαφής - φόρτωσης	17
Πίνακας 1.7 Φορητά για μεταφορά λιγνίτη και αγόνων.....	18
Πίνακας 1.8 Ισοπεδωτές για συντήρηση δρόμων	18
Πίνακας 1.9 Προωθητές γαιών για διάνοιξη δρόμων και πλατειών.....	19
Πίνακας 1.10 Φορτωτές για τη φόρτωση τελικών προϊόντων	21
Πίνακας 1.11 Βυτία για διαβροχή δρόμων και πλατειών.....	22
Πίνακας 4.1 Κόστη 1ου σχεδιασμού.....	100
Πίνακας 4.2 Κόστη 2ου σχεδιασμού	101
Πίνακας 4.3 Κόστη υπόγειας εκμετάλλευσης.....	102

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας	12
Σχήμα 1.2 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας υγρασίας	12
Σχήμα 1.3 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης.....	13
Σχήμα 1.4 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας έντασης ανέμων.....	13
Σχήμα 1.5 Απόσπασμα τοπογραφικών διαγραμμάτων, κλίμακας 1 : 5.000, της Γ.Υ.Σ., όπου με πράσινο και ιώδες χρώμα φαίνονται τα όρια του λιγνιτωρυχείου. Με κόκκινο διακρίνονται οι υδροκρίτες των λεκανών και με μπλε τα υπό μελέτη ρέματα (το σχήμα είναι άνευ κλίμακας).	15
Σχήμα 1.6 Απόσπασμα τοπογραφικών διαγραμμάτων, κλίμακας 1 : 5.000, της Γ.Υ.Σ. «4236.6», «4237.3», «4237.5», «4237.7» και «4237.8», όπου με πράσινο χρώμα φαίνονται τα όρια του λιγνιτωρυχείου και με ιώδες τα όρια επέκτασης του λιγνιτωρυχείου. Με κόκκινο διακρίνεται η λεκάνη απορροής και με μπλε το υπό μελέτη ρέμα (το σχήμα είναι άνευ κλίμακας).....	16

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Όριο της παραχωρηθείσας προς εκμετάλλευση περιοχής	1
Εικόνα 1.2 Volvo EC700	18
Εικόνα 1.3 Volvo G990.....	19
Εικόνα 1.4 Προωθητής Michigan 280C.....	20
Εικόνα 1.5 Προωθητής Komatsu D65	20
Εικόνα 1.6 Προωθητής Caterpillar CATD6H.....	21
Εικόνα 1.7 Φορτωτής Liebherr 580	22
Εικόνα 2.1 Επιλογή χώρου αποθήκευσης των εργασιών	32
Εικόνα 2.2 Δημιουργία νέας βάσης δεδομένων	32
Εικόνα 2.3 Ορισμός πεδίων κάθε πίνακα.....	34
Εικόνα 2.4 Εισαγωγή δεδομένων στη βάση.....	35
Εικόνα 2.5 Επιλογή πεδίων κάθε πίνακα και αντιστοίχησή τους με τις στήλες του αρχείου excel.	36
Εικόνα 2.6 Αντιστοίχιση αρχείων .csv με του πίνακες της βάσης δεδομένων.....	36
Εικόνα 2.7 Εντολή προβολής των δεδομένων της βάσης που δημιουργήθηκε.....	37
Εικόνα 2.8 Προβολή πίνακα assay.....	37
Εικόνα 2.9 Προβολή πίνακα collar	38
Εικόνα 2.10 Προβολή πίνακα survey.....	38
Εικόνα 2.11 Εντολή για την γραφική προβολή των γεωτρήσεων.....	39
Εικόνα 2.12 Παράθυρο επιλογής παραμέτρων προβολής (χωρική κατανομή γεωτρήσεων).....	39
Εικόνα 2.13 Επιλογή πληροφοριών που θα συμπεριληφθούν στην απεικόνιση.....	40
Εικόνα 2.14α Κάτοψη των γεωτρήσεων	41
Εικόνα 2.14β Απεικόνιση των γεωτρήσεων στο χώρο	41
Εικόνα 2.15 εντολή Database → Composite → Downhole.....	42
Εικόνα 2.16 Αρχείο που προέκυψε από τη διαδικασία composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος	43
Εικόνα 2.17 Αρχείο που προέκυψε από τη διαδικασία composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος	44
Εικόνα 2.18 Block model → Block model → New/Open	46
Εικόνα 2.19 Εισαγωγή παραμέτρων για την πραγματοποίηση του composite.....	46
Εικόνα 2.20 Block model → Block model → Display	47
Εικόνα 2.21 Block model→ Estimation→ Nearest neighbour	49
Εικόνα 2.22 Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία του block model με τη μέθοδο nearest neighbour.....	50

Εικόνα 2.23 Block model → constrains → new graphical constrain.....	51
Εικόνα 2.24 Εισαγωγή περιορισμού για την εμφάνιση των blocks του λιγνίτη	52
Εικόνα 2.25 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο nearest neighbour, από το αρχείο του composite στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος.....	52
Εικόνα 2.26 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο nearest neighbour, από το αρχείο του composite στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος.....	53
Εικόνα 2.27 Block model → Estimation → Inverse distance.....	54
Εικόνα 2.28 Ορισμός παραμέτρων.....	55
Εικόνα 2.29 Εισαγωγή παραμέτρων, για τη δημιουργία του block model με τη μέθοδο Inverse distance.....	56
Εικόνα 2.30 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο inverse distance, από το το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος.....	57
Εικόνα 2.31 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο inverse distance, από το το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος.....	58
Εικόνα 2.32 Βοηθητικό block model.....	59
Εικόνα 3.1 Αρχικό ανάγλυφο.....	61
Εικόνα 3.2 Μάργα στα νοτιοδυτικό τμήμα του λιγνιτωρυχείου	62
Εικόνα 3.3 Όριο εκμετάλλευσης σχεδιασμού μέγιστης απόληψης.....	63
Εικόνα 3.4 Ορισμός κλίσης βαθμίδας.....	64
Εικόνα 3.5 Εντολή design → expand segment → by bench hight	64
Εικόνα 3.6 Εντολή design → expand segment → by berm width	65
Εικόνα 3.7α Κάτοψη τελικής μορφής σχεδιασμού μέγιστης απόληψης.....	66
Εικόνα 3.7β Τρισδιάστατη απεικόνιση τελικής μορφής σχεδιασμού μέγιστης απόληψης.....	67
Εικόνα 3.8 Ενσωμάτωση ορίου στο τοπογραφικό ανάγλυφο	68
Εικόνα 3.9 Αφαίρεση οριοθετημένης περιοχής από το τοπογραφικό ανάγλυφο	69
Εικόνα 3.10 Ενσωμάτωση σχεδιασμού στο τοπογραφικό	69
Εικόνα 3.11α DTM αρχικού ανάγλυφου.....	70
Εικόνα 3.11β DTM τελικού ανάγλυφου	71
Εικόνα 3.12 surfaces → volumes → net volume between DTMs	71
Εικόνα 3.13 Report ογκομέτρησης μεταξύ αρχικού - τελικού ανάγλυφου.....	72
Εικόνα 3.14 block model → constraints → new graphical constraint	73
Εικόνα 3.15 Απεικόνιση του block model μετά τη χρήση της εντολής block model → display → colour model by attribute και την εισαγωγή των περιορισμών	74
Εικόνα 3.16 Όριο εκμετάλλευσης τελικού σχεδιασμού υπαίθριας.....	75
Εικόνα 3.17α Κάτοψη τελικής μορφής δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού	77
Εικόνα 3.17β Τρισδιάστατη απεικόνιση τελικής μορφής δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού	78

Εικόνα 3.18 Ενσωμάτωση σχεδιασμού στο τοπογραφικό	79
Εικόνα 3.19 DTM τελικού ανάγλυφου	79
Εικόνα 3.20 Απεικόνιση του block model μετά τη χρήση της εντολής block model → display → colour model by attribute και την εισαγωγή των περιορισμών	80
Εικόνα 3.21 Αποτύπωση κοιτάσματος, μετά το πέρας της επιφανειακής εκμετάλλευσης, σε υψόμετρο +496 m έως +500 m	81
Εικόνα 3.22 Δημιουργία κνάβου οροφής και πατώματος, τμήματος των υπογείων.....	87
Εικόνα 3.23 Δημιουργία ανάγλυφου, τμήματος υπογείων.....	88
Εικόνα 3.24 Πρόσοψη στοάς	89
Εικόνα 3.25 Σχεδιασμός στοών.....	89
Εικόνα 3.26 Ανάγλυφο στοών	90
Εικόνα 3.27 Τελικός σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης.....	90
Εικόνα 3.28 Τελικό ανάγλυφο υπόγειας εκμετάλλευσης.....	91
Εικόνα 3.29 Απεικόνιση του κοιτάσματος και των στείρων, στην περιοχή ανάπτυξης της υπόγειας εκμετάλλευσης, με τη χρήση του block model	92
Εικόνα 3.30 Report του συνολικού όγκου εξορύξιμου υλικού βάσει του block model.....	93
Εικόνα 3.31 Τοποθέτηση ενός συνήθους αγκυρίου Swellex, με την βοήθεια υδραυλικής πρέσας. 95	
Εικόνα 3.32 Τοποθετημένο αγκύριο τύπου Swellex, εντός της οπής του διατρήματος.....	95
Εικόνα 3.33 Διάταξη αλυσιδωτού δομικού πλέγματος.....	96
Εικόνα 3.34 Διάταξη συγκολλημένου πλέγματος.....	97
Εικόνα 3.35 Τοποθέτηση πλέγματος ενίσχυσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ

1.1 Προφίλ του ομίλου

Η εταιρεία Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε. είναι από τις μεγαλύτερες ιδιωτικές εταιρείες εκμετάλλευσης λιγνιτικών κοιτασμάτων στην Ελλάδα, και δραστηριοποιείται επί δεκαετίες στη ΒΔ Μακεδονία. Στο λιγνιτωρυχείο, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή Προσηλίου Κοζάνης, εξορύσσεται λιγνίτης τύπου ξυλίτη υψηλής ποιότητας.

1.1.1 Ετήσια παραγωγή και διάθεση

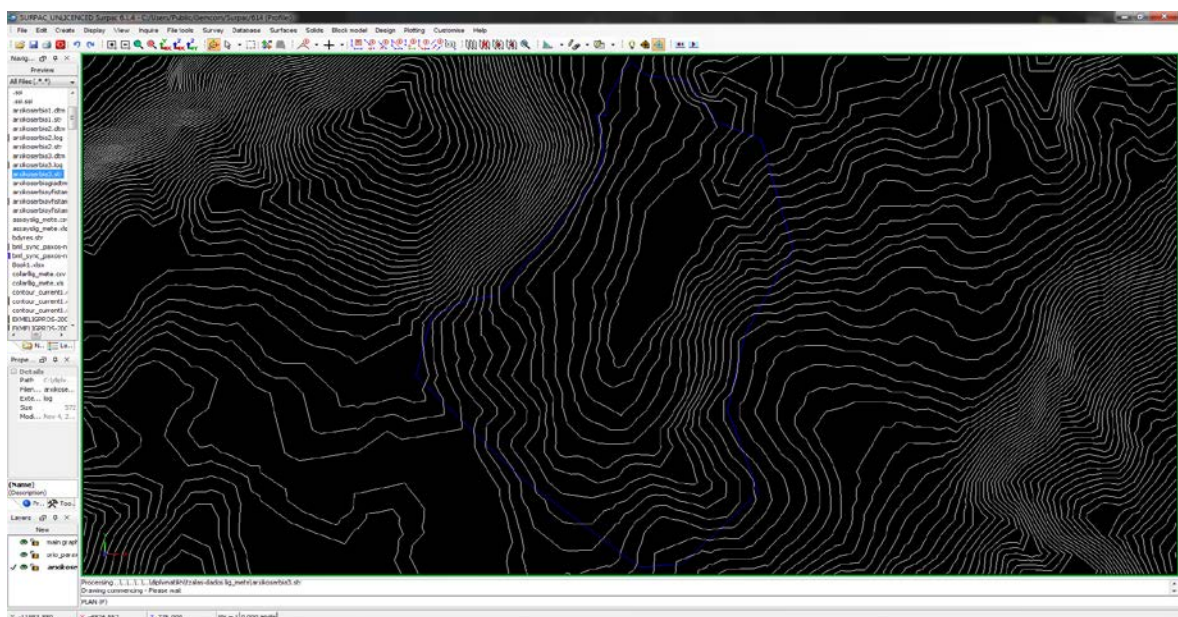
Η ετήσια παραγωγή στο Λιγνιτωρυχείο Προσήλιου ανέρχεται στους 570.000 tn λιγνίτη, διακινώντας, κατά μέσο όρο, 9.290.000 m³ άγονα ετησίως.

Το 95% της παραγωγής κατευθύνεται στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς Μελίτης, Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς της ΔΕΗ, ενώ το υπόλοιπο προορίζεται για ιδιωτικές μονάδες (θερμοκήπια, βιοτεχνίες) και οικιακή θέρμανση.

1.2 Περιοχή μελέτης

1.2.1 Τοποθεσία λιγνιτωρυχείου

Ο προτεινόμενος στη ΜΠΕ, χώρος των 2.688.384 m², περικλείεται από τα σημεία Α-K69-K70-K71-K72-K73-K74-K75-K76-K77-K78-K19-K20-K21-K22-K23-K24-K79-K80-K81-K82-K83-K84-K85-B (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1 Όριο της παραχωρηθείσας προς εκμετάλλευση περιοχής

Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών, στο προβολικό σύστημα HATT (Κ.Φ.Χ. ΚΟΖΑΝΗ κλ. 1 : 100000 με $L = +40^{\circ} 15'$ και $M = -1^{\circ} 45'$) και στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ) 1987, είναι:

Πίνακας 1.1 Συντεταγμένες χώρου επέμβασης

ΚΟΡΥΦΗ	X	Y	X	Ψ
A	-2525,00	-12085,00	324262,44	4445261,90
K69	-2368,78	-12659,54	324405,46	4444683,94
K70	-2601,61	-13099,27	324162,62	4444249,67
K71	-2687,87	-13497,21	324067,27	4443853,82
K72	-2538,64	-13924,77	324206,67	4443422,96
K73	-2901,65	-14300,48	323835,15	4443055,67
K74	-3113,38	-14317,83	323623,08	4443043,17
K75	-3690,00	-13850,00	323057,33	4443524,07
K76	-4200,22	-13320,12	322559,39	4444065,48
K77	-4126,14	-13013,20	322640,48	4444370,62
K78	-3951,51	-12923,24	322817,12	4444456,56
K19	-3800,00	-12900,00	322969,12	4444476,32
K20	-3320,00	-12290,00	323462,96	4445075,16
K21	-3289,23	-12152,10	323496,88	4445212,32
K22	-3289,33	-12126,59	323497,37	4445237,38
K23	-3314,46	-12000,08	323475,14	4445364,87
K24	-3327,11	-11959,22	323463,44	4445406,01
K79	-3278,46	-11961,82	323512,01	4445402,30
K80	-3267,34	-11875,81	323525,10	4445488,03
K81	-3213,54	-11762,29	323581,48	4445600,28
K82	-3156,74	-11679,86	323640,15	4445681,40
K83	-3087,50	-11748,75	323707,80	4445610,93
K84	-2881,70	-11783,08	323912,76	4445571,91
K85	-2770,02	-11946,82	324020,65	4445405,65
B	-2750,00	-11990,00	324039,68	4445362,03
	HATT L = 40,15 M = -1,45		ΕΓΣΑ '87	

Η έκταση επέμβασης των 2.688.384 m² απαρτίζεται από δημόσιες θαμνώδεις εκτάσεις, δημόσια χερσόλιβαδα, τα οποία χρησιμοποιούνται για βοσκοτόπια, και ιδιωτικές εκτάσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται για γεωργικές καλλιέργειες. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση, ο εκμεταλλευτής μισθώνει τις εκτάσεις από τους ιδιοκτήτες τους για χρονικό διάστημα συνήθως 5 ετών.

Στο νότιο τμήμα του χώρου επέμβασης, βρίσκονται δύο χώροι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και επηρεάζουν τις ΝΔ εξωτερικές αποθέσεις, ενώ δεν επηρεάζουν την υπόγεια εκμετάλλευση στο νότιο τμήμα.

Η έκταση του Λιγνιτωρυχείου Προσήλιου είναι 2.263.198,4 m² και προκύπτει αφαιρώντας από την έκταση των 2.688.384 m², τους προαναφερθέντες χώρους αρχαιολογικού ενδιαφέροντος έκτασης 425.185,60 m² (ΤΜΗΜΑ Ι & ΤΜΗΜΑ ΙΙ), που σύμφωνα με την υπ. αρ. ΥΠ.ΠΟ.Α/ΓΔΑΠΚ/ΔΙΠΚΑ/ΤΑΧ/Φ30/244909/132794/15960/7124/13-12-2013 απόφαση του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, εξαιρούνται της επιφανειακής εκμετάλλευσης και των εξωτερικών αποθέσεων.

Πιο συγκεκριμένα, το ΤΜΗΜΑ Ι, έκτασης 134.472,25 m², περικλείεται από τα σημεία K70-K71-K72-K73-K73A-K73B-K73Γ-K73Δ-K73E-K73Z-K73H-K73Θ και το ΤΜΗΜΑ ΙΙ, έκτασης 290.713,35 m², περικλείεται από τα σημεία K74A-K75-K76-K77-K77A-K77B-K77Γ-K77Δ-K77E-K77Z-K77H. Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών στο προβολικό σύστημα HATT (Κ.Φ.Χ. ΚΟΖΑΝΗ κλ. 1 : 100.000 με L = +40° 15' και M = -1° 45') και στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα αναφοράς (ΕΓΣΑ) 1987 δίνονται στους Πίνακες 1.2 και 1.3.

:

Πίνακας 1.2 Συντεταγμένες κορυφών πρώτου τμήματος που εξαιρείται της επιφανειακής εκμετάλλευσης και των εξωτερικών αποθέσεων

ΚΟΡΥΦΗ	X	Y	X	Y
K71	-2687,87	-13497,21	324067,27	4443853,82
K72	-2538,64	-13924,77	324206,67	4443422,96
K73	-2901,65	-14300,48	323835,15	4443055,67
K73A	-3020,82	-14310,25	323715,79	4443048,63
K73B	-3054,72	-14192,58	323684,59	4443167,04
K73Γ	-2991,02	-14148,91	323749,28	4443209,24
K73Δ	-2923,17	-14141,53	323817,28	4443215,07
K73E	-2830,31	-14209,27	323908,56	4443145,22
K73Z	-2815,20	-14198,61	323923,91	4443155,53
K73H	-2772,01	-13648,36	323979,69	4443704,64
K73Θ	-2808,18	-13561,27	323945,52	4443792,53
		HATT L = 40,15 M = -1,45	ΕΓΣΑ '87	

Πίνακας 1.3 Συντεταγμένες κορυφών δεύτερου τμήματος που εξαιρείται της επιφανειακής εκμετάλλευσης και των εξωτερικών αποθέσεων

ΚΟΡΥΦΗ	X	Y	X	Y
K74A	-3292,60	-14172,42	323447,24	4443192,64
K75	-3690,00	-13850,00	323057,33	4443524,07
K76	-4200,22	-13320,12	322559,39	4444065,48
K77	-4126,14	-13013,20	322640,48	4444370,62
K77A	-3871,06	-13073,47	322894,11	4444304,53
K77B	-3806,02	-13189,75	322956,47	4444186,79
K77Γ	-3889,03	-13274,00	322871,55	4444104,47
K77Δ	-3953,17	-13311,17	322806,58	4444068,78
K77E	-3712,15	-13495,38	323043,31	4443879,10
K77Z	-3485,92	-13813,83	323262,19	4443555,56
K77H	-3367,04	-13811,10	323381,10	4443555,56
		HATT L = 40,15 M = -1,45	ΕΓΣΑ '87	

1.2.2 Τρόπος μετάβασης στο λιγνιτωρυχείο

Το κύριο οδικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής είναι η εθνική οδός Λάρισας – Κοζάνης, που διέρχεται δυτικά του λιγνιτωρυχείου. Η προσπέλαση από το κύριο οδικό δίκτυο στο λιγνιτωρυχείο γίνεται κυρίως μέσω οδού, που ξεκινά από την εθνική οδό στη θέση «Χριστός», περίπου 1.2 km μετά το Πολύρραχο, προς Λάρισα, διέρχεται από τις εγκαταστάσεις σπαστήρα και συνεχίζει προς την εκμετάλλευση. Η οδός αυτή, από άποψη κλίσεων, πλάτους και καμπυλότητας ικανοποιεί το άρθρο 40 του ΚΜΛΕ. Δευτερευόντως, για τη προσπέλαση στο λιγνιτωρυχείο χρησιμοποιείται η επαρχιακή οδός Σερβίων – Δεσκάτης, που διέρχεται ΒΑ του λιγνιτωρυχείου. Το Λιγνιτωρυχείο Προσήλιου απέχει οδικώς περίπου 7 km από τα Σέρβια.

1.3 Έρευνα με δειγματοληπτικές γεωτρήσεις για την ανεύρεση λιγνιτοφόρου κοιτάσματος

1.3.1 Περιγραφή – Τρόπος κατασκευής γεωτρητικού προγράμματος

Για την ανόρυξη των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων ακολουθήθηκαν τα παρακάτω στάδια:

- Ανόρυξη δειγματοληπτικής γεώτρησης, διαμέτρου αρχικά Φ101 mm και σε μεγαλύτερα βάθη Φ86.
- Εφ' όσον σημειώθηκαν καταπτώσεις, έγινε διεύρυνση από Φ101 mm σε Φ127 mm.
- Τη διεύρυνση ακολούθησε τοποθέτηση περιφραγματικού σωλήνα Φ116 mm, που χρησιμοποιείται για την προστασία της οπής της γεώτρησης και του διατρητικού εξοπλισμού, από πιθανές καταπτώσεις των τοιχωμάτων της γεώτρησης ή από πιθανή διόγκωσή τους. Μετά το πέρας των γεωτρήσεων, αφαιρέθηκε ο περιφραγματικός σωλήνας.
- Σε περίπτωση απώλειας του πολτού κυκλοφορίας, η γεώτρηση σωληνώθηκε μέχρι το βάθος εκείνο, όπου η κυκλοφορία του πολτού θα επέστρεφε στην επιφάνεια. Στη περίπτωση αυτή, χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες εξωτερικής διαμέτρου Φ114 mm καθώς και σωλήνες Φ98 mm για βάθος, που κυμαίνεται από 10 m ως 80 m.
- Το βάθος των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 90m έως 200m περίπου.
- Η τοποθέτηση του αδιατάρακτου δείγματος έγινε σε ξύλινα κιβώτια.
- Κατά την φάση της ανόρυξης, χρησιμοποιήθηκε μπεντονίτης σε ανάμιξη με νερό. Ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται για την σταθεροποίηση των τοιχωμάτων των

γεωτρήσεων από καταπτώσεις και για τη στεγανοποίηση τους για την αποφυγή απώλειας νερού.

1.3.2 Εξοπλισμός

Χρησιμοποιήθηκαν δύο υδραυλικά γεωτρήματα περιστροφικής διάτρησης, μάρκας JOY Sullivan 22 Ltd, καθώς και γεωτρήματα μάρκας Boyles Bross BBS 17A, τα οποία είναι αυτοκινούμενα και συνολικού βάρους περίπου 15 tn έκαστο.

1.3.3 Διατρητικός εξοπλισμός

Για την διαδικασία εκτέλεσης κάθε γεώτρησης χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω διατρητικός εξοπλισμός:

- **Περιφραγματικοί σωλήνες:** Χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες εξωτερικής διαμέτρου Φ114 mm καθώς και σωλήνες Φ98 mm.
- **Καροταρίες:** Οι καροταρίες είναι χαλύβδινοι σωλήνες, όπου μέσα σε αυτές αποθηκεύεται το κυλινδρικής μορφής δείγμα μήκους 3 m. Στις γεωτρήσεις χρησιμοποιήθηκαν οι εξής καροταρίες:
 - Καροταρία μονού τοιχώματος, διαμέτρου Φ101 mm (T1 101 W), η οποία είναι απλός σωλήνας, μέσα από τον οποίο διέρχεται το νερό, το οποίο έρχεται σε επαφή με τον σχηματισμό που τρυπάει.
 - Καροταρία διπλού τοιχώματος, διαμέτρου Φ101 mm (T2 101 WS), η οποία αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες, μεταξύ των οποίων διέρχεται το νερό, ενώ το δείγμα συλλέγεται στο εσωτερικό.
 - Καροταρία μονού τοιχώματος, διαμέτρου Φ86 mm (T1 86 W), η οποία είναι απλός σωλήνας, μέσα από τον οποίο διέρχεται το νερό, το οποίο έρχεται σε επαφή με τον σχηματισμό που τρυπάει.
 - Καροταρία διπλού τοιχώματος, διαμέτρου Φ86 mm (T2 86 WS), η οποία αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες, μεταξύ των οποίων διέρχεται το νερό, ενώ το δείγμα συλλέγεται στο εσωτερικό.
- **Κοπτικά άκρα (Κορώνες):** Οι κορώνες αποτελούνται από χαλύβδινο κύλινδρο ύψους μερικών εκατοστών, που στη μία βάση του φέρει οπλισμό μεγάλης σκληρότητας και ανθεκτικότητας και στην άλλη σπειρώματα, για να βιδώνει στην καροταρία. Ανάλογα με το υλικό, που χρησιμοποιήθηκε για τον οπλισμό του κοπτικού άκρου, οι κορώνες διακρίνονται σε αδαμαντοκορώνες (οπλισμός από τεχνητά διαμάντια) και σε βιδιοκορώνες (οπλισμός από κράμα καρβιδίου του

βολφραμίου και κοβαλτίου ή από σκληρυμένο χάλυβα). Οι κορώνες που χρησιμοποιήθηκαν στις γεωτρήσεις είναι οι εξής:

- Ιδιοκορώνες για καροταρίες διαμέτρου T1 101W, T2 101WS, T1 86W και T2 86WS.
- Αδαμαντοκορώνες για καροταρίες διαμέτρου T2 101W, T2 86WS (όπου εντοπίζεται το ασβεστολιθικό υπόβαθρο).

➤ **Πηλαντλίες:** Οι πηλαντλίες αποτελούν το μηχανικό μέσο για την κυκλοφορία του πολτού. Ήταν τύπου triplex υψηλών πιέσεων διαφόρων ειδών (Royal Bean, Boyles κ.ά.). Οι σωλήνες, που χρησιμοποιήθηκαν, μεταφέρθηκαν επί του γεωτρήσανου. Κατά την φάση της ανόρυξης των γεωτρήσεων, δεν χρησιμοποιήθηκαν τοξικές ουσίες. Τα υγρά απόβλητα, που προέρχονται από την κυκλοφορία του υγρού πολτού (διάλυμα νερού - μπεντονίτη) μέσω της γεώτρησης, ήταν πολύ μικρής ποσότητας. Το νερό, που χρησιμοποιήθηκε, για την ψύξη και κυκλοφορία των συντριμμάτων, ήταν περιορισμένης ποσότητας, επομένως δεν διηθήθηκε σε βαθύτερους ορίζοντες, λόγω του σύντομου χρόνου εκτέλεσης των εργασιών. Κατά το στάδιο κατασκευής των γεωτρήσεων, δεν υπήρξαν στερεά απόβλητα. Οι οποιεσδήποτε επεμβάσεις, που έγιναν στους χώρους γύρω από τις γεωτρήσεις αποκαταστάθηκαν, εφ' όσον δεν ακολούθησε εκμετάλλευση.

1.4 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία – έδαφος

1.4.1 Γεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή του Λιγνιτωρυχείου Προσήλιου ανήκει γεωτεκτονικά στην Πελαγονική Ζώνη. Η στρωματογραφική διάρθρωση της ζώνης αυτής είναι γενικά η ακόλουθη:

➤ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

- ΟΛΟΚΑΙΝΟ

- Σύγχρονες προσχώσεις
- Αλλουβιακές αποθέσεις
- Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα
- Ελουβιακός μανδύας

- ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

- Ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή
- Χαλαρό χαλαζιακό κροκαλοπαγές στη περιοχή Μελίτης – Αχλάδας

- Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, άμμοι και κόκκινα χρώματα
- ΝΕΟΓΕΝΕΣ
 - ΠΟΝΤΙΟ
 - Ασβεστόλιθοι – μάργες
- ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ
 - ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ – ΚΑΤ. ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ
 - Ανώτερο Λαδινό – Κατ. Λιάσιο
 - Ημικρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες
 - Πρασινοσχιστόλιθοι
- ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣΧΙΣΤΩΔΕΣ
 - Σχιστόλιθοι
 - Μεταμορφωμένα βασικά εκρηξιγενή πετρώματα
 - Ορθογενέσιοι

1.4.2 Γεωλογικά στοιχεία χώρου επέμβασης

Το Λιγνιτωρυχείο Προσήλιου αποτελεί τμήμα της γνωστής λιγνιτοφόρου λεκάνης των Σερβίων, που εκτείνεται νότια μέχρι το Τριγωνικό και ανατολικά μέχρι το λιγνιτωρυχείο της Παλαιάς Λάβας. Ο χώρος επέμβασης είναι ένας κλάδος της λεκάνης με ΒΔ ανάπτυξη, που περικλείεται από τον ασβεστόλιθο της περιοχής.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που απαντούν στον υπό μελέτη χώρο, από τους νεώτερους στους παλαιότερους είναι:

- Κάλυμμα του τεταρτογενούς από υλικά αποσάθρωσης, το οποίο συνίσταται σε αμμοχάλικα και κορήματα.
- Κάτω από το κάλυμμα, απαντούν πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα από αργίλους, αμμούχες μάργες – άμμους και μάργες. Μέσα στις μάργες, φιλοξενείται το κοίτασμα λιγνίτη, το οποίο αποσφηνώνεται προς τον ασβεστόλιθο. Το λιγνιτικό κοίτασμα, που εντοπίζεται στην περιοχή, χαρακτηρίζεται κυρίως ως ξυλίτης και συγκεκριμένα ως «ξυλώδους τύπου» λιγνίτης κατά 80% και ως λιγνίτης κατά 20%. Μακροσκοπικά, στη σύστασή του, είναι εμφανής η παρουσία των πρωτογενών ξυλιτικών συστατικών, όπως κορμοί, κλαδιά και ρίζες, αναμεμιγμένα με τα μαλακά συστατικά, όπως φλοιοί, φύλλα κ.λπ. Ανεξάρτητα από το ποσοστό των σκληρών ή μαλακών συστατικών, που περιέχονται σε κάθε λιγνιτικό δείγμα, ο «ξυλώδους

τύπου» λιγνίτης είναι σκληρός και πολλές φορές συμπαγής. Το πάχος του ξυλίτη κυμαίνεται από 3,20 m έως 6,90 m στα Β & Δ και από 3 m έως 5 m στα Α και απαντά σε βάθος από 40 έως 120 m περίπου. Η ύπαρξη μάργας, σε μερικές θέσεις ανάμεσα στο στρώμα του ξυλίτη, υποδηλώνει διακοπή της φυτικής ιζηματογένεσης και επανάληψη αυτής. Ο ξυλίτης είναι αυτόχθονος, προήλθε από τη φυτική ιζηματογένεση της περιοχής και είναι ηλικίας πλειόκαινου. Η διεύθυνση του ξυλίτη είναι Β 60°Α με κλίση 5° - 10° προς ΝΑ. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εν λόγω ξυλίτη είναι: κατώτερη θερμογόνο δύναμη (ΚΘΔ) περίπου 2.200 kcal, τέφρα επί ξηρού περίπου 23% και υγρασία περίπου 43-44 %. Το πάχος των πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων στο τμήμα αυτό υπολογίζεται στα 100 m περίπου στο κέντρο της περιοχής, ενώ στα άκρα αυτής (Α-Δ) φθίνει συνεχώς μέχρι που συναντάται ο ασβεστόλιθος.

- Τα πλειοκαινικά – πλειστοκαινικά ιζήματα επικάθονται των ασβεστόλιθων της περιοχής, οι οποίοι έχουν ΒΔ ανάπτυξη. Η ηλικία των ασβεστόλιθων είναι τριαδική – ιουρασική. Τα υπερκείμενα, τα οποία είναι το σύνολο των στρωμάτων, υπέρκεινται του λιγνιτικού στρώματος και θα απομακρυνθούν από τους χώρους επιφανειακής εκμετάλλευσης, είναι πάχους 40 - 120 m και συνίστανται από την επιφάνεια του εδάφους προς τα κάτω ως ακολούθως:
 - εδαφικό κάλυμμα, αποτελούμενο από φερτά υλικά: αμμοχάλικα και κορήματα
 - άργιλοι, φαιοκόκκινες, πλούσιες σε Na_2O , K_2O , πάχους 2 m, κάτω ακριβώς από το εδαφικό κάλυμμα
 - αμμούχες μάργες – άμμους, που υπόκεινται των αργίλων
 - γκριζόλευκες μάργες, σκληρές και φτωχές, που υπέρκεινται ή βρίσκονται σε επαφή με τον λιγνίτη.

1.4.3 Κοιτασματολογικά στοιχεία περιοχής

Τα βασικά κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά των ξυλιτικών κοιτασμάτων του Προσήλιου, που αποτελούν το αντικείμενο της εκμετάλλευσης στο υπό μελέτη λιγνιτωρυχείο, είναι τα εξής:

- Μακροσκοπικά, στη σύσταση του λιγνίτη, είναι εμφανής η παρουσία των πρωτογενών ξυλιτικών συστατικών, όπως κορμοί, κλαδιά και ρίζες, αναμεμιγμένα με τα μαλακά συστατικά, όπως φλοιοί, φύλλα κ.λπ. Ανεξάρτητα από το ποσοστό των σκληρών ή μαλακών συστατικών, που περιέχονται σε κάθε λιγνιτικό δείγμα, ο «ξυλώδους τύπου» λιγνίτης είναι σκληρός και πολλές φορές συμπαγής.

- Η προέλευση του λιγνίτη είναι κυρίως από πλατύφυλλα δένδρα.
- Ο ξυλίτης είναι αυτόχθονος, προήλθε από τη φυτική ιζηματογένεση της περιοχής και είναι ηλικίας πλειόκαινου.
- Πρόκειται για παραοριζόντια στρώματα, αλλεπάλληλα, κυμαινόμενου πάχους, συμπαγή, μονοκόμματα μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται λεπτές στρώσεις ενδιάμεσων στειρών.
- Πάχος υπερκειμένων 40 -120 m
- Η μορφή των κοιτασμάτων είναι στρωματοειδής ακανόνιστος. Οι επιφάνειες της οροφής και της στρώσης είναι ανώμαλες (κυματοειδείς).
- Από την επισκόπηση του χάρτη ισοϋψών καμπυλών του δαπέδου της λιγνιτικής στοιβάδας, προκύπτει ότι το δάπεδο της στοιβάδας είναι ομαλό, με κλίση μόλις 8%, ως εκ τούτου και το δάπεδο των αποθέσεων είναι ομαλό και ασφαλές για τις αποθέσεις.
- Από τις χημικές αναλύσεις, που πραγματοποιούνταν ανά τακτά διαστήματα σε ομαδοποιημένα δείγματα λιγνίτη, προκύπτουν τα παρακάτω ποιοτικά χαρακτηριστικά:
 - Άνωτέρα θερμογόνος δύναμη: 2400 - 2800 kcal / Kg
 - Τέφρα επί ξηρού: 19 - 25%
 - Υγρασία: 40 - 45%
 - Θείο επί ξηρού: 1,2 - 1,8%
 - Πτητικά: 43 - 53%
 - Μέσο ειδικό βάρος συμπαγούς λιγνίτη: 1,2 tn / m³

1.4.4 Έδαφος

Το μητρικό υλικό, από το οποίο προήλθε το έδαφος της περιοχής, είναι ασβεστολιθικά αργιλούχα πετρώματα, τα οποία δίνουν εδάφη ξηρά, χαρακτηρίζονται γενικά από τις μεγάλες ποσότητες CaCO₃, κατατάσσονται στην κατηγορία των ζωνικών εδαφών και στην ομάδα των brown Mediterranean soils και:

- Έχουν σκούρο καφέ χρώμα και ανήκουν στα ορφνά (σκούρα) δασικά εδάφη.
- Είναι βαθιά έως λίαν βαθιά και χαρακτηρίζονται από την παρουσία ελεύθερου ανθρακικού ασβέστιου.
- Είναι αργιλώδους – αργιλοπηλώδους υφής.
- Είναι πλούσια σε πυριτικά.

- Έχουν αλκαλική αντίδραση.
- Η εναλλακτική ικανότητα των ορυκτών οριζόντων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20 mg / 100 gr εδάφους.

Λόγω της φύσης των πετρωμάτων, του τοπογραφικού ανάγλυφου και της βλάστησης, το βάθος του εδάφους κυμαίνεται από 0,50 m έως 1,50 m.

1.5 Φυσικό περιβάλλον

Ως οικοσύστημα ορίζεται το σύνολο των αβιοτικών παραγόντων (νερό, έδαφος, κλίμα) και των έμβιων όντων (χλωρίδα, πανίδα), που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στη μονάδα του χώρου, η οποία έχει ποικίλο εύρος και μπορεί να περιλάβει, από όλη τη βιόσφαιρα, έως ένα μόνο δένδρο ή στοιχείο της φύσης.

Στην ευρύτερη περιοχή, υπάρχουν τρία είδη οικοσυστημάτων: ανθρωπογενές, φυσικό χερσαίο και υδάτινο.

Σημαντικό υδρογραφικό στοιχείο της ευρύτερης περιοχής, το οποίο είναι δυνατό να θεωρηθεί, ότι έχει ορίσει την πορεία της περιοχής, είναι ο ποταμός Αλιάκμονας, ο οποίος διαρρέει από άκρη σε άκρη το νομό Κοζάνης. Ο Αλιάκμονας είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδος (297 km), πηγάζει από τις Ανατολικές βουνοπλαγιές του Βοΐου όρους και εκρέει στο Θερμαϊκό κόλπο, αφού εμπλουτιστεί από πολλούς παραπόταμους και υπόγεια νερά. Στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ των Σερβίων και της Κοζάνης, σχηματίζεται η τεχνητή λίμνη του Αλιάκμονα, η οποία, μετά την κατασκευή του υδροηλεκτρικού φράγματος, στο πέρασμα μεταξύ του όρους Βερμίου και των Πιερίων, αποτέλεσε μέρος της υδατογραφίας της περιοχής. Η τεχνητή λίμνη του Αλιάκμονα κείται Β - ΒΔ του υπό μελέτη χώρου (πλησιέστερη απόσταση 2,5 km ΒΔ).

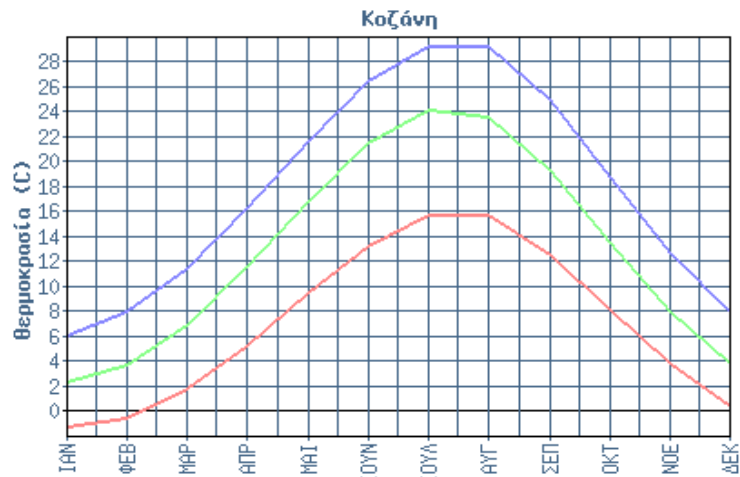
Ο Αλιάκμονας είναι ένας από τους σημαντικότερους ποταμούς της Ελλάδας, ενώ η ροή του έχει επηρεάσει καθοριστικά την ζωή και τον πολιτισμό των κατοίκων των περιοχών, από τις οποίες διέρχεται. Παρά τα προβλήματα μόλυνσης που αντιμετωπίζει, τα νερά του θεωρούνται καθαρά και φιλοξενούν αρκετά είδη ψαριών.

1.6 Μετεωρολογικά και υδρογραφικά - υδρολογικά στοιχεία

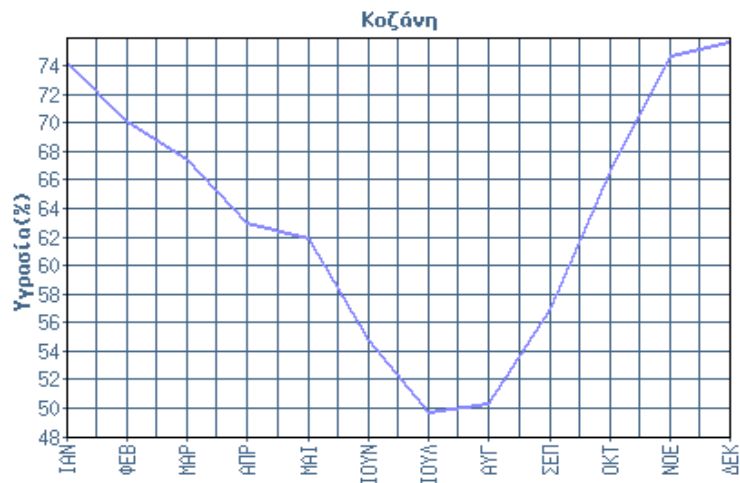
1.6.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

Για την περιγραφή του κλίματος, χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματολογικά στοιχεία της Ε.Μ.Υ., από τον μετεωρολογικό σταθμό της Κοζάνης, οποίος βρίσκεται σε απόσταση 20 km περίπου, ΒΔ του χώρου επέμβασης, σε υψόμετρο 627 m, σε γεωγραφικό μήκος

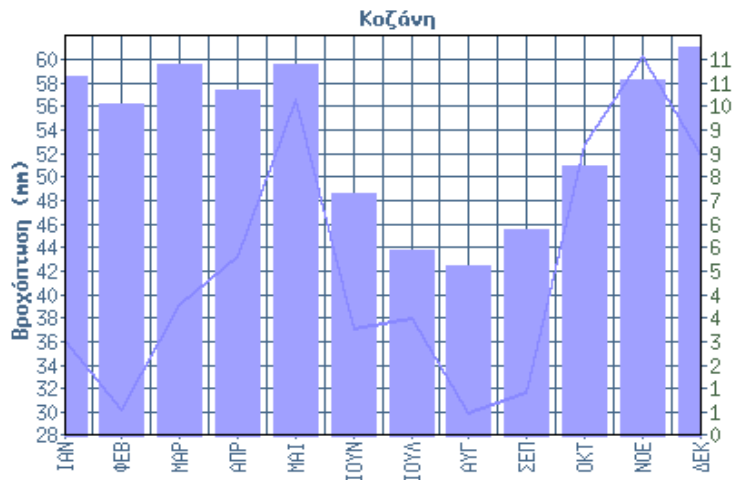
21°46'58'' και γεωγραφικό πλάτος 40°17'59''. Σύμφωνα με το χάρτη βιοκλιματικών ορόφων της Ελλάδας, που έχει δημιουργηθεί με βάση τις τιμές του βροχομετρικού πηλίκου Emberger, ο χαρακτήρας του μεσογειακού βιοκλίματος χαρακτηρίζεται ως υπο - μεσογειακός, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών, κατά τη θερμή και ξηρή περίοδο, μεταξύ 0 και 40 ημερών. Η περιοχή ανήκει στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο, με χειμώνα δριμύ και μέση ελάχιστη θερμοκρασία ψυχρότερου μήνα, μικρότερη από 0° C. Παρακάτω, δίνονται τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής, με τα σχετικά διαγράμματα.



