

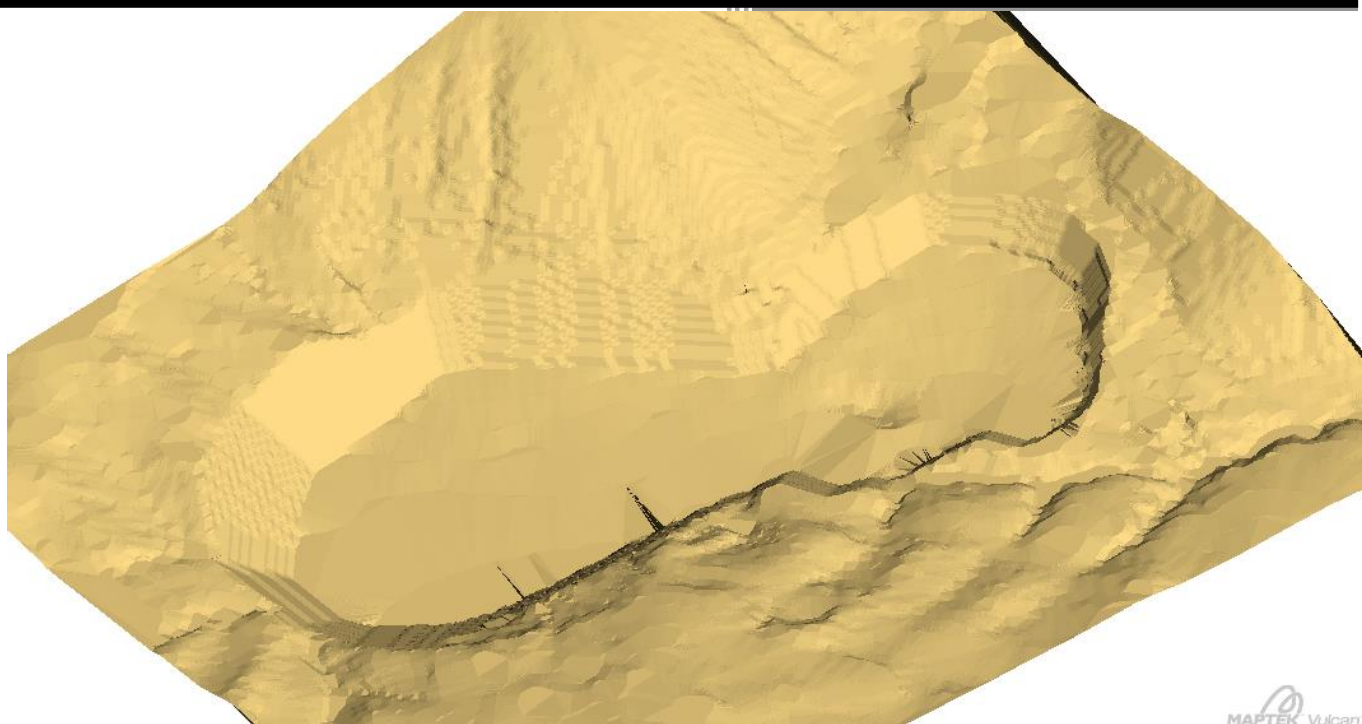


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

Πτυχιακή Εργασία: Βελτιστοποίηση Γεωμετρίας Υπαίθριας Εκμετάλλευσης Λιγνίτη με τη Μέθοδο Lerchs-Grossmann



MARTEK wicam

Κοζάνη

Οκτώβριος 2015

Σπουδαστές:
Κονδύλης Ανδρέας
Λουκάκου Ελευθερία-Παρασκευή

Εισηγητής:
Δρ. Καπαγερίδης Ιωάννης

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	5
2. Μέθοδος Lerchs-Grossman	7
2.1 Γενικά	7
2.2 Λειτουργία & Εφαρμογή.....	7
3. Αναγνώριση Λιγνιτικών Αποθεμάτων για Μεγιστοποίηση Κοινών Κερδών Ενός Ορυχείου και Ενός Εργοστασίου Ενέργειας.....	17
3.1 Γενικά	17
3.2 Μέθοδοι.....	18
3.3 Αποτελέσματα	18
3.4 Συμπεράσματα.....	19
4. Μοντελοποίηση των Εξόδων Μεταφοράς για Εναλλακτικό Σχέδιο Ζωής του Ορυχείου για Συνεχή Επιφανειακή Εξόρυξη του Λιγνίτη	20
4.1 Εισαγωγή.....	20
4.2 Μέθοδοι Τοπικής Προσαρμογής του Κόστους Εξόρυξης.....	21
4.3 Η Ιδέα της Μοντελοποίησης της Κατανομής του Κόστους Ιμάντα Μεταφοράς	23
4.3.1 Γενικές Υποθέσεις	23
4.3.2 Αναγνώριση της Ειδικής Κατανάλωσης Ενέργειας των Μεταφορικών Ιμάντων ...	24
4.3.3 Μοντελοποίηση του Μήκους του Ιμάντα Ταινιόδρομων Μεταφορών.....	25
4.3.4 Περιγραφή της Διαδικασίας	26
4.4 Υπόθεση Μελέτης.....	27
4.5 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις	35
5. Επιρροή της Δομής και Ιδιοκτησίας Μονοπωλίου Επιφανειακού Λιγνιτωρυχείου και Σταθμού Παραγωγής Ενέργειας στη Λειτουργία του	36
5.1 Γενικά	36
5.2 Οργάνωση και Κυριότητα Δομών του Διμερούς Μονοπωλίου	36
5.3 Εγγενής Σύγκρουση Ατομικών και Ομαδικών Ορθολογισμών.....	38

5.3.1 Διαπραγμάτευση σε Διμερές Μονοπώλιο σαν Ένα Παιχνίδι.....	38
5.3.2 Ασυμμετρία της Πληροφορίας και η Κυρίαρχη Στρατηγική του Λιγνιτωρυχείου .	38
5.3.3 Δυναμική Προσαρμογή Σχήματος και Μεγέθους Τελικού Μεταλλείου ως Πραγματική Επιλογή.....	41
5.3.4 Περιγράμματα Λιγνιτικών Τιμών.....	42
5.3.5 Κίνητρο για Καιροσκοπία.....	44
5.4 Αξιολόγηση των Διαφόρων ΔΜ Δομών και Λύσεις Ιδιοκτησίας.....	45
6. Εκτίμηση της Αστάθειας στη Ρευστότητα για Ανάλυση Ρίσκου Νέου Λιγνιτικού Σταθμού Ενέργειας	48
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	48
6.2 Ορυχείο και Εργοστάσιο Ηλεκτροδότησης ως Διμερές Μονοπώλιο	49
6.3 Δεδομένα Αβεβαιότητας Στην Ανάλυση Μοντέλου ΔΜ -Μεταλλευτικός Κύκλος.....	50
6.4 Υποθετική Προσομοίωση Λιγνιτικής Απόθεσης	51
6.5 Αποτέλεσμα από Lerchs-Grossmann βέλτιστο μεταλλείο	51
6.6 Δείκτης Ποιότητας Για τις Φάσεις 1, ..., 12 του Προσομοιούμενου Τελικού Μεταλλείου	52
6.7 Προσομοίωση των Ταμειακών Ροών (CFS) Από την Παραγωγή Ενέργειας- Εκτίμηση των Κερδών Για το Ορυχείο Ενέργειας & Κοινές Δράσεις Από ConSims	52
6.8 Προσομοίωση των Ταμειακών Ροών (CFS) από Τιμές Παραγωγής Ενέργειας NVC Για το Ορυχείο (M), Σταθμος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (PP) & Κοινά.....	53
6.9 Το Βέλτιστο Χρονοδιάγραμμα LOM Με CF's Από Φάσεις Εκμεταλλεύσεων Αντιμετωπίζεται Ως Τυχαίες Μεταβλητές	53
6.9 Σύγκριση της CFs Μεταβλητότητας Σε Τρεις Περιπτώσεις	55
6.10 Ανάλυση Κινδύνων Βασισμένες σε CFS	55
6. Παράδειγμα Εφαρμογής.....	59
6.1 Δεδομένα Παραδείγματος Εφαρμογής.....	59
6.2 Υπολογισμός αξίας των μπλοκ.....	59

6.3 Διαμόρφωση Μπλοκ Μεταβλητού Ύψους σε Μπλοκ Σταθερού Ύψους	62
6.4 Βελτιστοποίηση Εκσκαφής	66
7. Βιβλιογραφία	73

1. Εισαγωγή

Οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν συνεχώς την πρόκληση της σχεδίασης εκμεταλλεύσεων κατά τρόπο οικονομικά βέλτιστο. Ανάλογα με την στρατηγική της επιχείρησης και το τρέχον οικονομικό κλίμα, οικονομικά βέλτιστο μπορεί να σημαίνει αύξηση της τρέχουσας καθαρής αξίας, ελαχιστοποίηση του αρχικού κόστους, μεγιστοποίηση του περιεχόμενου σε μέταλλευμα ή πιθανώς κάτι άλλο.