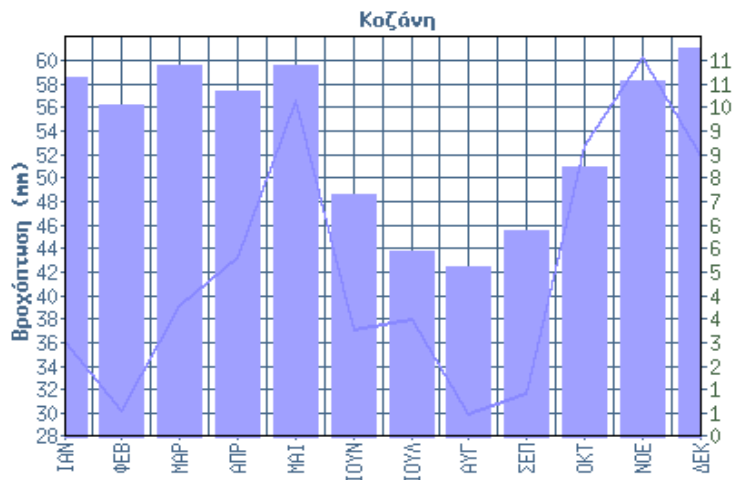
Σχήμα 1.1 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας



Σχήμα 1.2 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας υγρασίας



Σχήμα 1.3 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης



Σχήμα 1.4 Διάγραμμα μέσης μηνιαίας έντασης ανέμων

1.6.2 Υδρογραφικά – υδρολογικά στοιχεία

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, σημαντικό υδρογραφικό στοιχείο της ευρύτερης περιοχής είναι ο ποταμός Αλιάκμονας, που διαρρέει από άκρη σ' άκρη το Νομό Κοζάνης. Στην περιοχή, που βρίσκεται μεταξύ των Σερβίων και της Κοζάνης, σχηματίζεται η τεχνητή λίμνη του Αλιάκμονα, από την οποία δεν είναι ορατό το Λιγνιτωρυχείο Προσήλιου και κείται Β - ΒΔ (πλησιέστερη απόσταση 2,5Km ΒΔ).

1.6.2.1 Τα χαρακτηριστικά των ρεμάτων P1, P2, P3, P4, P5, P6

PEMA P1: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 380 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P1 είναι το ρέμα P6 και εν συνεχεία η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

PEMA P2: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 296 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P2 είναι το ρέμα P6 και εν συνεχεία η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

PEMA P3: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 467 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P3 είναι το ρέμα P6 και εν συνεχεία η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

PEMA P4: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 468 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P4 είναι το ρέμα P6 και εν συνεχεία η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

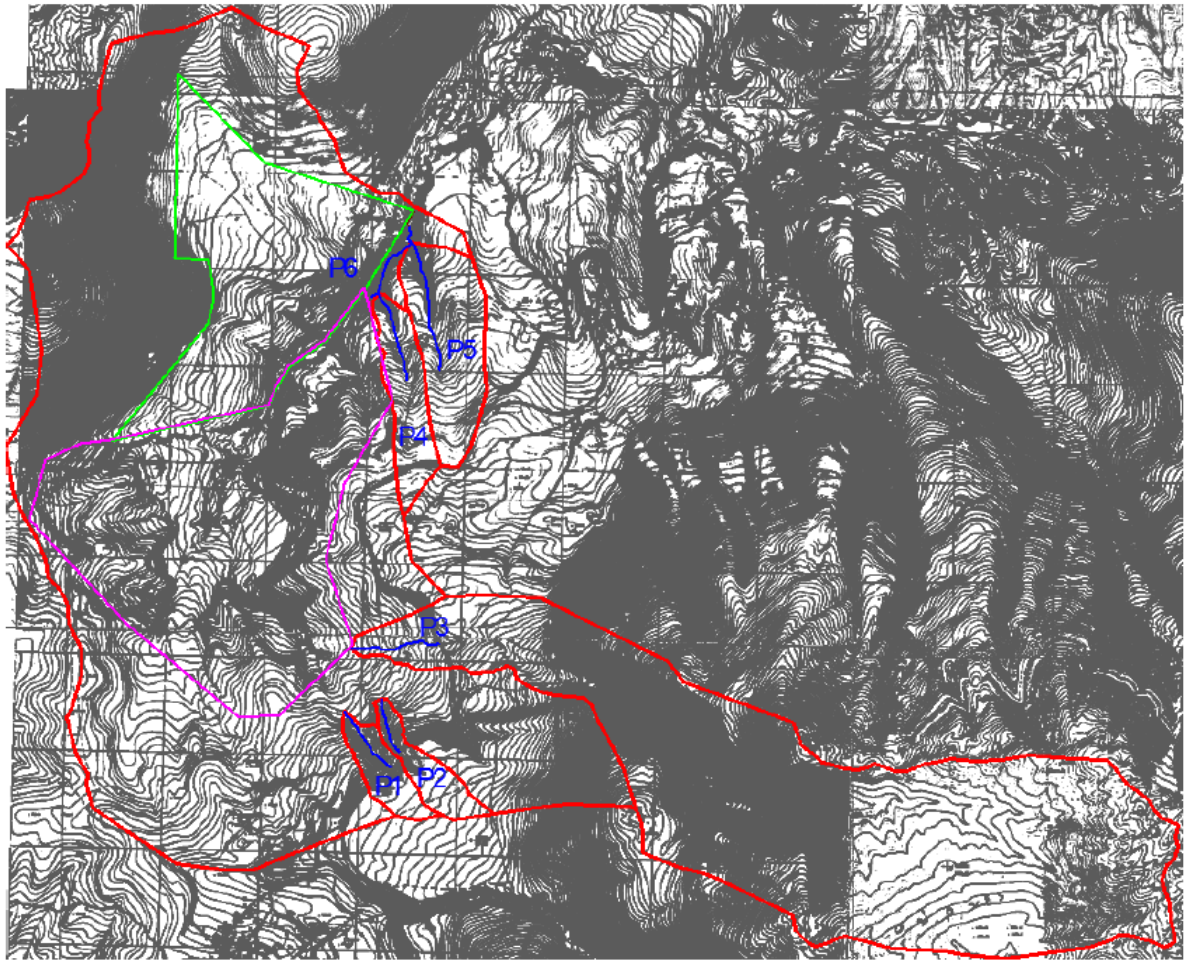
PEMA P5: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 692 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P5 είναι το ρέμα P6 και εν συνεχεία η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

PEMA P6: Το μήκος του ρέματος είναι περί τα 470 m. Τελικός αποδέκτης του ρέματος P6 είναι η τεχνητή λίμνη του ποταμού Αλιάκμονα.

Στο σχήμα 1.5 διακρίνονται οι υδρολογικές λεκάνες των υπό μελέτη ρεμάτων, οι οποίες ανήκουν στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (09) και πιο συγκεκριμένα στη λεκάνη απορροής του Αλιάκμονα (GR02). Τα γεωμετρικά στοιχεία, ο συντελεστής απορροής και οι υπολογισμοί για τις υπό μελέτη λεκάνες παρουσιάζονται συνοπτικά στον κάτωθι πίνακα 1.4.

Πίνακας 1.4 Πλημμυρικές απορροές – Ορθολογική μέθοδος για περίοδο επαναφοράς $T = 50$ έτη

Γεωμετρικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης						Χρόνος συγκέντρωσης t^c	Ένταση βροχόπτωσης i	Μέγιστη πλημμυρική παροχή (Ορθολογική μέθοδος) Q
α/α	Έκταση	H_{\min}	$H_{\mu\epsilon\sigma\omicron}$	L	Κλίση	Μέθοδος Giandotti	$T = 50$ έτη	$T = 50$ έτη
	Km^2	m	m	Km	m/m	hr	mm/hr	m^3/s
$\Lambda 1$	0,108	712,00	795,82	0,758	0,1741	0,335	50,598	0,836
$\Lambda 2$	0,112	728,00	817,53	0,883	0,1586	0,352	48,725	0,834
$\Lambda 3$	3,128	688,00	1150,48	5,093	0,1367	0,855	24,882	11,900
$\Lambda 4$	0,202	510,00	637,55	1,261	0,1824	0,408	43,532	1,345
$\Lambda 5$	0,351	502,00	609,74	1,232	0,1575	0,508	36,905	1,981
$\Lambda 6$	11,455	494,00	822,24	8,531	0,1043	1,817	14,070	24,642

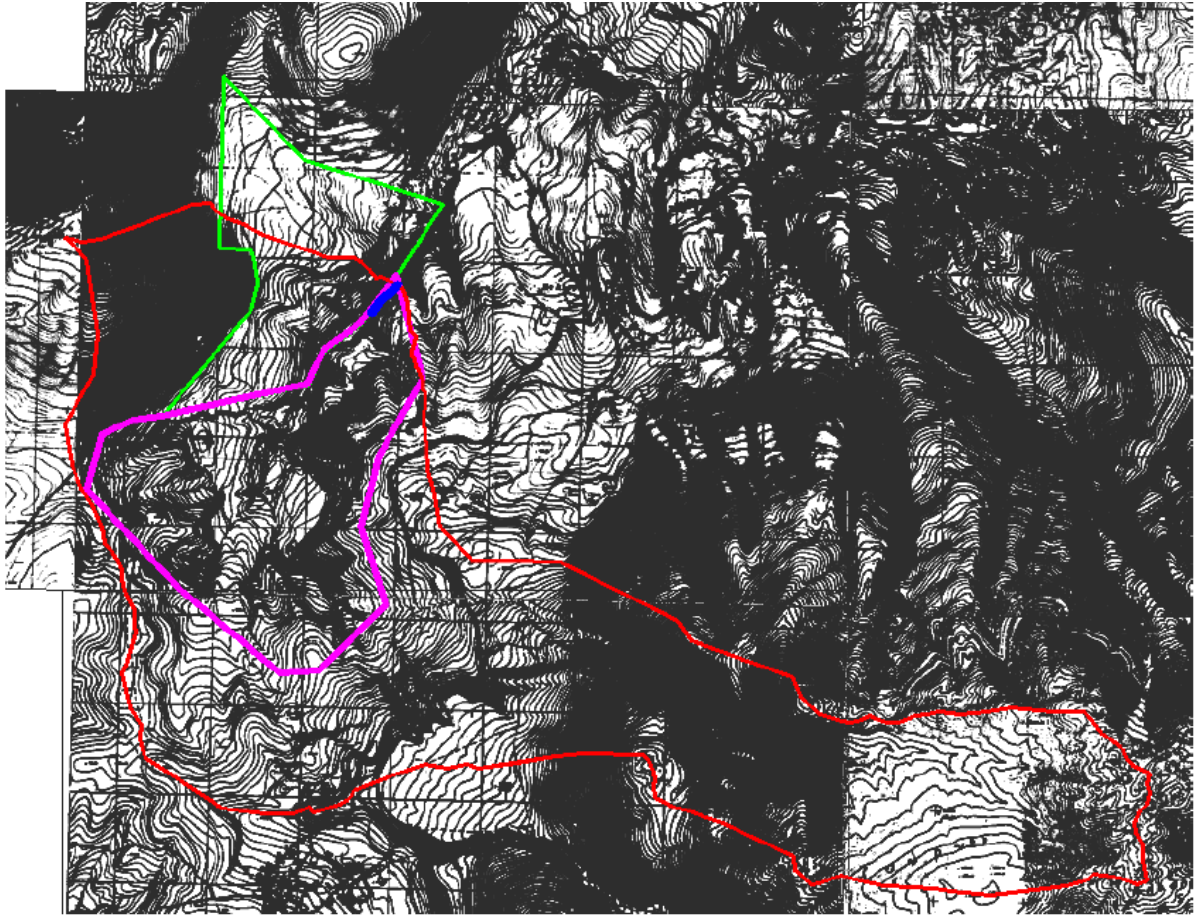


Σχήμα 1.5 Απόσπασμα τοπογραφικών διαγραμμάτων, κλίμακας 1 : 5.000, της Γ.Υ.Σ., όπου με πράσινο και ιώδες χρώμα φαίνονται τα όρια του λιγνιτωρυχείου. Με κόκκινο διακρίνονται οι υδροκρίτες των λεκανών και με μπλε τα υπό μελέτη ρέματα (το σχήμα είναι άνευ κλίμακας).

1.6.2.2 Τμήμα του κύριου ρέματος που διατρέχει το χώρο επέμβασης

Το ρέμα αυτό αποτελεί την κατάντη εξέλιξη του ρέματος Ρ6, το οποίο με τη σειρά του απολήγει τελικά στην τεχνητή λίμνη του Αλιάκμονα. Επιλέχθηκε να οριοθετηθεί αυτό το τμήμα του ρέματος (εντός των ορίων του ορυχείου), διότι συγκεντρώνει τη μέγιστη παροχή, καθώς στο τμήμα αυτό συμβάλλει σχεδόν το σύνολο του υδρογραφικού δικτύου, στην περιοχή εντός του λιγνιτωρυχείου.

Στο σχήμα 1.6, που ακολουθεί, φαίνεται η υπό μελέτη υδρολογική λεκάνη του ρέματος, συνολικής έκτασης $A = 9,291 \text{ km}^2$.



Σχήμα 1.6 Απόσπασμα τοπογραφικών διαγραμμάτων, κλίμακας 1 : 5.000, της Γ.Υ.Σ. «4236.6», «4237.3», «4237.5», «4237.7» και «4237.8», όπου με πράσινο χρώμα φαίνονται τα όρια του λιγνιτωρυχείου και με ιώδες τα όρια επέκτασης του λιγνιτωρυχείου. Με κόκκινο διακρίνεται η λεκάνη απορροής και με μπλε το υπό μελέτη ρέμα (το σχήμα είναι άνευ κλίμακας).

Τα γεωμετρικά και υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής του εν λόγω ρέματος, παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5 Γεωμετρικά – υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης απορροής εντός ορυχείου

Γεωμετρικά στοιχεία υδρολογικής λεκάνης εντός ορυχείου	
Εμβαδό υδρολογικής λεκάνης (km ²)	9,291
Υψόμετρο εξόδου υδρολογικής λεκάνης	536,550
Μέσο υψόμετρο υδρολογικής λεκάνης (m)	860,780
Μέγιστο υψόμετρο μέγιστης διαδρομής	1.384,000
Μήκος μέγιστης διαδρομής ροής (km)	7,733
Μέση κατά μήκος κλίση μέγιστης	0,110

Δεν υπάρχουν άλλα σημαντικά υδρολογικά στοιχεία, από αυτά που αναφέρονται στις προδιαγραφές.

1.7 Μηχανολογικός εξοπλισμός του έργου

- Τα μηχανήματα εκσκαφής και φόρτωσης Υπερκειμένων, Λιγνίτη και ενδιάμεσων είναι υδραυλικοί εκσκαφείς (τσάπες) με χωρητικότητα κάδου 5 - 7,5 m³.

Πίνακας 1.6 Μηχανήματα εκσκαφής - φόρτωσης

ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Caterpillar	Cat385C	1
	Cat375B	1
	Cat365C	1
	Cat245B	2
Liebherr	974B	2
	RC800	1
	RC750	1
	PC600	2
Volvo	EC700	2
Σύνολο		13



Εικόνα 1.2 Volvo EC700

- Για την εσωτερική μεταφορά λιγνίτη και αγόνων, χρησιμοποιούνται τετραξονικά φορτηγά 16 και 20 m³.

Πίνακας 1.7 Φορτηγά για μεταφορά λιγνίτη και αγόνων

ΜΑΡΚΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Mercedes	39
MAN	13
Scania	2
Volvo	1
Σύνολο	55

- Για την συντήρηση δρόμων χρησιμοποιούνται ισοπεδωτές (grader).

Πίνακας 1.8 Ισοπεδωτές για συντήρηση δρόμων

ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Caterpillar	Cat14G	1
	Cat140H	1
Volvo	G990	1
Σύνολο		3



Εικόνα 1.3 Volvo G990

- Για την προώθηση άγονων υλικών στην απόθεση, την διάνοιξη και τον καθαρισμό δρόμων και πλατειών, μετά από βροχοπτώσεις, χρησιμοποιούνται ερπυστριοφόροι (μπουλντόζες) και ελαστιχοφόροι (τορνατόζες) προωθητές γαιών.

Πίνακας 1.9 Προωθητές γαιών για διάνοιξη δρόμων και πλατειών

ΕΙΔΟΣ	ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Μπουλντόζα	Caterpillar	CatD6H	1
	Comatsu	D65	2
Τορνατόζα	Michigan	280C	2
Σύνολο			5



Εικόνα 1.4 Προωθητής Michigan 280C



Εικόνα 1.5 Προωθητής Komatsu D65



Εικόνα 1.6 Προωθητής Caterpillar CATD6H

- Για τη φόρτωση τελικών προϊόντων, χρησιμοποιούνται φορτωτές με χωρητικότητα κάδου 5 - 7 m³.

Πίνακας 1.10 Φορτωτές για τη φόρτωση τελικών προϊόντων

ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Caterpillar	Cat980G	1
Caterpillar	Cat980F	1
Liebherr	L580	2
Σύνολο		4



Εικόνα 1.7 Φορτωτής Liebherr 580

- Για τη διαβροχή δρόμων και πλατειών, για καταστολή σκόνης χρησιμοποιούνται βυτία.

Πίνακας 1.11 Βυτία για διαβροχή δρόμων και πλατειών

ΜΑΡΚΑ	ΤΥΠΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
Mercedes	3235	1
Mercedes	3336	3
MAN		2
Σύνολο		6

1.8 Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

1.8.1 Ατμόσφαιρα

Τα αέρια απόβλητα που παράγονται είναι τα εξής:

- Σωματίδια

Τα σωματίδια, τα οποία παράγονται, συνίστανται αποκλειστικά σε αργιλικά – ανθρακικά σωματίδια με τη μορφή σκόνης και παράγονται κατά τις φάσεις εξόρυξης -

φόρτωσης - μεταφοράς - επεξεργασίας του λιγνίτη και των αγόνων, καθώς και κατά την διάρκεια ανόρυξης των ερευνητικών γεωτρήσεων.

➤ Καπνός

Καπνός (καυσαέρια) παράγεται κατά την λειτουργία των κινητών μηχανημάτων (εκσκαφείς, φορτηγά, προωθητές γαιών, βυτιοφόρα).

Η σύσταση των ρύπων αυτών υπολογίζεται, από μετρήσεις που έχουν γίνει σε κύριες οδικές αρτηρίες του Ελλαδικού χώρου, σε: 6 - 7 gr / km CO, 7,5 gr / km NO_x (κυρίως NO₂), 3,5 gr / km TSP.

Η μέση παραγωγή καυσαερίων, στο σύνολο των μηχανημάτων, εκτιμάται σε 400 ml / tn λιγνίτη και με ημερήσια παραγωγή ~2600 tn λιγνίτη και η εκπομπή τους εκτιμάται σε 1040 lit / ημέρα.

➤ Σκόνη

Σκόνη αργιλικής – ανθρακικής σύστασης που παράγεται:

- κατά τη διάρκεια ανόρυξης των ερευνητικών γεωτρήσεων
- κατά τη διάρκεια της εξόρυξης των άγονων υλικών και του λιγνίτη στα μέτωπα εξόρυξης
- κατά τη διάρκεια των φορτώσεων του εξορυγμένου υλικού (άγονων υλικών και λιγνίτη) στα μέτωπα και των τελικών προϊόντων του λιγνίτη από τους σωρούς απόθεσης, μέσω φορτωτή, στα φορτηγά
- κατά την κίνηση των φορτηγών στους δρόμους εσωτερικής μεταφοράς
- κατά τη διάσπρωση των αγόνων υλικών στους χώρους εσωτερικών και εξωτερικών αποθέσεων
- κατά τη λειτουργία του συγκροτήματος επεξεργασίας εντός του χώρου επέμβασης, που συμπεριλαμβάνει τα εξής στάδια:
 - Μεταφορτώσεις
 - Εκφόρτωση α' ύλης στο τροφοδότη
 - Εκφόρτωση των υλικών στις μεταφορικές ταινίες
 - Εκφόρτωση στο κόσκινο
 - Εκφόρτωση του λιγνίτη στους σωρούς απόθεσης
 - Κοσκίνιση στο δονητικό κόσκινο και το προδιαλογέα
 - Μεταφορά των υλικών στις μεταφορικές ταινίες

Τα σωματίδια σκόνης, με μέγεθος μεγαλύτερο των 30 μm, καθιζάνουν στην επιφάνεια του εδάφους σε μικρή απόσταση από την θέση δημιουργίας τους, ενώ τα σωματίδια

σκόνης, με μέγεθος μικρότερο των 30 μm, αιωρούνται και μεταφέρονται, από τις κινήσεις ροής και τους στροβιλισμούς του ατμοσφαιρικού αέρα, σε αρκετά μεγάλη απόσταση.

Για το λόγο αυτό, λαμβάνεται μέριμνα για την καταστολή της εκλυόμενης σκόνης κατά τις παραπάνω φάσεις κι αυτό επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό λαμβάνοντας τα παρακάτω μέτρα:

- Χρήση σπαστήρων και του τριβείου κλειστού τύπου.
- Χρήση μόνιμου συστήματος διαβροχής (με beck ψεκασμού) στο συγκρότημα επεξεργασίας (σπαστήρα και τριβείο). Πιο συγκεκριμένα, γίνεται **συνεχής διαβροχή** του υλικού, με εκνέφωση νερού, το οποίο, είτε απορροφάται από τα διερχόμενα υλικά και με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η έκλυση σκόνης, είτε προσκολλάται στα λεπτομερή σωματίδια της σκόνης και έτσι αυτή κατακάθεται.
- Αξιοποίηση τεσσάρων ιδιόκτητων βυτιοφόρων οχημάτων, που φέρουν σύστημα καταιονισμού με χρήση αντλίας. Πιο συγκεκριμένα, εντός του έργου, γίνεται συστηματική διαβροχή των πλατειών και οδών κυκλοφορίας των φορτηγών διακίνησης των υλικών.
- Χρησιμοποιείται «κανονάκι» ψεκασμού για τη διαβροχή της πλατείας του συγκροτήματος επεξεργασίας του λιγνίτη και των σωρών απόθεσης των τελικών προϊόντων λιγνίτη.
- Για την μεταφορά του λιγνίτη προς τους διάφορους καταναλωτές, χρησιμοποιείται περιφερειακή οδός. Έτσι τα φορτηγά αυτοκίνητα μεταφοράς του λιγνίτη δεν διέρχονται από τους οικισμούς της περιοχής (Προσήλιο και Πολύρραχο), ενώ το φορτίο τους είναι καλυμμένο.

Συνοπτικά, οι εκπομπές αερίων περιορίζονται στα καυσαέρια από τη λειτουργία των μηχανημάτων (σε μικρές ποσότητες) και τις εκπομπές σκόνης κατά την εξόρυξη, διακίνηση των υπερκειμένων αγόνων και του λιγνίτη, την επεξεργασία του λιγνίτη και την ανόρυξη των ερευνητικών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Λόγω της φύσης τους, της μικρής ποσότητας αλλά και των μέτρων αντιρρύπανσης, που λαμβάνονται για την καταστολή της σκόνης, οι εκπομπές αυτές δεν προκαλούν κίνδυνο στο προσωπικό και τους περίοικους.

1.8.2 Νερά

Τα υγρά απόβλητα που παράχθηκαν κατά το στάδιο κατασκευής των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων του «Έργου Ι. Έρευνα», ήταν στη μορφή υγρού πολτού (μίγμα νερού και μάργας) και προήλθε από τον καθαρισμό της γεώτρησης. Παρουσιάστηκαν σε μικρή ποσότητα και αποτέθηκαν σε γειτονικές στραγγιστικές τάφρους.

Τα υγρά απόβλητα που παράγονται κατά την εκμετάλλευση, συνίστανται αποκλειστικά σε χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια που προέρχονται από τη καύση των μηχανών diesel των μηχανημάτων του λιγνιτωρυχείου (φορητά, φορτωτές, εκσκαφείς κ.ά.). Για τα ορυκτέλαια αυτά λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα:

- Κατά την διάρκεια της εργασίας αλλαγής των ορυκτελαίων των μηχανημάτων, αλλά και κατά τη διάρκεια επισκευών του κινητήρα, του συστήματος διεύθυνσης των μηχανημάτων κ.λπ., λαμβάνονται όλα τα μέτρα, ώστε να προλαμβάνεται η διάχυση των ορυκτελαίων στο περιβάλλον και να αποφεύγεται έτσι η διήθησή τους στο έδαφος.
- Τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια συγκεντρώνονται σε κατάλληλο βυτίο και απομακρύνονται για λογαριασμό της εταιρείας από την «Ελληνική Τεχνική Περιβαλλοντικών Εφαρμογών Κοινοπραξία Συλλογής Χρησιμοποιημένων Ορυκτελαίων», πανελλαδικά αδειοδοτημένη εταιρεία συλλογής αποβλήτων λιπαντικών ορυκτελαίων, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Οι ανάγκες των περιγραφομένων έργων του λιγνιτωρυχείου σε νερό όσον αφορά την διαβροχή, καλύπτονται πλήρως από το νερό, που αποθηκεύεται στο δάπεδο της πρόσκαιρης εκσκαφής, καθώς και από τα χιόνια και τις βροχές, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης.

Όσον αφορά τα μηχανήματα και το προσωπικό, επειδή πρόκειται για πολύ μικρές ποσότητες, καλύπτονται από το δίκτυο ύδρευσης των γειτονικών οικισμών.

Όσον αφορά την ποιότητα των νερών (όμβρια ύδατα), που συγκεντρώνονται στο δάπεδο του λιγνιτωρυχείου, έχουν γίνει από το ΙΓΜΕ (Εργαστήριο αναλύσεων νερών) χημικές αναλύσεις. Λόγω της αδιαπερατότητας της αργίλου, δεν επηρεάζεται από την λειτουργία του λιγνιτωρυχείου η φυσική πορεία διήθησης των επιφανειακών υδάτων στο υπέδαφος.

1.8.3 Μορφολογία – έδαφος

Η κυριότερη επίπτωση στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του Λιγνιτωρυχείου Προσήλιου είναι η αλλοίωση της μορφολογίας του εδάφους στα μέτωπα εξόρυξης και στους χώρους αποθέσεων, που όμως αντιμετωπίζεται επιτυχώς στη φάση της αποκατάστασης. Τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους του χώρου επέμβασης, όχι μόνο δεν επηρεάζονται αλλά βελτιώνονται με τη χρήση φυσικού εδάφους (μάργες) καλής ποιότητας, κατά την τελική φάση της αποκατάστασης. Δεν υπάρχουν επιδράσεις από την εξορυκτική δραστηριότητα στην ασφάλεια της ευρύτερης περιοχής από κατολισθήσεις, καθιζήσεις, πλημμύρες κ.ά. ακραία φαινόμενα, δεδομένου ότι η κλίση πρανούς της εκμετάλλευσης, το ύψος, η κλίση και το πλάτος των βαθμίδων, όπως και το ύψος, πλάτος των βαθμίδων στους χώρους απόθεσης είναι τέτοια, που να εξασφαλίζουν τη σταθερότητα των πρανών τόσο του χώρου εξόρυξης όσο και των αποθέσεων (εσωτερικών – εξωτερικών).

Το ανάγλυφο στο χώρο εγκαταστάσεων στα ΝΑ του χώρου επέμβασης, έχει ήδη διαμορφωθεί για να υποδεχθεί τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, οπότε έχει δημιουργηθεί η κατάλληλη πλατεία και πιθανόν να απαιτηθούν κάποιες μικρές διευθετήσεις, χωρίς μεγάλες αλλαγές στο ανάγλυφο για την υποδοχή των νέων εγκαταστάσεων.

1.8.4 Χλωρίδα – πανίδα

Οι πιέσεις που ασκεί στο περιβάλλον η εξόρυξη κατά τη φάση λειτουργίας του λιγνιτωρυχείου, είναι η απομάκρυνση της φυσικής βλάστησης στα τμήματα, όπου αυτή υπήρχε και επιπτώσεις στη πανίδα λόγω του θορύβου, ο οποίος προέρχεται κατά την λειτουργία των μηχανημάτων. Αντίθετα, κατά τη τελική φάση της αποκατάστασης, σημειώνεται σημαντική βελτίωση, τόσο με τη διάστρωση φυσικού εδάφους καλής ποιότητας σε όλη την έκταση (καλλιεργούμενη, χορτολιβαδική και δασική), όσο και με τη φύτευση δέντρων.

1.8.5 Θόρυβος

Ο θόρυβος προέρχεται:

- από την λειτουργία των κινητών μηχανημάτων της εκμετάλλευσης (εκσκαφείς, φορτηγά, προωθητήρας γαιών, βυτιοφόρα)
- από την λειτουργία του συγκροτήματος επεξεργασίας λιγνίτη
- κατά τη μεταφορά του λιγνίτη στους ΑΗΣ Μελίτης, Αγ. Δημήτριο και Καρδιάς της ΔΕΗ και τους ιδιώτες καταναλωτές

Ο θόρυβος, που προέρχεται από τη λειτουργία των μηχανημάτων κατά την εξόρυξη, διακίνηση των υπερκειμένων αγόνων και του λιγνίτη, την επεξεργασία του λιγνίτη και την ανόρυξη των ερευνητικών γεωτρήσεων, επηρεάζει κυρίως τους εργαζόμενους στα μηχανήματα ή κοντά σ' αυτά, για τους οποίους λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα που προβλέπονται από τον Κ.Μ.Λ.Ε. (απομάκρυνση κατά το δυνατόν της ρυπογόνου πηγής, χρήση ΜΑΠ - ωτοασπίδες κ.λπ.), ενώ προκαλεί διατάραξη της ζωής της πανίδας, η οποία όμως είναι προσωρινή και μικρής έντασης.

Τα αποδεκτά όρια θορύβου σε κλειστό χώρο είναι της τάξης των 40 - 45 dB(A). Η στάθμη θορύβου στα όρια του χώρου είναι κάτω από 55 dB(A). Ο θόρυβος που προκαλείται από τη μέση κυκλοφορία σε κύριες οδικές αρτηρίες είναι της τάξης των 70 dB(A), ενώ από βαρέα φορτηγά οχήματα είναι 80 - 85 dB(A) ή ακόμη περισσότερο.

Η επίπτωση από το θόρυβο κατά τη μεταφορά του λιγνίτη είναι μικρή και μπορεί να χαρακτηριστεί συνήθης, καθότι η ακολουθούμενη διαδρομή είναι μακριά από οικισμούς.

Ο θόρυβος, επίσης, ο οποίος προκαλείται κατά τη μεταφορά του εξορυγμένου λιγνίτη προς τους ΑΗΣ Μελίτης, Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς της ΔΕΗ, γενικώς, έχει μικρές επιπτώσεις και μπορεί να χαρακτηριστεί συνήθης, καθότι με την ακολουθούμενη διαδρομή χρησιμοποιείται η Ε.Ο. Λάρισας – Κοζάνης και παρακάμπτονται οι οικισμοί της περιοχής.

1.8.6 Αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσεται κτηνοτροφική και γεωργική δραστηριότητα, καθώς και εξορυκτική δραστηριότητα. Στην περιοχή εντοπίζεται κοίτασμα ξυλίτη καλής ποιότητας .

Από τα προαναφερθέντα συμπεραίνονται τα εξής:

- Το έργο συμβάλει θετικά στο οικονομικό περιβάλλον της εγγύς περιοχής.
- Για όλες τις αρνητικές επιπτώσεις, λαμβάνονται μέτρα περιορισμού τους, με την σχολαστική εφαρμογή της ισχύουσας νομοθεσίας και του ΚΜΛΕ. Τα μέτρα περιορισμού των ρύπων, της σκόνης και του θορύβου μέσα στο χώρο εργασίας, είναι πολύ σημαντικά για την υγεία των εργαζομένων.
- Η ηχορύπανση αντιμετωπίζεται με την χρήση ωτοασπίδων.
- Η διατάραξη της ζωής της πανίδας, που προκαλεί ο θόρυβος, είναι προσωρινή και μικρής έντασης.
- Η μορφολογία του εδάφους, μετά το πέρας των εξορυκτικών εργασιών, αποκαθίσταται σχεδόν στην αρχική της μορφή.

- Δημιουργούνται μικρές επιπτώσεις από τη μεταφορά του λιγνίτη, από το Λιγνιτωρυχείο Προσήλιου στους τόπους προορισμού του, που είναι κυρίως οι ΑΗΣ Μελίτης Ν. Φλωρίνης, Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς Ν. Κοζάνης της ΔΕΗ και δευτερευόντως οι ιδιώτες καταναλωτές στην ευρύτερη περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ

2.1 Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα Surpac

Για την αποτύπωση του κοιτάσματος, χρησιμοποιήθηκε το μεταλλευτικό λογισμικό Surpac. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού, εξειδικευμένο στον σχεδιασμό υπόγειων και υπαίθριων εκμεταλλεύσεων. Παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία ώστε να μπορεί ο μηχανικός να σχεδιάσει, να παρακολουθεί τις μεταλλευτικές δραστηριότητες και να τροποποιεί το σχεδιασμό και τις παραμέτρους της εκμετάλλευσης, ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της πραγματικότητας.

Το λογισμικό είναι βασισμένο στην υπόθεση, ότι αφού ο πραγματικός κόσμος είναι τρισδιάστατος, τότε και τα εργαλεία, που θα χρησιμοποιηθούν για να τον αναπαραστήσουν, θα πρέπει να είναι τρισδιάστατα. Το Surpac επιτυγχάνει ακριβώς αυτό, χρησιμοποιώντας σε όλα τα modules, τα string files. Τα αρχεία αυτά αποθηκεύουν τα δεδομένα σε μορφή strings (αλληλουχίες). Ένα string file περιέχει τις συντεταγμένες X, Y, Z των σημείων, διασυνδεδεμένες με ένα κοινό δείκτη, που ονομάζεται string number. Η συνθήκη για τις συντεταγμένες, που χρησιμοποιεί το Surpac, είναι: Y = η διεύθυνση του Βορρά (Northing), X = η διεύθυνση της Ανατολής (Easting). Μπορεί όμως να αποθηκεύσει και επιπλέον πληροφορίες για κάθε σημείο, όπως για παράδειγμα την περιεκτικότητα ή τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται, στα περιγραφικά πεδία (description fields), που ακολουθούν τις σειρές των συντεταγμένων. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να αναπαρασταθούν οποιαδήποτε χαρακτηριστικά του χώρου, όπως τοπογραφικά σχέδια και γεωλογικά όρια.

Τα βασικά εργαλεία (modules), για τη δημιουργία και την επεξεργασία των string files στο Surpac, είναι:

- **Graphics:** εργαλείο τρισδιάστατης σχεδίασης γραφικών, που ενσωματώνει την δυνατότητα φωτοσκίασης (rendering), για την δημιουργία στερεών αντικειμένων. Περιλαμβάνει επίσης, την δυνατότητα ψηφιοποίησης δεδομένων (digitizing interface), καθώς και εργαλεία CAD, για τον σχεδιασμό υπόγειων εκσκαφών.
- **String Tools:** συλλογή εργαλείων, για την διαχείριση των string files. Περιλαμβάνει διασύνδεση (interface) για αρχεία CAD, DXF.

- **DTM Tools:** εργαλείο δημιουργίας ψηφιακών μοντέλων εδάφους (Digital Terrain Models), δηλαδή τριγωνοποιημένα δίκτυα σημείων. Εδώ, δίνεται η δυνατότητα, για την δημιουργία τομών και για τον υπολογισμό όγκων.
- **Plotting:** χαρτογραφικό εργαλείο, για την εκτύπωση δεδομένων από τα υπόλοιπα εργαλεία.
- **Grid Tools:** εργαλείο για την αποθήκευση, διαχείριση και εξαγωγή δεδομένων, τα οποία είναι διατεταγμένα σε κανονικό κানাβο.
- **Block model:** εργαλείο για την μοντελοποίηση διάφορων ιδιοτήτων του χώρου, οι οποίες έχουν οριστεί από τον χρήστη (π.χ. κατανομή περιεκτικότητας κοιτάσματος).
- **Geostatistics:** εργαλείο για την επεξεργασία των δεδομένων με κλασική στατιστική ή με γεωστατιστική.

Το Surpac επίσης, για την καλύτερη διαχείριση πολλών δεδομένων, όπως τα αρχεία γεωτρήσεων, δίνει την δυνατότητα δημιουργίας βάσης δεδομένων, μέσω του module Geological Database. Η βάση αυτή μπορεί να είναι συμβατή με άλλες εξωτερικές βάσεις δεδομένων, όπως η Microsoft Access, η Paradox, ή η Dbase. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα, που έχει αποθηκεύσει στη βάση, σε άλλα modules του προγράμματος, όπως το Geostatistics, για τη δημιουργία βαριογραμμάτων και στοχαστικών μοντέλων.

2.2 Διαδικασίες προσδιορισμού και αποτύπωσης των αποθεμάτων

Η διαδικασία, για τη μοντελοποίηση ενός κοιτάσματος και την εκτίμηση των αποθεμάτων, περιλαμβάνει δύο κύρια στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά, στη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων μέσα στο πρόγραμμα. Η βάση δεδομένων περιέχει τα δεδομένα γεωτρήσεων, που έχουν προκύψει από το ερευνητικό στάδιο. Οι κύριες πληροφορίες, που εισάγονται, είναι οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων στην επιφάνεια, η περιεκτικότητα του χρήσιμου συστατικού στα διάφορα στάδια της γεώτρησης, το συνολικό μήκος της γεώτρησης. Επίσης, μπορούμε να εισάγουμε και γεωλογικά δεδομένα για κάθε γεώτρηση. Στη συνέχεια και με τη χρήση του module Database, πραγματοποιείται επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων, ώστε, από τα αρχικά σημειακά δεδομένα, να προκύψει εκτίμηση για τη μεταβολή τους, κατά το μήκος διάτρησης της κάθε γεώτρησης. Σε αυτό το σημείο, μπορούμε να δημιουργήσουμε το καθαρό περίγραμμα του κοιτάσματος, βάσει της γεωλογικής πληροφορίας ή, με μεγαλύτερη ακρίβεια, την περιεκτικότητα σε χρήσιμο

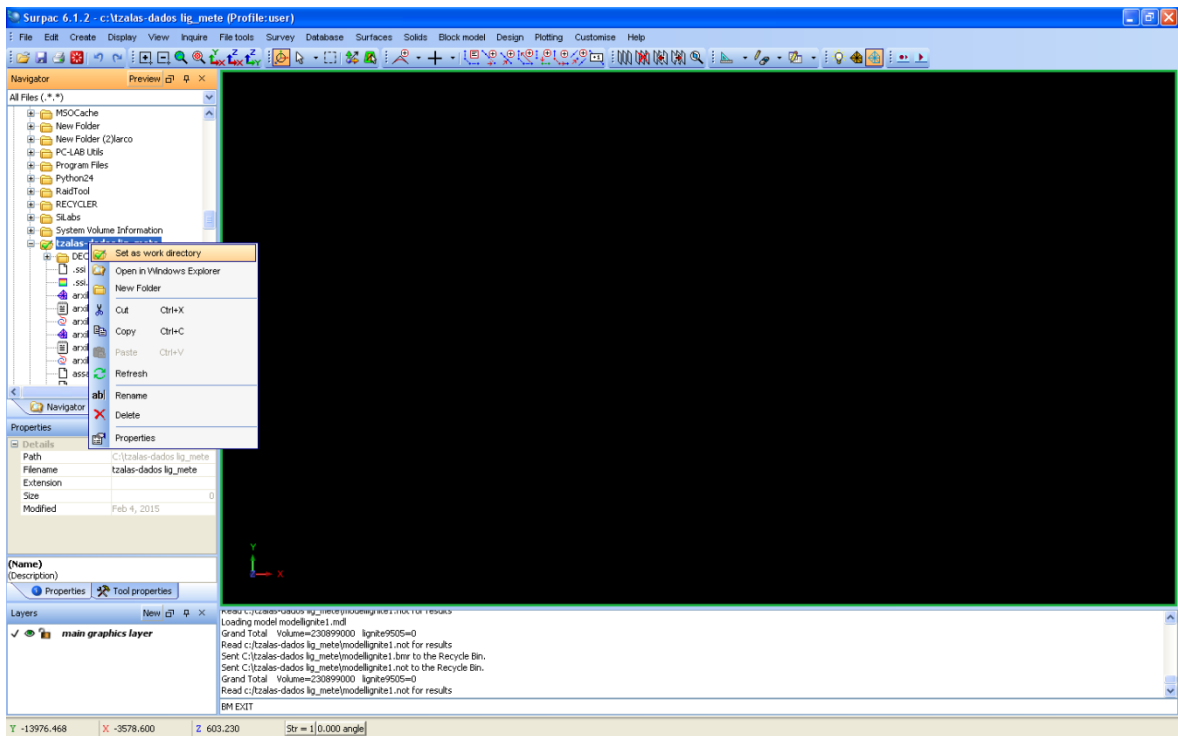
συστατικό. Από το συγκεκριμένο περίγραμμα που σχεδιάζεται, προκύπτει το τρισδιάστατο μοντέλο του κοιτάσματος.

Το δεύτερο στάδιο είναι η δημιουργία του block model του κοιτάσματος, με τη χρήση του module Block model. Το μοντέλο, που δημιουργείται, προσαρμόζεται στις πραγματικές συνθήκες, με την επιβολή τοπογραφικών περιορισμών (π.χ. επιφάνεια του εδάφους), αλλά και κοιτασματολογικών (π.χ. το τρισδιάστατο μοντέλο, που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο στάδιο).

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την κατάτμηση του κοιτάσματος σε blocks και στη συνέχεια, την εκτίμηση της περιεκτικότητας του κάθε block. Οι διαστάσεις των blocks καθορίζονται από την πυκνότητα της δειγματοληψίας, τη μέθοδο εκμετάλλευσης, το μηχανολογικό εξοπλισμό κ.α. Για τη χωρική παρεμβολή της πληροφορίας της περιεκτικότητας, από τα δείγματα των γεωτρήσεων και την εκτίμηση της περιεκτικότητας του κάθε block, χρησιμοποιούνται, συνήθως, οι μέθοδοι των αντίστροφων αποστάσεων. Τελικά, από το block model του κοιτάσματος, μπορούν να προκύψουν πληροφορίες, σχετικά με το συνολικό όγκο και τη μάζα του κοιτάσματος, τις ποσότητες των στείων υλικών κ.λπ. Επίσης, από το μοντέλο προκύπτουν τα δεδομένα εισαγωγής, ώστε να πραγματοποιηθεί η διαδικασία βελτιστοποίησης των ορίων εκσκαφής.

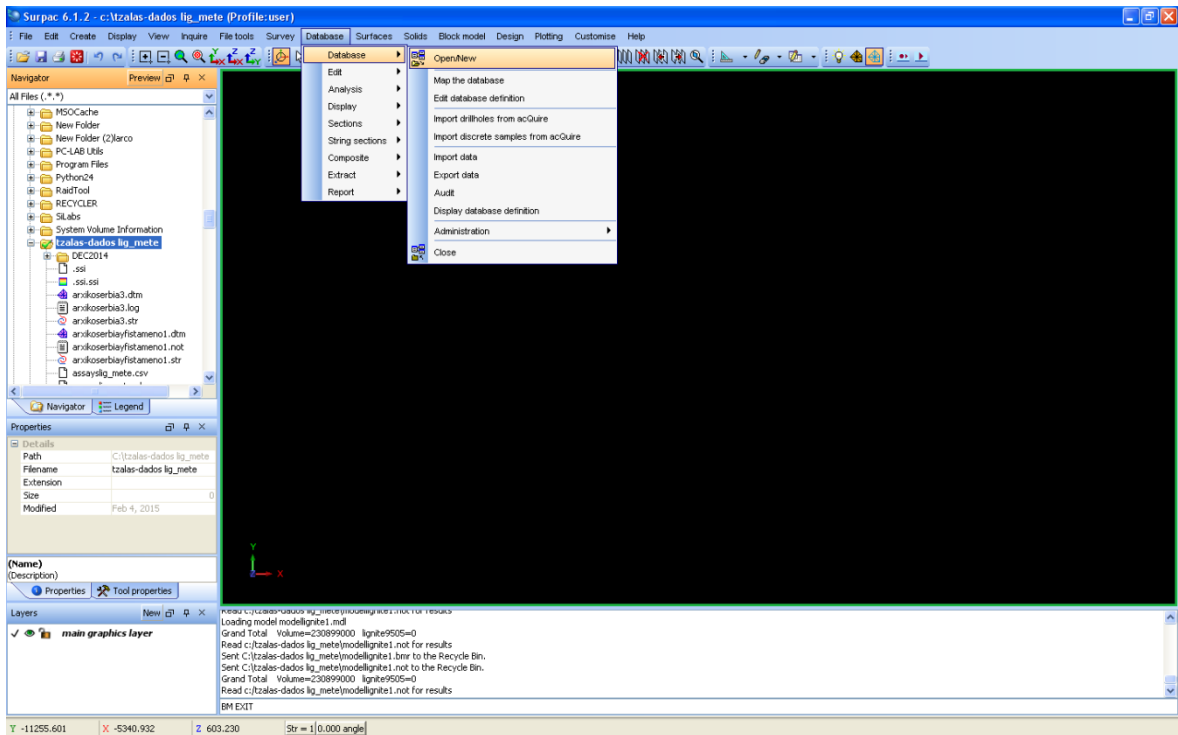
2.3 Δημιουργία βάσης δεδομένων

Πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε εργασία, ορίζεται ο φάκελος εργασίας, όπου και θα αποθηκεύονται τα αρχεία. Από την πάνω αριστερή στήλη του παραθύρου (Navigator), εντοπίζεται ο επιθυμητός φάκελος και με δεξί κλικ του ποντικιού, επιλέγεται η εντολή **Set as work directory** (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Επιλογή χώρου αποθήκευσης των εργασιών

Δημιουργείται καινούρια βάση από το μενού **Database** → **Open/New** (Εικόνα 2.2). Στη συνέχεια, δίνεται ένα όνομα στη βάση δεδομένων και επιβεβαιώνεται η δημιουργία της.