Οι διαθέσιμες οικονομικές προβλέψεις στην μεταλλευτική βιομηχανία περιέχουν συνήθως ένα μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη σχεδίων εκμετάλλευσης που να είναι βάσιμα κάτω από ένα πλήθος οικονομικών σεναρίων. Ιδιαίτερα στις ταχέως μεταβαλλόμενες αγορές, είναι βασικό για τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις να έχουν τα απαραίτητα εργαλεία για την υποστήριξη των διαδικασιών σχεδίασης και προγραμματισμού, ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν άμεσα στις αλλαγές και να παραμένουν ανταγωνιστικές.

Παρόλο που η ερώτηση 'γιατί να σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση' μπορεί να φαίνεται αφελής, είναι καλό να την εξετάσουμε. Εάν δεν σχεδιάσουμε την εκμετάλλευση πριν την εξόρυξη, υπάρχει μια πιθανότητα να απασχολούμε, για παράδειγμα, πλήρως τον εξοπλισμό μας ή και ολόκληρη την μεταλλευτική μονάδα. Όμως, από την επιχειρηματική άποψη τίθεται το ερώτημα, ποια είναι η αξία που αντιστοιχεί στον τρόπο με τον οποίο εξορύσσουμε το κοίτασμα μας; Η απάντηση σε αυτήν την ερώτηση θέτει ένα ακόμα ερώτημα, 'Πως υπολογίζω την αξία ενός σχεδίου εκμετάλλευσης;' Υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού πιθανών σχεδίων σε κάθε μεταλλευτικό σενάριο και κάθε ένας έχει μια αντίστοιχη αξία που πρέπει να λάβουμε υπόψη.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο υπολογισμού της αξίας ενός σχεδίου εκμετάλλευσης ή ακόμα και ενός συγκεκριμένου μπλοκ εξόρυξης, υπάρχουν κάποιες βασικές μέθοδοι με τις οποίες γίνεται η επιλογή των μπλοκ εξόρυξης βάση της αξίας τους για την δημιουργία ενός πλήρους σχεδίου εκμετάλλευσης το οποίο να είναι βέλτιστο κατά τον έναν ή τον άλλο τρόπο. Μια από τις μεθόδους αυτές είναι η Lerchs-Grossman την οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια. Πρόκειται για την πλέον διαδεδομένη μέθοδο βελτιστοποίησης ορίων εκμετάλλευσης που χρησιμοποιείται καθημερινά στην μεταλλευτική βιομηχανία.

Παρόλη τη διάδοση της μεθόδου αυτής στη μεταλλευτική βιομηχανία, δεν είχε, μέχρι πρόσφατα, χρήση σε εκμεταλλεύσεις λιγνίτη και ανθράκων γενικότερα. Στην εργασία αυτή εξετάζουμε τα λιγοστά παραδείγματα που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και δίνουμε ένα νέο παράδειγμα εφαρμογής σε κοίτασμα λιγνίτη από την περιοχή των Σερβίων στο νομό Κοζάνης.

2. Μέθοδος Lerchs-Grossman

2.1 Γενικά

Η μέθοδος Lerchs-Grossmann εφαρμόζεται σε ένα μοντέλο μπλοκ του κοιτάσματος, και δημιουργεί σταδιακά σειρές από σχετικά μπλοκ τα οποία θα πρέπει ή δεν θα πρέπει να εξορυχτούν. Οι τελικές σειρές ορίζουν ένα συνολικό σχήμα του ορυχείου που έχει την μέγιστη δυνατή συνολική αξία, σύμφωνα με τις απαιτούμενες κλίσεις των πρανών. Το σχήμα αυτό:

- περιλαμβάνει κάθε μπλοκ που 'αξίζει να εξορυχτεί' λαμβάνοντας υπόψη την απομάκρυνση των υπερκείμενων,
- αποκλείει κάθε μπλοκ που 'δεν αξίζει να εξορυχτεί'.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί τις αξίες των μπλοκ και τα αποκαλούμενα δομικά τόξα ως δεδομένα εισόδου. Στη συνέχεια της ενότητας θα δούμε πως λειτουργεί αυτή η μέθοδος καθώς και πως εφαρμόζεται.