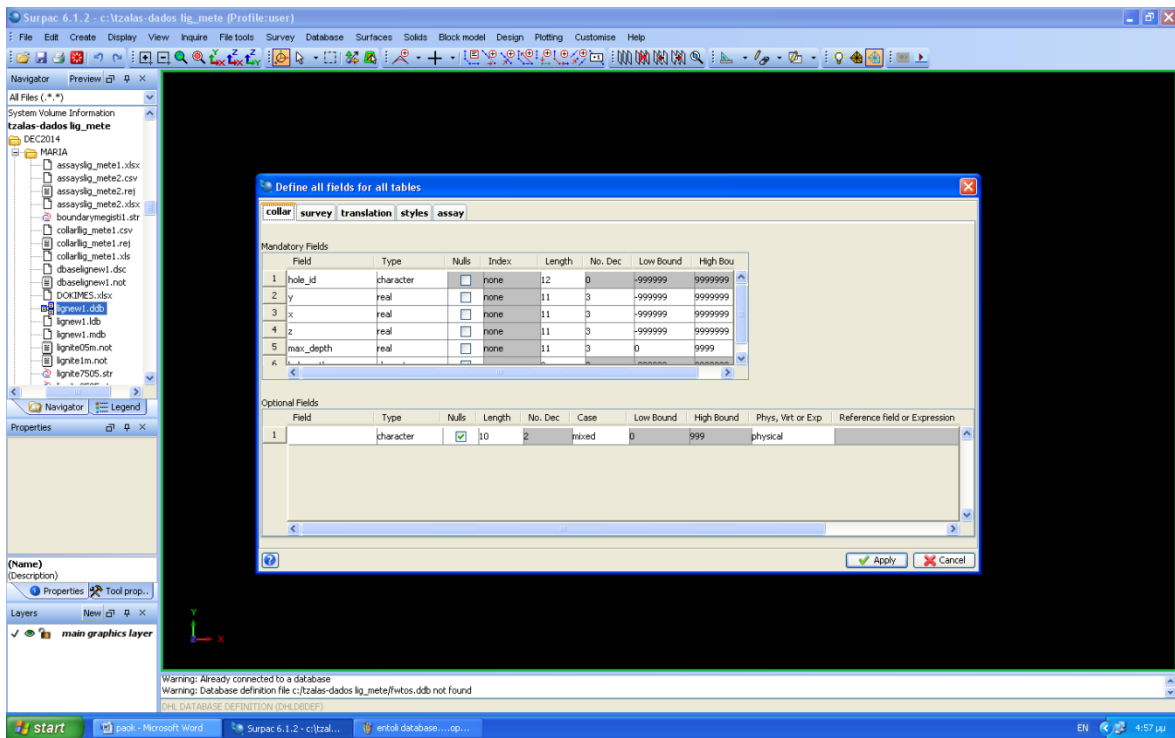
Εικόνα 2.2 Δημιουργία νέας βάσης δεδομένων

Ακολούθως, επιλέγεται ο τύπος της βάσης δεδομένων (access). Συνήθως, επιλέγεται να συμπεριληφθούν στη βάση τα αποθηκευμένα δεδομένα (stored), τα οποία ήδη υπάρχουν σχετικά με τις συντεταγμένες. Σε περίπτωση που οι γεωτρήσεις είναι “υπό κλίση”, χρησιμοποιείται η εντολή *calculated*, για υπολογίσει το πρόγραμμα αυτόματα τα σημεία (X,Y,Z) κατά μήκος της γεώτρησης. Εάν τα στοιχεία αυτά δίνονται, η γεώτρηση ορίζεται ως καμπύλη (*curved*) και προσδιορίζονται τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της (*dip*, *azimuth*) στον πίνακα *survey*. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπως αναφέρθηκε, δε δίνονται αντίστοιχα στοιχεία, οπότε και επιλέγεται η εντολή **stored**.

Προστίθενται οι επιθυμητοί πίνακες της βάσης. Η μετακίνηση μεταξύ των στηλών ή / και των γραμμών γίνεται με **tab**.

Η επιλογή της μορφής του πίνακα σχετίζεται με τα δεδομένα που διατίθενται. Για γεωτρητικά δεδομένα, επιλέγεται ο τύπος πίνακα **interval**, που σημαίνει ότι δέχεται τιμές για συγκεκριμένο διάστημα και όχι σημειακές.

Στην συνέχεια ορίζονται τα πεδία των πινάκων (Εικόνα 2.3). Υποχρεωτικοί πίνακες είναι οι **collar**, **survey**, όπως αναφέρθηκε, και φυσικά οι πίνακες με τις τιμές **assay**. Το πεδίο **nulls** επιλέγεται, όταν επιθυμείται να επιτραπούν κενά κελιά στην βάση, π.χ. όταν σε κάποια στήλη, από αυτές που εμφανίζονται, δεν υπάρχει τιμή στον πίνακα. Υποχρεωτικά σε κάθε πίνακα, είναι τα πεδία, που εμφανίζονται με γκρι χρώμα. Οι αρχικοί πίνακες, που τελικά εισήχθησαν στο πρόγραμμα, κατασκευάστηκαν, όπως περιγράφηκε παραπάνω, σε ένα φύλλο excel, δημιουργώντας τις στήλες με τα αντίστοιχα πεδία.

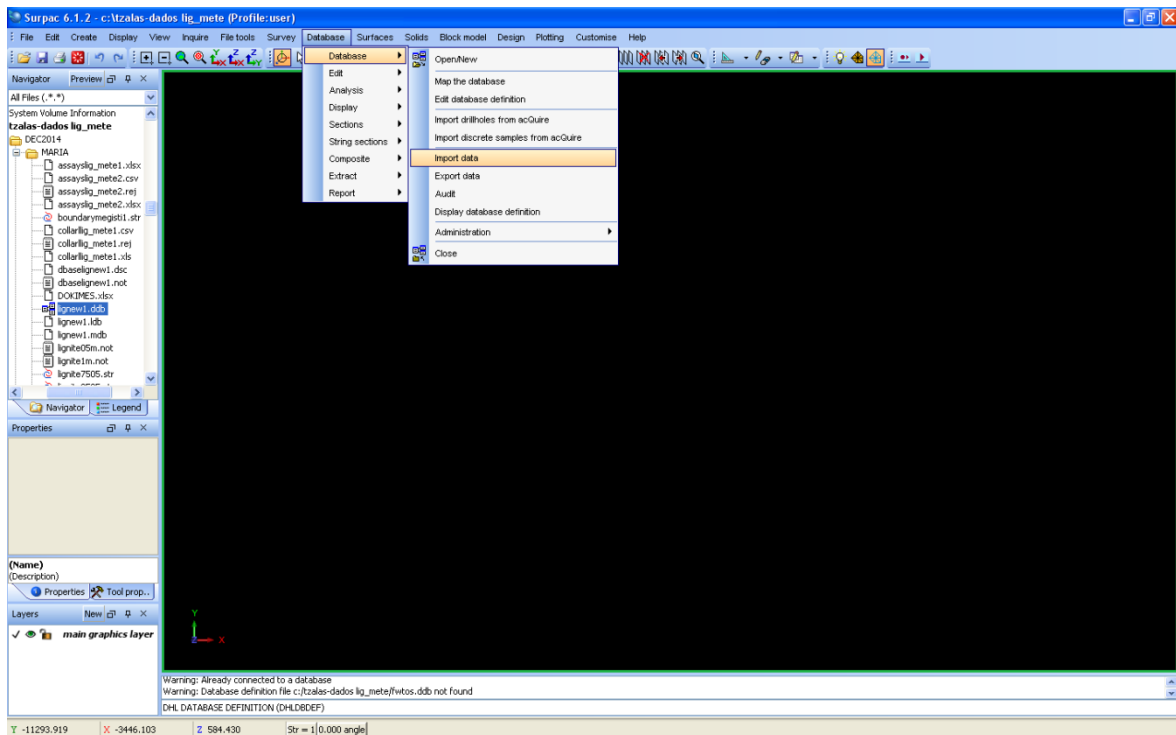


Εικόνα 2.3 Ορισμός πεδίων κάθε πίνακα

Καθορίζεται ο τύπος των δεδομένων: π.χ. character για κείμενο, real για πραγματικό αριθμό κ.ο.κ. Επίσης, καθορίζονται το μέγιστο πλήθος των χαρακτήρων (για τα πεδία που περιέχουν κείμενο), ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων (για τους αριθμούς), ο αριθμός της στήλης στο αρχείο του excel (από το οποίο η βάση θα «διαβάσει» τις τιμές) και τα όρια των επιτρεπτών τιμών. Ειδικά για τα προαιρετικά πεδία, υπάρχει η επιλογή να δοθεί η τιμή από αρχείο (physical), να υπολογίζεται στιγμιαία χωρίς να αποθηκεύεται (virtual) ή να υπολογιστεί από το πρόγραμμα (expression).

Στον ορισμό των πεδίων του πίνακα “assay”, προσθέτονται τόσα πεδία, όσες είναι οι αντίστοιχες επιθυμητές παράμετροι για τη βάση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπήρξαν δύο παράμετροι (και στις δύο στήλες του πίνακα απεικονίζονται τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του εδάφους): α) Στο πρώτο πεδίο του πίνακα, τα στοιχεία είναι σε μορφή **ακέραιου αριθμού (integer)** και διαφέρουν ανάλογα με το αν εντοπίστηκαν **στείρα** ή αν εντοπίστηκε **κοίτασμα**. β) Στο δεύτερο, ορίζεται το **πάχος** του λιγνιτικού κοιτάσματος και είναι σε μορφή **“real”**. Ορίζεται κατάλληλα ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων και δίνεται προσοχή, ώστε το ανώτερο και κατώτερο όριο που τίθεται, να περιλαμβάνει όλες τις τιμές των δειγμάτων.

Αφού οριστούν τα πεδία των πινάκων, εισάγονται τα δεδομένα από το μενού **Database** → **Import Data** (Εικόνα 2.4).

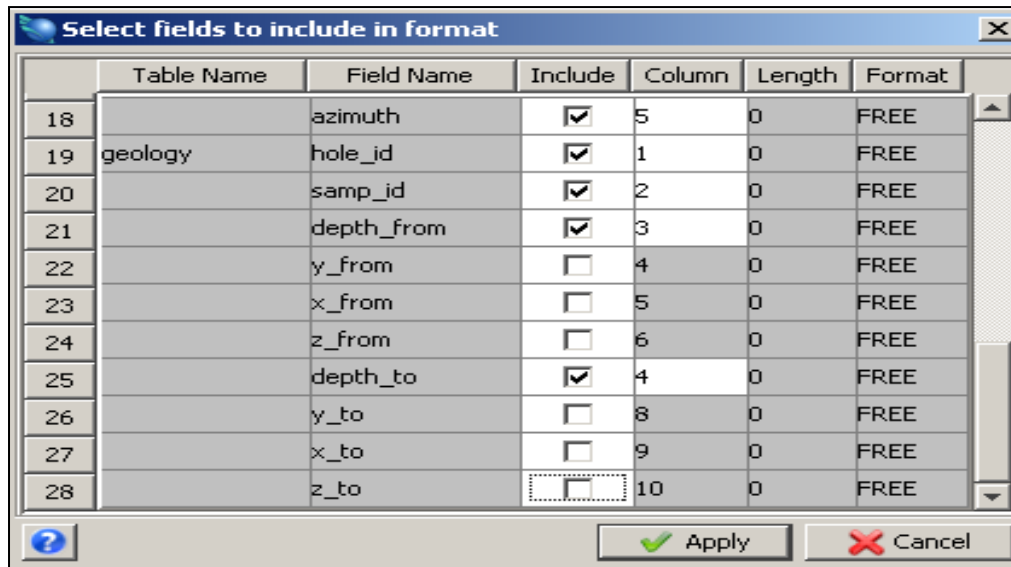


Εικόνα 2.4 Εισαγωγή δεδομένων στη βάση

Στο παράθυρο, που εμφανίζεται, ορίζονται τα αρχεία, στα οποία θα αποθηκευθούν οι βασικές πληροφορίες της βάσης. Πιο συγκεκριμένα, στο πεδίο format file name γράφεται το επιθυμητό όνομα εμφάνισης των πληροφοριών για τη βάση. Αυτό αποθηκεύεται ως αρχείο με την κατάληξη .dsc, ανοίγει με το πρόγραμμα Notepad και δίνει τις πληροφορίες σχετικά με τα πεδία που συμπεριλαμβάνονται σε κάθε πίνακα. Στο πεδίο format, ορίζεται ο τύπος των αρχείων, που θα εισαχθούν. Επιλέγεται το .csv. Για το λόγο αυτό μετατρέπονται τα αρχεία του excel σε .csv.

Στη συνέχεια, επιλέγονται οι πίνακες, που θα συμπεριληφθούν στη βάση.

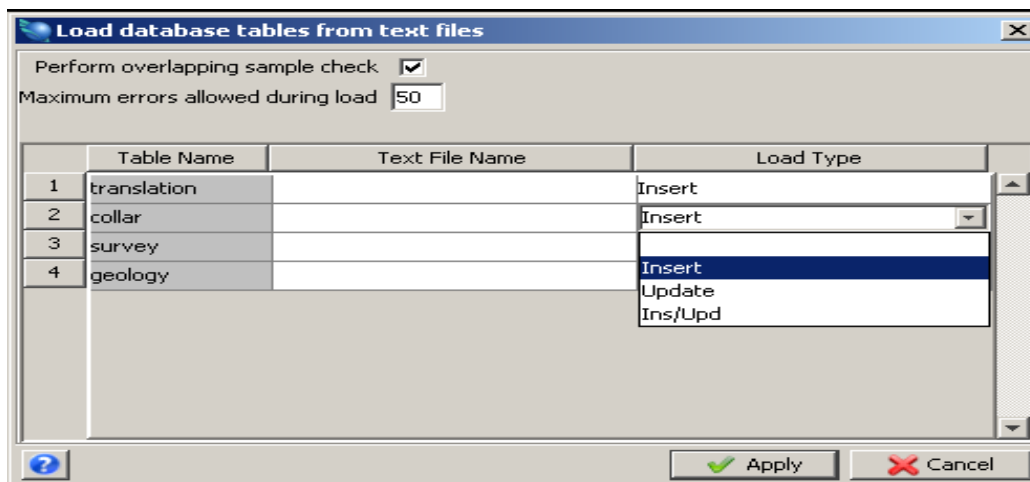
Μετά, αντιστοιχούνται τα πεδία του κάθε πίνακα στις στήλες του αρχείου excel, με το οποίο έχουν συνδεθεί (Εικόνα 2.5).



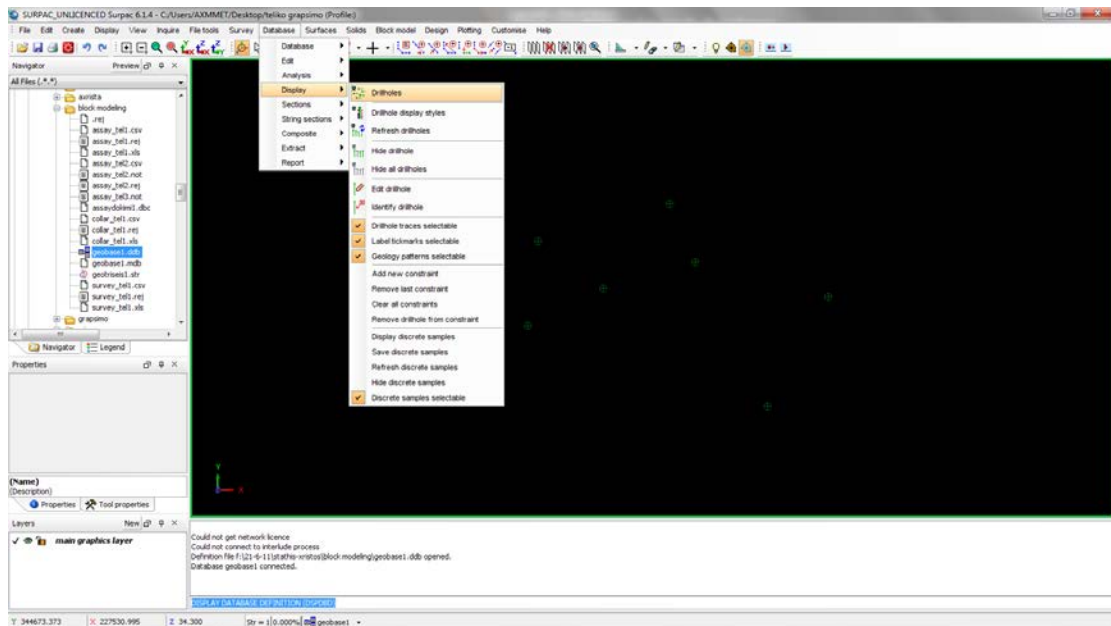
Εικόνα 2.5 Επιλογή πεδίων κάθε πίνακα και αντιστοίχησή τους με τις στήλες του αρχείου excel.

Αφού έχουν ορισθεί όλα τα παραπάνω, καλούνται τα .csv αρχεία, από τα οποία κάθε πίνακας της βάσης θα πάρει τα δεδομένα.

Στην περίπτωση, που επιθυμείται αργότερα η τροποποίηση δεδομένων ή η ενημέρωση της βάσης με πρόσθετα δεδομένα, επιλέγεται ξανά η εντολή **Database** → **Import Data** και εισάγεται ξανά το νέο αρχείο, επιλέγοντας από τη στήλη Load Type τις εντολές Update ή Ins / Upd, αντίστοιχα (Εικόνα 2.6). Στη φάση αυτή, έχει δημιουργηθεί πλέον το αρχείο αναφοράς .csv, στο οποίο φαίνεται το πλήθος των δεδομένων, που εισήχθησαν σε κάθε πίνακα της βάσης.



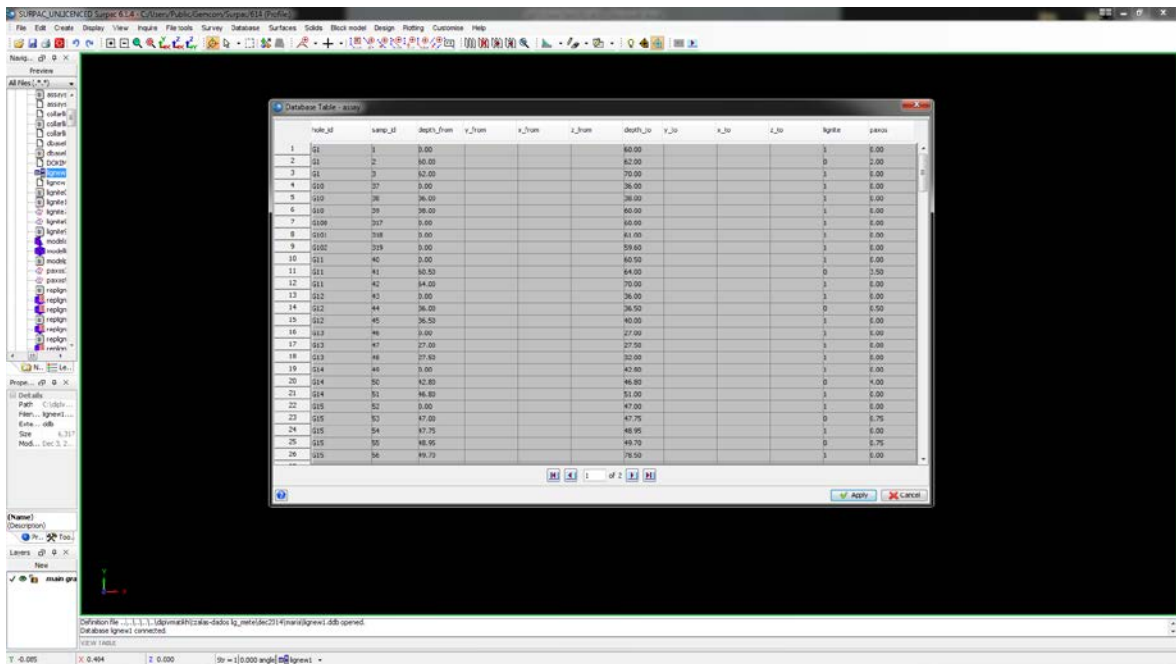
Εικόνα 2.6 Αντιστοίχιση αρχείων .csv με του πίνακες της βάσης δεδομένων.



Εικόνα 2.7 Εντολή προβολής των δεδομένων της βάσης που δημιουργήθηκε.

Τα πεδία της βάσης προβάλλονται μέσω του μενού, στο module **Database** → **Display database definition** (Εικόνα 2.7).

Η προβολή της πληροφορίας που έχει εισαχθεί στη βάση δεδομένων, ξεχωριστά για κάθε πίνακα, πραγματοποιείται μέσω του μενού **Database** → **Edit** → **View table**.



Εικόνα 2.8 Προβολή πίνακα assay

The screenshot shows the SURPAC software interface with a 'Database Table - collar' window open. The table contains the following data:

collar_id	y	x	z	max_depth	hole_path	
1	61	-11811.180	-5214.500	630.940	70.000	LINEAR
2	62	-11291.380	-5275.400	853.570	80.000	LINEAR
3	63	-12443.210	-5231.960	612.430	60.000	LINEAR
4	6311	-12426.790	-5062.250	626.290	81.000	LINEAR
5	6312	-12272.000	-5006.800	624.270	59.000	LINEAR
6	631	-11879.600	-5276.900	577.800	70.000	LINEAR
7	632	-11623.490	-5128.100	526.470	45.000	LINEAR
8	633	-11421.900	-5244.600	546.110	32.000	LINEAR
9	614	-11708.900	-5276.300	577.300	52.000	LINEAR
10	635	-12096.800	-5204.100	563.900	70.500	LINEAR
11	635	-11763.790	-5287.600	601.500	85.000	LINEAR
12	637	-11629.100	-5123.500	584.210	34.500	LINEAR
13	638	-11239.500	-5216.400	599.800	37.000	LINEAR
14	639	-11610.000	-5266.400	572.320	39.000	LINEAR
15	62	-11811.180	-5329.700	640.360	58.000	LINEAR
16	623	-12087.800	-5297.500	524.130	38.000	LINEAR
17	621	-11817.000	-5200.800	552.940	35.000	LINEAR
18	622	-11644.600	-5267.200	576.200	26.000	LINEAR
19	623	-11771.380	-5264.100	568.940	37.000	LINEAR
20	624	-11689.200	-5202.800	571.510	21.000	LINEAR
21	625	-11823.000	-5279.700	571.170	48.000	LINEAR
22	625	-12088.800	-5282.100	604.850	59.000	LINEAR
23	627	-12213.200	-5271.850	582.600	43.300	LINEAR
24	62	-11814.800	-5237.800	633.110	45.200	LINEAR
25	628	-13229.200	-5296.510	652.290	124.000	LINEAR
26	628	-12629.500	-5296.910	624.960	51.000	LINEAR

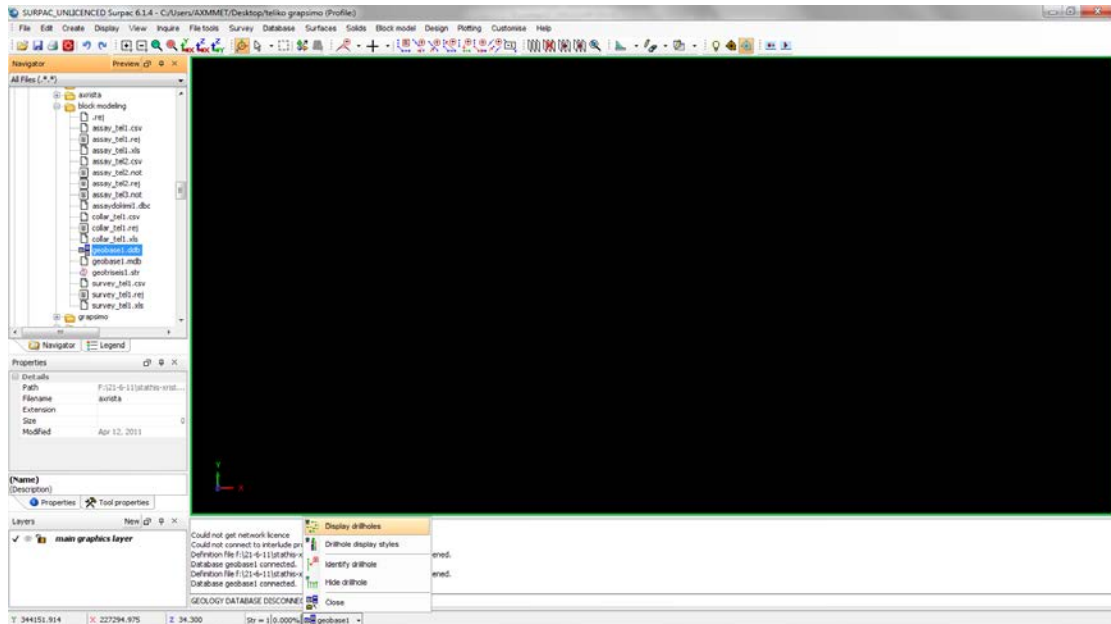
Εικόνα 2.9 Προβολή πίνακα collar

The screenshot shows the SURPAC software interface with a 'Database Table - survey' window open. The table contains the following data:

hole_id	depth	y	x	z	sp	sumath
1	61	70.000				90.00 0.00
2	610	60.000				90.00 0.00
3	6100	60.000				90.00 0.00
4	6101	61.000				90.00 0.00
5	6102	59.800				90.00 0.00
6	611	70.000				90.00 0.00
7	612	60.000				90.00 0.00
8	613	30.000				90.00 0.00
9	614	51.000				90.00 0.00
10	615	70.500				90.00 0.00
11	616	60.000				90.00 0.00
12	617	34.500				90.00 0.00
13	618	37.000				90.00 0.00
14	619	36.000				90.00 0.00
15	62	50.000				90.00 0.00
16	620	38.000				90.00 0.00
17	621	35.000				90.00 0.00
18	622	36.000				90.00 0.00
19	623	37.000				90.00 0.00
20	624	31.000				90.00 0.00
21	625	45.000				90.00 0.00
22	626	39.000				90.00 0.00
23	627	43.300				90.00 0.00
24	62	45.200				90.00 0.00
25	630	124.000				90.00 0.00
26	631	51.000				90.00 0.00

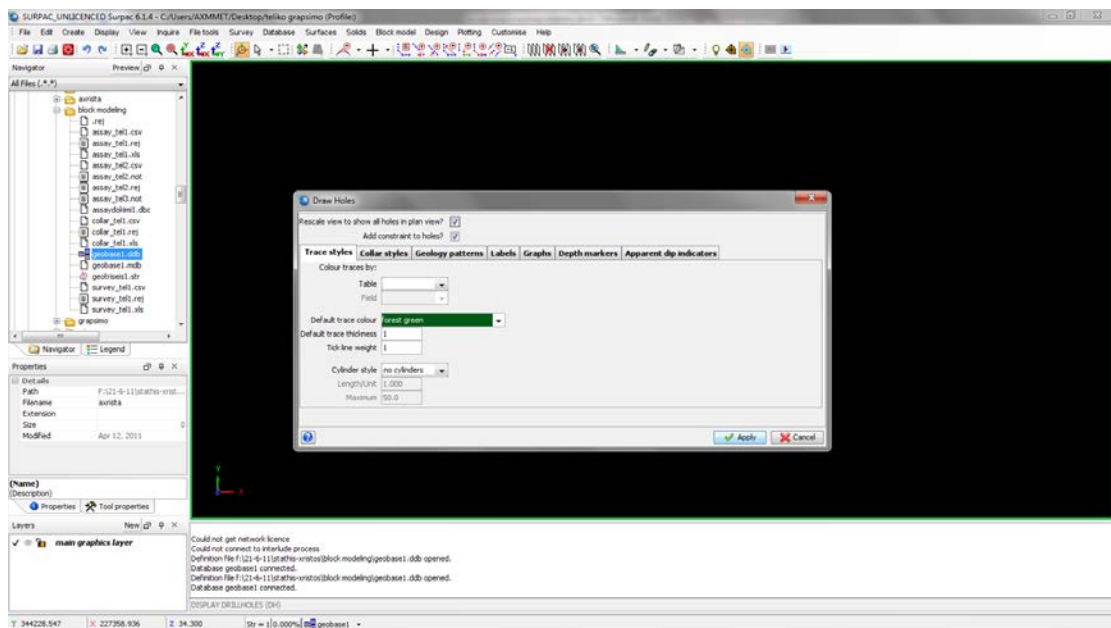
Εικόνα 2.10 Προβολή πίνακα survey

Για την προβολή των γεωτρήσεων στην επιφάνεια εργασίας, στη βάση δεδομένων επιλέγεται η εντολή **Display drillholes** (Εικόνα 2.11).



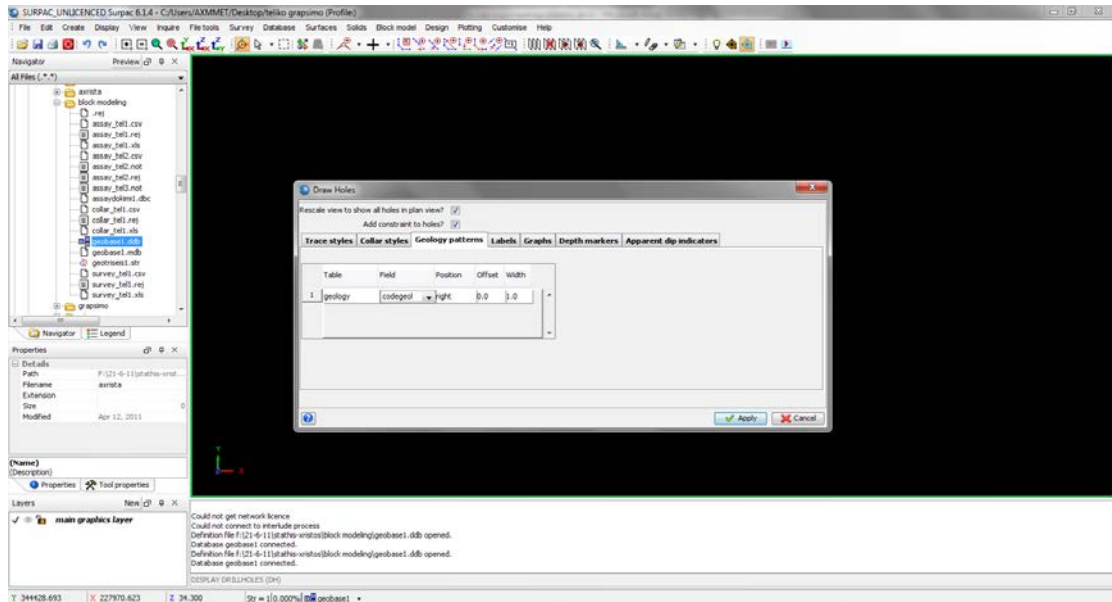
Εικόνα 2.11 Εντολή για την γραφική προβολή των γεωτρήσεων.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγεται τι ακριβώς επιθυμείται να προβληθεί. Για τη χωρική κατανομή των γεωτρήσεων, επιλέγεται το φύλλο **Trace styles** του πίνακα και προσδιορίζεται το χρώμα με το οποίο θα εμφανίζεται κάθε γεώτρηση (Εικόνα 2.12).



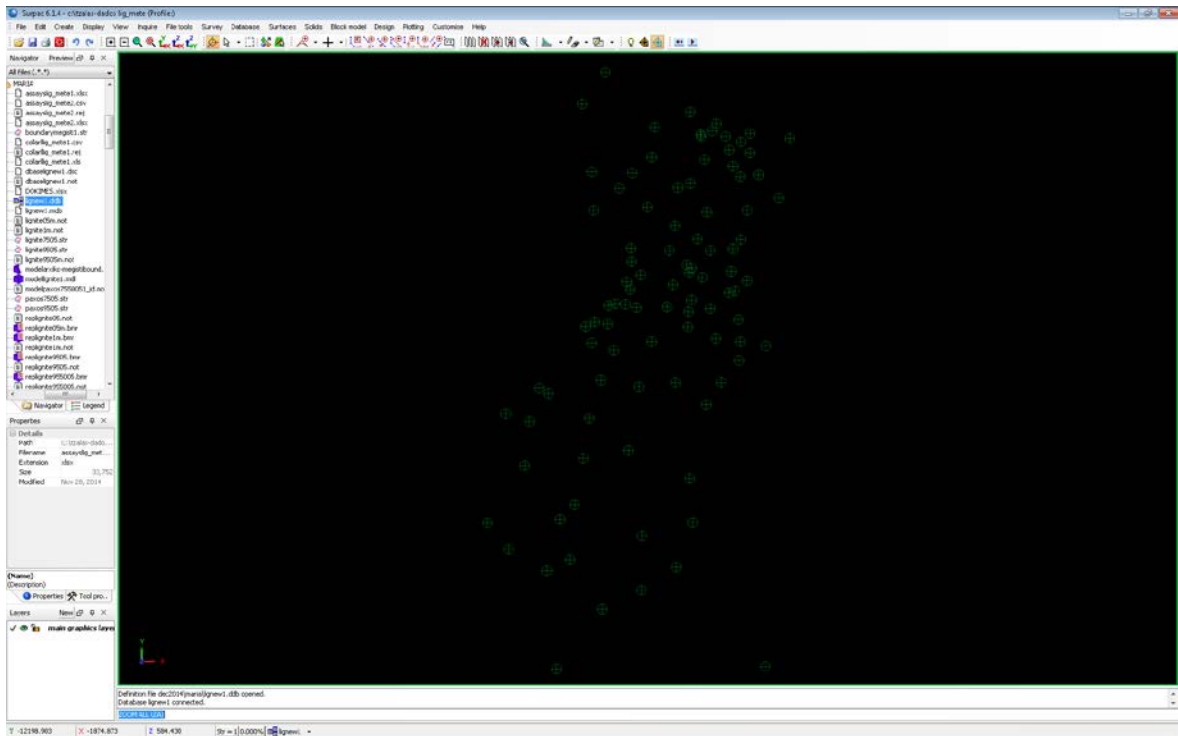
Εικόνα 2.12 Παράθυρο επιλογής παραμέτρων προβολής (χωρική κατανομή γεωτρήσεων)

Εάν επιθυμείται, να εμφανίζονται όλα τα στοιχεία της γεώτρησης, που υπάρχουν στον σχετικό πίνακα, το παράθυρο, το οποίο εμφανίζεται, παραμένει κενό.

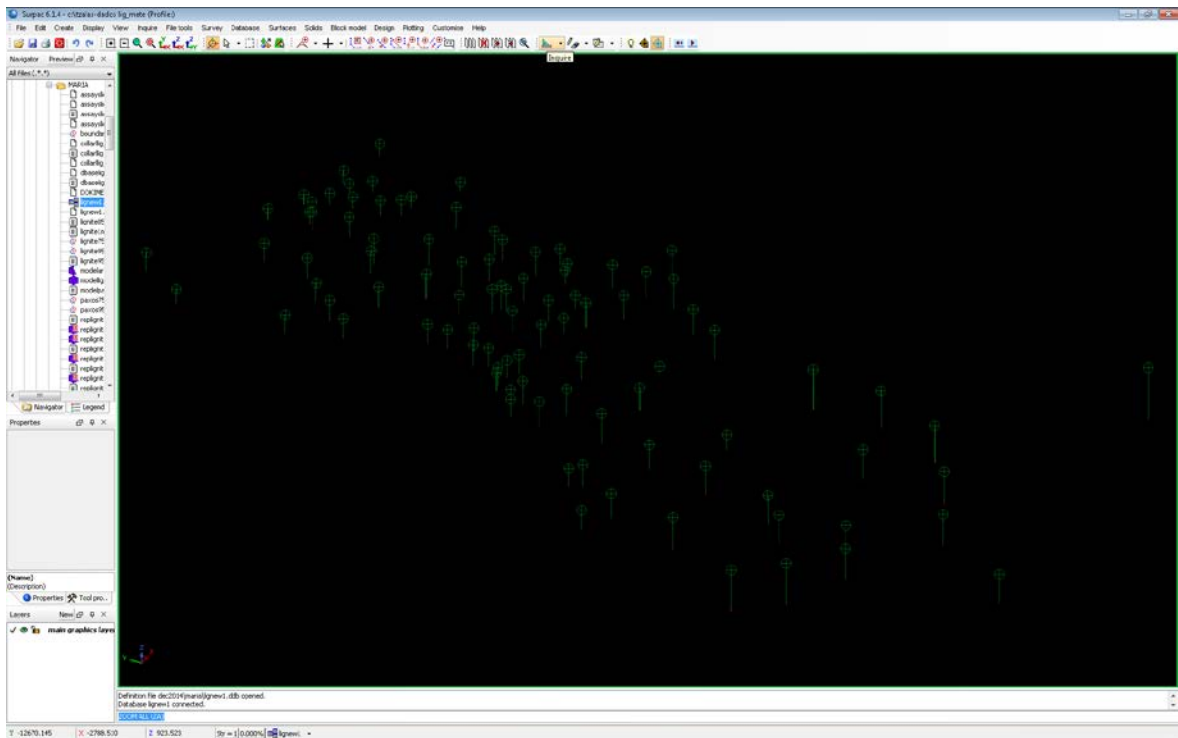


Εικόνα 2.13 Επιλογή πληροφοριών που θα συμπεριληφθούν στην απεικόνιση.

Εάν επιθυμείται η προβολή της πληροφορίας, με τους γεωλογικούς σχηματισμούς σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, στο φύλλο Labels, επιλέγεται ο πίνακας, καθώς και η στήλη του πίνακα, όπου υπάρχει η συγκεκριμένη πληροφορία (Εικόνα 2.13). Στις Εικόνες 2.14α 2.14β δίνεται η θέση των γεωτρήσεων σε κάτοψη και η τρισδιάστατη απεικόνιση αντίστοιχα.



Εικόνα 2.14α Κάτοψη των γεωτρήσεων

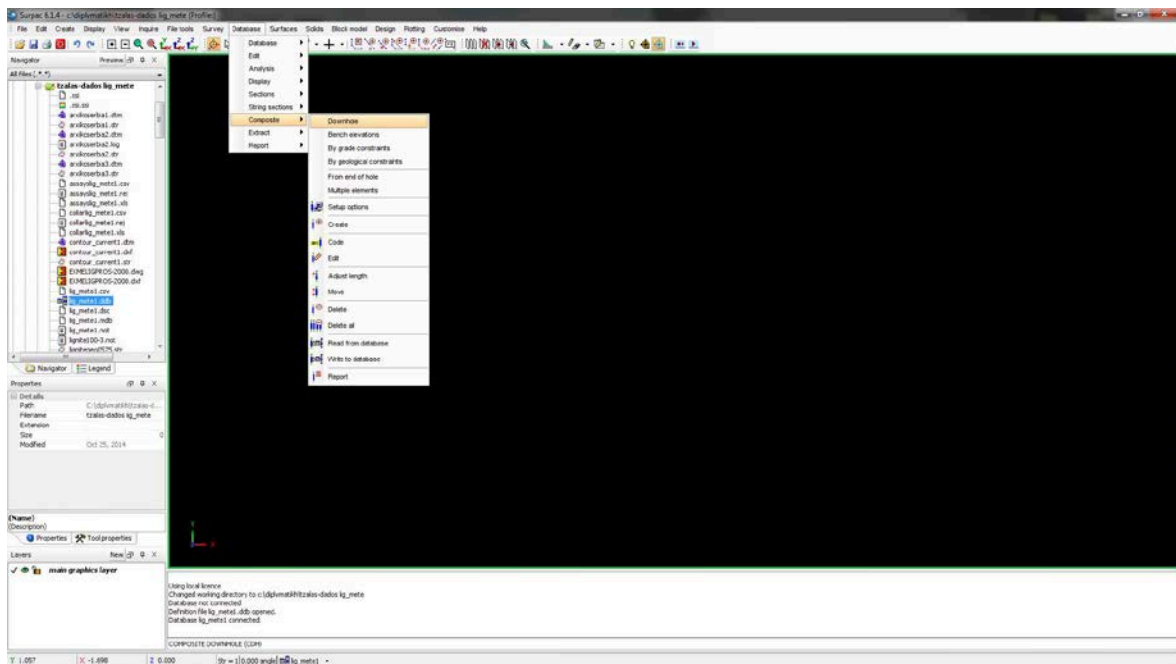


Εικόνα 2.14β Απεικόνιση των γεωτρήσεων στο χώρο

2.4 Διαδικασία προσδιορισμού τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων

Στη φάση αυτή, δίνεται εντολή στο πρόγραμμα, να πραγματοποιήσει μια παρεμβολή κατά το μήκος της γεώτρησης, ώστε από τα σημειακά δεδομένα της δειγματοληψίας σε διάφορα βάθη, να προσδιορισθούν τιμές σε όλο το μήκος της γεώτρησης. Για το σκοπό αυτό, διαιρείται η γεώτρηση σε διαστήματα, κάθε ένα από τα οποία λαμβάνει μία συγκεκριμένη τιμή. Η πληροφορία, που προκύπτει από τη συγκεκριμένη διαδικασία, αποθηκεύεται σε ένα αρχείο, της μορφής .str (string file).

Από το μενού της βάσης δεδομένων, επιλέγεται η εντολή **Database** → **Composite** → **Downhole** (Εικόνα 2.15). Ακολούθως, δημιουργείται το string file, το οποίο θα πάρει τα δεδομένα της βάσης, επιλέγοντας ταυτόχρονα, τις παραμέτρους που θα χρησιμοποιηθούν.