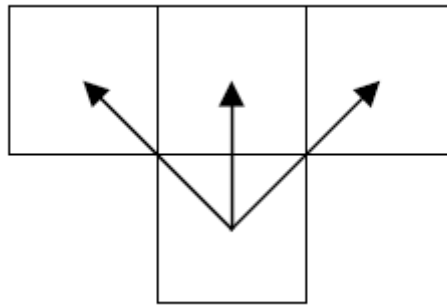
2.2 Λειτουργία & Εφαρμογή

Η τρισδιάστατη μέθοδος βελτιστοποίησης Lerchs-Grossman πετυχαίνει το στόχο της χρησιμοποιώντας τις αξίες των μπλοκ, και τα δομικά τόξα για τα οποία θα μιλήσουμε στην συνέχεια (Whittle, 1998). Δεν χρησιμοποιεί καμιά άλλη πληροφορία. Με άλλα λόγια, εκτός από τις πληροφορίες που δίνονται από τα τόξα, δεν "γνωρίζει" τίποτα για τις θέσεις των μπλοκ - ούτε και για την εξόρυξη.

Επομένως, για να δούμε το πως λειτουργεί η μέθοδος πρέπει να δουλέψουμε με μια σειρά από μπλοκ και μια σειρά από τόξα. Το κατά πόσο αυτά βρίσκονται σε μια, δυο ή τρεις διαστάσεις και το πόσα τόξα αντιστοιχούν σε κάθε μπλοκ είναι άσχετο με την λογική της μεθόδου, η οποία είναι εντελώς μαθηματική.

Για λόγους απλότητας, η παρουσίαση της λειτουργίας της μεθόδου θα γίνει σε δύο διαστάσεις και θα χρησιμοποιηθούν τετράγωνα μπλοκ και κλίσεις πρανών 45 μοιρών, παρόλο που δεν είναι απαραίτητο στην μέθοδο Lerchs-Grossman. Τα στοιχεία αυτά μας επιτρέπουν να εργαστούμε με μόνο τρία τόξα ανά μπλοκ. Αυτά τα τρία τόξα πηγαινούν από ένα μπλοκ στην οριζόντια γραμμή των τριών μπλοκ που βρίσκονται αμέσως επάνω αυτό, όπως φαίνεται στο

παρακάτω σχήμα. Έτσι είναι σίγουρο ότι, όταν ένα μπλοκ εξορύσσεται, τα τρία μπλοκ αμέσως επάνω από αυτό έχουν εξορυχτεί. Καθώς τα τρία τόξα εφαρμόζονται σε κάθε ένα από τα μπλοκ, με αλυσιδωτό τρόπο, γίνεται βέβαιο ότι όποτε ένα μπλοκ εξορύσσεται, ο κώνος των 45 μοιρών πάνω από αυτό έχει επίσης εξορυχτεί.



Σχήμα 2.1: Κατασκευή τόξων σύμφωνα με την συνολική γωνία κλίσης του ορυχείου.

Η μέθοδος βάζει δείκτη σε κάθε μπλοκ το οποίο σκοπεύουμε να εξορύσσουμε. Κατά την διαδικασία εξόρυξης, αυτοί οι δείκτες σημειώνονται ή απομακρύνονται πολλές φορές. Ένα μπλοκ λαμβάνει δείκτη ότι θα εξορυχτεί εάν προσωρινά ανήκει σε μια συνδεόμενη ομάδα μπλοκ που έχουν θετική συνολική αξία. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται 'διακλαδώσεις'.

Η μέθοδος σαρώνει συνεχώς τα μπλοκ ψάχνοντας για εκείνα που θα λάβουν δείκτες εξόρυξης και έχουν τόξα που δείχνουν σε μπλοκ χωρίς δείκτη. Όποτε βρίσκει μια τέτοια περίπτωση πρέπει να κάνει κάτι γιατί βρισκόμαστε σε μια θέση όπου σχεδιάζουμε να εξορύξουμε ένα μπλοκ χωρίς να εξορύξουμε όλα τα μπλοκ από πάνω του. Ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζεται μια τέτοια κατάσταση αποτελεί τον πυρήνα της μεθόδου Lerchs-Grossman. Τα παρακάτω σχήματα αποδίδουν βήμα προς βήμα την λειτουργία της μεθόδου.