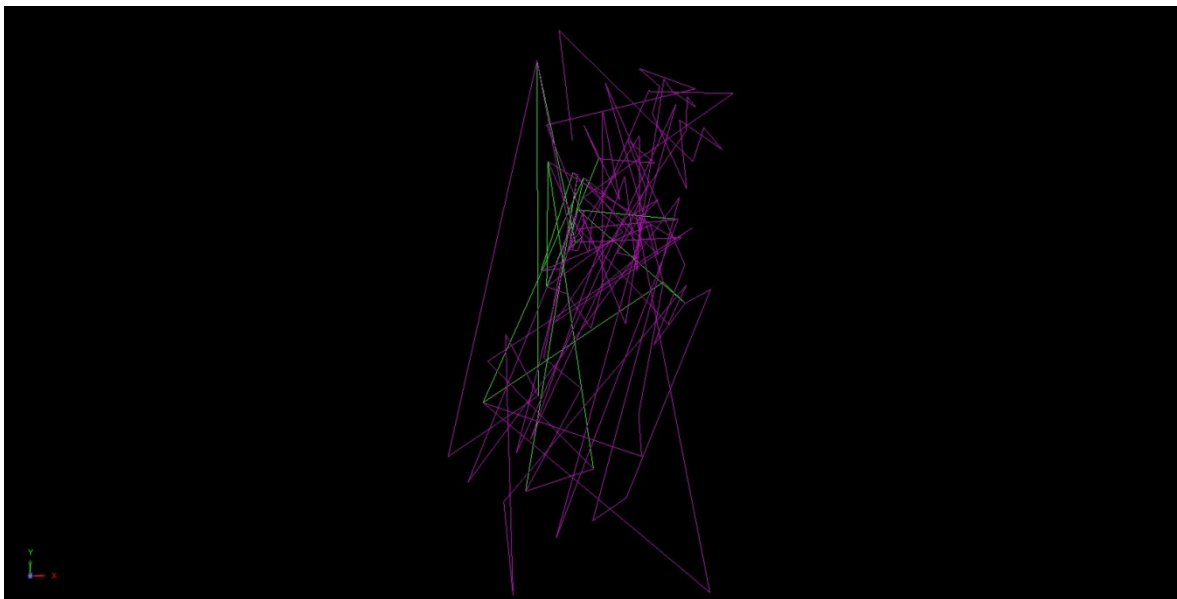
Εικόνα 2.15 εντολή Database → Composite → Downhole

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν δυο string files, με σκοπό τη δημιουργία περισσότερων από μία αποτυπώσεων του λιγνιτικού κοιτάσματος, έτσι ώστε, μετέπειτα, να επιλεγεί η ακριβέστερη από αυτές. Στην πρώτη περίπτωση, ορίστηκε να συμπεριληφθεί τουλάχιστον το **75%** του δείγματος (στο κελί **minimum % of sample to be included**), ενώ στη δεύτερη το **95%** αυτού.

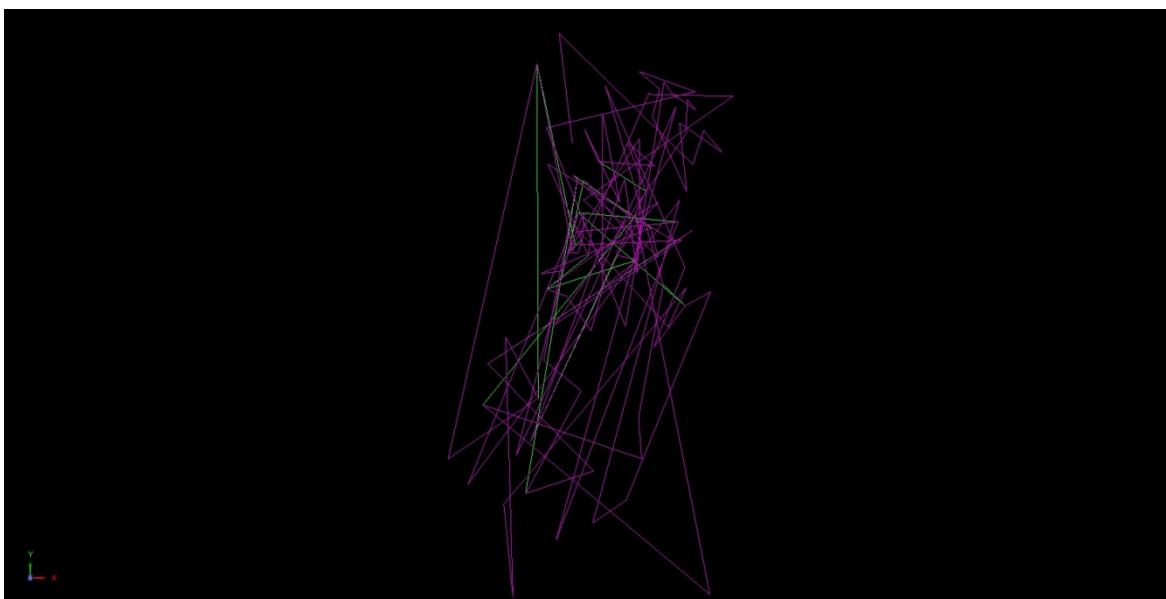
Το **composite length** σχετίζεται με την κατανομή της δειγματοληψίας κατά μήκος της γεώτρησης (τα υποδιαστήματα στα οποία θα διαιρεθεί η κάθε γεώτρηση), για την εξαγωγή της επιθυμητής πληροφορίας και δε σχετίζεται με το μέγεθος των blocks του μοντέλου, που θα δημιουργηθεί σε επόμενο στάδιο. Και στις δύο περιπτώσεις, το διάστημα αυτό ορίστηκε **0,5 m**.

Στο πεδίο Table name, επιλέγεται ο πίνακας, από τον οποίο θα αντληθεί η σχετική πληροφορία, ενώ στο πεδίο Field name, επιλέγεται η συγκεκριμένη στήλη του πίνακα με την πληροφορία. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, στο πεδίο table name, ορίστηκε ο πίνακας assay, ενώ στο πεδίο field name, ορίστηκε η στήλη με τα κωδικοποιημένα σε μορφή ακεραίων στοιχεία αυτού του πίνακα, τα οποία υποδεικνύουν την ύπαρξη ή όχι κοιτάσματος.

Τα αρχεία, που τελικά παράγονται, έχουν αντίστοιχα την παρακάτω μορφή (εικόνες 2.16, 2.17):



Εικόνα 2.16 Αρχείο που προέκυψε από τη διαδικασία composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος



Εικόνα 2.17 Αρχείο που προέκυψε από τη διαδικασία composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος

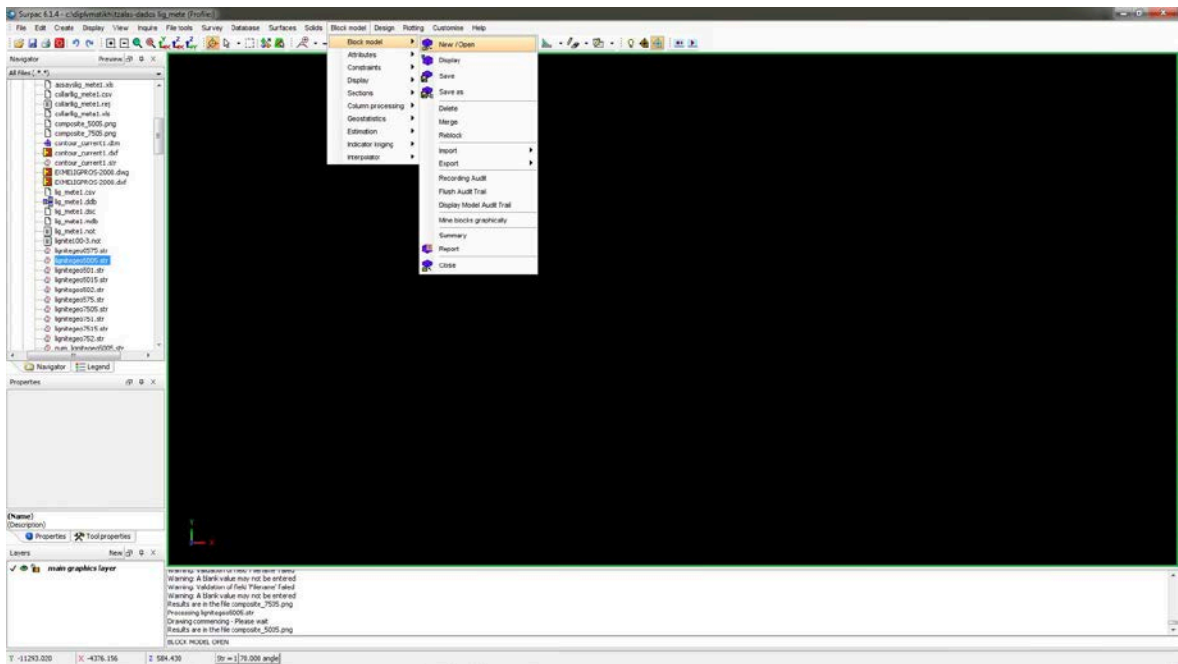
Οι κορυφές της πολυγωνικής γραμμής αντιστοιχούν στις θέσεις των γεωτρήσεων. Με τη βοήθεια της εντολής **Inquire** → **Point properties**, εμφανίζεται η πληροφορία, που έχει αποθηκευθεί στο αρχείο για κάθε σημείο.

2.5 Κατασκευή του block model

Το block model είναι μια βάση δεδομένων, που αναπτύσσεται στο χώρο και αναφέρεται σε συγκεκριμένες ιδιότητές του. Χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των ιδιοτήτων σε ένα συγκεκριμένο κομμάτι του χώρου (volume), όπως π.χ. για την περιεκτικότητα ενός κοιτάσματος. Τα δεδομένα στο block model αναφέρονται σε διακριτά στοιχεία όγκου, τα οποία ονομάζονται blocks. Αυτά είναι παραλληλεπίπεδα τμήματα του προς μοντελοποίηση χώρου, τα οποία δημιουργούνται από τον χρήστη. Στο κέντρο κάθε block, αποδίδεται, με βάση τα δεδομένα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και με εφαρμογή μεθόδων χωρικής παρεμβολής (π.χ. μέθοδος inverse distance, weighting ή kriging), μια τιμή περιεκτικότητας, η οποία αντιπροσωπεύει όλο το block. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα, σε κάθε στάδιο δημιουργίας του μοντέλου, να εφαρμοστούν περιορισμοί. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να είναι επίπεδες επιφάνειες, γεωμορφολογικά ανάγλυφα, κλειστά strings, οι οποίοι περιορίζουν τον αριθμό των blocks, ώστε η μοντελοποίηση του χώρου να είναι πιο αποτελεσματική. Ορισμένες από τις δυνατότητες που παρέχει το menu των εντολών του module είναι:

- **Model Summary:** Δίνει περιληπτικά πληροφορίες, σχετικά με τις παραμέτρους του μοντέλου.
- **Save Model:** Αποθήκευση του τρέχοντος μοντέλου.
- **Delete Model:** Διαγραφή του τρέχοντος μοντέλου.
- **Merge Model:** Συγχώνευση ενός περιορισμένου μοντέλου με το αρχικό.
- **Add Attribute:** Προσθήκη νέας ιδιότητας για μοντελοποίηση.
- **Clear Attributes:** Καθαρισμός των blocks του μοντέλου, από τις τιμές των ιδιοτήτων τους και επαναφορά τους στο background value.
- **Delete Attribute:** Διαγραφή υπάρχουσας ιδιότητας.
- **Edit Attribute:** Αλλαγή των χαρακτηριστικών μιας ιδιότητας.
- **Block Maths:** Ορισμός των τιμών μιας ιδιότητας, σε σχέση με τις τιμές μιας άλλης.
- **Ore / Waste Discrimination:** Κατάταξη των blocks σε «κοίτασμα» ή «στείρο».
- **Dilution & Reduction:** Εφαρμογή συντελεστών διάλυσης, στις επαφές του κοιτάσματος με το στείρο.
- **Recoverable Product:** Υπολογισμός του όγκου των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων.
- **Thickness:** Αποθήκευση των στρωμάτων και των περιεκτικοτήτων, σε αρχείο string.
- **Define Sections:** Ορισμός του προσανατολισμού των τομών και αποθήκευση σε αρχείο string.
- **Estimation:** Προσδιορισμός των τιμών σε κάθε block.
- **Inverse Distance:** Προσδιορισμός των τιμών των blocks, με τον αλγόριθμο της αντίστροφης απόστασης.
- **Ordinary Kriging:** Προσδιορισμός των τιμών, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Kriging και τις παραμέτρους από τα βαριογράμματα.
- **Nearest Neighbour:** Προσδιορισμός των τιμών των blocks, από το κοντινότερο σημείο δείγματος.
- **Assign Value:** Ορισμός των τιμών των blocks με συγκεκριμένη τιμή, χρησιμοποιώντας περιορισμούς.
- **Indicator Kriging:** Προσδιορισμός των τιμών, χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Indicator Kriging.

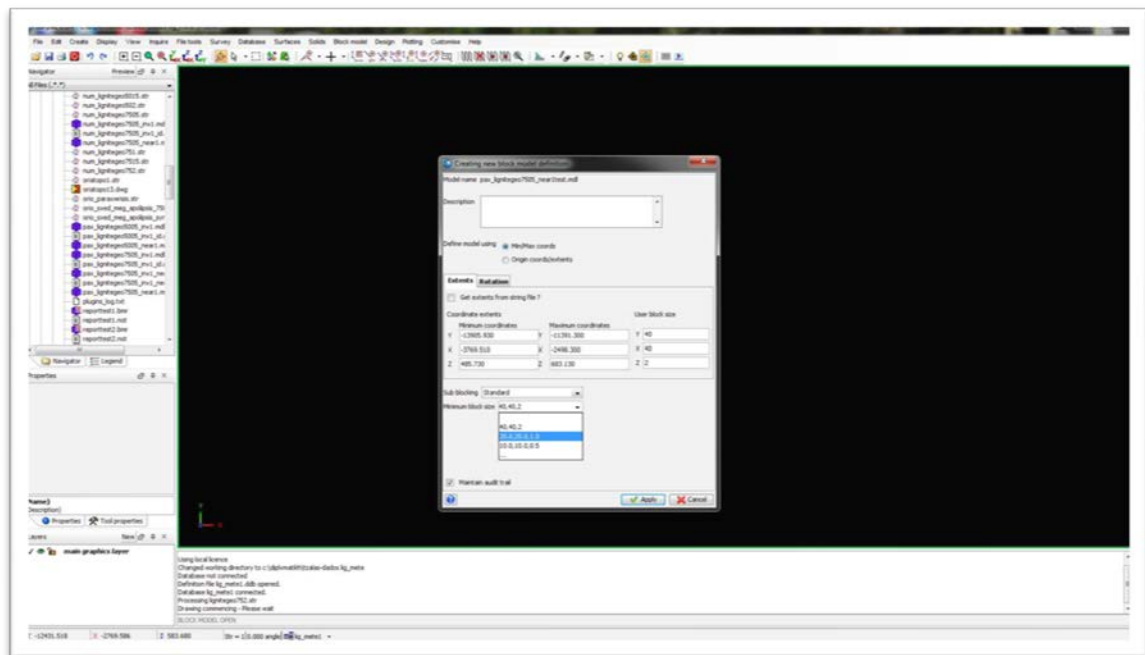
Για τη δημιουργία του μοντέλου, δίνεται η εντολή **Block model** → **New / Open**. Ζητείται να ονομαστεί το μοντέλο και τέλος να επιβεβαιωθεί η δημιουργία του.



Εικόνα 2.18 Block model → Block model → New/Open

Τα αρχικά δεδομένα για την κατασκευή του μοντέλου αντλούνται από τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε, η οποία θα πρέπει να είναι ανοιχτή κατά την έναρξη της διαδικασίας.

Στη συνέχεια ορίζονται τα στοιχεία του μοντέλου (Εικόνα 2.19). Για το σκοπό αυτό, εκτός από το μέγεθος των blocks, χρειάζονται και οι συντεταγμένες της περιοχής, για την οποία θα κατασκευασθεί το μοντέλο. Οι συντεταγμένες ορίζονται από τα δύο string files, που διαμορφώθηκαν στο τελευταίο στάδιο της δημιουργίας της βάσης δεδομένων.

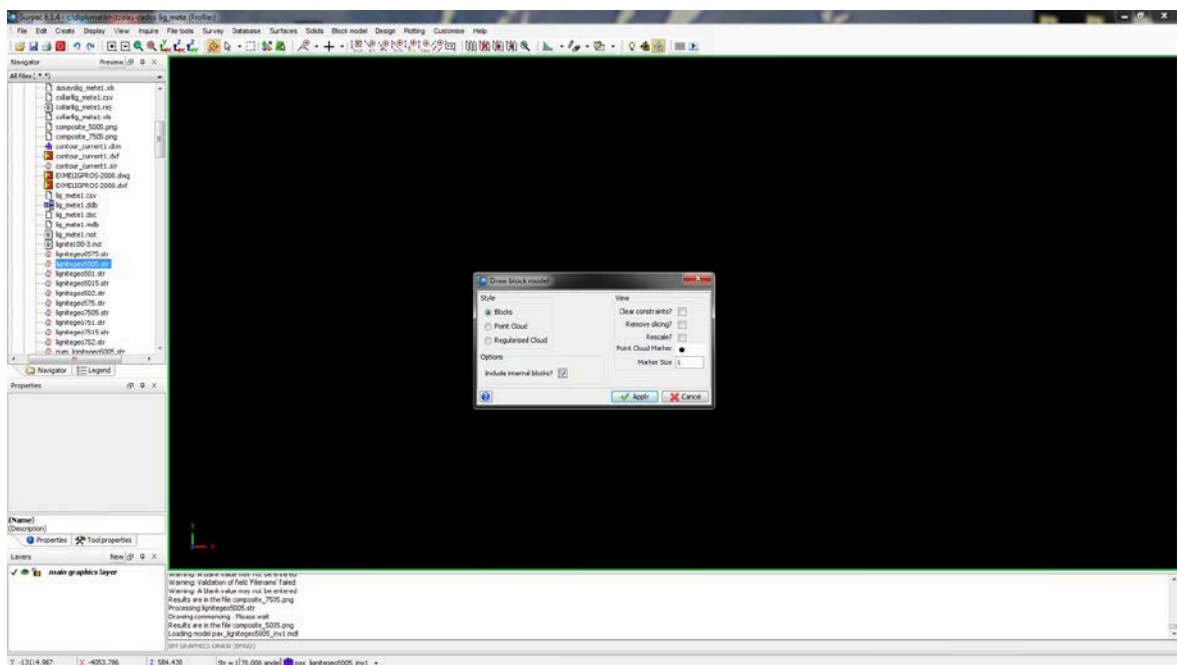


Εικόνα 2.19 Εισαγωγή παραμέτρων για την πραγματοποίηση του composite.

Οι συντεταγμένες, που παίρνει ο πίνακας της Εικόνας 2.19, δημιουργούν το όριο του μοντέλου με βάση τις γεωτρήσεις. Ορίζεται, επίσης, το μέγεθος των blocks, που θα δημιουργηθούν. Το μέγεθος εξαρτάται από την απόσταση των γεωτρήσεων και την πυκνότητα της δειγματοληψίας κατά μήκος της γεώτρησης. Στο παράθυρο Sub blocking, έχουμε τη δυνατότητα επιλογής δημιουργίας μικρότερων blocks, μέσα στα αρχικά blocks. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στο μοντέλο να δώσει περισσότερες από μία τιμές στο αρχικό block, διαιρώντας το σε μικρότερα, όταν σε μία θέση η πληροφορία, που παρέχεται, είναι αρκετά πυκνή. Έτσι με τη δημιουργία των μικρότερων blocks δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση της πληροφορίας και αυξάνεται η ακρίβεια των υπολογισμών.

Το μέγεθος των **blocks**, που θα δημιουργηθούν, επιλέχθηκε να είναι ως εξής: **το X ορίστηκε 40, το Y: 40, και το Z: 2**. Παράλληλα, στο πεδίο **Sub blocking**, επιλέχθηκε η εντολή **standard**, με μέγεθος υπό-blocks **X: 10, Y: 10, Z: 1**.

Πατώντας Apply, εμφανίζεται ο πίνακας με τα στοιχεία του μοντέλου. Επιλέγεται το Create model. Μπορεί να προβληθεί το μοντέλο που δημιουργήθηκε με την εντολή **Block model** → **Display** (Εικόνα 2.20).



Εικόνα 2.20 Block model → Block model → Display

Στο στάδιο αυτό, θα πρέπει να οριστούν οι παράμετροι, για το στοιχείο, που θα εισαχθεί στο μοντέλο. Χρησιμοποιείται η εντολή **Block model** → **Attributes** → **New**. Γράφεται το όνομα της παραμέτρου, που επιθυμείται να εισαχθεί και στο πεδίο type, επιλέγεται το είδος των δεδομένων που θέλουμε να παραχθούν:

- **Character:** για περιγραφή
- **Float:** για πραγματικό αριθμό με λίγα δεκαδικά ψηφία
- **Real:** για πραγματικό αριθμό με πολλά δεκαδικά ψηφία
- **Integer:** για ακέραιο αριθμό
- **Calculated:** για αριθμό που θα προκύψει, βάσει κάποιου υπολογισμού, που θα θέσει ο χρήστης.

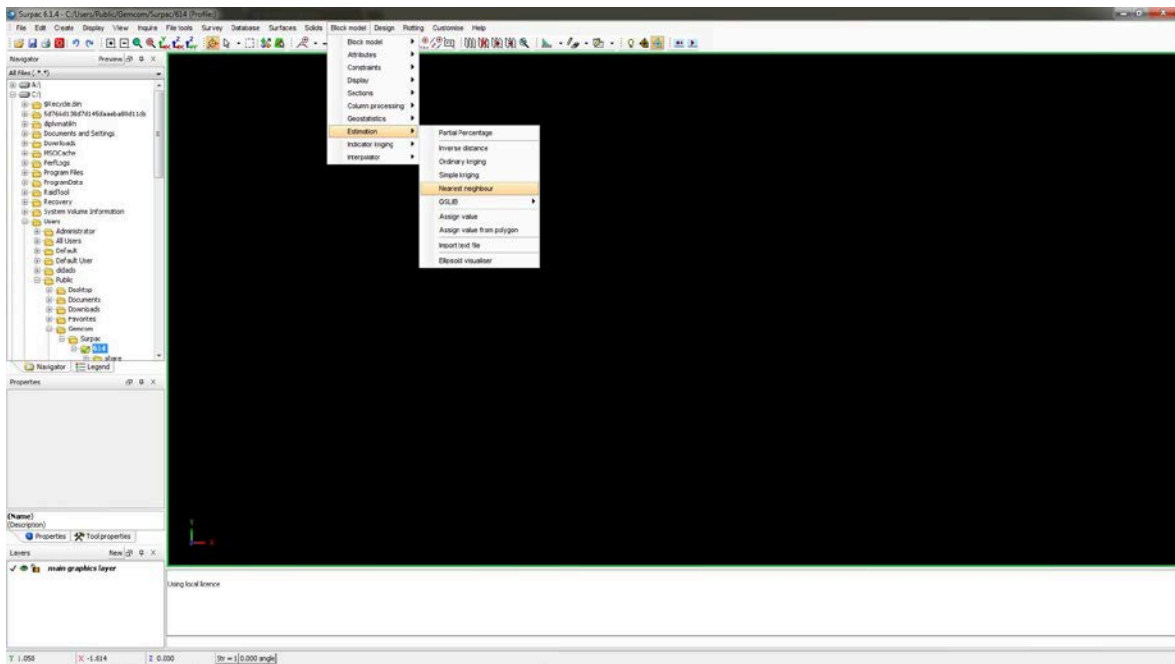
Επιλέγεται ο αριθμός των δεκαδικών ψηφίων και η τιμή βάσης (**background value**). Το πεδίο background value θα χρησιμοποιηθεί για τις περιοχές, που δεν παράγονται τιμές από τη μαθηματική επεξεργασία. Είναι σημαντικό, στο πεδίο αυτό, να μην εισαχθεί η τιμή μηδέν (0), αλλά μια αρνητική τιμή, π.χ. -99. Διαφορετικά, το πρόγραμμα θεωρεί, ότι μετρήθηκε η παράμετρος και βρέθηκε, να έχει τιμή ίση με μηδέν.

Στην περίπτωση, που χρησιμοποιηθεί η παράμετρος της στήλης, στην οποία εξετάζεται, εάν υπάρχει κοίτασμα (στα κελιά που έχουν συμπληρωθεί με 0) ή στείρα (στα κελιά που υπάρχει 1), επιλέγεται το **integer** στο πεδίο type, αφού όλα τα στοιχεία είναι ακέραιοι αριθμοί. Στο background value είχε εισαχθεί η τιμή -1.

Μετά, επιλέγεται η μέθοδος προσδιορισμού των τιμών των blocks του μοντέλου, από το μενού **Block model** → **Estimation**. Εφαρμόζεται για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις (των δύο string files) η μέθοδος **inverse distance** αλλά και η **nearest neighbour**. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής θα προκύψουν τέσσερα μοντέλα (δύο από την κάθε περίπτωση) και θα επιλεγεί το καταλληλότερο από αυτά.

2.5.1 Μέθοδος nearest neighbour

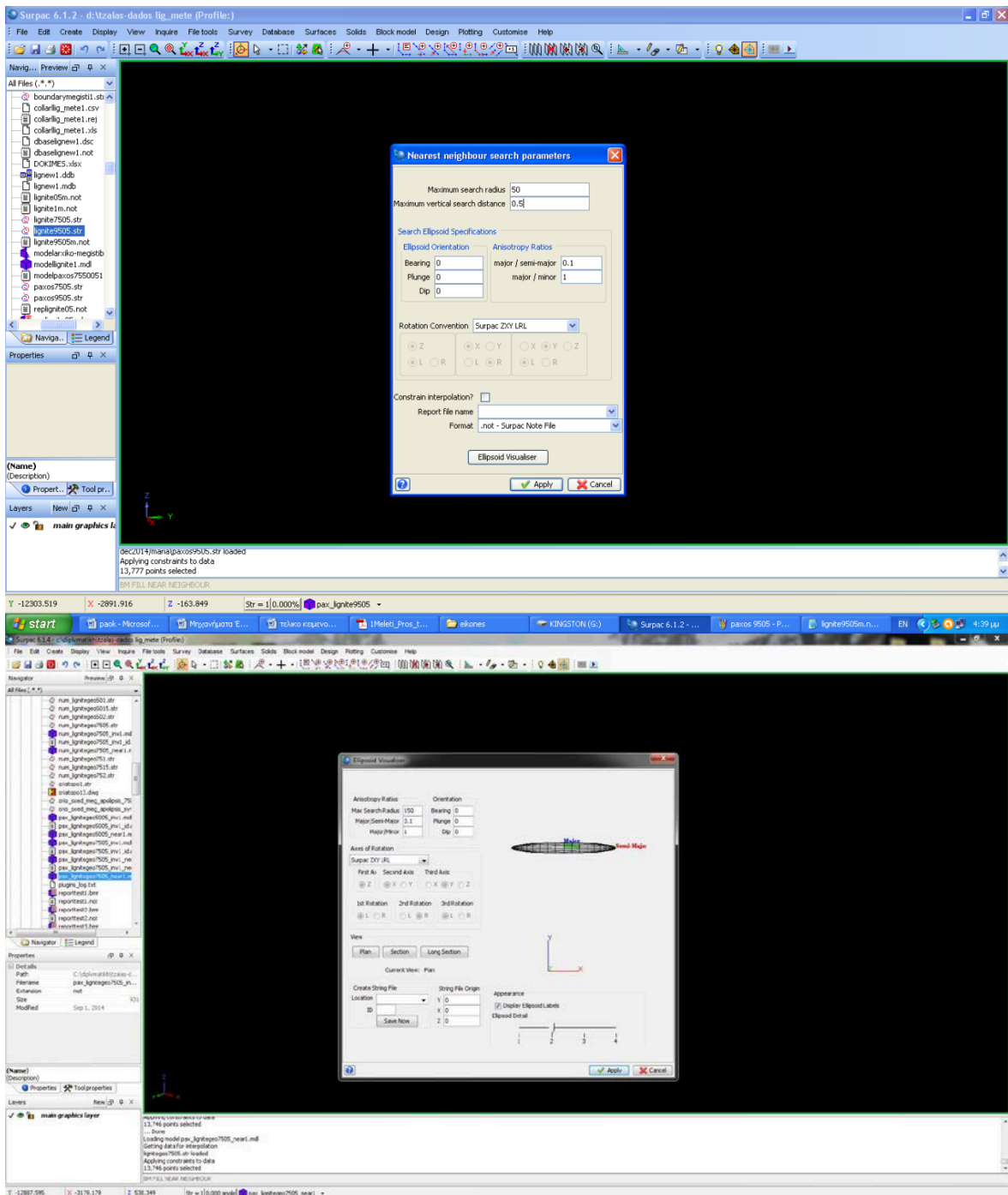
Για τη χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου, επιλέγεται στο πρόγραμμα η εντολή **Block model** → **Estimation** → **Nearest neighbour**, όπως φαίνεται στην Εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2.21).



Εικόνα 2.21 Block model→ Estimation→ Nearest neighbour

Ορίζεται το αρχείο, από το οποίο το πρόγραμμα θα πάρει τα δεδομένα. Το αρχείο αυτό είναι το string file, το οποίο δημιουργήθηκε στη βάση δεδομένων και περιέχει τα δεδομένα της παραμέτρου, βάσει της οποίας θα πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση. Επιλέγεται η παράμετρος **lignite.c**

Στη συνέχεια ορίζονται οι παράμετροι, με βάση τις οποίες τα blocks που δημιουργήθηκαν θα πάρουν τιμές (Εικόνα 2.22). Αυτές οι παράμετροι καθορίζουν τον τρόπο διερεύνησης της υπό εξέταση περιοχής για την απόδοση τιμών. Το πεδίο **maximum search radius** παίρνει τιμή **50 m**, ενώ στο **maximum vertical search distance**, καταχωρείται η τιμή **0,5 m**. Στο κελί **major / semi major** δίνεται **0,1**, ενώ στο **major / minor** **1**.



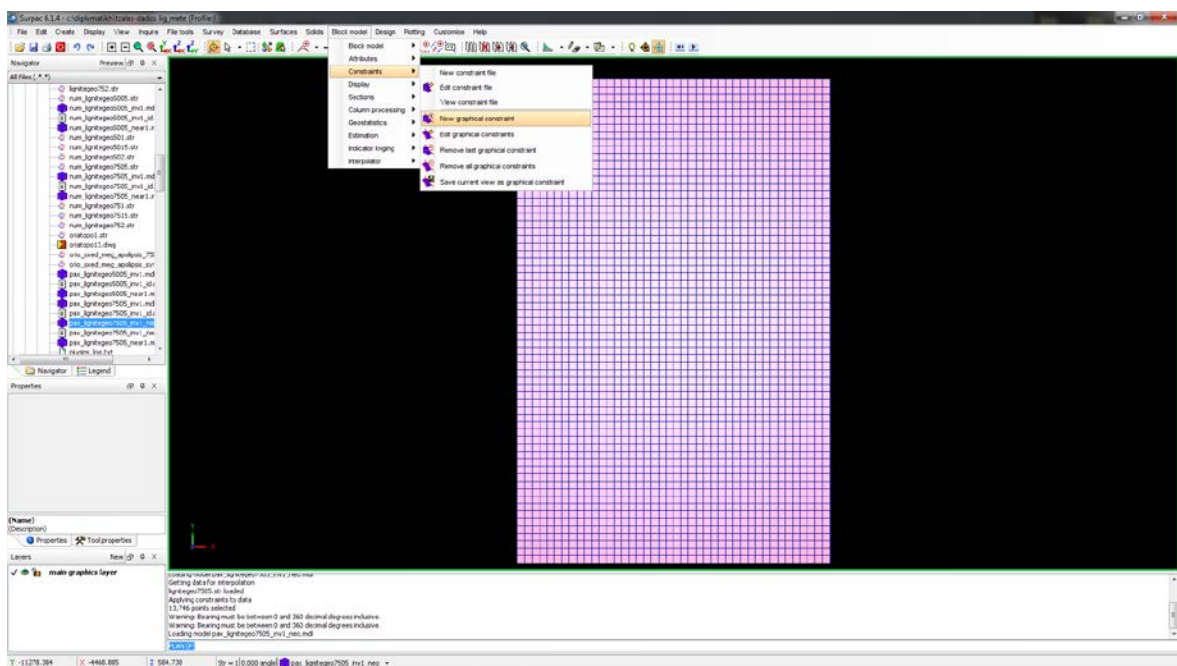
Εικόνα 2.22 Εισαγωγή παραμέτρων για τη δημιουργία του block model με τη μέθοδο nearest neighbour

Το πεδίο Report file name αναφέρεται στο αρχείο, το οποίο θα δημιουργηθεί με τα στοιχεία και τις παραμέτρους, που ορίστηκαν για τη δημιουργία του μοντέλου. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το μοντέλο διαθέτει πλέον τιμές σε κάθε block. Πριν από

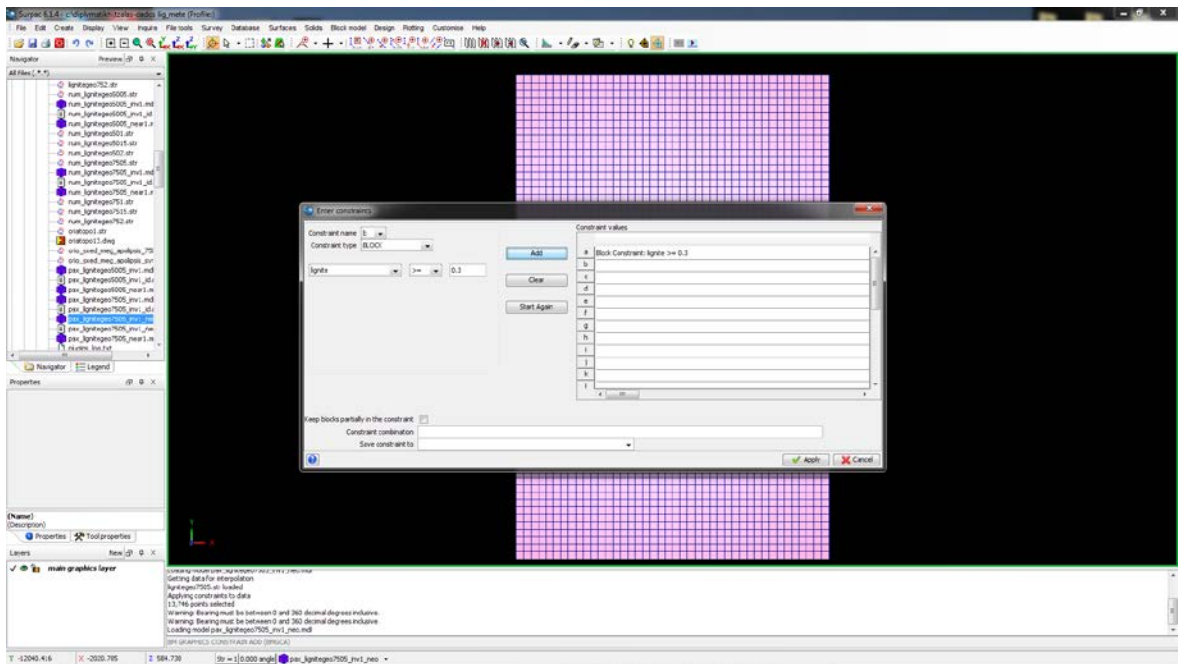
οποιαδήποτε άλλη εργασία, το μοντέλο αποθηκεύεται, με την εντολή **Block model** → **Save**.

Η προβολή της τιμής ενός συγκεκριμένου block γίνεται με την εντολή **Block model** → **Attributes** → **View attributes for one block**. Επιλέγοντας οποιοδήποτε block με το ποντίκι, μπορεί να προβληθεί ο πίνακας με τα στοιχεία του.

Για την προβολή του μοντέλου αποθεμάτων του λιγνίτη, που προέκυψε, εισάγεται ο αντίστοιχος περιορισμός, με την εντολή **Block model** → **constrains** → **new graphical constrain** (Εικόνες 2.23, 2.24).

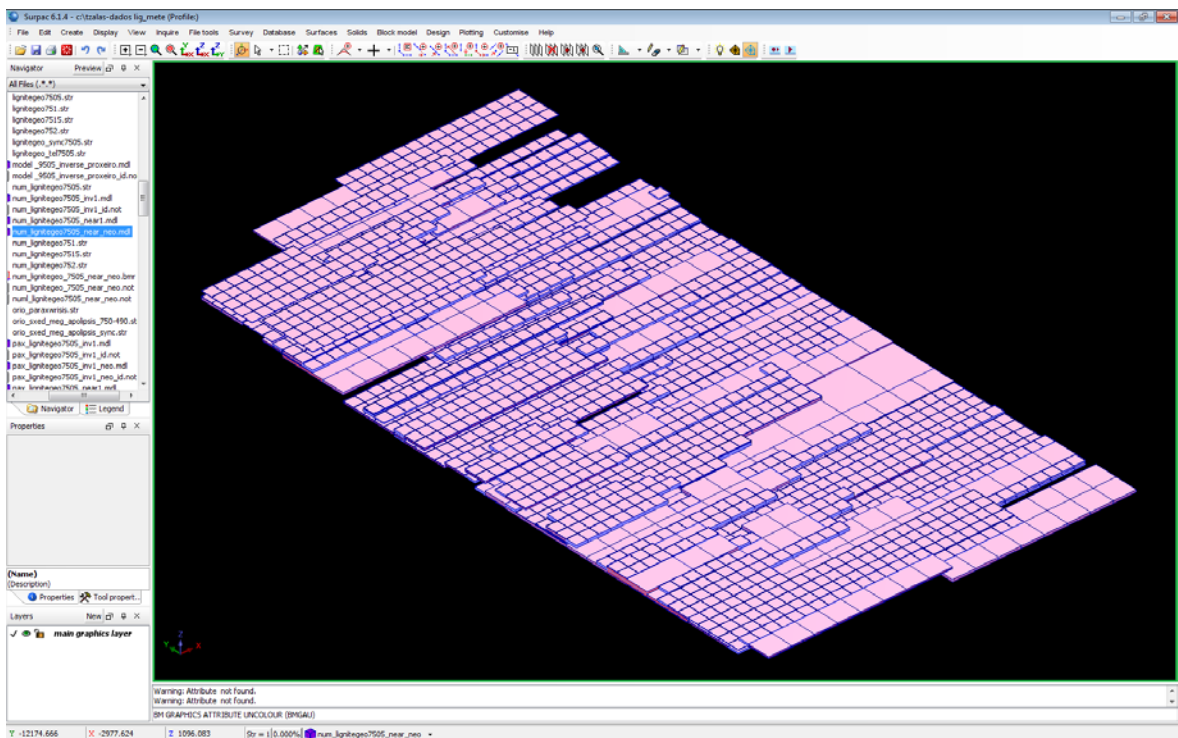


Εικόνα 2.23 Block model → constrains → new graphical constrain



Εικόνα 2.24 Εισαγωγή περιορισμού για την εμφάνιση των blocks του λιγνίτη

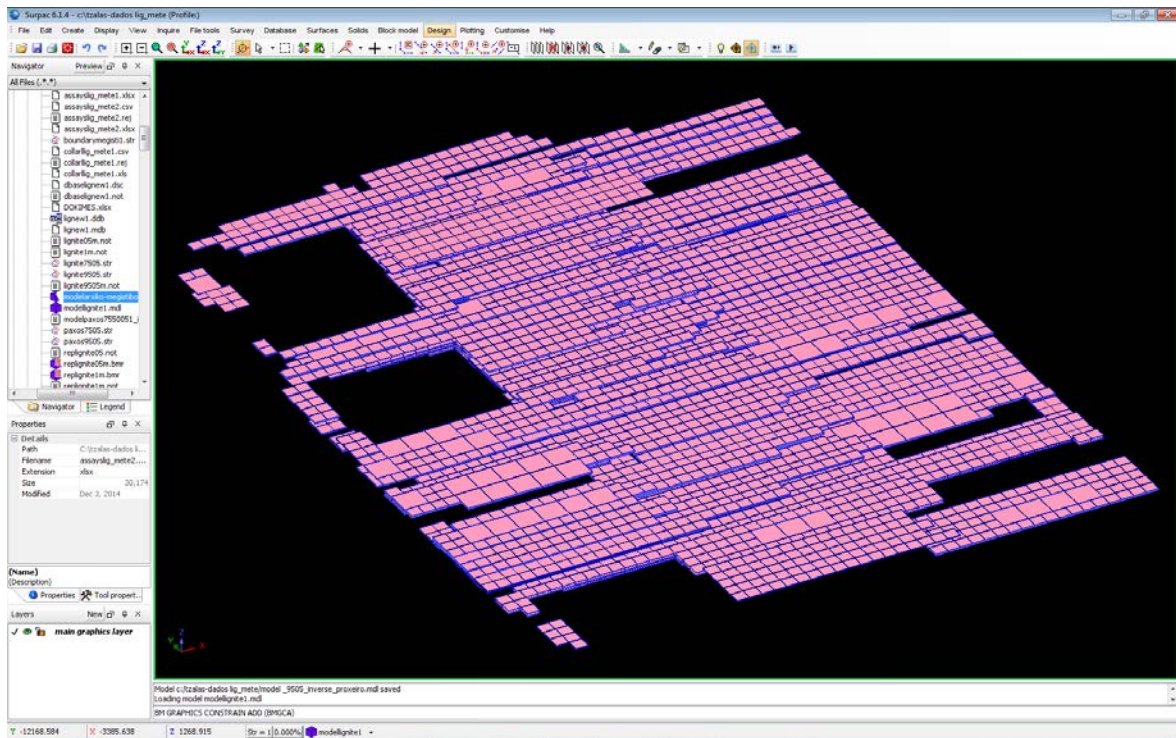
Ύστερα από αυτήν την διαδικασία, προκύπτει το ακόλουθο block model (Εικόνα 2.25).



Εικόνα 2.25 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο nearest neighbour, από το αρχείο του composite στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος

Για το δεύτερο block model, που προκύπτει με τη συγκεκριμένη μέθοδο και από το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος, χρειάζεται να

εισαχθούν ξανά οι αντίστοιχοι περιορισμοί. Το μοντέλο το οποίο προκύπτει ύστερα από το πέρας της διαδικασίας φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 2.26.



Εικόνα 2.26 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο nearest neighbour, από το αρχείο του composite στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος

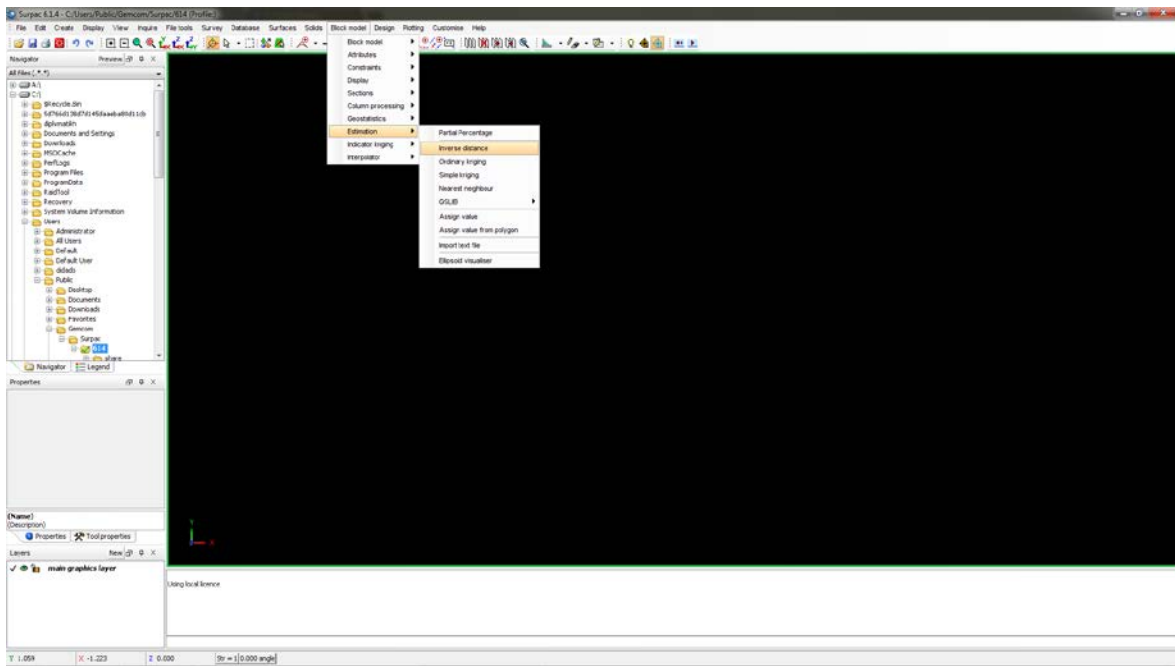
2.5.2 Μέθοδος Inverse Distance

Η βάση δεδομένων παραμένει η ίδια για τη δοκιμή αυτή (lignmete), αλλάζουν όμως πολλά στοιχεία της διαδικασίας. Κύρια διαφοροποίηση είναι αυτή της μεθόδου υπολογισμού των τιμών, η οποία εδώ είναι η μέθοδος Inverse Distance και εκτελεί τους υπολογισμούς σύμφωνα με τον αλγόριθμο της αντίστροφης απόστασης.