Ξεκινάμε με το παρακάτω διδιάστατο μοντέλο. Το μοντέλο είναι 17 επί 5 μπλοκ. Μόνο τρία μπλοκ περιέχουν μετάλλευμα, και έχουν τις αξίες που δίνονται. Όλα τα άλλα μπλοκ είναι στείρα και έχουν τιμή -1.0.

				23,9			6,9				23,9						

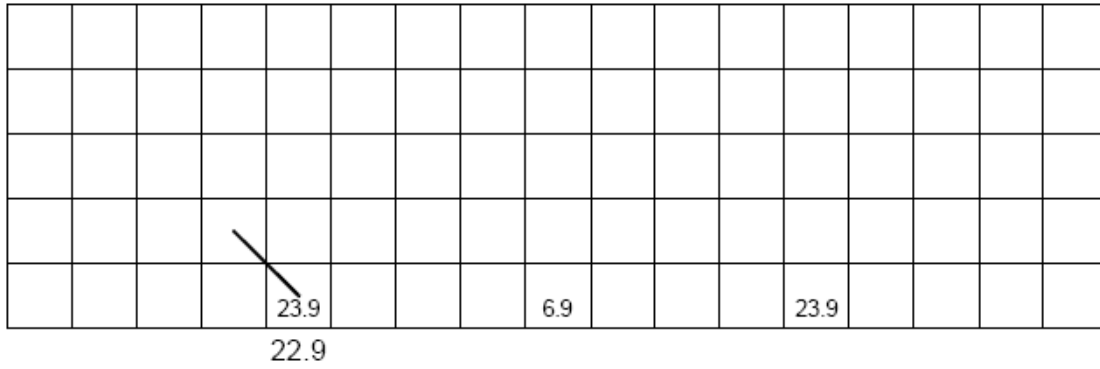
Βήμα 1°

Σαρώνουμε κατά μήκος του κάτω επιπέδου, ξεκινώντας από τα αριστερά, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Όπως φαίνεται, το πρώτο τόξο από ένα μπλοκ με δείκτη που βρίσκουμε είναι προς ένα μπλοκ που δεν έχει δείκτη.

				23,9			6,9				23,9						

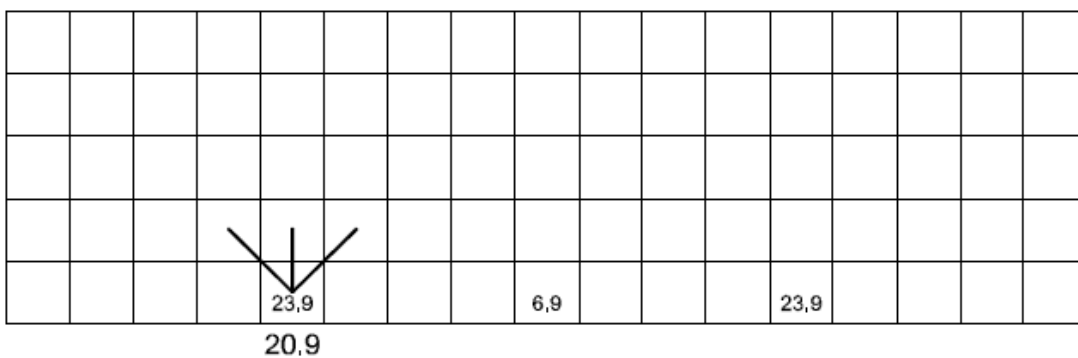
Βήμα 2°

Συνδέουμε τα δυο μπλοκ, όπως φαίνεται παρακάτω. Η συνολική αξία της διακλάδωσης δυο μπλοκ είναι 22.9. Αυτό προκύπτει γιατί πρέπει να εξορύσσουμε και ένα μπλοκ στείρων με αξία -1.0.