Η κωδικοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών έχει παραμείνει η ίδια, δηλαδή με ακέραιους αριθμούς. Το μοντέλο έχει πάρει την ονομασία “**pax_lignitegeo.mdl**”, ενώ το μέγεθος των **blocks** έχει οριστεί **X: 40, Y: 40, Z: 2** και στο πεδίο **sub blocking**, έχει επιλεγεί η εντολή **standard**, με μέγεθος υπο - blocks **X: 10, Y: 10, Z: 1**.

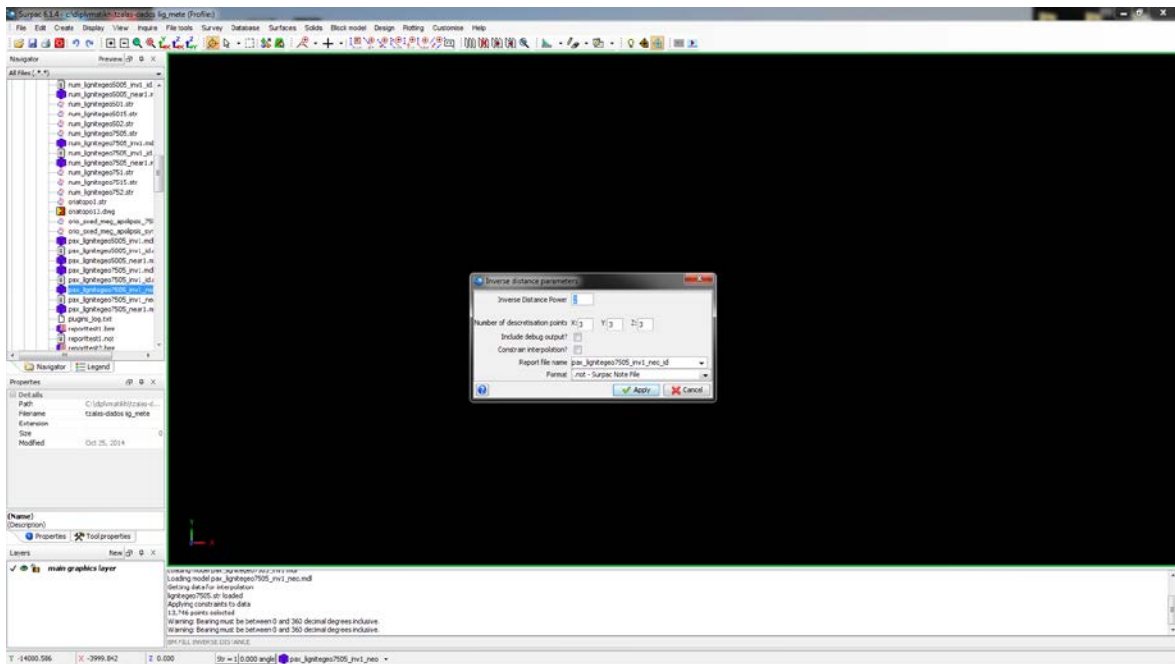
Δημιουργείται το μοντέλο, μέσω του module Create Model και στη συνέχεια, ορίζονται οι παράμετροι. Εδώ, στο πεδίο type, χρησιμοποιείται το είδος **real** και καθορίζεται ο αριθμός των δεκαδικών με την τιμή 2. Το background value ορίζεται -1.

Επιλέγεται η μέθοδος δημιουργίας του μοντέλου από το μενού **Block model** → **Estimation**, η οποία είναι η **Inverse Distance**, όπως αναφέρθηκε (Εικόνα 2.27).



Εικόνα 2.27 Block model → Estimation → Inverse distance

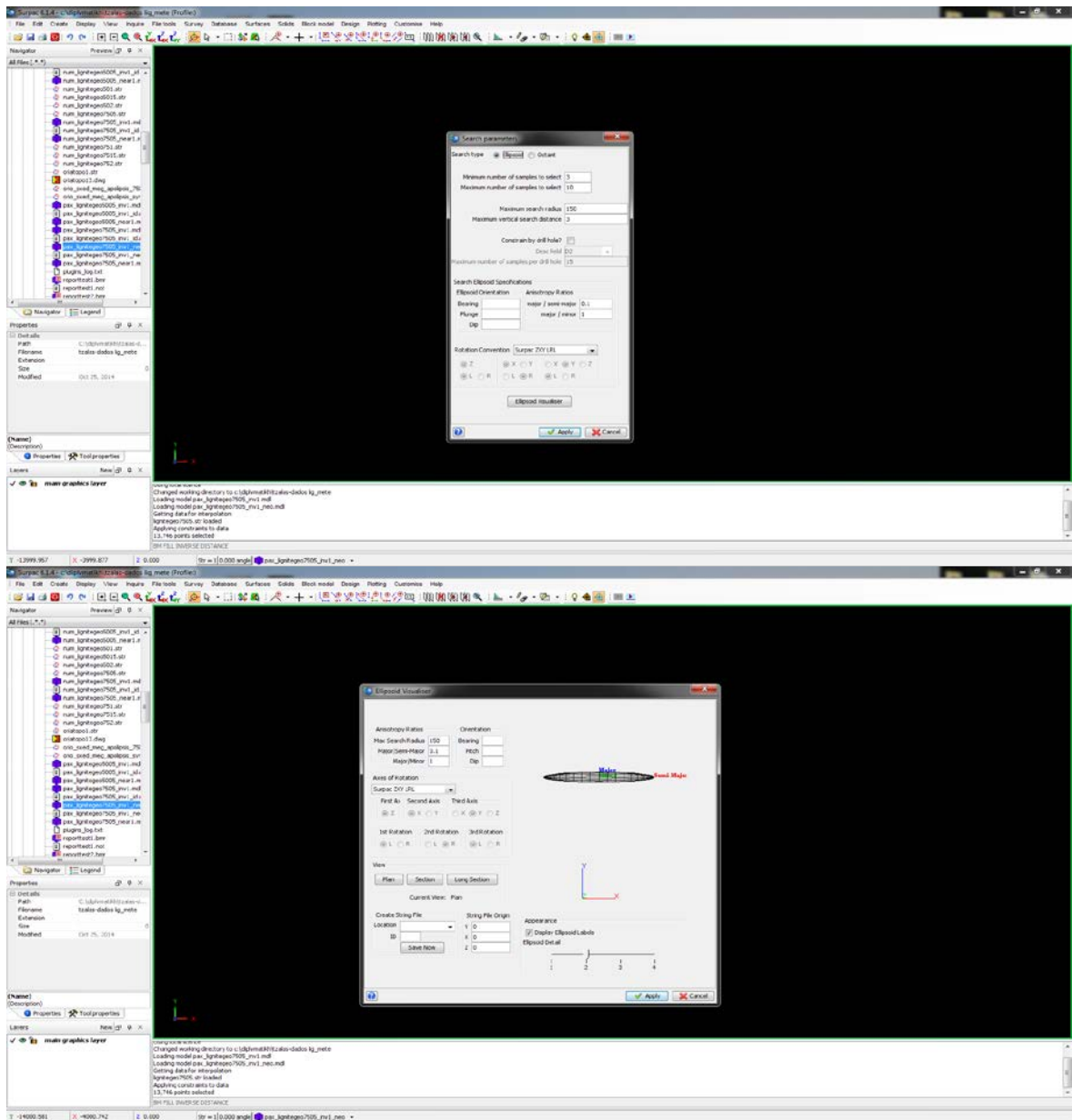
Ακολουθεί ο ορισμός των παραμέτρων για την εφαρμογή της μεθόδου Inverse Distance. Οι επιλογές σχετίζονται με το σταθμικό συντελεστή, που θα χρησιμοποιηθεί και την υποδιαίρεση του κάθε block, για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας. Εδώ, επιλέγεται το τετράγωνο της απόστασης (**σταθμικός συντελεστής: 2**) και το block υποδιαιρείται σε **27 (3x3x3) υπό-blocks**, τα οποία θα πάρουν τιμές και στη συνέχεια, θα σταθμιστούν για να δώσουν την τελική τιμή στο μητρικό block (Εικόνα 2.28).



Εικόνα 2.28 Ορισμός παραμέτρων

Το αρχείο, από το οποίο διαβάζονται τα δεδομένα, είναι το το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος, και στη συνέχεια, ορίζονται οι παράμετροι των blocks.

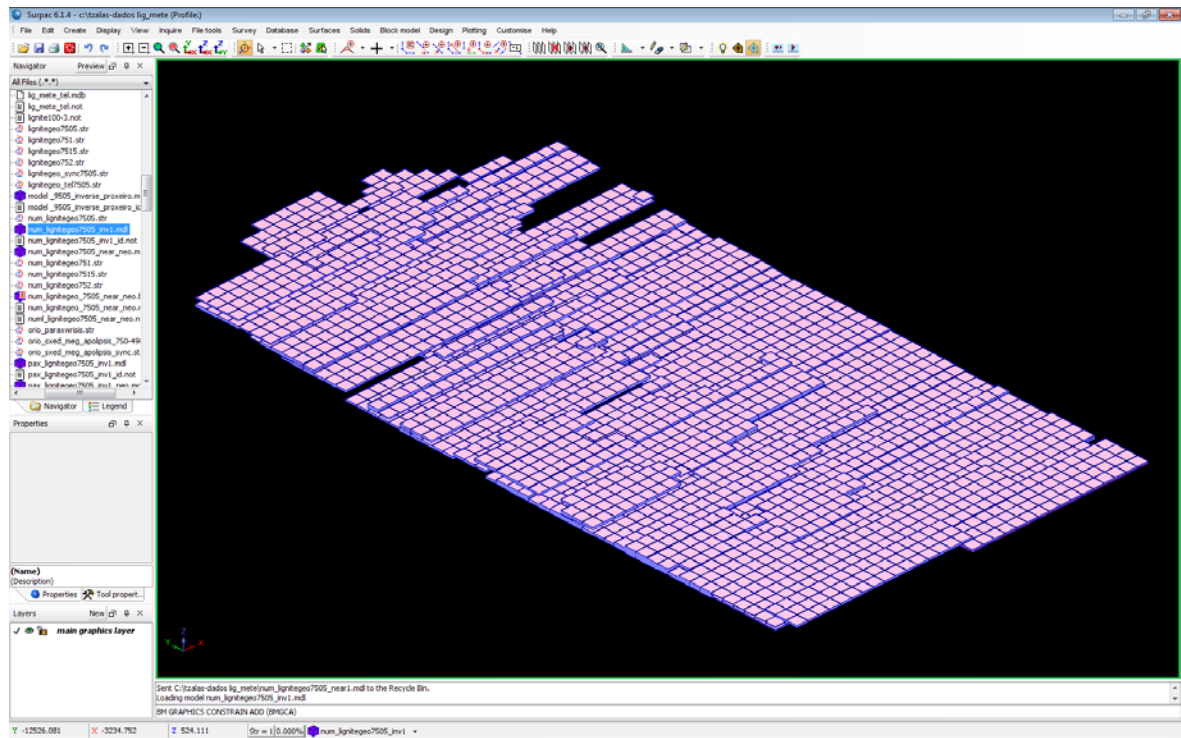
Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.29, τα πεδία **minimum** και **maximum number of samples** και για τις τρεις περιπτώσεις πήραν τις τιμές **3(min)** και **10(max)**. Το πεδίο **maximum search radius**, που ορίζει τη μέγιστη ακτίνα, στη δοκιμή αυτή πήρε **150 m**, βάσει των αποστάσεων των γεωτρήσεων. Αντίστοιχα, το πεδίο **maximum vertical search distance**, που ορίζει το μέγιστο βάθος, από το οποίο θα μπορεί το μοντέλο να πάρει δεδομένα, για να διαμορφώσει την τιμή ενός block, είχε την τιμή των **3 m**.



Εικόνα 2.29 Εισαγωγή παραμέτρων, για τη δημιουργία του block model με τη μέθοδο Inverse distance

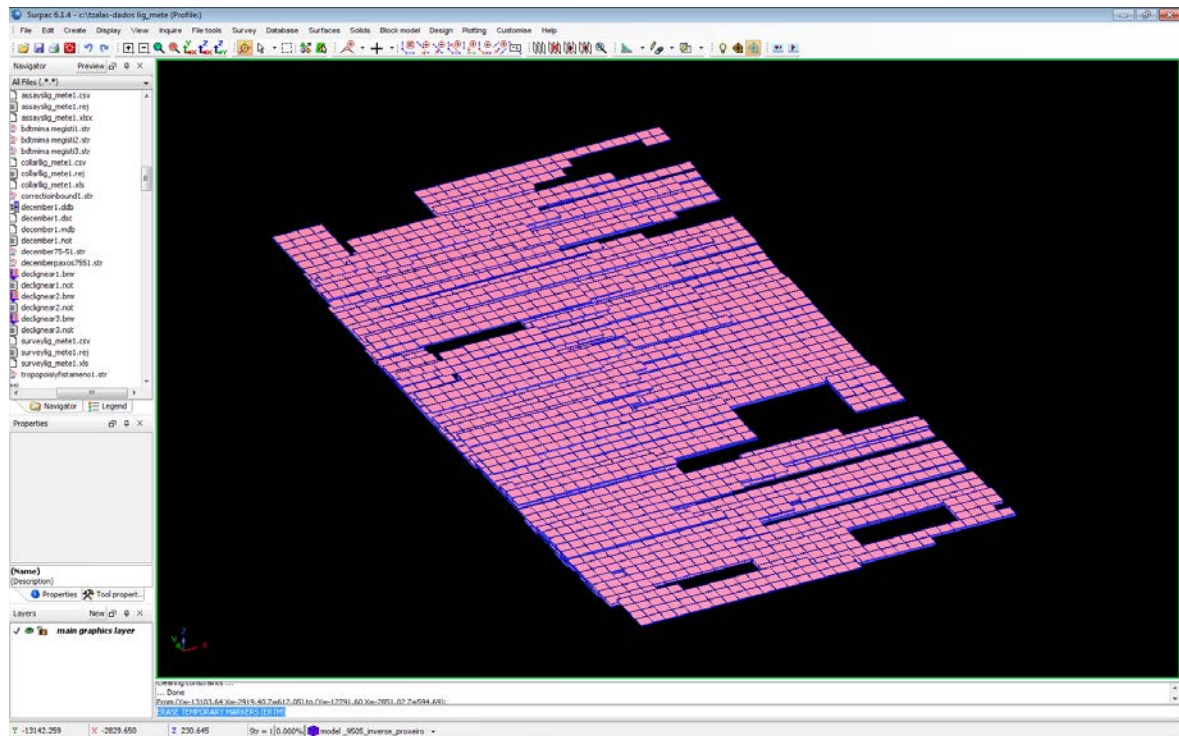
Τα επόμενα βήματα, για το πέρας της διαδικασίας δημιουργίας μοντέλου με αυτή τη μέθοδο, είναι ίδια με αυτήν της “nearest neighbour”.

Έτσι, για τη δημιουργία του πρώτου μοντέλου αποθεμάτων με τη μέθοδο inverse distance (Εικόνα 2.30), ορίζεται ως περιορισμός, η παράμετρος **lignite** να έχει τιμή **μικρότερη ή ίση με 0,4**, ακολουθώντας ξανά τη διαδικασία: **block model** → **constraints** → **new graphical constraint**.



Εικόνα 2.30 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο inverse distance, από το το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 75% του δείγματος

Με τον ίδιο τρόπο δημιουργείται ακόμα ένα μοντέλο. Το αρχείο, από το οποίο διαβάζονται τα δεδομένα σ' αυτή την περίπτωση, είναι το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος. Για αυτό το μοντέλο ο περιορισμός που θα οριστεί είναι και πάλι η παράμετρος **lignite** να είναι **μικρότερη ή και ίση με 0,4**. Έτσι, προκύπτει το τέταρτο και τελευταίο μοντέλο, που δημιουργήθηκε και απεικονίζεται στην Εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 2.31).



Εικόνα 2.31 Block model που προέκυψε με τη μέθοδο inverse distance, από το το string file του composite, στο οποίο συμπεριλήφθηκε 95% του δείγματος

2.6 Επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου

Σε αυτό το βήμα, πρέπει να επιλεγεί ένα από τα τέσσερα block models, που δημιουργήθηκαν παραπάνω. Για να προκύψει αυτή η επιλογή, του ορθότερου δηλαδή μοντέλου απεικόνισης του λιγνίτη, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των γεωτρήσεων, που έχουν ληφθεί από την περιοχή του μεταλλείου, στο καθένα από τα block model ξεχωριστά. Ύστερα από τη διαδικασία που προαναφέρθηκε, βγήκε το συμπέρασμα, ότι η απεικόνιση του στρώματος του κοιτάσματος, που βρίσκεται πιο κοντά στην πραγματικότητα, είναι το δεύτερο block model που δημιουργήθηκε με την μέθοδο nearest neighbour, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.1.

2.7 Δημιουργία βοηθητικού block model

Για την διευκόλυνση του προσδιορισμού του πάχους του κοιτάσματος σε διάφορα σημεία του μεταλλείου, προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ενός ακόμα μοντέλου. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα νέο string file, στο οποίο συμπεριλήφθη το 95% του δείγματος.

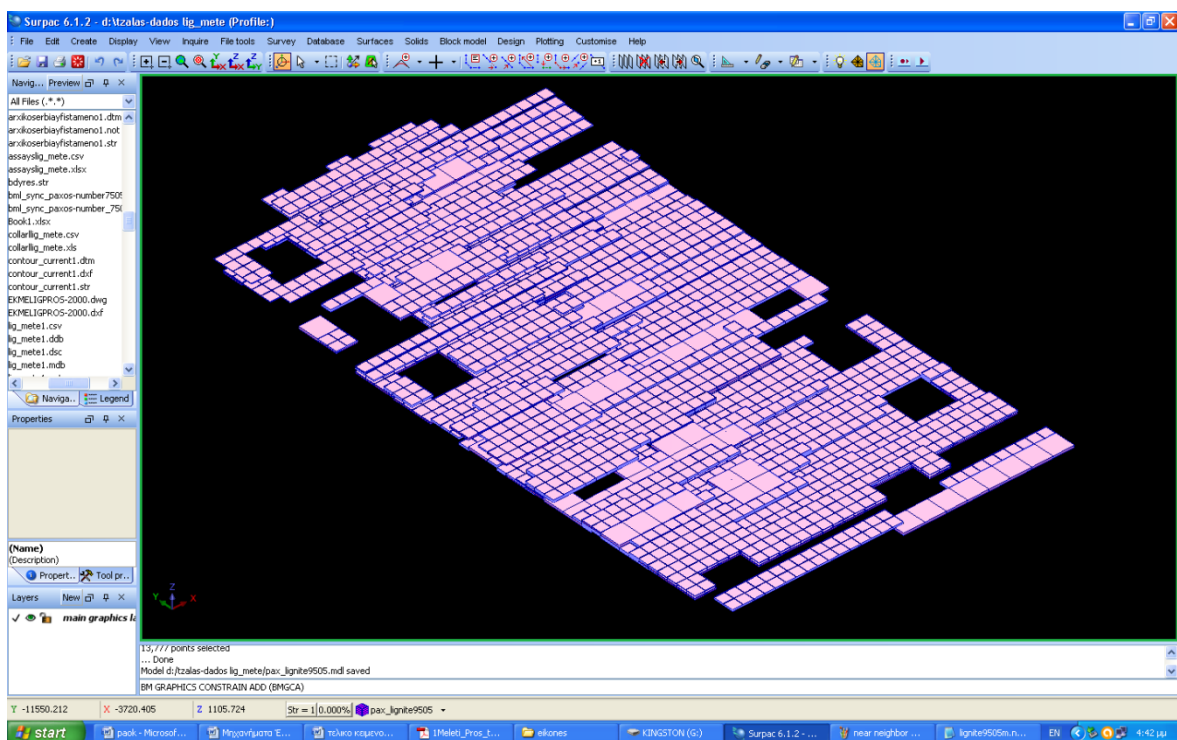
Το μέγεθος των **blocks** που θα δημιουργηθούν, επιλέχθηκε να είναι ως εξής: **το X ορίστηκε 40, το Y: 40, και το Z: 2**. Παράλληλα, στο πεδίο **sub blocking** επιλέχθηκε η εντολή **standard**, με μέγεθος υπό-blocks και πάλι **X:10 , Y:10 , Z:1**.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η παράμετρος, από την οποία αντλείται η πληροφορία, είναι η στήλη με τα πάχη των στρωμάτων στείρου και λιγνίτη (**paxos**) και στο table name ορίζεται, για άλλη μία φορά, ο πίνακας assay. Στο πεδίο type, ορίζεται η μορφή **real**, αφού το πάχος αποτελείται από ακέραιο, αλλά και δεκαδικό μέρος.

Για την κατασκευή του μοντέλου, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος **nearest neighbour**, γιατί, όπως έχει αναφερθεί, είναι αποδοτικότερη από την inverse distance.

Το πεδίο **maximum search radius**, στη δοκιμή αυτή ορίστηκε στα **50 m**, τα πεδία **minimum** και **maximum vertical search distance** στα **0,5 m**, ενώ **major / semi major** στο **0,1** και **major / minor** στο **1**.

Για να φτάσουμε στην απεικόνιση του κοιτάσματος, ορίζεται η παράμετρος **lignite9505** να είναι **μεγαλύτερη ή και ίση του 0,3 m**, διότι τότε ο λιγνίτης είναι απολήψιμος. Έτσι, προκύπτει το παρακάτω block model (Εικόνα 2.32).



Εικόνα 2.32 βΒοθητικό block model

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟΥ

3.1 Πρώτος εναλλακτικός σχεδιασμός (με βάση το κριτήριο μέγιστης απόληψης)

3.1.1 Μέθοδος εκμετάλλευσης

Η μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται, είναι η κλασική (για την περίπτωση λιγνιτωρυχείου) μέθοδος επιφανειακής εκμετάλλευσης με διαδοχικές βαθμίδες (open pit mining).

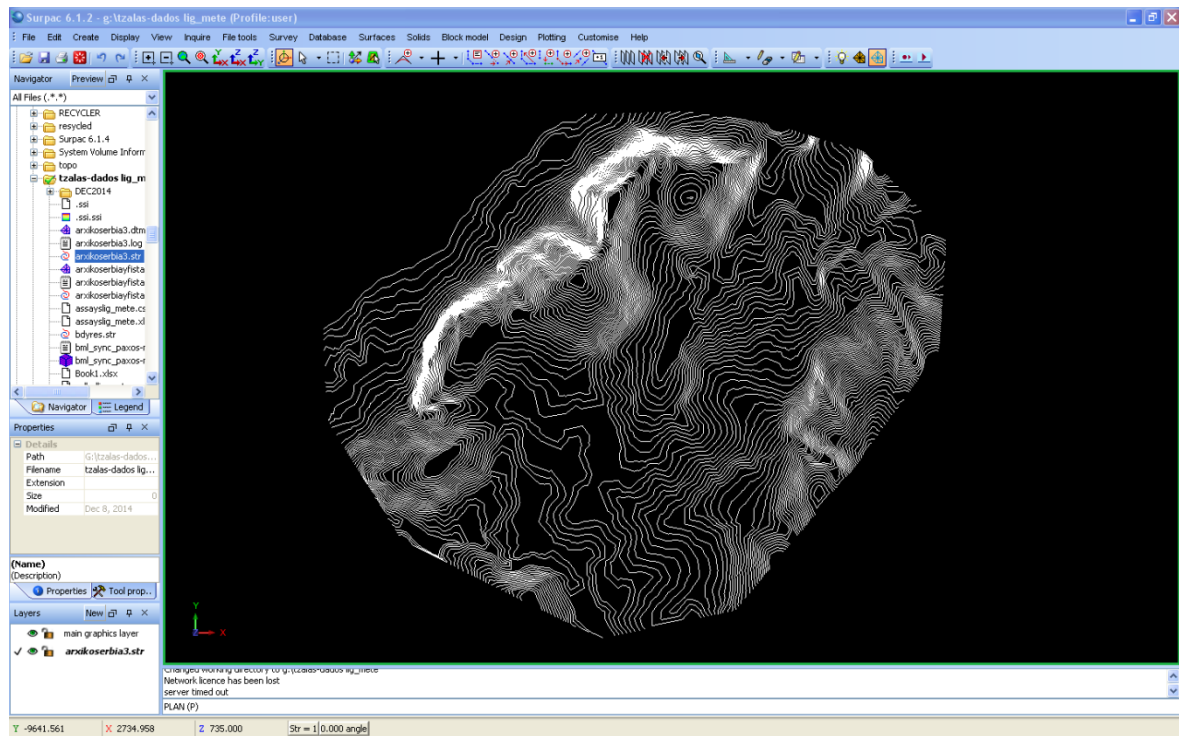
- Η μέθοδος συνίσταται στην δια μηχανικών μέσων (εκσκαφών και φορτωτών) απομάκρυνση των αγόνων υλικών και στην εξόρυξη λιγνίτη.
- Το όρυγμα θα μετακινείται διαρκώς νοτιότερα και κοντά στα νότια όρια προς ΝΑ.
- Χώροι, έκτασης 90 στρεμμάτων περίπου στα ΒΑ και 76 στρεμμάτων περίπου στα ΝΔ του υπό μελέτη χώρου επέμβασης, αξιοποιούνται για εξωτερικές αποθέσεις.

Η μέθοδος αυτή επιλέγεται διότι:

- Με τη μέθοδο αυτή, επιτυγχάνεται υψηλού βαθμού απόληψη.
- Η επιφανειακή εκμετάλλευση παρέχει τη μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια και ιδανικές συνθήκες για τους εργαζόμενους.
- Η μηχανική συμπεριφορά των υπερκειμένων πετρωμάτων, τόσο κατά την εξόρυξη, όσο και κατά την απόθεση είναι μέτρια έως καλή, αφού το άμεσα υπερκείμενο του ξυλίτη πέτρωμα είναι μάργα σκληρή και ανθεκτική, ενώ το κάλυμμα αποτελείται από αμμοχάλικα και κορήματα, άργιλο και μάργες.

3.1.2 Σχεδιασμός με τη χρήση του προγράμματος *surpac*

Προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία σχεδιασμού του ορυχείου, πρώτα απ' όλα εισάγουμε στο πρόγραμμα το αρχικό ανάγλυφο της περιοχής (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 Αρχικό ανάγλυφο

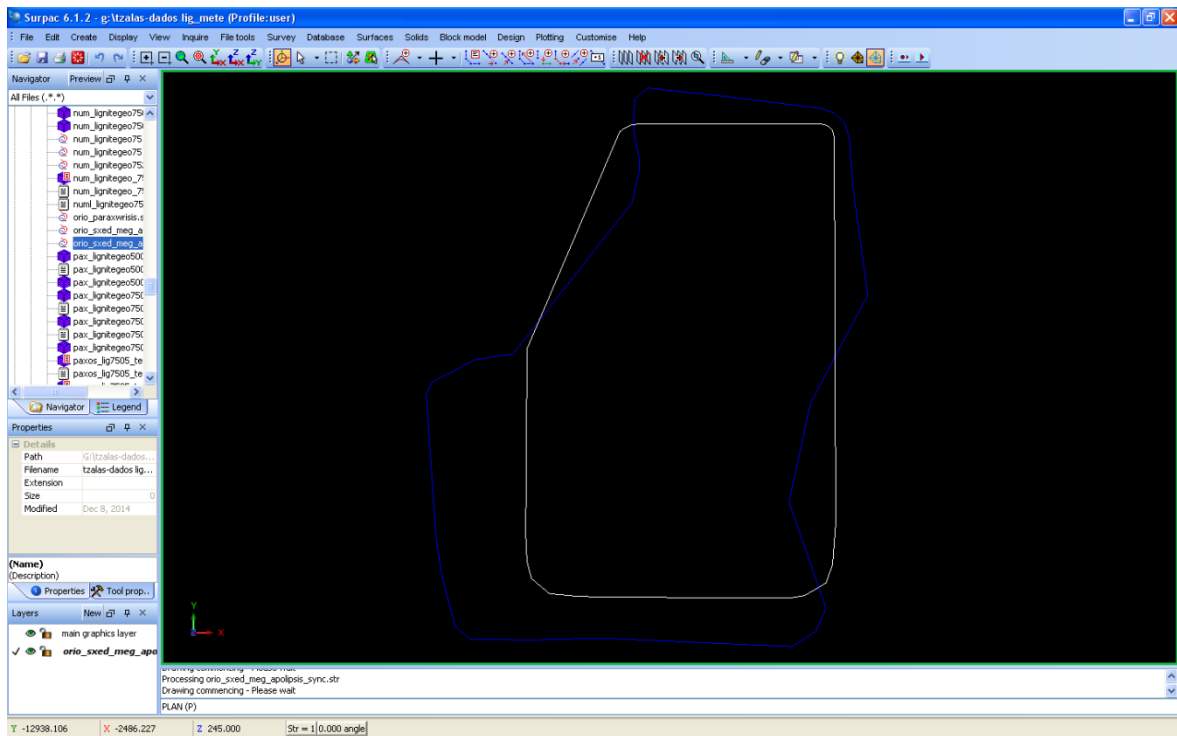
Για τη συνέχεια, είναι απαραίτητη η χωροθέτηση του ορίου εκμετάλλευσης. Επειδή στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εύρεση της καταλληλότερης μεθόδου εξόρυξης του λιγνίτη, το όριο εκμετάλλευσης σχεδιάζεται, με κριτήριο τη μέγιστη δυνατή απόληψή του, σε συνδυασμό με τη βελτιστοποίηση των οικονομικών αποτελεσμάτων.

Για αυτό το λόγο, σχεδιάζεται ένα string, με το οποίο **οριοθετείται ο πυθμένας του κοιτάσματος (σε υψόμετρο +490 m)**, βάσει του block model. Έπειτα, με την εντολή **design → expand segment → to dtm surface**, μετατοπίζεται στην επιφάνεια του ανάγλυφου. Η ανύψωση του ορίου στην επιφάνεια πραγματοποιείται με **συνολική κλίση πρανούς 45° σε βόρεια, ανατολικά και νότια, ενώ στο δυτικό τμήμα με συνολική κλίση πρανούς 30°**, εξαιτίας της ύπαρξης ασταθών ασβεστολιθικών στρωμάτων (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Μάργα στα νοτιοδυτικό τμήμα του λιγνιτωρυχείου

Επίσης, λόγω ύπαρξης οδικών αρτηριών στην ανατολική και δυτική πλευρά του μεταλλείου, οι οποίες δεν είναι εφικτό να μετατοπιστούν, πραγματοποιήθηκαν ορισμένες μετατροπές στο string, που προέκυψε από την παραπάνω εντολή, με σκοπό η εκμετάλλευση να μην ξεκινά σε απόσταση μικρότερη των 100 m από αυτές. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί, ότι παρά την ύπαρξη αρχαιολογικών χώρων στα ΝΑ, μπορεί να πραγματοποιηθεί εκμετάλλευση, με επιβάρυνση της εταιρείας, για την αρχαιολογική έρευνα στο συγκεκριμένο σημείο. Αφού έγινε η ενσωμάτωση αυτών των περιορισμών, τελικά προκύπτει το όριο εκμετάλλευσης, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα (Εικόνα 3.3). Στην εν λόγω Εικόνα με λευκό χρώμα απεικονίζεται το όριο του πυθμένα, ενώ με μπλε το τελικό όριο της εκμετάλλευσης.

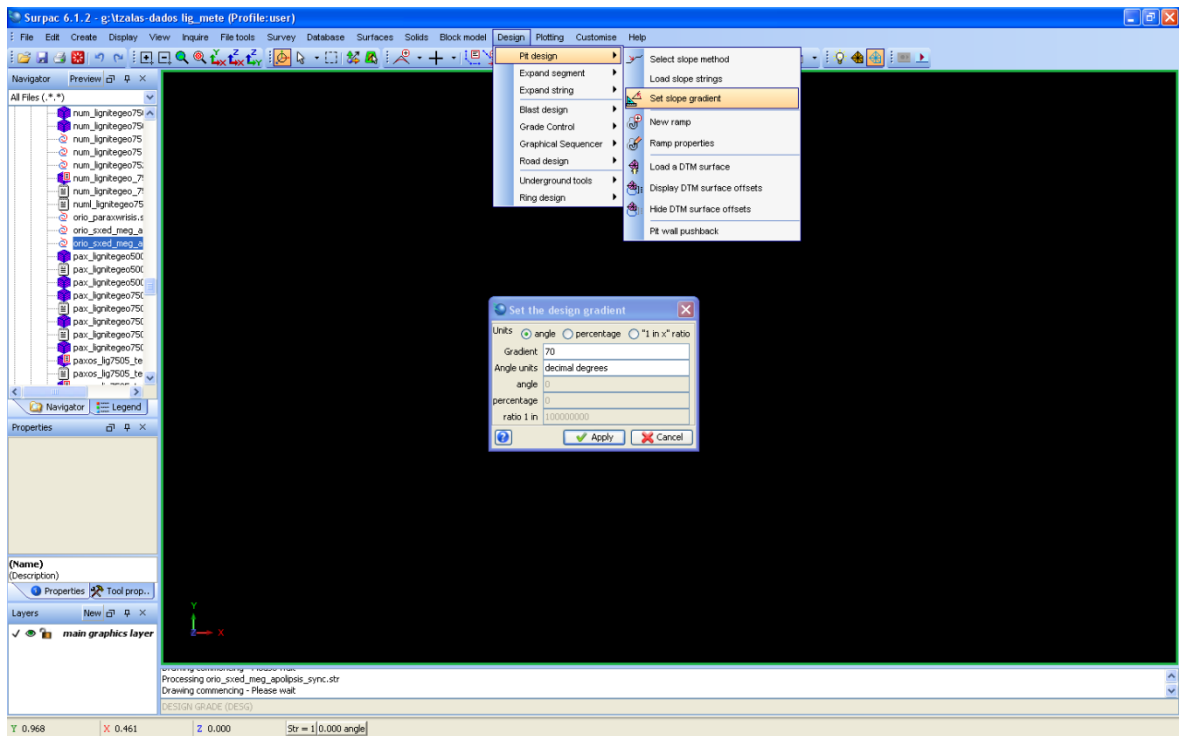


Εικόνα 3.3 Οριο εκμετάλλευσης σχεδιασμού μέγιστης απόληξης

Σε εκμεταλλεύσεις, που αναπτύσσονται στις πλαγιές των ορεινών όγκων, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι προτιμότερο, **ο σχεδιασμός να ξεκινάει από το υψηλότερο σημείο της εκμετάλλευσης και ακολούθως, να κινείται προς τα χαμηλότερα.** Με τον τρόπο αυτό, αφενός, η εκμετάλλευση θα σχεδιάζεται ακολουθώντας τον τρόπο, με τον οποίο θα διαμορφωθεί και στην πραγματικότητα, βάσει της νομοθεσίας (η νομοθεσία επιβάλλει τη διαμόρφωση βαθμίδων από τα υψηλότερα επίπεδα προς τα χαμηλότερα) και αφετέρου, θα εξοικονομηθεί χρόνος, αφού, ξεκινώντας από τα χαμηλότερα επίπεδα, σε πολλές περιπτώσεις διαπιστώνεται, ότι πρέπει να γίνουν σημαντικές σχεδιαστικές αλλαγές, για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος στο έπακρο. Επομένως, **ο σχεδιασμός της πρώτης βαθμίδας του μεταλλείου ξεκινάει από το νοτιοδυτικό τμήμα, το οποίο βρίσκεται σε υψόμετρο +712 m.**

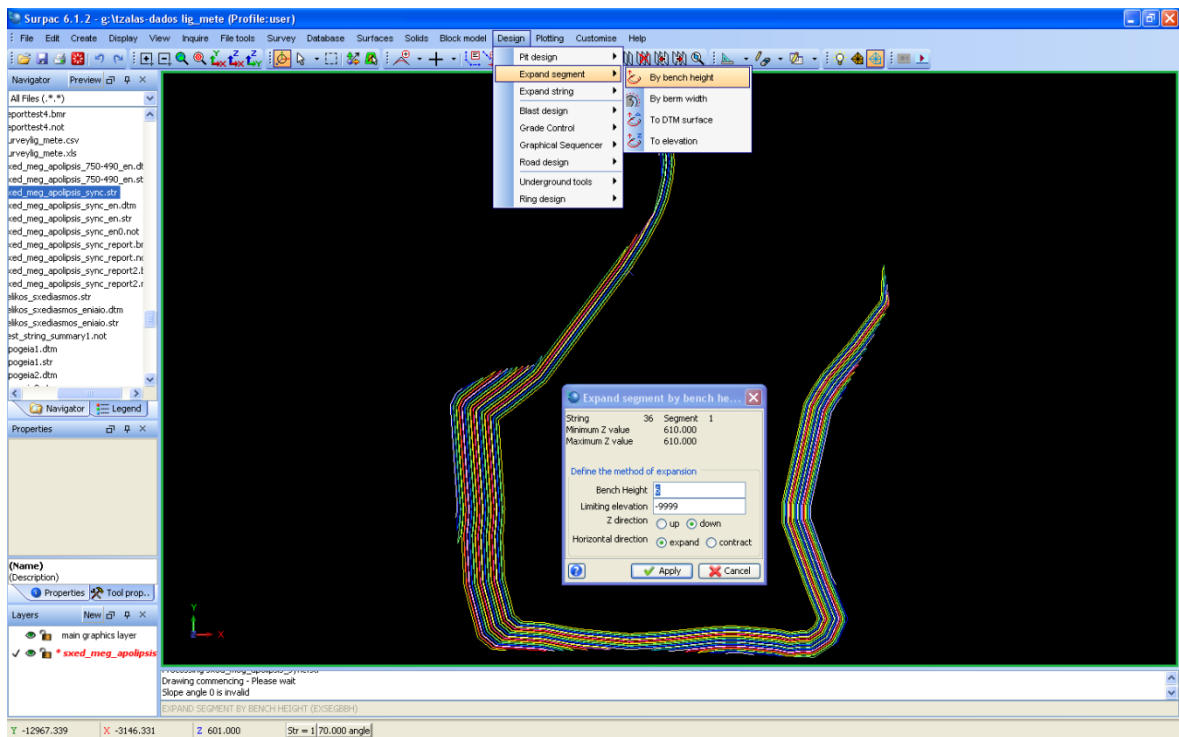
Προκειμένου να ξεκινήσει ο σχεδιασμός των βαθμίδων, χρειάζεται να οριστεί η κλίση τους, πράγμα το οποίο γίνεται με την παρακάτω εντολή:

Design → pit design → set slope gradient. Η κλίση των βαθμίδων θα οριστεί στις **70⁰**, όπως φαίνεται στην Εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 3.4):

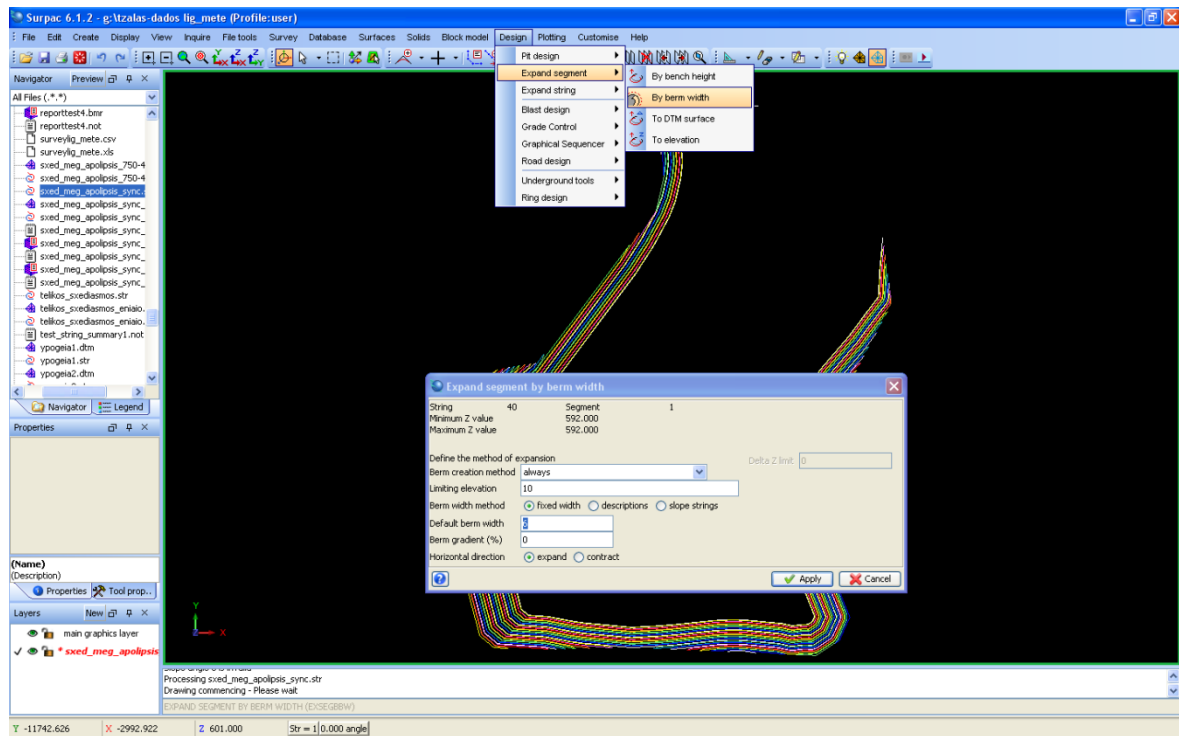


Εικόνα 3.4 Ορισμός κλίσης βαθμίδας

Προκειμένου να διαμορφωθούν οι βαθμίδες, θα χρησιμοποιηθούν οι δύο παρακάτω εντολές, εκ των οποίων η πρώτη ορίζει το «φρύδι» της βαθμίδας (Εικόνα 3.5), ενώ η δεύτερη το «πόδι» (πλάτωμα) (Εικόνα 3.6).