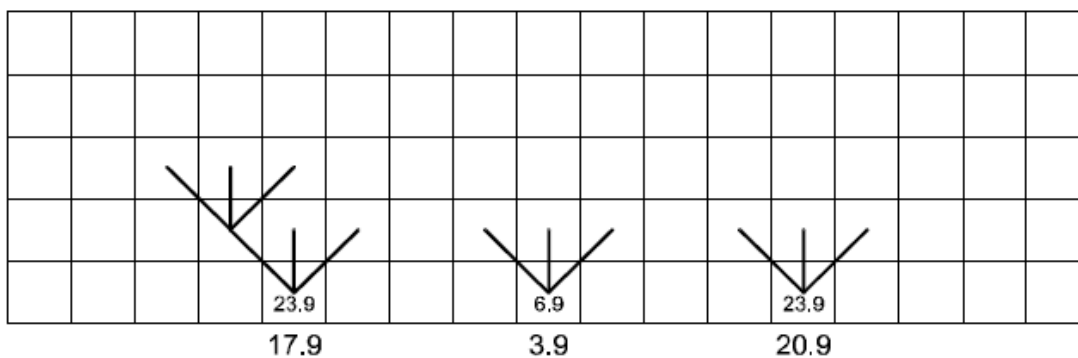
Βήμα 3°

Αντιμετωπίζουμε τα άλλα δυο τόξα από αυτό το μπλοκ κατά τον ίδιο τρόπο. Η συνολική αξία της διακλάδωσης τεσσάρων μπλοκ είναι τώρα 20.9.



Βήμα 4°

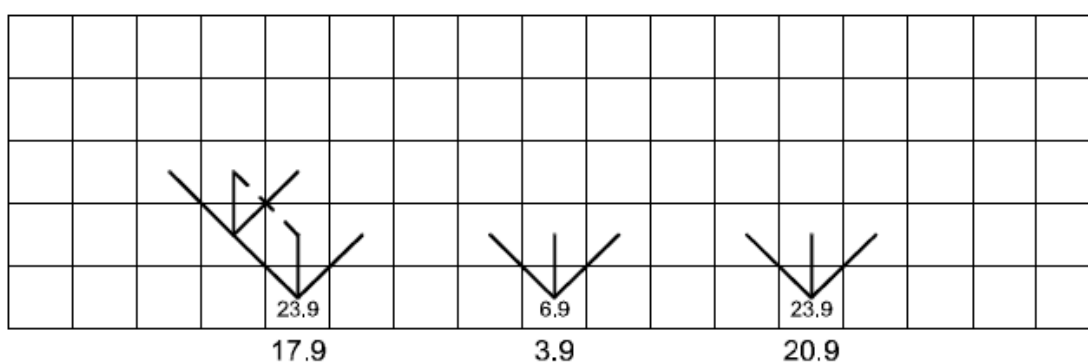
Συνεχίζουμε κατά μήκος του κάτω επιπέδου και στην συνέχεια στο επόμενο όπως φαίνεται παρακάτω.



Σημείωση: ακόμα και τα στεία μπλοκ παίρνουν δείκτη εάν ανήκουν σε θετική διακλάδωση.

Βήμα 5°

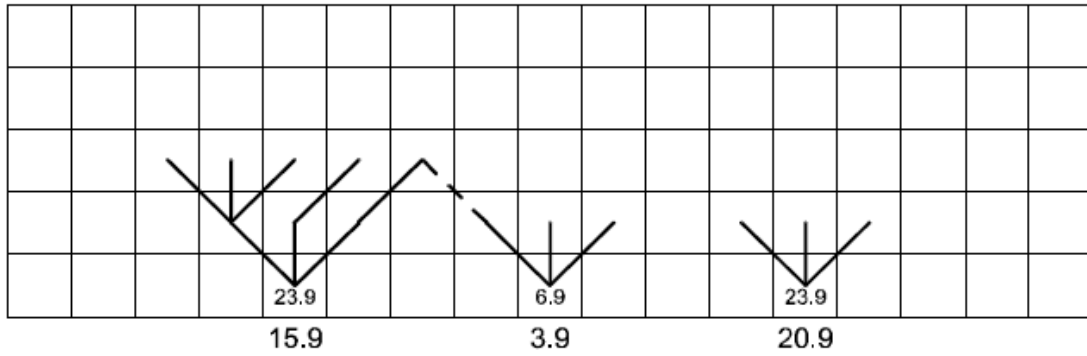
Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, το επόμενο μπλοκ με δείκτη έχει ένα τόξο προς μπλοκ που έχει επίσης δείκτη.



Δεν δημιουργούμε μια σύνδεση για αυτό το τόξο ή για το κατακόρυφο από το ίδιο μπλοκ, γιατί δεν είναι απαραίτητο.

Βήμα 6°

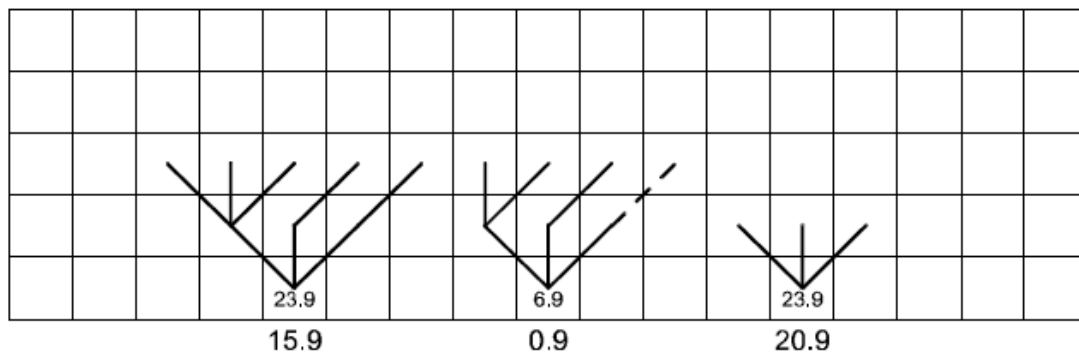
Το επόμενο τόξο από ένα μπλοκ με δείκτη σε ένα άλλο είναι μεταξύ δύο διακλαδώσεων.



Η διαδικασία παραμένει η ίδια - δεν δημιουργείται σύνδεση.

Βήμα 7°

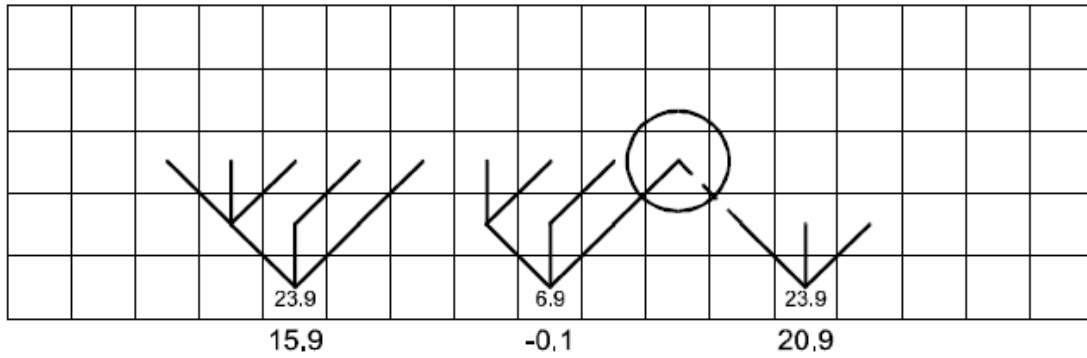
Συνεχίζουμε να προσθέτουμε συνδέσεις μέχρι να βρεθούμε στην παρακάτω κατάσταση.



Όταν προσθέσουμε αυτήν την σύνδεση, η συνολική αξία της διακλάδωσης θα γίνει -0.1, και όλα τα μπλοκ στην διακλάδωση θα χάσουν τους δείκτες τους.

Βήμα 8°

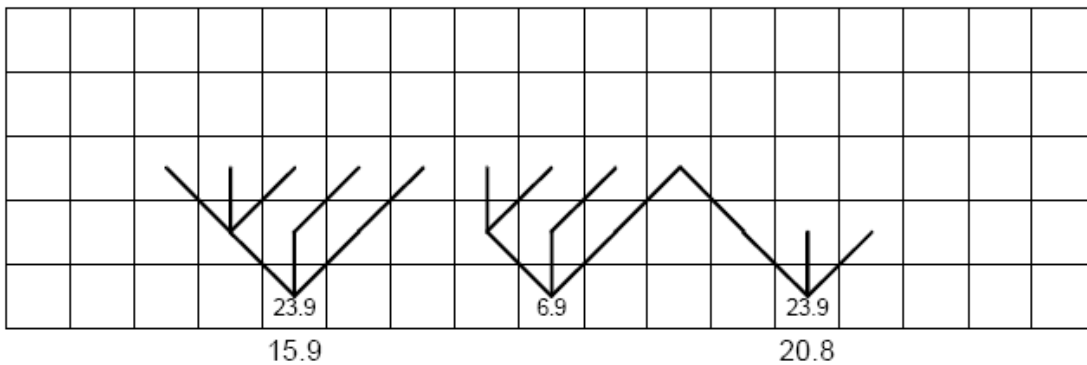
Το επόμενο τόξο που μας ενδιαφέρει είναι από ένα μπλοκ με δείκτη σε ένα μπλοκ μέρος διακλάδωσης που δεν έχει δείκτη.