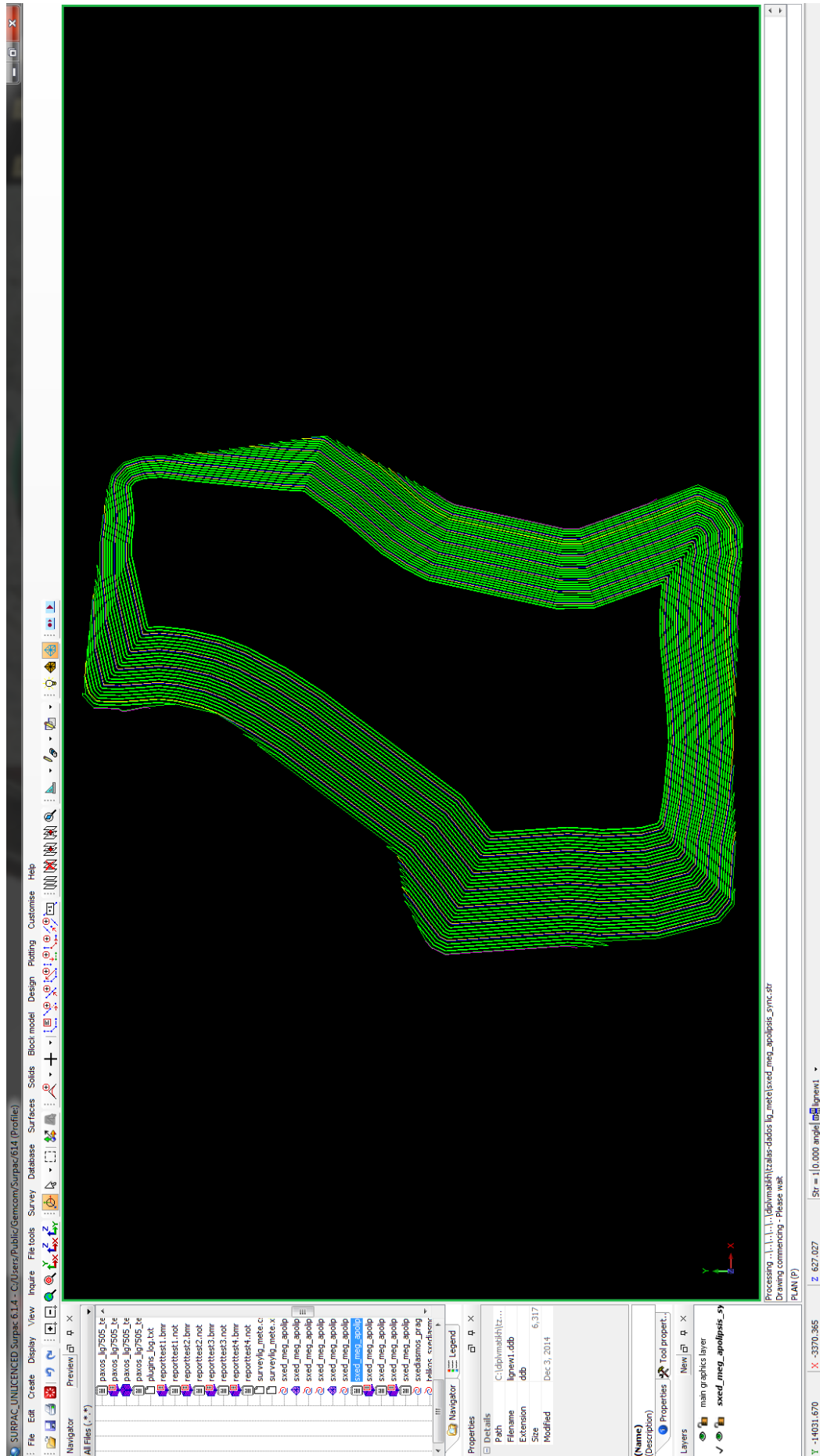


Εικόνα 3.5 Εντολή design → expand segment → by bench height

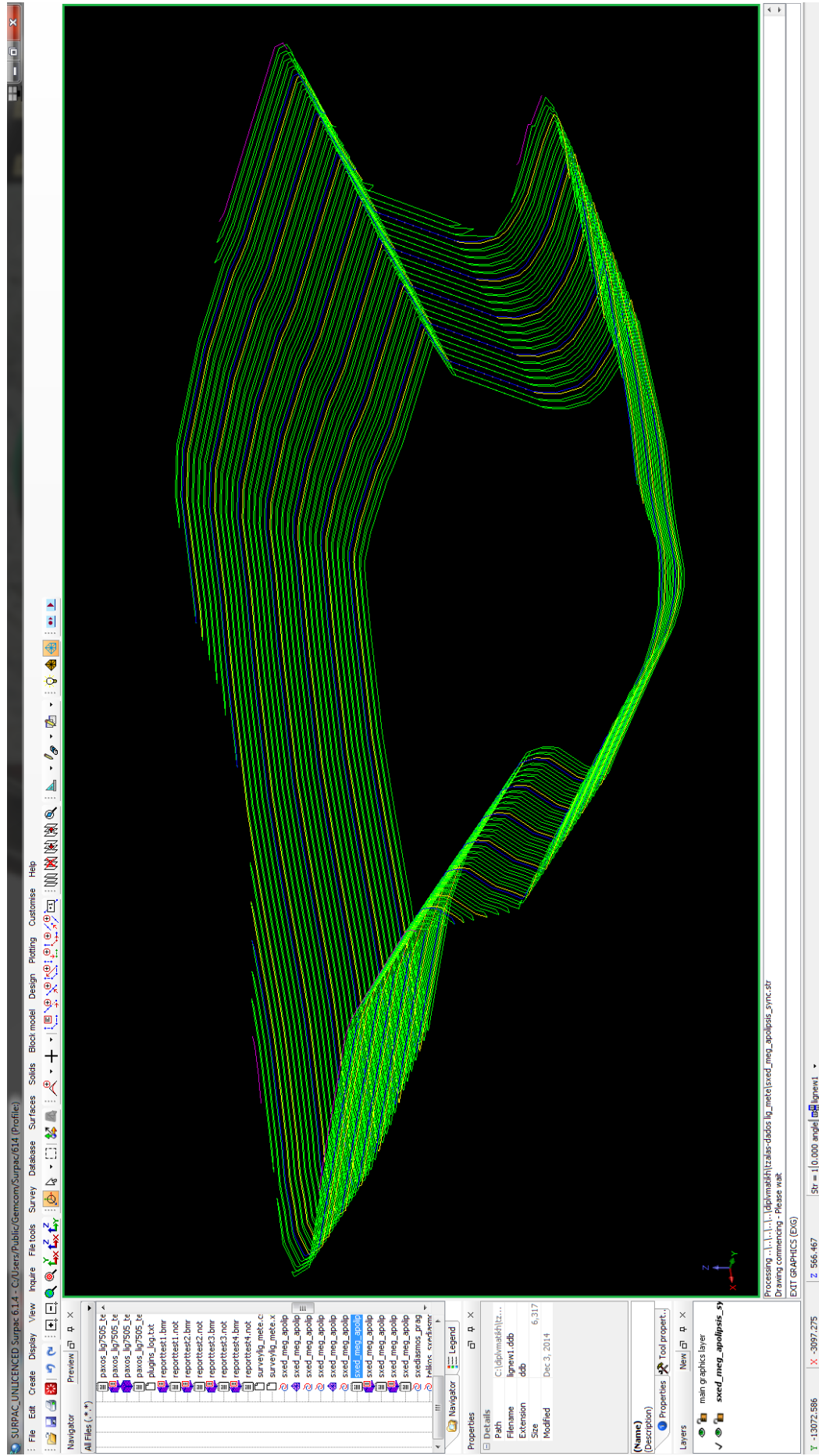


Εικόνα 3.6 Εντολή design → expand segment → by berm width

Στο δυτικό τμήμα της εκμετάλλευσης σχεδιάζονται βαθμίδες με «φρύδι» 9 m και «πόδι» 6 m, ενώ στην υπόλοιπη εκμετάλλευση σχεδιάζονται βαθμίδες με «φρύδι» 6 m και «πόδι» 6 m. Με αυτόν τον τρόπο, ο σχεδιασμός καταλήγει στην τελική μορφή, η οποία φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν (εικόνες 3.7α, 3.7β).



Εικόνα 3.7α Κάτοψη τελικής μορφής σχεδιασμού μέγιστης απόληξης



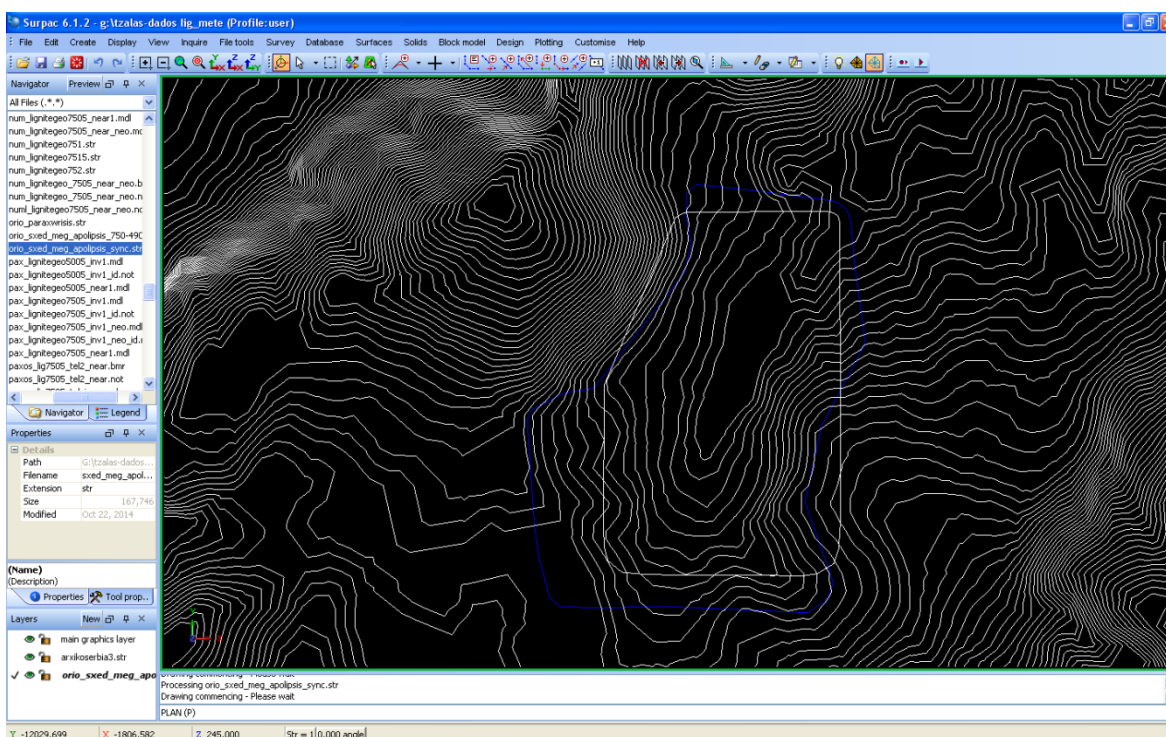
Εικόνα 3.7β Τρισδιάστατη απεικόνιση τελικής μορφής σχεδιασμού μέγιστης απόληξης

3.1.3 Δημιουργία τελικού ανάγλυφου

Μετά τον τελικό σχεδιασμό του λατομείου, στο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής ενσωματώνεται ο σχεδιασμός, ώστε να δημιουργηθεί το τελικό ανάγλυφο της περιοχής, μετά το πέρας των λατομικών εργασιών.

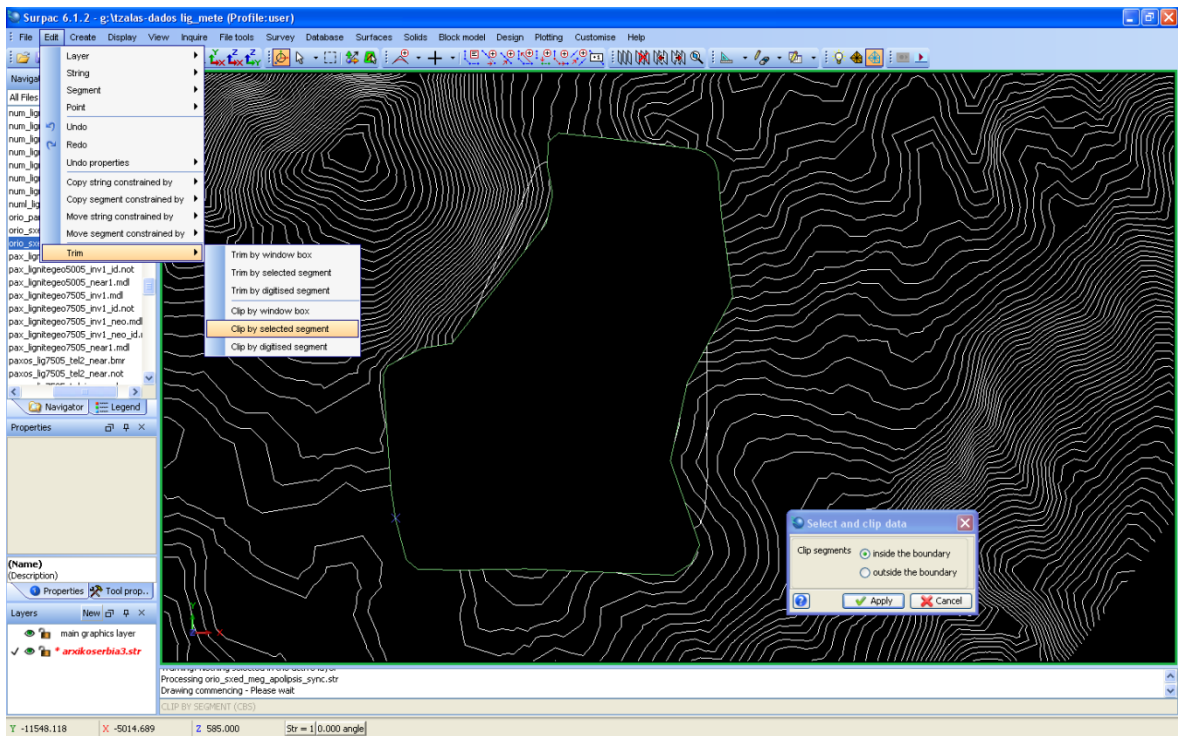
Η διαδικασία είναι η εξής:

- Ενσωμάτωση των string files του ορίου και του τοπογραφικού ανάγλυφου (Εικόνα 3.8).



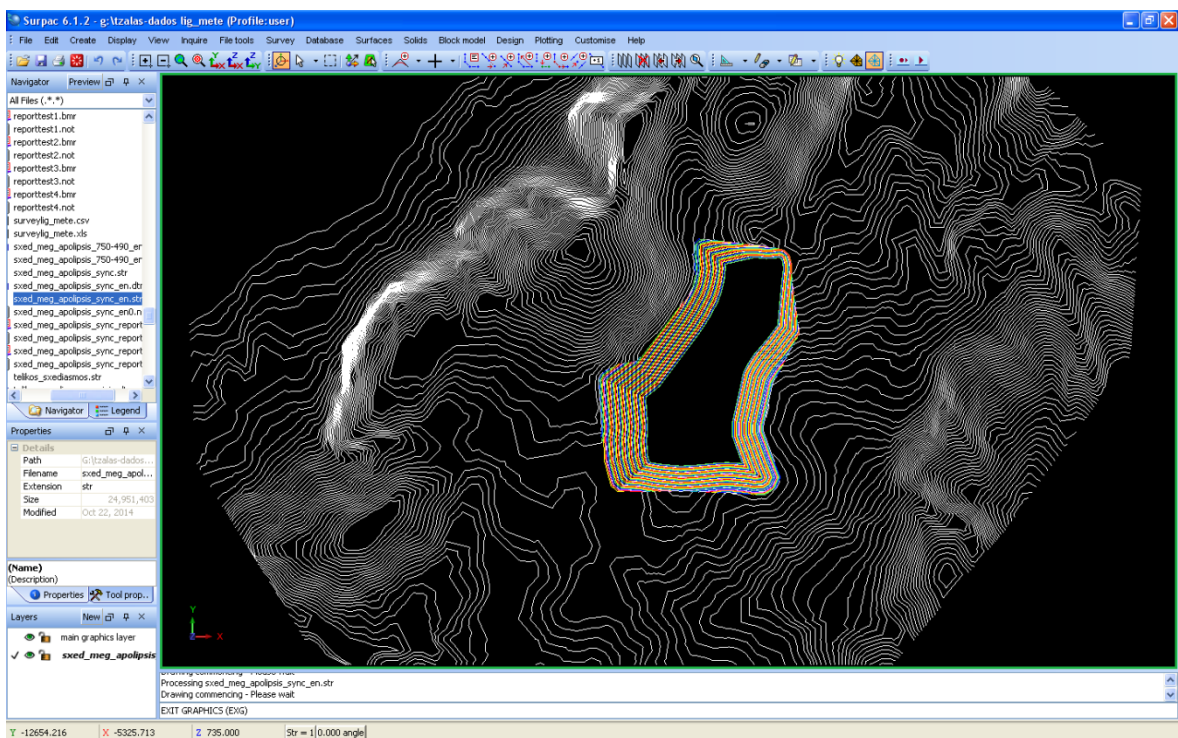
Εικόνα 3.8 Ενσωμάτωση ορίου στο τοπογραφικό ανάγλυφο

- Με την εντολή **Edit** → **Trim** → **Clip by selected segment**, αφαιρείται η περιοχή εντός του ορίου (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9 Αφαίρεση οριοθετημένης περιοχής από το τοπογραφικό ανάγλυφο

- Ενσωμάτωση του string file του σχεδιασμού με το κομμένο τοπογραφικό (Εικόνα 3.10).

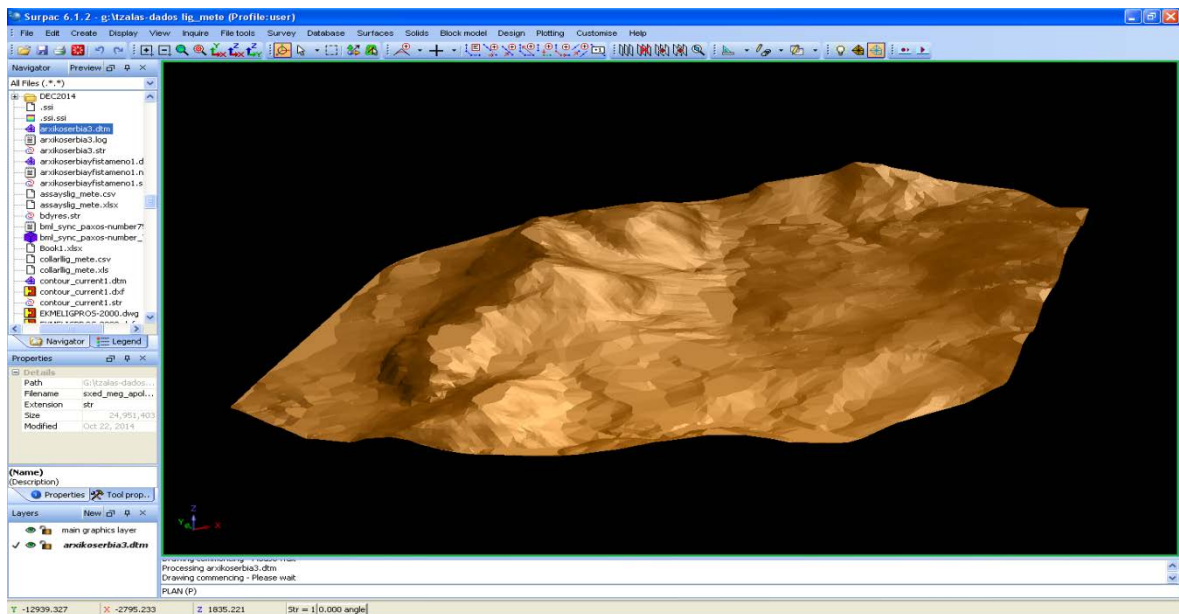


Εικόνα 3.10 Ενσωμάτωση σχεδιασμού στο τοπογραφικό

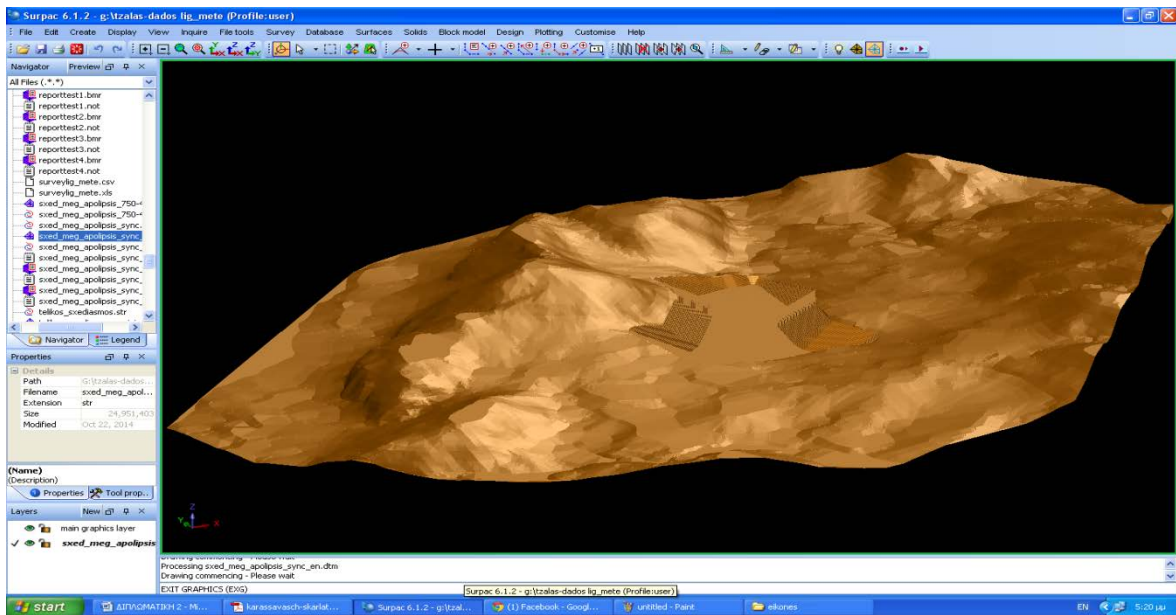
3.1.4 Δημιουργία τρισδιάστατης απεικόνισης τελικού αναγλύφου (dtm) και υπολογισμός όγκων

Αφού δημιουργήθηκε η τελική μορφή της εκμετάλλευσης, επόμενο βήμα είναι η δημιουργία των ψηφιακών μοντέλων εδάφους του αρχικού και του τελικού ανάγλυφου (Εικόνα 3.11α και 3.11β αντίστοιχα), για να υπολογιστεί στην συνέχεια ο όγκος των εξορυσσόμενων υλικών από το λατομείο.

Έχοντας ενεργό το επίπεδο σχεδίασης με το αρχικό ανάγλυφο, εκτελείται η εντολή **surfaces** → **create DTM from layer** και αποθηκεύεται η επιφάνεια σε ένα αρχείο της μορφής **.dtm**. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία για την τελική επιφάνεια, που έχει δημιουργηθεί.

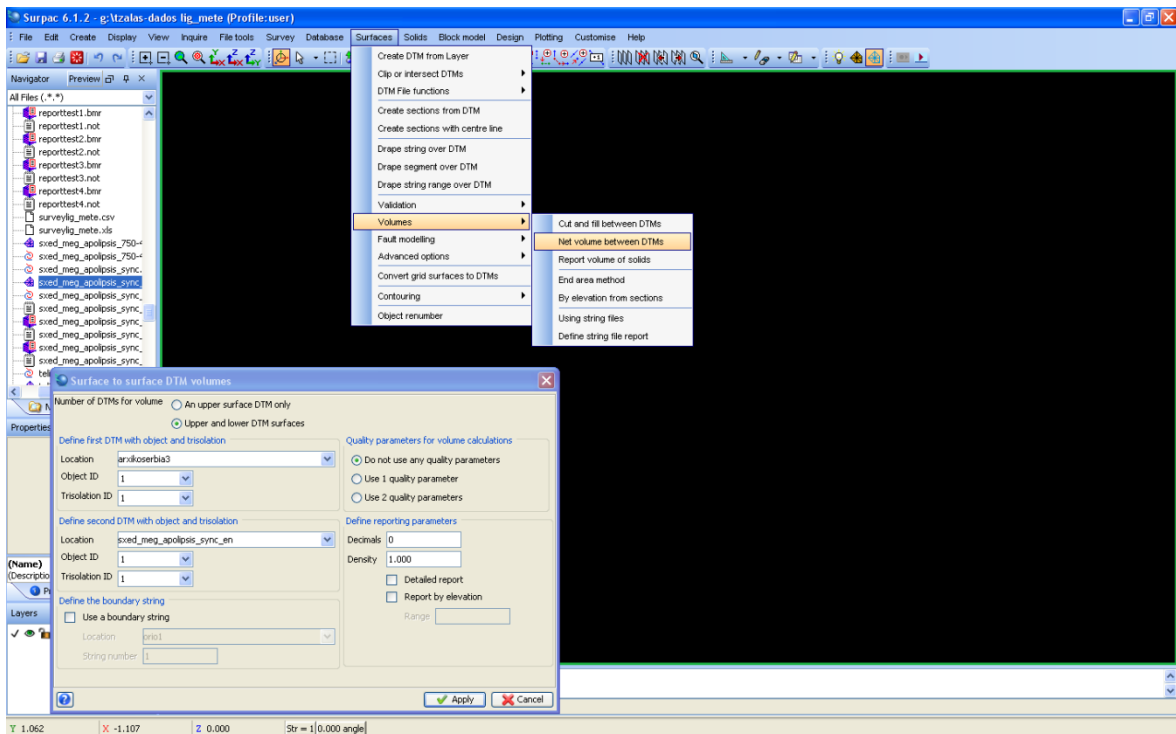


Εικόνα 3.11α DTM αρχικού ανάγλυφου



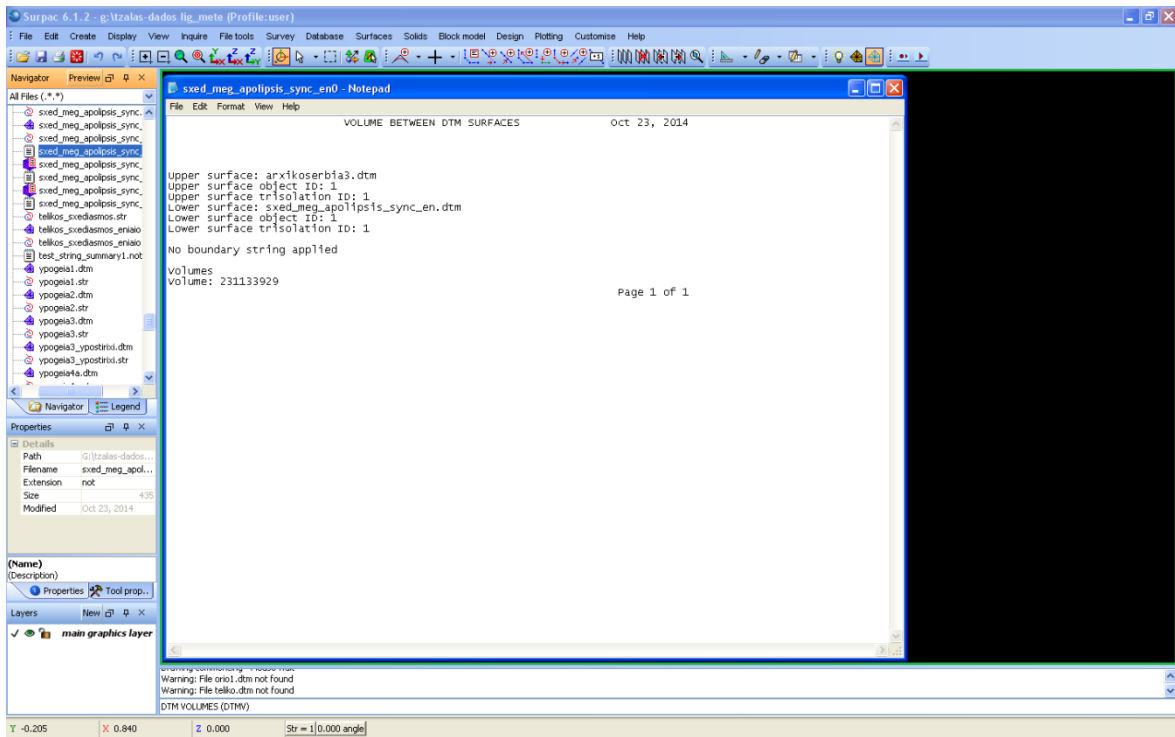
Εικόνα 3.11β DTM τελικού ανάγλυφου

Στη συνέχεια, επιλέγεται η εντολή **surfaces** → **volumes** → **net volume between DTMs**, για να υπολογιστεί η διαφορά όγκου μεταξύ των δύο επιφανειών (Εικόνα 3.12). Στο παράθυρο που εμφανίζεται, ορίζονται οι δύο επιφάνειες, για τις οποίες θα υπολογιστεί η διαφορά όγκων και κατά συνέπεια, τα αποθέματα, που προκύπτουν με βάση τον σχεδιασμό της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 3.12 surfaces → volumes → net volume between DTMs

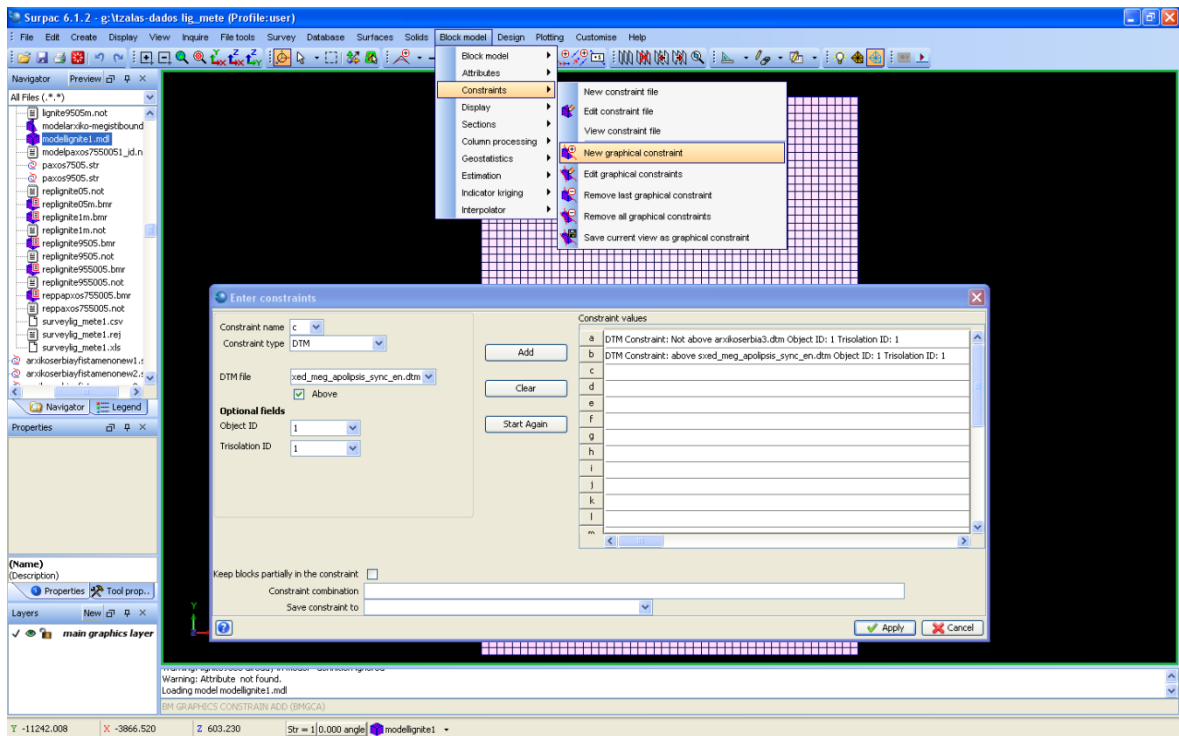
Τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης εκτιμώνται σε $231.133.929 \text{ m}^3$ (Εικόνα 3.13).



Εικόνα 3.13 Report ογκομέτρησης μεταξύ αρχικού - τελικού ανάγλυφου

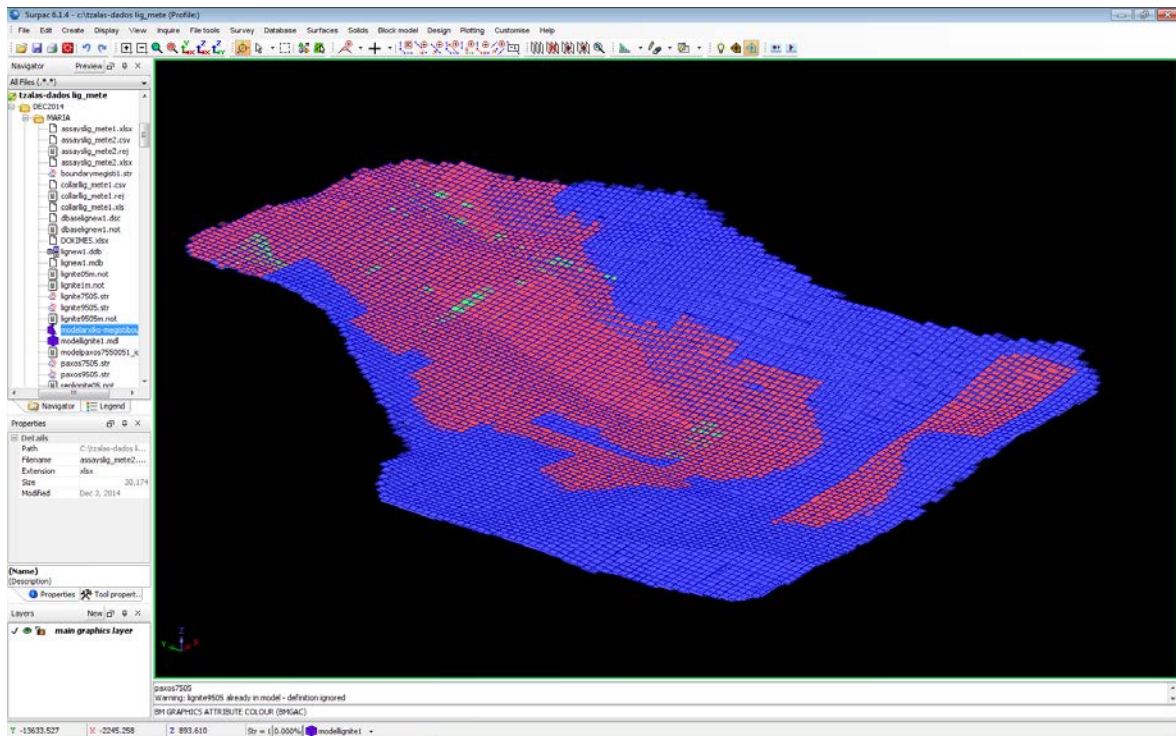
Για τον υπολογισμό του όγκου του λιγνίτη και του στείρου, χρησιμοποιήθηκε το δεύτερο block model που δημιουργήθηκε με την μέθοδο nearest neighbour (παράγραφος 2.4.1) και ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Χρησιμοποιώντας την εντολή **block model** → **constraints** → **new graphical constraint**, θέτονται οι περιορισμοί (τα δύο αρχεία **.dtm** του αρχικού και τελικού αναγλύφου), που θα πάρει το block model, προκειμένου να απομονωθούν τα blocks, τα οποία πρόκειται να εξορυχτούν (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.14 block model → constraints → new graphical constraint

- Στη συνέχεια, με την εντολή **block model → display → colour model by attribute**, κατηγοριοποιούνται τα blocks βάσει υλικού (στείρου και ληνίτη) (Εικόνα 3.15).



Εικόνα 3.15 Απεικόνιση του block model μετά τη χρήση της εντολής block model → display → colour model by attribute και την εισαγωγή των περιορισμών

- Με την εντολή **block model** → **report**, πραγματοποιείται ο υπολογισμός του όγκου του λιγνίτη και του στείρου.

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία, υπολογίζεται ο όγκος του λιγνίτη σε **11.456.800 m³** και του στείρου σε **230.969.088 m³**.

Αξιοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία των ογκομετρήσεων, υπολογίζεται η σχέση εκμετάλλευσης της εκσκαφής που σχεδιάστηκε. Για να γίνει αυτό, πολλαπλασιάζεται η ποσότητα του λιγνίτη με το ειδικό του βάρος, ώστε να μετατραπούν τα **m³** σε **tn** ($11.456.800 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ tn} / \text{m}^3 = \mathbf{13.748.160 \text{ tn}}$). Χρησιμοποιώντας τον τύπο $\frac{\text{συνολικός όγκος αγόνων (m}^3\text{)}}{\text{βάρος λιγνίτη (tn)}}$, υπολογίζεται η σχέση εκμετάλλευσης του σχεδιασμού μέγιστης απόληψης, η οποία ισούται με **16,8 m³ / tn**.

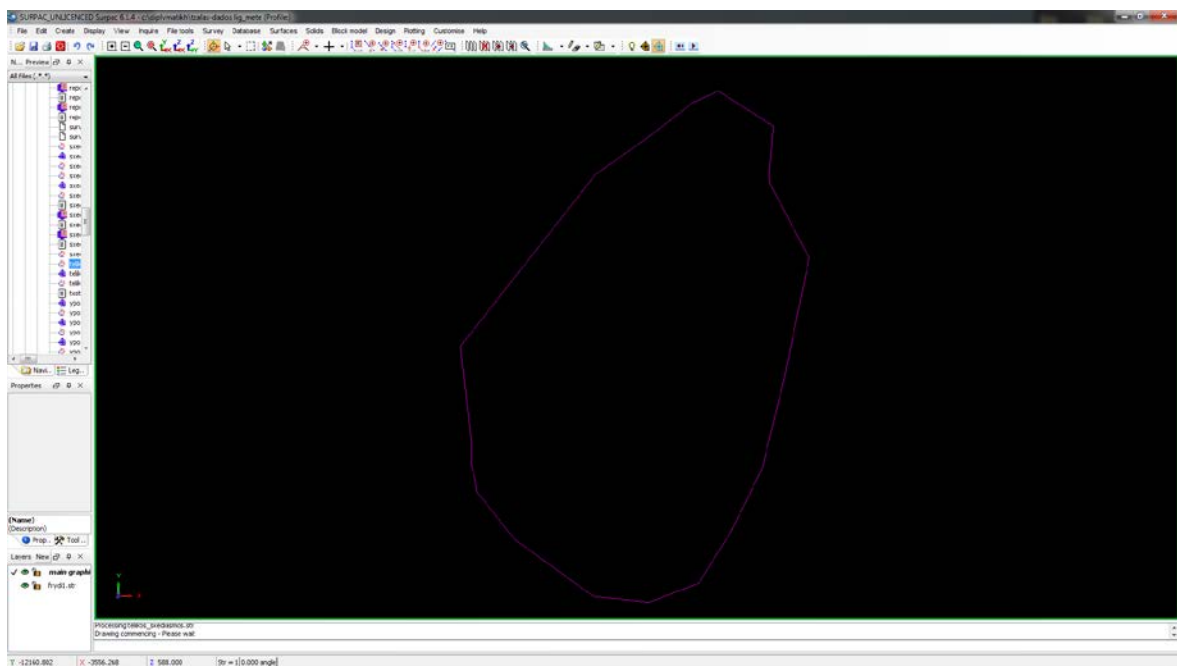
3.2. Δεύτερος εναλλακτικός σχεδιασμός (συνδυαστικός σχεδιασμός υπαίθριας – υπόγειας εκμετάλλευσης)

Με τον δεύτερο εναλλακτικό σχεδιασμό, επιδιώκεται ουσιαστικά η μείωση της σχέσης εκμετάλλευσης που προέκυψε από τον πρώτο σχεδιασμό, η οποία θεωρείται υψηλή. Σε προηγούμενο στάδιο της εργασίας (παράγραφος 2.6), δημιουργήθηκε ένα block model

βοηθητικού χαρακτήρα, με στόχο την αποτύπωση του κοιτάσματος ως προς το πάχος του. Βάσει των στοιχείων της εταιρείας και του εν λόγω block model, παρατηρήθηκε, ότι στα A και NA το πάχος του λιγνίτη είναι αρκετά μεγάλο (αγγίζει τα 7 m σε αρκετά σημεία, με συνολικό μέσο πάχος 4 m). Ωστόσο, η αποκάλυψη του κοιτάσματος με τη μέθοδο της υπαίθριας εκμετάλλευσης σε εκείνα τα σημεία είναι απαγορευτική, εξαιτίας των υψηλών τοπικών σχέσεων εκμετάλλευσης (τα υπερκείμενα του λιγνίτη εκεί αγγίζουν τα 190 m). Έτσι, προτιμήθηκε μια μικρότερη αποκάλυψή του και περιορισμός της επιφανειακής εκσκαφής, στα σημεία δε, όπου οι σχέσεις εκμετάλλευσης είναι μεγάλες, θα επιχειρηθεί υπόγεια απόληψή του.

3.2.1 Τελικός σχεδιασμός υπαίθριας

Η υπαίθρια εκμετάλλευση στο δεύτερο εναλλακτικό σχέδιο διαμορφώθηκε με την ίδια λογική. Το μόνο στοιχείο που αλλάζει είναι το όριο της εκμετάλλευσης, το οποίο, αν και παραμένει ίδιο στα δυτικά, στα ανατολικά μετατοπίστηκε δυτικότερα (λόγω μεγάλου όγκου υπερκειμένων), ενώ στα νότια και νοτιοδυτικά μετατοπίστηκε βορειότερα και πιο ανατολικά (λόγω ύπαρξης αρχαιολογικών χώρων, χώρων εσωτερικών αποθέσεων και εγκαταστάσεων της εταιρείας) (Εικόνα 3.16). Όσον αφορά στους αρχαιολογικούς χώρους, στην περιοχή όπου βρίσκονται, οι τοπικές σχέσεις εκμετάλλευσης είναι υψηλές, οπότε δεν υπάρχει περίπτωση απόληψης του κοιτάσματος στη συγκεκριμένη θέση.

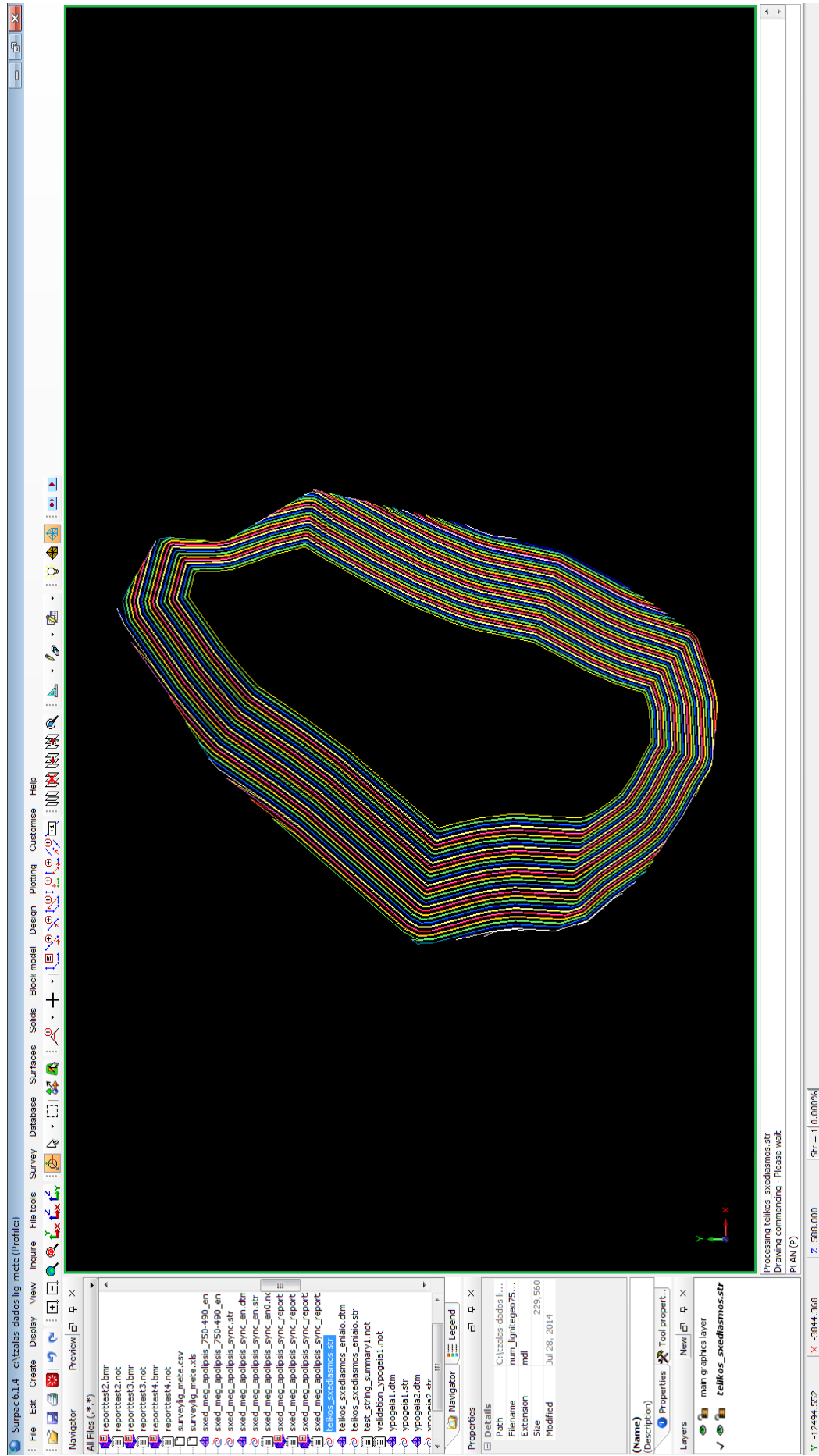


Εικόνα 3.16 Όριο εκμετάλλευσης τελικού σχεδιασμού υπαίθριας

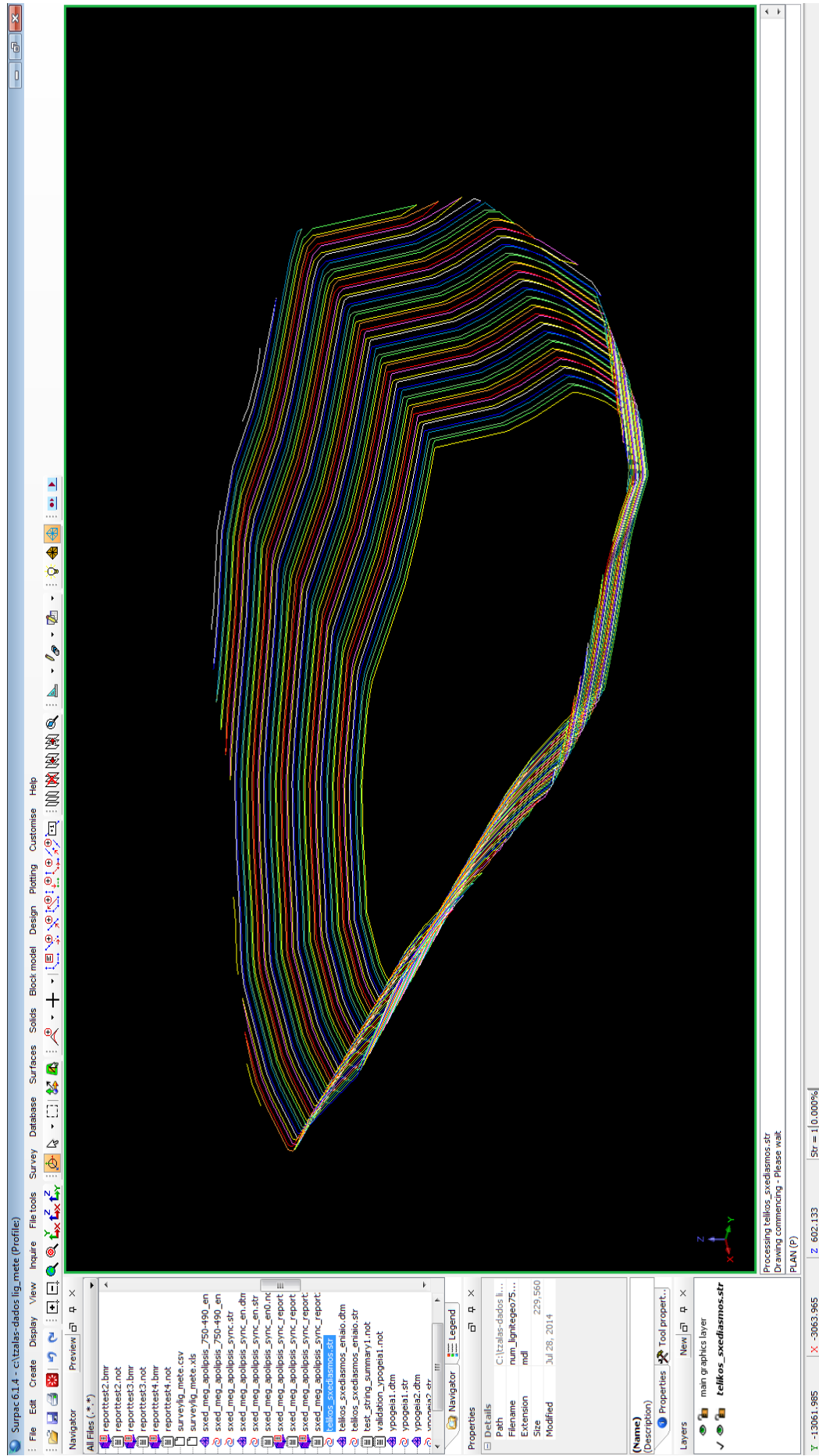
Αφού το κοίτασμα που εξετάζεται παραμένει το ίδιο, προφανώς ο πυθμένας του δεν αλλάζει και βρίσκεται στο υψόμετρο των +490 m.

Ανατολικά, η συνολική κλίση πρανούς είναι 45° , ενώ για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, στα δυτικά η συνολική κλίση πρανούς είναι 30° . Η κλίση σχεδιασμού των βαθμίδων συνολικά είναι 70° , το πόδι έχει ύψος 6 m και το φρύδι μήκος 6 m και 9 m στα ανατολικά και δυτικά, αντίστοιχα. Η πρώτη βαθμίδα ξεκινά σε ύψος +684 m στα ανατολικά.

Στη συνέχεια παραθέτονται εικόνες της τελικής μορφής του σχεδιασμού (εικόνες 3.17α, 3.17β):

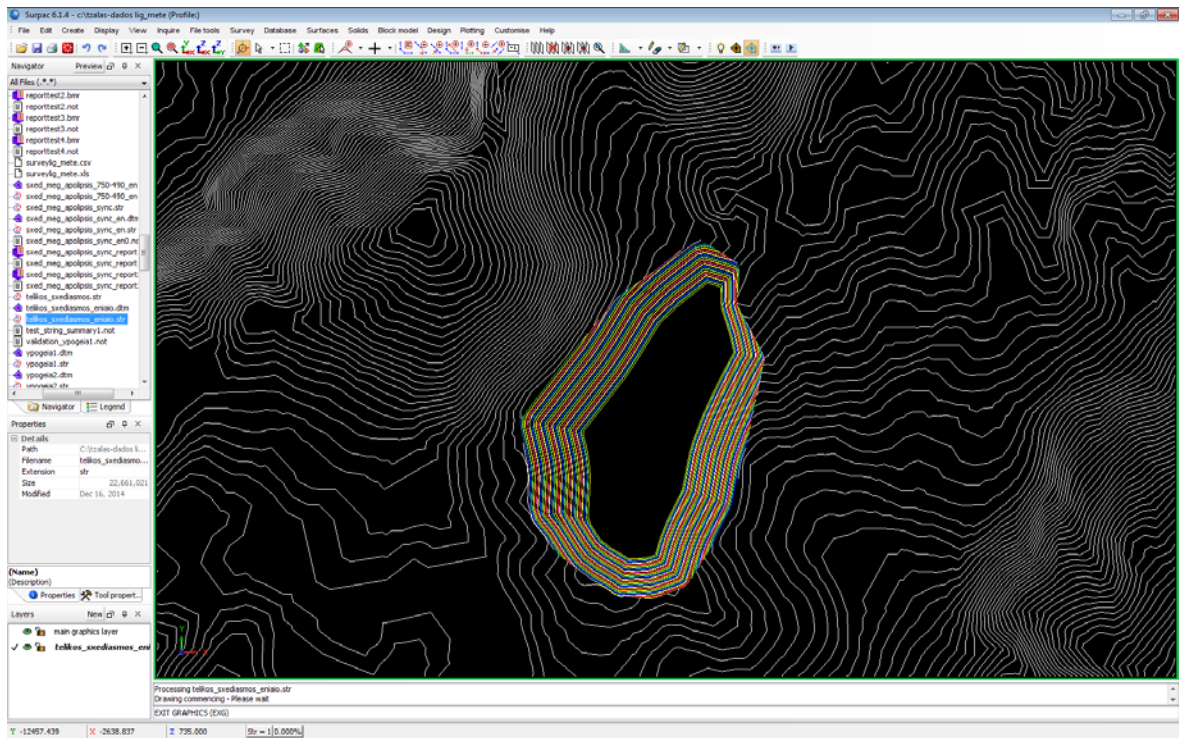


Εικόνα 3.17α Κάτοψη τελικής μορφής δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού

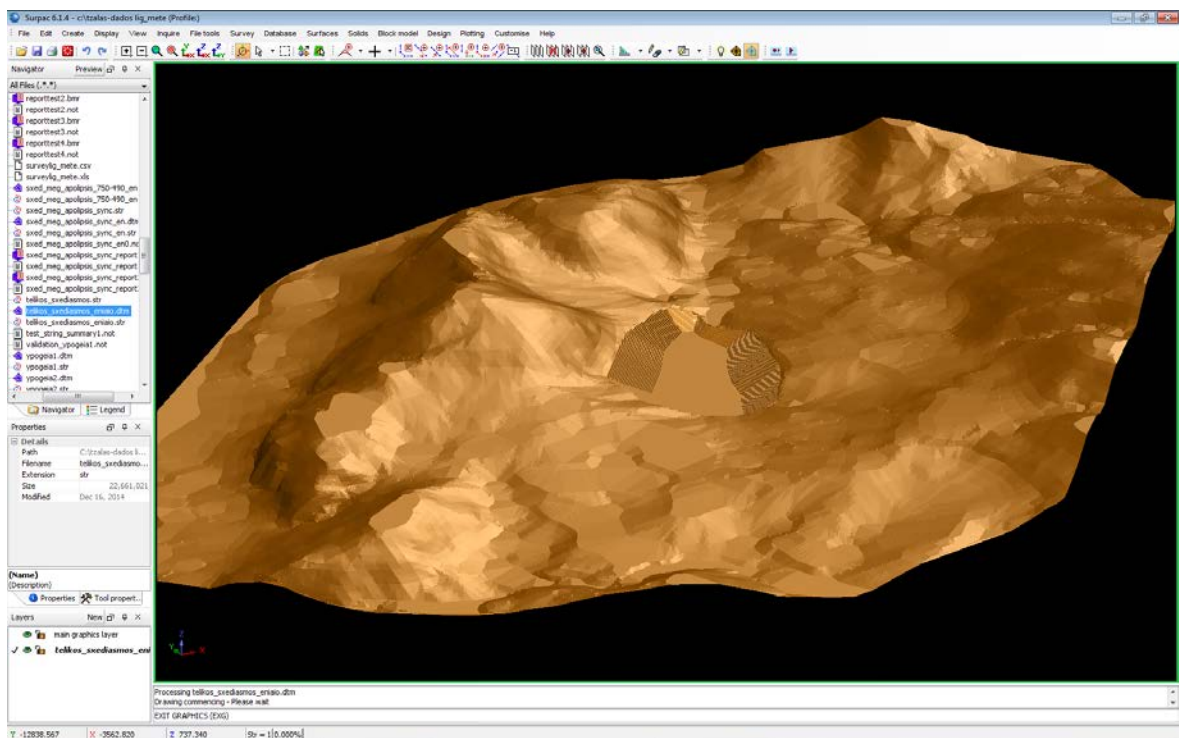


Εικόνα 3.17β Τρισδιάστατη απεικόνιση δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού

Στη συνέχεια δημιουργείται το ενιαίο ανάγλυφο (Εικόνα 3.18) και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Εικόνα 3.19).

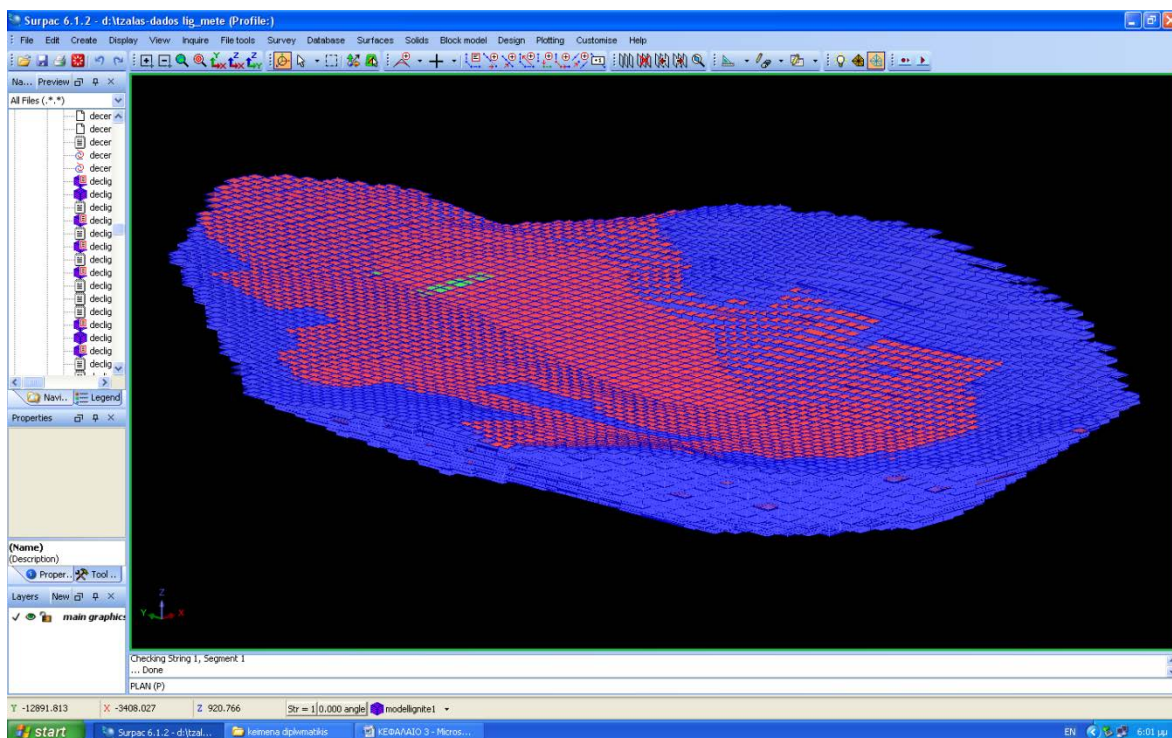


Εικόνα 3.18 Ενσωμάτωση σχεδιασμού στο τοπογραφικό



Εικόνα 3.19 DTM τελικού ανάγλυφου

Για τον υπολογισμό του όγκου του λιγνίτη και του στείρου χρησιμοποιήθηκε ξανά το δεύτερο block model της παραγράφου 2.4.1. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης ο όγκος των στείρων εκτιμάται σε $104.280.586 \text{ m}^3$.



Εικόνα 3.20 Απεικόνιση του block model μετά τη χρήση της εντολής block model → display → colour model by attribute και την εισαγωγή των περιορισμών

Αξιοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία των ογκομετρήσεων, υπολογίζεται η σχέση εκμετάλλευσης της εκσκαφής που σχεδιάστηκε. Όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο στάδιο, μετατρέπονται τα m^3 σε tn ($6.154.000 \text{ m}^3 \times 1.2 \text{ tn} / \text{m}^3 = 7.384.800 \text{ tn}$). Τελικά, υπολογίζεται η σχέση εκμετάλλευσης του δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού, η οποία ισούται με $14,1 \text{ m}^3 / \text{tn}$.

3.2.2 Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης

3.2.2.1 Περιγραφή μεθόδου θαλάμων και στύλων και υπολογισμός παραμέτρων

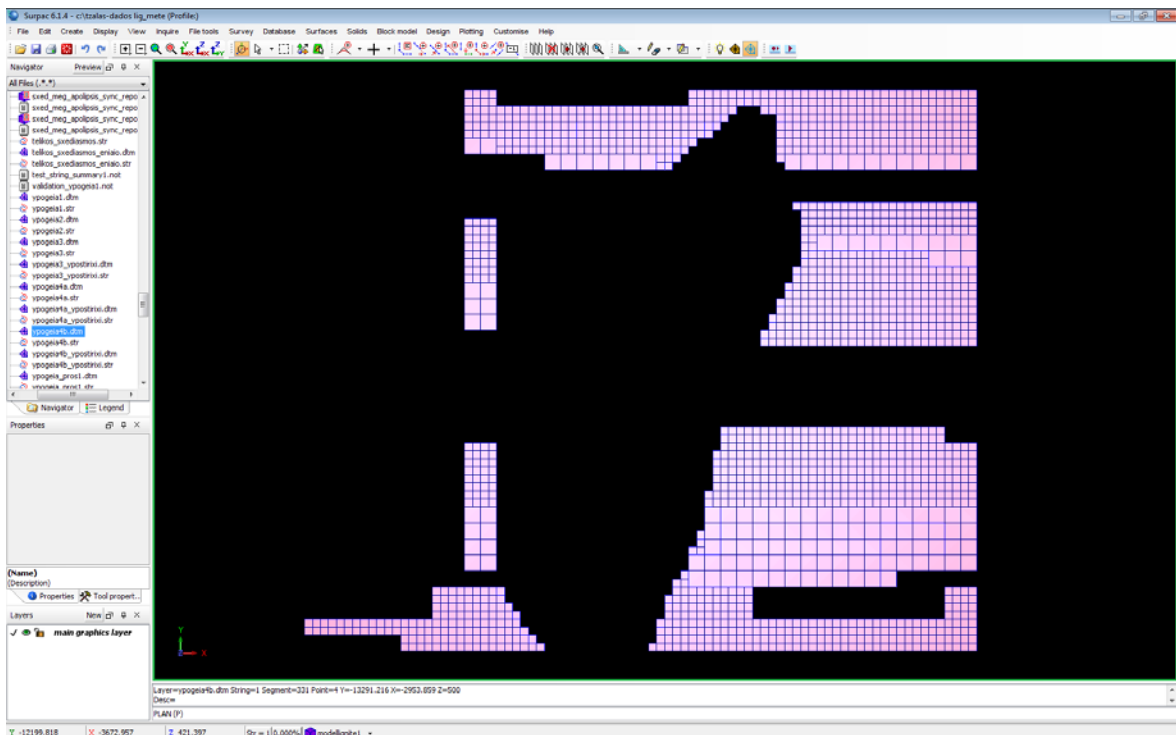
Στη γενική εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, ο λιγνίτης εξορύσσεται μέσω ενός συστήματος παράλληλων θαλάμων οι οποίοι διαχωρίζονται από στύλους. Οι θάλαμοι ορύσσονται ως στοές και οι άξονές τους συνήθως ισαπέχουν. Στη συνέχεια ορύσσονται νέες στοές κάθετα ή με κάποια κλίση ως προς τις πρώτες. Με αυτόν τον τρόπο

δημιουργούνται στύλοι πετρώματος που στηρίζουν την οροφή. Η ευστάθεια δηλαδή των θαλάμων επιτυγχάνεται χάρη στους στύλους και συγκεκριμένα, χάρη στην εκμετάλλευση της φέρουσας ικανότητας αυτών.

Η εκσκαφή σε έναν υπόγειο χώρο προκαλεί ανακατανομή των τάσεων και φόρτιση των στύλων. Ένα θεμελιώδες μέγεθος που πρέπει να υπολογιστεί κατά τον σχεδιασμό μιας υπόγειας εκσκαφής, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο θαλάμων και στύλων (room and pillar), είναι το μέγεθος των στύλων. Οι διαστάσεις των στύλων πρέπει να είναι επαρκείς, ώστε με βάση τις συγκεκριμένες γεωλογικές συνθήκες του πετρώματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων, να προσφέρουν ικανοποιητική ευστάθεια στον υπόγειο χώρο. Έτσι, η ανάλυση χρειάζεται να εστιάσει, και στην τοπική ευστάθεια κάθε στύλου μεμονωμένα, αλλά και στην ολική ευστάθεια του συστήματος.

Οι βέλτιστες διαστάσεις των στύλων υπολογίζονται με βάση δύο βασικά στοιχεία:

- Τις ασκούμενες από τα υπερκείμενα στρώματα τάσεις στους στύλους.
- Την αντοχή του στύλου, η οποία εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος (από το οποίο αποτελούνται οι στύλοι) και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στύλων.



Εικόνα 3.21 Αποτύπωση κοιτάσματος, μετά το πέρας της επιφανειακής εκμετάλλευσης, σε υψόμετρο +496 m έως +500 m

Παρατηρώντας την παραπάνω Εικόνα 3.21 του block model, γίνεται αντιληπτό ότι σημαντικό τμήμα του κοιτάσματος παραμένει ανεκμετάλλευτο, μετά το τέλος της επιφανειακής εκμετάλλευσης.

Στα δυτικά και νοτιοδυτικά το κοιτάσμα οριοθετείται από στρώμα ασβεστόλιθου. Στο ανατολικό κομμάτι δημιουργούνται τρία κύρια μέτωπα, ένα B-BA, ένα στα A και τέλος το μεγαλύτερο στα A-NA. **Το μέσο πάχος των στρωμάτων αυτών είναι 4 m και βρίσκεται σε υψόμετρο +496 m - +500 m.** Για την απόληψη ενός μέρους αυτών, έχει επιλεγθεί να εφαρμοστεί η μέθοδος υπόγειας εκμετάλλευσης θαλάμων και στύλων.

Η υπόγεια εκμετάλλευση διενεργείται κατά ζώνες. Σε κάθε ζώνη, αναπτύσσεται αρχικά η επιφανειακή εκμετάλλευση. Στο ανατολικότερο όριο, ξεκινά η υπόγεια εκμετάλλευση, περίπου από το τελικό δάπεδο της επιφανειακής εκμετάλλευσης. Οι δύο μέθοδοι εκμετάλλευσης εφαρμόζονται παράλληλα, σε διαφορετικούς όμως τομείς του λιγνιτορυχείου. Όταν στον ανατολικό τομέα μιας ζώνης διενεργείται η υπόγεια εκμετάλλευση, στο δυτικό τομέα της αμέσως νοτιότερης ζώνης, ξεκινά η επιφανειακή μέθοδος των διαδοχικών βαθμίδων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος θαλάμων τετραγωνικής διατομής με εγκαταλειπόμενους στύλους, προκειμένου να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στην επιφάνεια του εδάφους (πρόληψη εμφάνισης επιφανειακών καθιζήσεων).

Οι τάσεις, που ασκούνται στα πετρώματα, διακρίνονται σε λιθοστατικές και τεκτονικές. Οι πρώτες οφείλονται στη βαρύτητα και είναι ανάλογες του βάθους. Οι δεύτερες οφείλονται σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (γεωλογικά, τεκτονικά, κ.λπ.) της κάθε περιοχής. Συνήθως, στο πρώτο στάδιο του σχεδιασμού, οι γνώσεις, για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και τον τρόπο επίδρασής τους στο τασικό πεδίο, είναι σχετικά περιορισμένες. Για το λόγο αυτό, ο αρχικός σχεδιασμός θεωρεί, ότι στους στύλους ασκούνται μόνο λιθοστατικές τάσεις (Παναγιώτου, 1982).

Η κατακόρυφη τάση (S_v) που ασκείται λόγω των υπερκειμένων, δίνεται από τη σχέση :

$$S_v = \gamma \times h$$

Όπου, γ : το ειδικό βάρος του υπερκειμένου πετρώματος

h : το ύψος των υπερκειμένων

Η κατακόρυφη τάση των υπερκειμένων, ουσιαστικά αφορά, στην αρχική κατάσταση προ της εκσκαφής. Η τάση που αναπτύσσεται στους στύλους, οι οποίοι δημιουργούνται, είναι

αρκετά μεγαλύτερη και εξαρτάται από τα σχετικά μεγέθη του πλάτους του στύλου (W_p) και του πλάτους του θαλάμου (W_R), που έχουν δημιουργηθεί.

Γενικά, η διάταξη των στύλων μπορεί να ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο (pattern), έτσι ώστε τα κέντρα τους να απέχουν συγκεκριμένες αποστάσεις, σε σχέση με τους γειτονικούς στύλους (regular pattern). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, **η διάταξη είναι αυτή των στύλων τετραγωνικής διατομής (square pillars)**.

Έτσι λοιπόν, η μέση ορθή τάση που αναπτύσσεται σε αυτούς δίνεται από την εξίσωση:

$$\sigma_p = \gamma \times h \times \left(1 + \frac{W_R}{W_p} \right)^2$$

Ο συντελεστής απόληψης (R) εκφράζεται, στην περίπτωση των τετραγωνικών στύλων, από τη παρακάτω σχέση:

$$R = 1 - \left[\frac{W_p}{W_R + W_p} \right]^2$$

Για τον υπολογισμό της αντοχής του στύλου σε θλίψη (C_p ή S_p) έχουν διατυπωθεί αρκετές εμπειρικές σχέσεις. Οι σχέσεις αυτές βασίζονται στον «ανάστροφο λογισμό», δηλαδή από την ανάλυση της αστοχίας των στύλων. Μετρώντας ή εκτιμώντας, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στύλων, την αντοχή δοκιμίων πετρώματος και το τασικό πεδίο που ασκούνταν σε αυτούς, γίνεται προσπάθεια αναπαραγωγής των συνθηκών αστοχίας έτσι ώστε συνδεθεί μέσω μιας μαθηματικής έκφρασης η αντοχή του στύλου, με χαρακτηριστικές και εύκολα μετρήσιμες παραμέτρους.

Λεπτομερείς παρατηρήσεις και μετρήσεις της συμπεριφοράς των στύλων, την ανάλυση της φέρουσας ικανότητας τους, έχουν αναφερθεί από πολλούς ερευνητές, όπως οι Grenwald et al (1936), Holland & Gaddy (1957), Hedley & Grand (1972), Wagner (1974, 1980), Hardy & Agapito (1977), Salamon & Munro (1967), Coates (1971), Lunder & Pakalnis (1997), Marc (1999). Αρχικά οι εμπειρικές αυτές σχέσεις προέρχονταν κυρίως από υπόγεια ανθρακωρυχεία στα οποία γίνονταν η χρήση της μεθόδου θαλάμων και στύλων, έχουν όμως πλέον εμπλουτιστεί και από περιπτώσεις εκμεταλλεύσεων σε σκληρά πετρώματα (hard rock mining).

Η αντοχή του στύλου (C_p) είναι συνάρτηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του πετρώματος και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του στύλου και δίνεται από μια σχέση της μορφής :

$$C_p = f(K, W_p, H_p)$$

Όπου,

K : η αντοχή του πετρώματος που δομεί το στύλο

W_p : το πλάτος του στύλου

H_p : το ύψος του στύλου

Οι εμπειρικές σχέσεις που έχουν διατυπωθεί ακολουθούν την παραπάνω γενική σχέση. Διακρίνονται συνήθως δύο βασικές μορφές, όπως δίνονται στις σχέσεις που ακολουθούν:

$$C_p = C_1 \times \left(\frac{W_p^{0,46}}{H_p^{0,66}} \right)$$

$$C_p = K \times \left(a + b \frac{W_p}{H_p} \right)$$

Ο συντελεστής K (στη βιβλιογραφία συναντάται και ως C_1 ή S_m), εκφράζει την αντοχή του πετρώματος στην κλίμακα του στύλου. Πρόκειται για συντελεστή ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη του την επίδραση της κλίμακας (scale effect) στην αντοχή του στύλου. Μπορεί να λαμβάνει την τιμή σταθεράς (rock constant) σε περιπτώσεις που αφορά συγκεκριμένο σχηματισμό, ο οποίος έχει αναλυθεί ενδελεχώς (π.χ. άνθρακας Ν. Αφρικής $K = 7,176$ MPa) ή την τιμή που λαμβάνεται από δοκιμές σε αντιπροσωπευτικά κυβικά δοκίμια του πετρώματος (δοκίμια με $d / h = 1$) που απαντά στον στύλο (unit pillar strength).

Τα δείγματα των εργαστηριακών δοκιμών συνήθως υπερεκτιμούν την αντοχή αφού αναφέρονται κυρίως σε άρρηκτο πέτρωμα, ενώ η αύξηση του μεγέθους του δείγματος συνεπάγεται και την παρουσία μέσα του, περισσότερων, με μεγαλύτερου μεγέθους ατέλειες ασυνέχειες. Από κάποιο βαθμό και μετά το μέγεθος του δείγματος είναι επαρκώς μεγάλο, που περαιτέρω μείωση στην αντοχή του είναι ασήμαντη. Το σημείο στο οποίο συμβαίνει αυτό αναφέρεται συχνά ως αντοχή του πετρώματος. Για παράδειγμα ο Bieniawski προτείνει κυβικά δοκίμια 1 m (0,9 – 1,5 m) ως αντιπροσωπευτικά των χαρακτηριστικών της βραχομάζας, ενώ οι Hedley & Grant χρησιμοποίησαν κυβικό δοκίμιο χαλαζίτη 0,3 m .

Τέλος, για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μεγέθους ($K - C_1$) μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε μονοαξονική θλίψη. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται να λαμβάνεται μειωμένη τιμή αντοχής και για το λόγο αυτό συνήθως εφαρμόζεται ένας συντελεστής απομείωσης της αντοχής του άρρηκτου

πετρώματος (σ_{ci}), ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από 1/3 έως 2/3 (Ozbay et al., 1995; Iannacchione, 1999).

Στη συνέχεια, επιλέγεται η εμπειρική σχέση των Salamon & Munro (1967) ως η καταλληλότερη για την αποτύπωση του κριτηρίου αστοχίας των στύλων:

$$C_p = C_1 \times \left(\frac{W_p^{0,46}}{H_p^{0,66}} \right)$$

Τέλος υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας (SF), μέσω της μαθηματικής σχέσης:

$$SF = \frac{C_p}{\sigma_p}$$

Στην προκειμένη περίπτωση του λιγνιτωρυχείου των Σερβίων, το μέγιστο ύψος υπερκειμένων (h) ισούται με 190 m, το ειδικό βάρος της μάργας (γ) με 0,018 MN / m³ και το C₁ με 4,8 MPa. Το ύψος του θαλάμου οριοθετείται από το μέσο πάχος του λιγνίτη στα H=4 m, ενώ το πλάτος του (W_R) λαμβάνεται ίσο με 6 m.

Κάνοντας δοκιμές, δόθηκαν διάφορες τιμές στο πάχος του στύλου, με σκοπό την επίτευξη ενός συνδυασμού συντελεστή ασφαλείας ο οποίος θα ικανοποιεί τόσο την ασφαλή εκμετάλλευση όσο και την βελτιστοποίηση της απόληψης. Σύμφωνα με την πρόταση των Salamon & Munro (Σχήμα 3.1), πρέπει SF >1,4-1,5. Με βάση τις δοκιμές φαίνεται ότι ένα πλάτος τετραγωνικού στύλου ίσο με W_p = 12 m δίνει ικανοποιητικό σχετικά συντελεστή ασφαλείας ίσο με SF=1,41 στο δυσμενέστερο σενάριο με υπερκείμενα h=190 m και αξιόλογη απόληψη ίση με R=55,5%.

Ο αναλυτικός υπολογισμός των παραπάνω μεγεθών δίνεται ως ακολούθως:

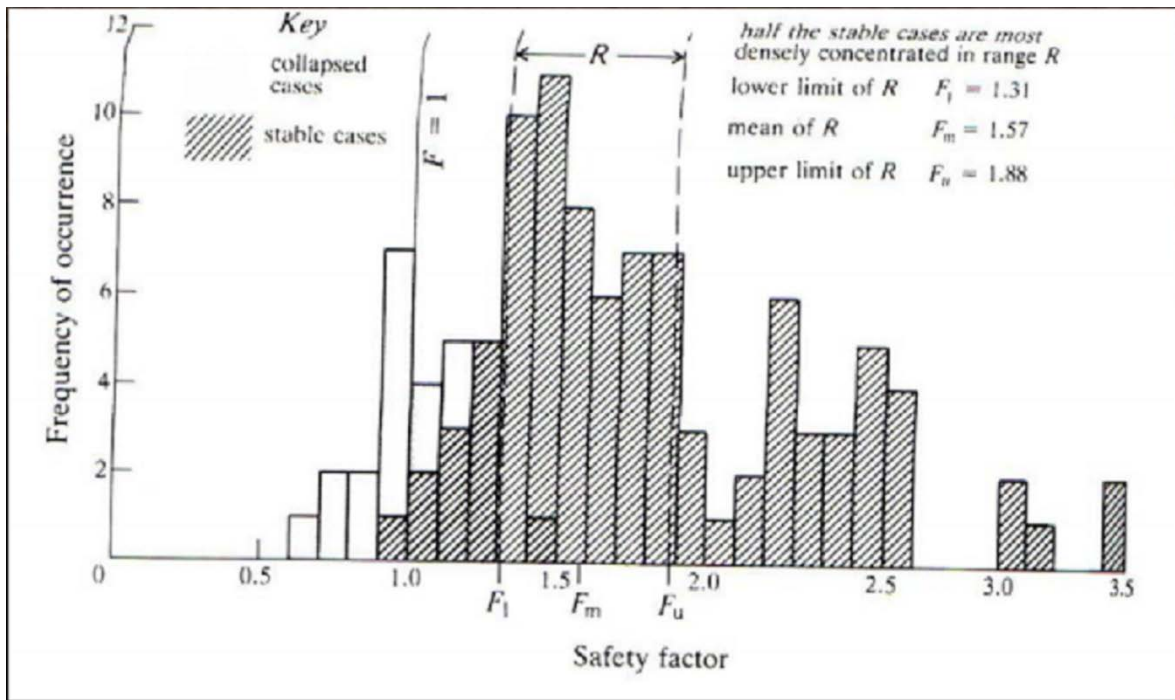
$$S_v = 0,018 \times 190 = 3,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = 0,018 \times 190 \times \left(1 + \frac{6}{12} \right)^2 = 4,275 \text{ MPa}$$

$$C_p = 4,8 \times \left(\frac{12^{0,46}}{4^{0,66}} \right) = 6,03 \text{ MPa}$$

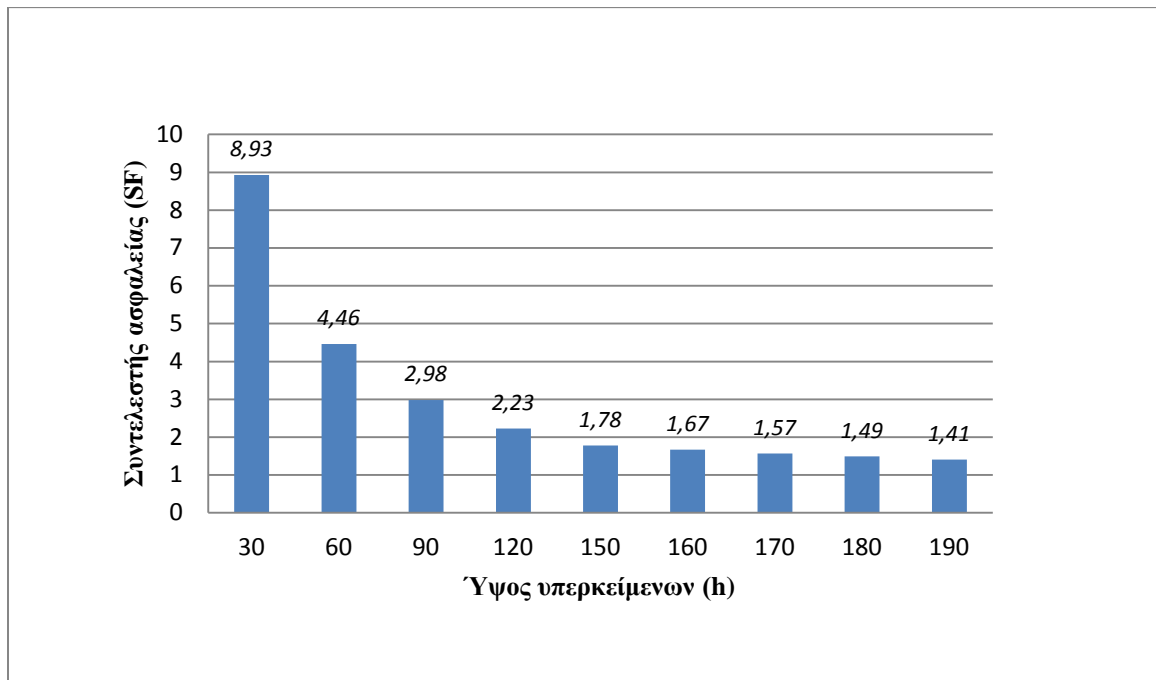
$$R = 1 - \left[\frac{12}{6 + 12} \right]^2 = 55,5\%$$

$$SF = \frac{6,03}{4,275} = 1,41$$



Σχήμα 3.1 Εκτίμηση της επιλογής του συντελεστή ασφαλείας στύλου με βάση τα δεδομένα αστοχίας και ευστάθειας στύλων από πραγματικές περιπτώσεις (Salomon και Munro, 1967)

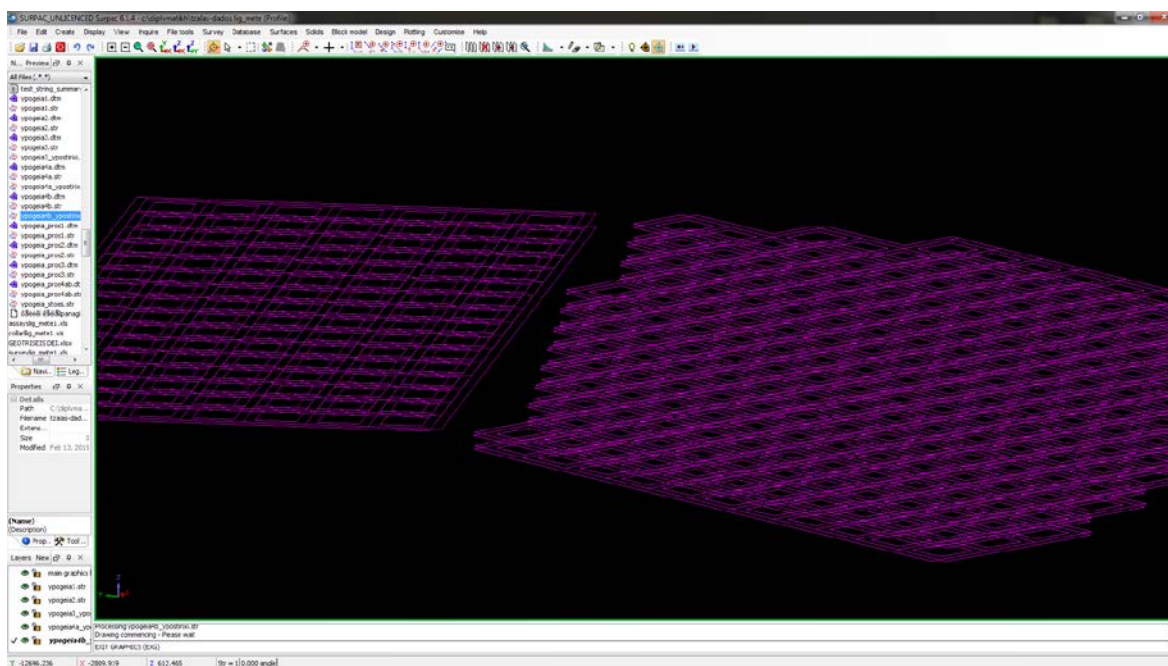
Στο ραβδόγραμμα (Σχήμα 3.2), απεικονίζεται η μεταβολή του συντελεστή ασφαλείας, ανάλογα με την αύξηση των υπερκειμένων κατά την προχώρηση του μετώπου.



Σχήμα 3.2 Μεταβολή συντελεστή ασφαλείας (SF) ως προς το ύψος υπερκειμένων

3.2.2.2 Σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης στο surpac

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, βάσει του τελικού block model, η προσβολή του κοιτάσματος γίνεται σε τρία μέτωπα. Χρησιμοποιώντας την εντολή **design** → **underground tools** → **underground panel**, επιτυγχάνεται ο σχεδιάσμός του κάρναβου θαλάμων και στύλων. Στη συνέχεια, με την εντολή **design** → **underground tools** → **room and pillar from centrelines**, δημιουργούνται τα περιγράμματα των στύλων και σχηματίζονται οι χώροι των θαλάμων. Έπειτα, με την εντολή **edit** → **string** → **maths**, το string, που δημιουργήθηκε, μετακινείται στο επιθυμητό υψόμετρο (+496 m). Αμέσως μετά, με την εντολή **edit** → **copy string constrained by** → **bearing and distance** και θέτοντας τις επιθυμητές παραμέτρους, αντιγράφεται το ήδη υπάρχον string και δημιουργείται ακόμα ένα, στην ίδια θέση, στο ανάλογο υψόμετρο (+500 m). Με αυτόν τον τρόπο, σχηματίζεται αντίστοιχα ο κάρναβος του πατώματος και της οροφής, των θαλάμων και στύλων (Εικόνα 3.22).

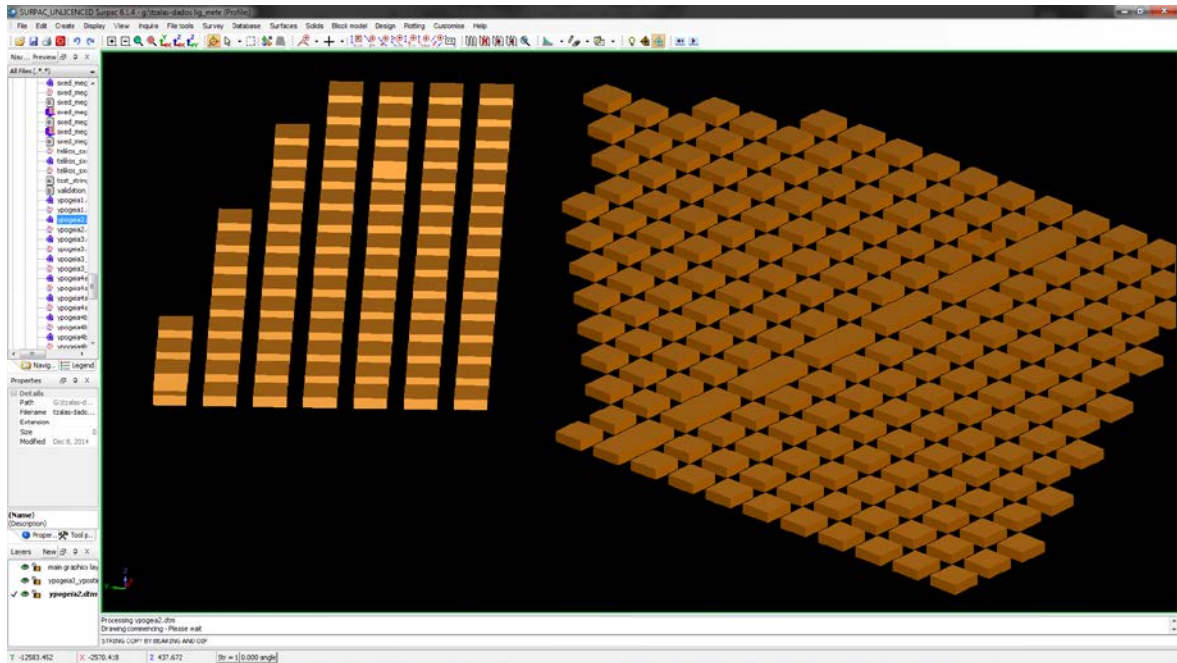


Εικόνα 3.22 Δημιουργία κάρναβου οροφής και πατώματος, τμήματος των υπογείων

Επόμενο βήμα του σχεδιασμού της υπόγειας είναι η δημιουργία των επιφανειών των στύλων. Αρχικά, επιλέγοντας από την μπάρα εργασίας την εντολή **solids** → **triangulate** → **between segments** και επιλέγοντας τα ζευγάρια των εκατέρωθεν τμημάτων των δύο string, που έχουν σχηματιστεί από τις προηγούμενες εντολές, δημιουργούνται οι επιφάνειες ανάμεσα από αυτά τα τμήματα. Σ' αυτό το σημείο, συνιστάται, να δίνεται κάθε φορά διαφορετική τιμή στη μεταβλητή **trisolation**, πριν εκτελεστεί η προαναφερθείσα εντολή,

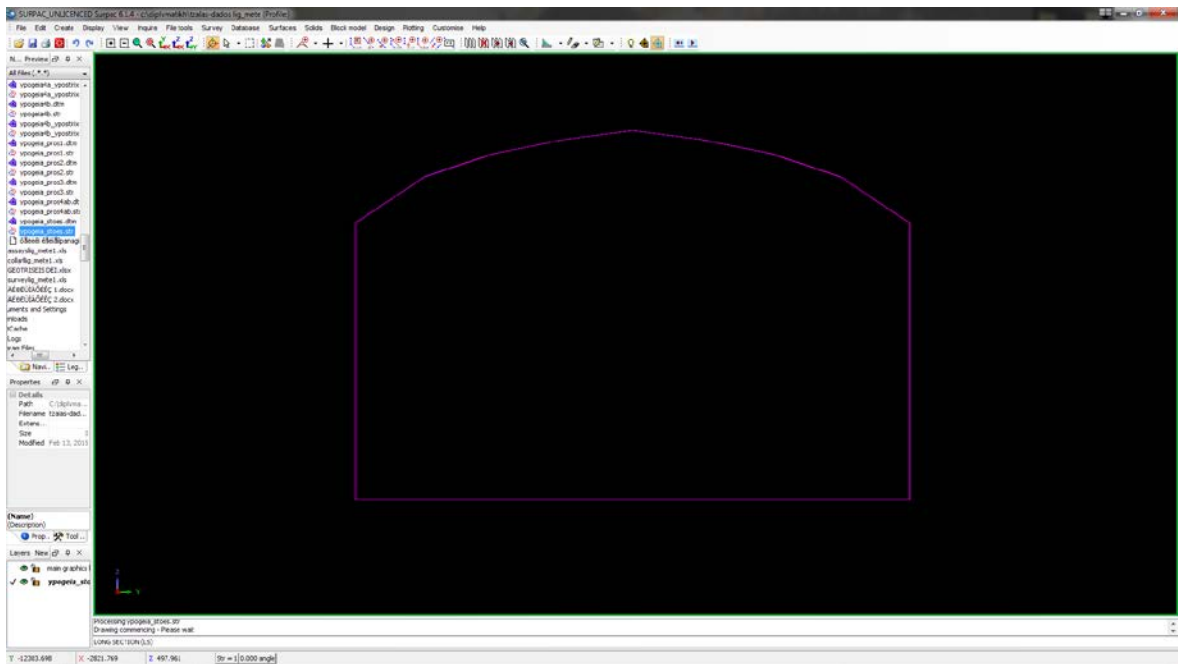
με σκοπό την ευκολότερη διόρθωση, σε περίπτωση λάθους κατά τη διαδικασία σχεδιασμού των θαλάμων και στύλων.

Στη συνέχεια, με την εντολή **solids** → **triangulate** → **inside a segment** και επιλέγοντας τα κενά των πατωμάτων και των οροφών των στύλων, δημιουργείται το τελικό ανάγλυφο των θαλάμων και στύλων (Εικόνα 3.23).



Εικόνα 3.23 Δημιουργία ανάγλυφου, τμήματος υπογείων

Τέλος, σχεδιάζονται οι στοές προσπέλασης. Αρχικά, σχεδιάζεται η πρόοψη της στοάς και αποθηκεύεται σε αρχείο **.str** ή **.dxf**, ανάλογα με το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό της (**surpac** ή **autocad** αντίστοιχα) (Εικόνα 3.24).



Εικόνα 3.24 Πρόσοψη στοάς

Έπειτα, δημιουργείται ένα καινούργιο layer, στο οποίο σχεδιάζονται segments με το μήκος και τη διαδρομή των στοών. Ακολουθεί η εντολή **design** → **underground tools** → **triangulate using centre line and profile**, με την οποία εισάγεται το αρχείο της πρόσοψης, και τελικά πραγματοποιείται ο σχεδιασμός των στοών (Εικόνα 3.25).



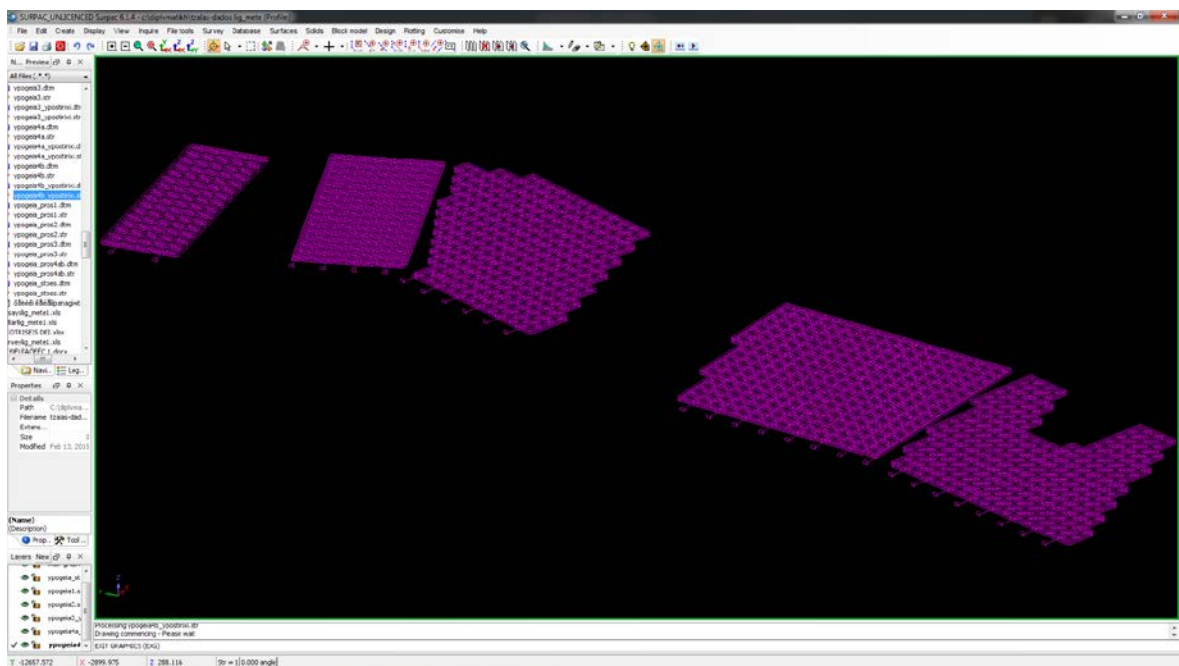
Εικόνα 3.25 Σχεδιασμός στοών

Κατόπιν, με την εντολή **solids** → **triangulate** → **between segments** και επιλέγοντας τα ζευγάρια των segments στην αρχή και στο τέλος των στοών, δημιουργείται το τελικό ανάγλυφο των στοών προσπέλασης (Εικόνα 3.26).

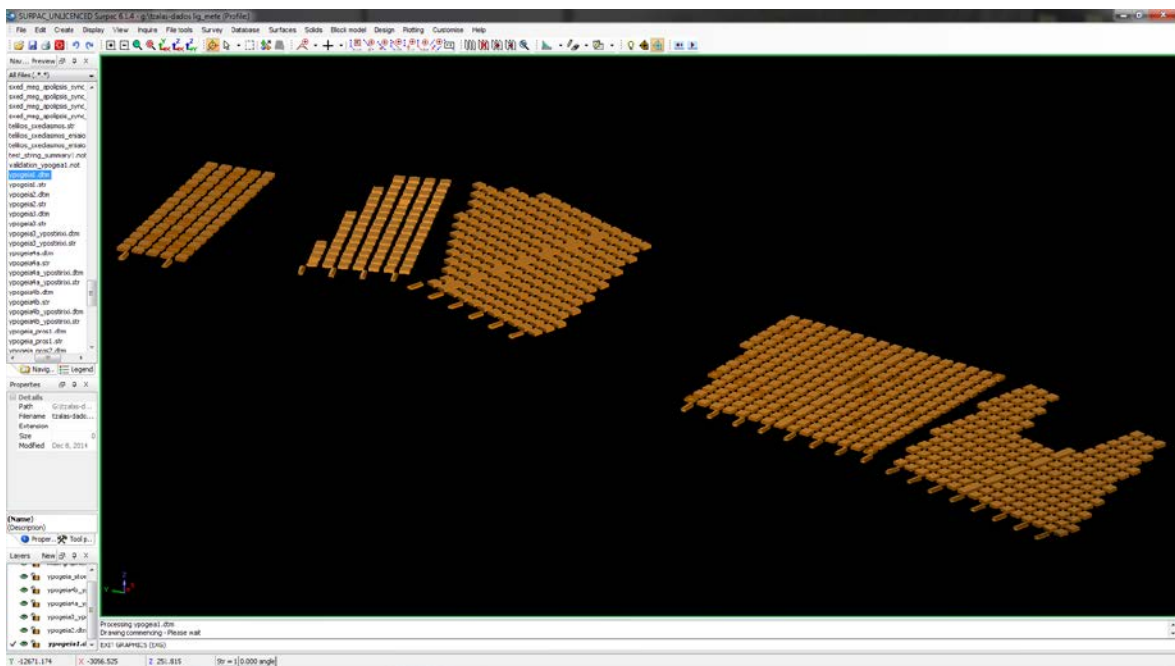


Εικόνα 3.26 Ανάγλυφο στοών

Παρακάτω παρουσιάζονται η τελική μορφή του σχεδιασμού και το τελικό ανάγλυφο της υπόγειας εκμετάλλευσης (εικόνες 3.27 και 3.28 αντίστοιχα).



Εικόνα 3.27 Τελικός σχεδιασμός υπόγειας εκμετάλλευσης



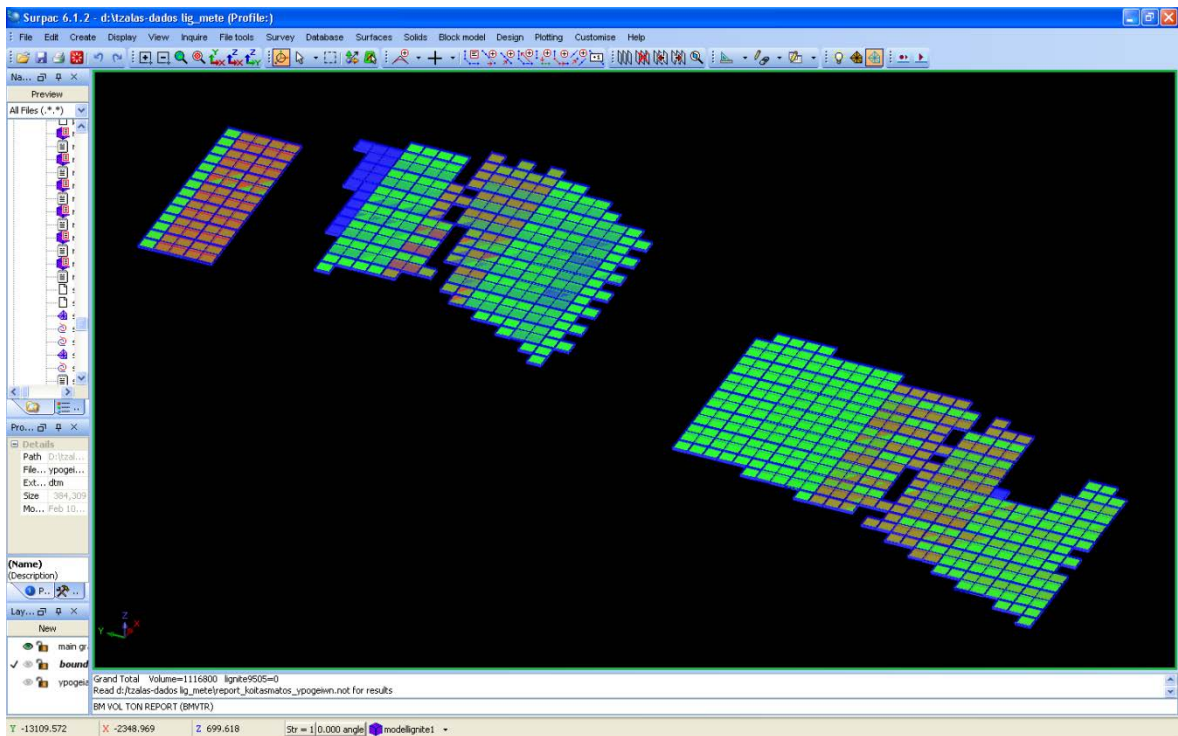
Εικόνα 3.28 Τελικό ανάγλυφο υπόγειας εκμετάλλευσης

3.2.2.3 Υπολογισμός όγκων υπόγειας εκμετάλλευσης

Αρχικά, ανοίγεται το αρχείο **.dtm** με το ανάγλυφο των θαλάμων και στύλων και με την εντολή **solids** → **solids tools** → **report volume of solids**, υπολογίζεται ο **συνολικός όγκος των στύλων**, που ανέρχεται σε **459.936 m³**.

Σ' αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι, σε περίπτωση που ο σχεδιασμός των θαλάμων και στύλων έχει πραγματοποιηθεί σε επιμέρους τμήματα (περισσότερα από ένα αρχεία **.str** και **.dtm** αντίστοιχα), προτιμάται ο υπολογισμός των όγκων να γίνεται ξεχωριστά για το κάθε τμήμα και στο τέλος να γίνεται άθροισή τους, έτσι ώστε σε περίπτωση αδυναμίας του προγράμματος να τους υπολογίσει, λόγω πιθανών σφαλμάτων, να είναι ευκολότερη η πραγματοποίηση διορθώσεων.

Όπως προαναφέρθηκε, από την παραπάνω διαδικασία προκύπτει ο συνολικός όγκος των στύλων και **όχι** του απολήψιμου υλικού. Γι' αυτό το λόγο, με τη βοήθεια των αρχείων **.str** του σχεδιασμού των υπογείων, σχεδιάζεται ένα string «περιχάραξης» των χώρων της υπόγειας εκμετάλλευσης. Το αρχείο αυτό, θα χρησιμοποιηθεί ως περιορισμός, κατά την απεικόνιση του κοιτάσματος και των στειρών, στο τμήμα της υπόγειας εκμετάλλευσης, με τη βοήθεια του **block model**, μέσω της γνωστής διαδικασίας (Εικόνα 3.29).



Εικόνα 3.29 Απεικόνιση του κοιτάσματος και των στείρων, στην περιοχή ανάπτυξης της υπόγειας εκμετάλλευσης, με τη χρήση του block model

Μετά από υπολογισμούς, που έγιναν με βάση το πλήθος των θαλάμων και στύλων και τις διαστάσεις τους, βρέθηκε, ότι ο όγκος του χώρου επέμβασης ανέρχεται σε $1.035.216 \text{ m}^3$. Ωστόσο, με τη βοήθεια της εντολής **block model** → **block model** → **report** και θέτοντας τους περιορισμούς, που χρησιμοποιήθηκαν και για την παραπάνω απεικόνιση, υπολογίζεται ότι ο όγκος του χώρου επέμβασης ανέρχεται σε $1.116.800 \text{ m}^3$ (Εικόνα 3.30). Η απόκλιση αυτή, της τάξης του +7 %, οφείλεται στο γεγονός, ότι τα blocks του block model, τα οποία βρίσκονται περιμετρικά της εκμετάλλευσης, συνυπολογίζονται αυτούσια στον υπολογισμό του όγκου, χωρίς να περικόπτονται, παρόλο που τμήματά τους μένουν εκτός του string «περιχάραξης» του.

```
report_koitsimatos_ypogetiwn.not - Notepad
File Edit Format View Help
Gemcom Software International      Feb 13, 2015
Block model report

Constraints used
a. NOT ABOVE DTM tellkos_sxediasmos_eniafo.dtm object ID 1 Trisolation ID 1
b. ABOVE Z PLANE 496
c. NOT ABOVE Z PLANE 500
d. INSIDE STRING BOUNDARY_STRING_GIA_YPOGEIA.str 0 z
Keep blocks partially in the constraint : False

Lignite9505  volume  Lignite9505
-----
0  892000  0
1  127600  1
-1  97200  -1
-----
Grand total  1116800  0

1/1
```

Εικόνα 3.30 Report του συνολικού όγκου εξορύξιμου υλικού βάσει του block model

Αφαιρώντας τον συνολικό όγκο των στύλων από τον συνολικό όγκο του χώρου επέμβασης της υπόγειας εκμετάλλευσης, υπολογίζεται **ο όγκος των εκσκαφών της υπόγειας εκμετάλλευσης**, που ισούται με **575.280 m³**.

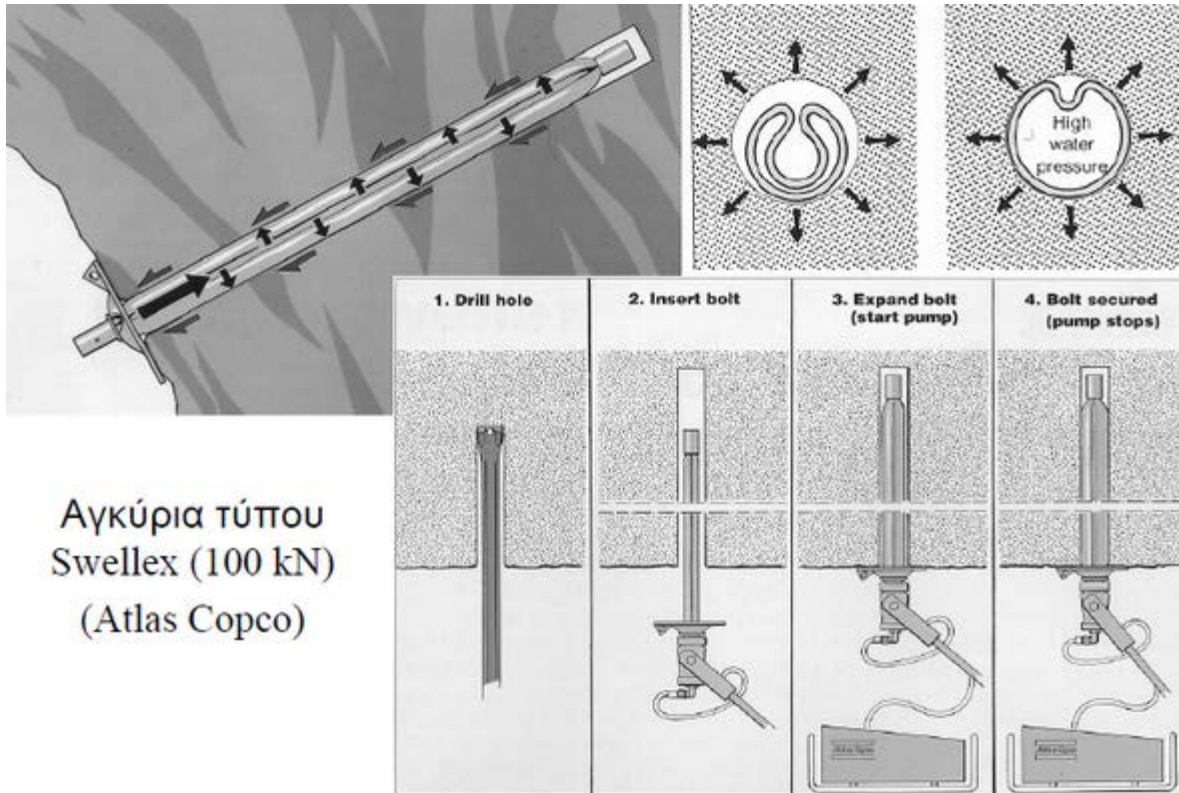
Βάσει του block model, υπολογίζεται **συνολικά ο όγκος του λιγνίτη** στην υπόγεια εκμετάλλευση (συνυπολογίζοντας τον λιγνίτη που βρίσκεται δεσμευμένος στους στύλους) και ισούται με **890.909 m³**. Με δεδομένο ότι, ότι **ο συντελεστής απόληψης** της υπόγειας εκμετάλλευσης εκτιμάται σε **55 %**, υπολογίζεται προσεγγιστικά το κοίτασμα που εξορύσσεται. Επομένως, **ο λιγνίτης που εξορύσσεται** από την υπόγεια εκμετάλλευση είναι περίπου **890.909 m³ × 55 % = 490.000 m³**, ή καλύτερα **588.000 tn**.

3.2.2.4 Υποστήριξη υπογείων στοών

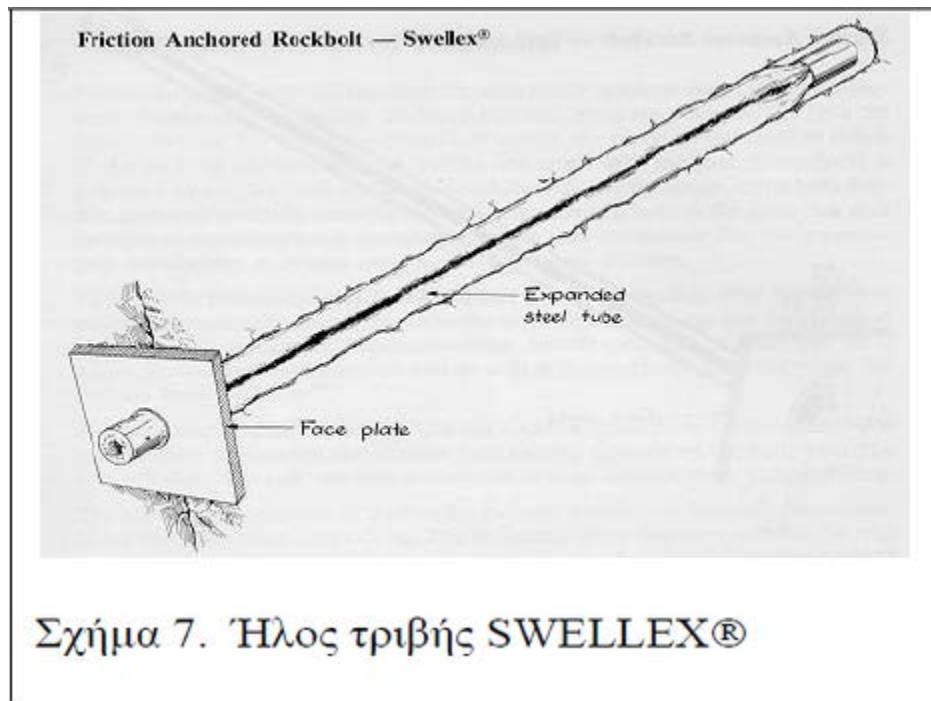
Σύμφωνα με αναλύσεις της συμπεριφοράς ευστάθειας των υπογείων ανοιγμάτων (Δεληβέρης, 2015) οι αναμενόμενες συγκλίσεις του τοιχώματος των στοών δεν θα είναι ανησυχητικές, παρά το γεγονός της εκσκαφής του χώρου στο μαλακό σχηματισμό του λιγνίτη, καθώς και των υπερκειμένων μαργών. Πιο συγκεκριμένα, στο σημείο με υπερκείμενα ύψους 60 m, η παραμόρφωση αναμένεται να είναι 1 %, ενώ εκεί που τα υπερκείμενα αγγίζουν τα 120 m, αναμένεται μία παραμόρφωση της τάξης του 2,5 %. Καθώς τα υπόγεια ανοίγματα είναι μεταλλευτικά, ο χρόνος ζωής τους δεν θα είναι μεγάλος και θα καθορίζεται από τη διάρκεια των εκμεταλλεύσεων και των μελλοντικών διαδικασιών ανάπτυξης του υπογείου έργου. Επιπρόσθετα, τα αγκύρια θα πρέπει να αναλαμβάνουν γρήγορα φορτίο, έτσι ώστε να επιταχύνονται οι ρυθμοί προχώρησης των εκσκαφών. Τέλος, θα πρέπει το κόστος των υλικών της υποστήριξης να είναι αρκετά μικρότερο από τα συνήθη κόστη ενός υπόγειου ανοίγματος, πολιτικής χρήσης και λειτουργίας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, λαμβάνεται η απόφαση επιλογής **αγκυρίων τύπου Swellex, μήκους 3 m**. (Δεληβέρης, 2015).

Τα συγκεκριμένα αγκύρια ανήκουν στην κατηγορία των παθητικών αγκυρίων βράχου τριβής. Οι διογκούμενες αυτές ηλώσεις δεν απαιτούν ενεμάτωση, αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή και αποκτούν συνεχή πρόσφυση με την βραχομάζα, με εισπίεση νερού στο εσωτερικό της διατομής τους, γεγονός το οποίο προκαλεί και την διόγκωση της. Λόγω έλλειψης προστασίας από την διάβρωση, αλλά και λόγω της λεπτότοιχης διατομής τους, τα αγκύρια αυτά έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι, ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα, επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος, για την επίτευξη πρόσφυσης με την περιβάλλουσα βραχομάζα. Στην Εικόνα 3.31, εμφανίζεται η διαδικασία τοποθέτησης ενός συνήθους αγκυρίου Swellex, με την βοήθεια υδραυλικής πρέσας, ενώ στην Εικόνα 3.32, ένα τοποθετημένο αγκύριο του ίδιου τύπου, εντός της οπής του διατρήματος.

Από ιστορικά περιστατικά, πάνω στην χρήση των αγκυρίων Swellex, σε υπόγεια λιγνιτορυχεία της Μεγάλης Βρετανίας, συνάγεται, ότι η εφαρμογή τους μείωσε στο μισό τα κόστη των υλικών της υποστήριξης, σε συνδυασμό με την μείωση στο μισό του χρόνου τοποθέτησης του συστήματος υποστήριξης και των ασφαλέστερων συνθηκών εργασίας (Stillborg, 1986).



Εικόνα 3.31 Τοποθέτηση ενός συνήθους αγκυρίου Swellex, με την βοήθεια υδραυλικής πρέσας



Εικόνα 3.32 Τοποθετημένο αγκύριο τύπου Swellex, εντός της οπής του διατρήματος
Όταν υφίσταται ο κίνδυνος χαλάρωσης της περιβάλλουσας βραχομάζας, γύρω από ένα υπόγειο άνοιγμα και η βαθμιαία κατάπτωση μικρών ή και μεγαλύτερων τεμαχίων

πετρώματος, η κατάσταση αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί, με την **εφαρμογή χαλύβδινου δομικού πλέγματος** στα σημεία εκείνα γύρω από το άνοιγμα, όπου εμφανίζεται η συγκεκριμένη συμπεριφορά.

Το πλέγμα τοποθετείται πίσω από τις πλάκες πάκτωσης των αγκυρίων με την επιφάνεια του πετρώματος, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό, στην γεφύρωση του κενού ανάμεσα από τα διαδοχικά αγκύρια. Η λειτουργία του πλέγματος λοιπόν σχετίζεται, τόσο με ζητήματα ευστάθειας των υπογείων ανοιγμάτων, όσο και με πλευρές της ασφάλειας του εργαζόμενου προσωπικού, από ξαφνικές καταπτώσεις τεμαχών πετρώματος.

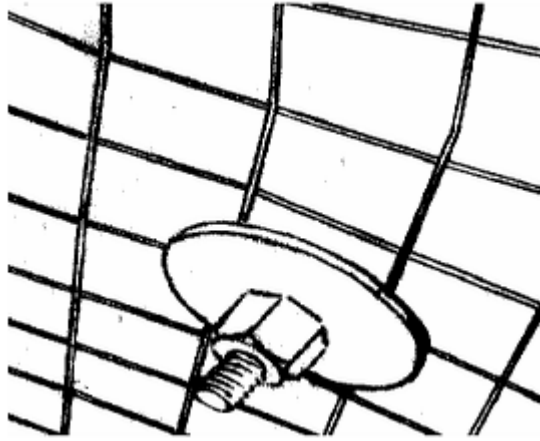
Όταν ο χώρος των υπόγειων εκσκαφών είναι περιορισμένος ή όταν οι επιφάνειες του βράχου είναι πολύ τραχείες, το **αλυσιδωτό πλέγμα** είναι πιθανώς η καταλληλότερη επιλογή. Η διάταξη του αλυσιδωτού δομικού πλέγματος εμφανίζεται στην Εικόνα 3.33.

Αντιθέτως, όταν υπάρχει επαρκής χώρος εργασίας και όταν οι επιφάνειες του πετρώματος είναι αρκετά λείες, ο τύπος του **συγκολλημένου πλέγματος** είναι πιθανώς η καταλληλότερη επιλογή. Σε περίπτωση, που υπάρχει πιθανότητα εφαρμογής εκτοξευόμενου σκυροδέματος πάνω από το δομικό πλέγμα, η χρήση του συγκολλημένου πλέγματος οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα από το αλυσιδωτό.

Αυτό συμβαίνει, διότι το αλυσιδωτό πλέγμα φράζει κάποιες από τις διόδους τοποθέτησης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, κάνοντας δυνατό τον σχηματισμό κενών στα σημεία, που το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δεν μπορεί να διεισδύσει στο πλέγμα. Η διάταξη του συγκολλημένου πλέγματος εμφανίζεται στην Εικόνα 3.34.



Εικόνα 3.33 Διάταξη αλυσιδωτού δομικού πλέγματος



Εικόνα 3.34 Διάταξη συγκολλημένου πλέγματος

Κατά την προχώρηση της εκμετάλλευσης και όταν το ύψος των υπερκειμένων ξεπεράσει τα 100 m – 120 m περίπου, αναμένεται πιθανή αστοχία των αγκυρίων. Για το λόγο αυτό πρέπει να ελέγχονται και να αντικαθίστώνται αυτά που αστοχούν. Ακόμα, αποφασίζεται η εφαρμογή μιας λεπτής στρώσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος, περίπου 10 cm.

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, για την υποστήριξη υπόγειων μεταλλευτικών ανοιγμάτων, έχει αρχίσει να εφαρμόζεται σε εκτεταμένο βαθμό. Ένα σημαντικό πεδίο εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, σε υπόγεια μεταλλευτικά ανοίγματα, περιλαμβάνει την υποστήριξη μόνιμων ανοιγμάτων όπως ραμπών, στοών μεταφοράς, σταθμών φρεάτων και υπόγειων θαλάμων θραύσης. Η αποκατάσταση των συμβατικών αγκυρίων και των πλεγμάτων που έχουν αστοχήσει, ενδέχεται να είναι αποδιοργανωτική και δαπανηρή. Ολοένα και μεγαλύτερος αριθμός εκσκαφών υποστηρίζονται με εκτοξευόμενο σκυροδέμα, αμέσως μετά την διάνοιξη τους (Hoek et al., 1993).

Σε πολύ χαμηλής ποιότητας, χαλαρωμένες βραχομάζες, όπου η συγκόλληση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στις βραχώδεις επιφάνειες είναι φτωχή, η χρήση δομικού πλέγματος παρέχει μια σημαντική ποσότητα ενίσχυσης του κελύφους της υποστήριξης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το εκτοξευόμενο σκυροδέμα τοποθετείται αργότερα, έτσι ώστε να παρέχει επιπρόσθετη υποστήριξη και προστασία από τους παράγοντες διάβρωσης του πλέγματος. Στην Εικόνα 3.35, εμφανίζεται η τοποθέτηση πλέγματος ενίσχυσης του μετέπειτα εφαρμοζόμενου εκτοξευόμενου σκυροδέματος.



Εικόνα 3.35 τοποθέτηση πλέγματος ενίσχυσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Μετά από επικοινωνία με την εταιρεία Μ.Ε.ΤΕ. Α.Ε., αναλυτικά τα κόστη παραγωγής της επιφανειακής εκμετάλλευσης κατανέμονται ως εξής:

- Κόστος διακίνησης αγόνων επιφανειακής εκμετάλλευσης, το οποίο περιλαμβάνει την εξόρυξη, την φόρτωση, την μεταφορά και την απόθεση των αγόνων, αλλά και τη συντήρηση δρόμων. Ανέρχεται σε 1,15 €/ m³ συμπαγών αγόνων.
- Κόστος εξόρυξης λιγνίτη , το οποίο περιλαμβάνει την εξόρυξη, τη φόρτωση και την μεταφορά του λιγνίτη στις εγκαταστάσεις. Ανέρχεται σε 1,50 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος επεξεργασίας και φόρτωσης λιγνίτη προς αποκομιδή. Ανέρχεται σε 1,2 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος αποζημιώσεων ιδιόκτητων εδαφικών εκτάσεων. Ανέρχεται σε 0,30 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος αρχαιολογικής έρευνας. Ανέρχεται σε 0,30 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος ελέγχου του εξορυσσόμενου λιγνίτη στο λιγνιτορυχείο Προσήλιου, που διενεργείται στο χημείο του λιγνιτορυχείου. Ανέρχεται σε 0,30 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος έρευνας. Ανέρχεται σε 0,15 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος αποκατάστασης. Ανέρχεται σε 0,4 €/ tn λιγνίτη.

Για την υπόγεια εκμετάλλευση τα αντίστοιχα κόστη παραγωγής είναι τα παρακάτω:

- Κόστος εξόρυξης λιγνίτη και μεταφορά του στην επιφάνεια. Ανέρχεται σε 12,5 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος υποστήριξης. Ανέρχεται σε 4 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος μεταφοράς του κοιτάσματος στο σπαστήρα. Ανέρχεται σε 1,5 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος έρευνας. Ανέρχεται σε 0,15 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος επεξεργασίας και φόρτωσης του λιγνίτη προς αποκομιδή. Ανέρχεται σε 1,2 €/ tn λιγνίτη.
- Κόστος ελέγχου της ποιότητας του εξορυσσόμενου λιγνίτη. Ανέρχεται σε 0,3 €/ tn λιγνίτη.

Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους εκμετάλλευσης, στα παραπάνω προστίθενται τα εξής γενικά κόστη:

- Το κόστος των μισθωμάτων. Τα μισθώματα του δημοσίου και των ιδιωτών ανέρχονται σε 6 % επί της τιμής πώλησης του λιγνίτη στο δάπεδο του λιγνιτωρυχείου. Με μέση τιμή πώλησης 27,5 € / tn λιγνίτη στο δάπεδο του λιγνιτωρυχείου, το καταβαλλόμενο μίσθωμα ανέρχεται σε 1,65 € / tn λιγνίτη.
- Γενικά Έξοδα Εκμετάλλευσης και Διοίκησης , τα οποία ανέρχονται σε 1,45 € / tn λιγνίτη.
- Χρηματοοικονομικά, τα οποία ανέρχονται σε 0,35 € / tn λιγνίτη.
- Απρόβλεπτα 3 %, τα οποία υπολογίζονται σε 0,75 €/ tn λιγνίτη.

4.1 Προκαταρκτική οικονομική ανάλυση πρώτου εναλλακτικού σχεδιασμού υπαίθρια εκμετάλλευση

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, για την πρώτη εκμετάλλευση, στην οποία υπάρχει σχέση εκμετάλλευσης 16,8 : 1, το κόστος διακίνησης αγόνων μεταφράζεται σε $1,15 \times 16,8 = 19,32$ € / tn λιγνίτη. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται αναλυτικά όλα τα κόστη της εκμετάλλευσης.

Πίνακας 4.12 Κόστη πρώτου εναλλακτικού σχεδιασμού

ΚΟΣΤΟΣ	€/ tn λιγνίτη
Διακίνησης αγόνων	19,32
Εξόρυξης λιγνίτη	1,50
Επεξεργασίας και φόρτωσης λιγνίτη	1,20
Αποζημιώσεων	0,30
Αρχαιολογικής έρευνας	0,30
Ελέγχου ποιότητας	0,30
Έρευνας	0,15
Αποκατάστασης	0,40
Μισθώματα	1,65
Γ.Ε.Ε.Δ.	1,45
Χρηματοοικονομικά	0,35
Απρόβλεπτα 3 %	0,75

Επομένως το **συνολικό κόστος** του πρώτου σχεδιασμού ανέρχεται σε **27,67 € / tn λιγνίτη**.

Οπότε το **συνολικό μικτό κέρδος** της εταιρείας από το συγκεκριμένο σχεδιασμό, με τιμή πώλησης λιγνίτη σε 27,5 €/ tn, υπολογίζεται σε:

$$\text{Συνολικό μικτό κέρδος} = (27,5 \text{ €/ tn} - 27,67 \text{ €/ tn}) \times 13.748.160 \text{ tn} = -2.337.187,2 \text{ €}$$

4.2 Προκαταρκτική οικονομική ανάλυση δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού (συνδυασμός υπαίθριας – υπόγειας εκμετάλλευσης)

4.2.1 Επιφανειακή εκμετάλλευση

Σε αυτήν την επιφανειακή εκμετάλλευση, η σχέση εκμετάλλευσης υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο σε 14,1 : 1. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το κόστος διακίνησης των αγόνων, για αυτόν τον σχεδιασμό, να ανέρχεται σε $1,15 \times 14,1 = 16,22 \text{ €/ tn}$ λιγνίτη. Στην συγκεκριμένη επιφανειακή εκμετάλλευση δεν υπάρχει το κόστος αρχαιολογικής έρευνας, διότι, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, το όριο στα ΝΔ έχει μετατοπιστεί βορειότερα και βρίσκεται πλέον εκτός αρχαιολογικού χώρου.

Πίνακας 13.2 Κόστη δεύτερου εναλλακτικού σχεδιασμού

ΚΟΣΤΟΣ	€/ tn λιγνίτη
Διακίνησης αγόνων	16,22
Εξόρυξης λιγνίτη	1,50
Επεξεργασίας και φόρτωσης λιγνίτη	1,20
Αποζημιώσεων	0,30
Ελέγχου ποιότητας	0,30
Έρευνας	0,15
Αποκατάστασης	0,40
Μισθώματα	1,65
Γ.Ε.Ε.Δ.	1,45
Χρηματοοικονομικά	0,35
Απρόβλεπτα 3 %	0,75

Επομένως, το **συνολικό κόστος** της επιφανειακής εκμετάλλευσης ανέρχεται σε **24,27 €/ tn** λιγνίτη.

Το **κέρδος προ φόρων** της εταιρείας από την επιφανειακή εκμετάλλευση, με τιμή πώλησης λιγνίτη σε 27,5 €/ tn , υπολογίζεται σε:

$$\text{Κέρδος προ φόρων} = (27,5 \text{ €/ tn} - 24,27 \text{ €/ tn}) \times 7.384.800 \text{ tn} = \mathbf{23.852.904 \text{ €}}$$

4.2.2 Υπόγεια εκμετάλλευση

Τα κόστη της υπόγειας εκμετάλλευσης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 14.3 Κόστη υπόγειας εκμετάλλευσης

ΚΟΣΤΟΣ	€/ tn λιγνίτη
Εξόρυξης λιγνίτη και μεταφοράς στην επιφάνεια	12,50
Υποστήριξης	4,00
Μεταφοράς στο σπαστήρα	1,50
Έρευνας	0,15
Επεξεργασίας και φόρτωσης	1,20
Ελέγχου ποιότητας λιγνίτη	0,30
Μισθώματα	1,65
Γ.Ε.Ε.Δ.	1,45
Χρηματοοικονομικά	0,35
Απρόβλεπτα 3 %	0,75

Οπότε, το **συνολικό κόστος** της υπόγειας εκμετάλλευσης ανέρχεται σε **26,55 €/ tn λιγνίτη**.

Λαμβάνοντας υπόψη, ότι ο εξορυσσόμενος λιγνίτης από την υπόγεια εκμετάλλευση υπολογίστηκε σε 588.000 tn, το **μικτό κέρδος** από την υπόγεια εκμετάλλευση ισούται:

$$\text{Μικτό κέρδος υπόγειας εκμετάλλευσης} = (27,5 \text{ €/ tn} - 26,55 \text{ €/ tn}) \times 588.000 \text{ tn} = \mathbf{558.600 \text{ €}}$$

Μετά από τους παραπάνω υπολογισμούς, το συνολικό κέρδος της εταιρείας από το δεύτερο προτεινόμενο σχεδιασμό είναι:

$$\text{Συνολικό μικτό κέρδος} = 23.852.904 \text{ €} + 558.600 \text{ €} = \mathbf{24.411.504 \text{ €}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά, στο σχεδιασμό της εκμετάλλευσης του λιγνιτικού κοιτάσματος Προσήλιου. Για τον σκοπό αυτό, διαμορφώθηκαν εναλλακτικοί σχεδιασμοί εκμετάλλευσης, προκειμένου να βρεθεί ο βέλτιστος, από οικονομικής πλευράς, σχεδιασμός.

Σύμφωνα με τον πρώτο εναλλακτικό σχεδιασμό, ο οποίος περιλαμβάνει μία μεγάλη επιφανειακή εκμετάλλευση, με κριτήριο τη μέγιστη απόληψη της ποσότητας του λιγνίτη, η απόληψη του κοιτάσματος λιγνίτη ανέρχεται σε 13.748.160 τόνους, ενώ για την αποκάλυψή του χρειάστηκε να μετατοπιστούν 230.969.088 m³ αγόνων. Από τα παραπάνω, προκύπτει μία σχέση εκμετάλλευσης περίπου 16,8 m³ : 1 tn. Το συνολικό κόστος εκμετάλλευσης εκτιμάται σε 27,67 €/tn λιγνίτη. Το κόστος αυτό αποδεικνύεται απαγορευτικό, καθώς η τιμή πώλησης του λιγνίτη είναι 27,5 €/tn, και επομένως προκύπτει ζημία για την εταιρεία ύψους 2.337.187,2 €

Ο δεύτερος εναλλακτικός σχεδιασμός που αποτελεί ένα συνδυασμό επιφανειακής και υπόγειας εκμετάλλευσης περιλαμβάνει μια μικρότερη επιφανειακή εκμετάλλευση και μία περιορισμένης έκτασης υπόγεια εκμετάλλευση, στα ανατολικά του λιγνιτωρυχείου, η οποία διενεργείται με τη μέθοδο θαλάμων και στύλων. Από την επιφανειακή εκμετάλλευση του δεύτερου σχεδίου, η απόληψη του κοιτάσματος εκτιμάται σε 7.384.800 tn λιγνίτη, με την ανάγκη απομάκρυνσης 104.280.586 m³ αγόνων. Από αυτό προκύπτει μια σχέση εκμετάλλευσης 14,1 m³ : 1 tn κοιτάσματος. Το συνολικό κόστος (εξόρυξη, μεταφορά, κ.λπ.) της επιφανειακής εκμετάλλευσης υπολογίστηκε σε 24,27 €/tn. Για τη δεδομένη τιμή πώλησης του λιγνίτη (27,5 €/tn) τα μικτά κέρδη που προκύπτουν ανέρχονται σε 23.873.059,2 €. Από την υπόγεια εκμετάλλευση, ο βαθμός απόληψης εκτιμάται ότι είναι της τάξης του 55%. Αυτό σημαίνει ότι σύμφωνα με το σχεδιασμό που πραγματοποιήθηκε, η συνολική ποσότητα λιγνίτη που θα εξορυχθεί από την υπόγεια εκμετάλλευση είναι περίπου 588.000 tn λιγνίτη. Το συνολικό κόστος της υπόγειας εκμετάλλευσης υπολογίστηκε σε 26,55 €/tn, διαμορφώνοντας το μικτό κέρδος, από την υπόγεια εκμετάλλευση, σε 588.600 €. Σύμφωνα με τα παραπάνω το μικτό κέρδος που προκύπτει από το συνδυασμό της υπαίθριας και υπόγειας εκμετάλλευσης είναι 24.411.504 € ενώ η συνολική ποσότητα που εξορύσσεται ανέρχεται σε 7.972.800 tn λιγνίτη.

Από την ανάλυση κόστους των δύο εναλλακτικών σχεδιασμών, είναι προφανές ότι ο συνδυασμός υπαίθριας και υπόγειας εκμετάλλευσης είναι η μόνη εφικτή λύση, καθώς το πρώτο εναλλακτικό σχέδιο αποδείχθηκε οικονομικά ασύμφορο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξανδρή Ι. (2013) - Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Λιγνιτωρυχείου Προσηλίου Κοζάνης
- Αλεξανδρή Ι. (2014) - Τεχνική Μελέτη Λιγνιτωρυχείου Προσηλίου Κοζάνης
- Δεληβέρης Α. (2015) - Διπλωματική Εργασία - Διερεύνηση Γεωτεχνικής Συμπεριφοράς Υπόγειας Λιγνιτικής Εκμετάλλευσης
- Καλιαμπάκος Δ., Μπεναρδος Α. (2003) - Υπόγεια Έργα
- Μενεγάκη Μ. (2010) - Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων, Σημειώσεις
- Τερεζόπουλος Ν. (2003) - Μέθοδοι Υπόγειων Εκμεταλλεύσεων
- Τερεζόπουλος Ν. (2003) - Μέθοδοι Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις
- Παναγιώτου Γ. (1982) - Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεως με την Μέθοδο των Θαλάμων και Στύλων
- Bieniawski Z. (1967) - The Effect of Specimen Size on Compressive Strength of Coal
- Coates D. (1981) – Rock Mechanics Principles
- Greenwald H., Howarth H., Hartmann I. (1939) - Experiments on the Strength of Small Pillars of Coal
- Hardy M., Agapito J. (1977) - Pillar Design in Underground Oil Shale Mines
- Hedley D.G., Grant F. (1972) - Stope-and-pillar design for the Elliot Lake Uranium Mines
- Hoek E., Kaiser P. and Bawden W. (1993) - Support of Underground Excavations in Hard Rock
- Holland C., Gaddy F. (1957) – Some aspects of permanent support of overburden on coal beds
- Iannacchione A. (1999) - Analysis of pillar design practices and techniques for U.S. limestone mines
- Lunder P., Palakins P. (1997) - Determination of the strength of Hard-Rock Mine Pillars
- Mark C. (1999) - Empirical Methods for Coal Pillar Design
- Ozbay M., Ryder J., Jager A. (1995) - Pillar systems as practised in shallow hard-rock tabular mines in South Africa

Salomon M., Munro A. (1967) - A Study of the Strength of Coal Pillars

Wagner H. (1974) - Determination of the Complete Load-Deformation Characteristics of Coal Pillars