Ουσιαστικά η κεντρική και η δεξιά διακλάδωση συνεργάζονται για να ξεπληρώσουν την εξόρυξη του κοινού στείρου μπλοκ μέσα στον κύκλο.

Βήμα 9°

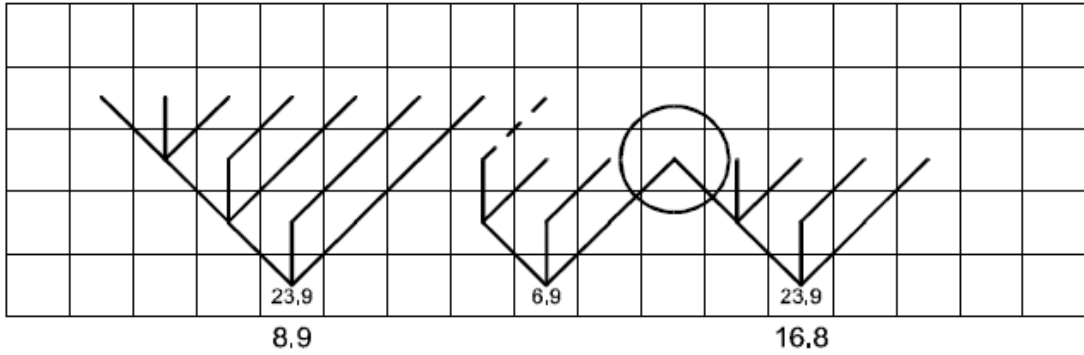
Η μέθοδος Lerchs-Grossman περιλαμβάνει μια διαδικασία για τον συνδυασμό δυο συνδεμένων διακλαδώσεων σε μια, με μόνο μια συνολική αξία. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σημειώστε ότι δεν είναι απαραίτητο πάντα η διακλάδωση να γίνεται προς τα επάνω από την ρίζα.

Βήμα 10°

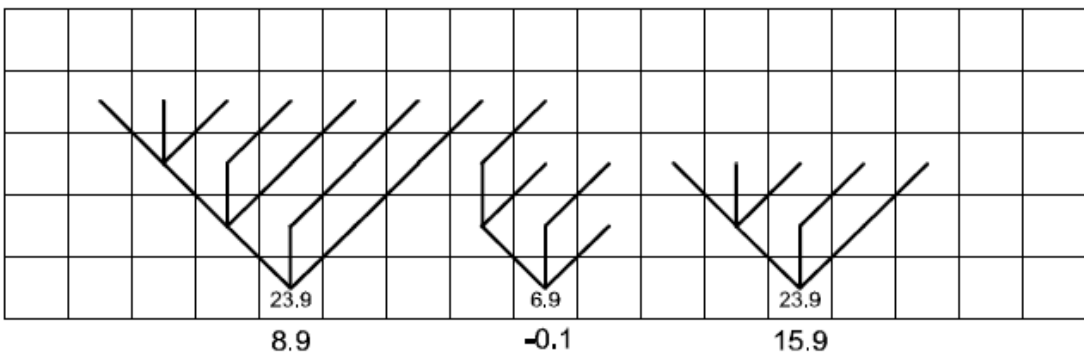
Το επόμενο τόξο που μας ενδιαφέρει είναι από ένα μπλοκ με δείκτη προς ένα στείρο μπλοκ.



Η Lerchs-Grossman ανιχνεύει ότι αυτό το έξτρα στείρο θα αφαιρέσει την δυνατότητα της κεντρικής διακλάδωσης να συνεργαστεί με την δεξιά για να ξεπληρώσουν την εξόρυξη του μπλοκ στον κύκλο.

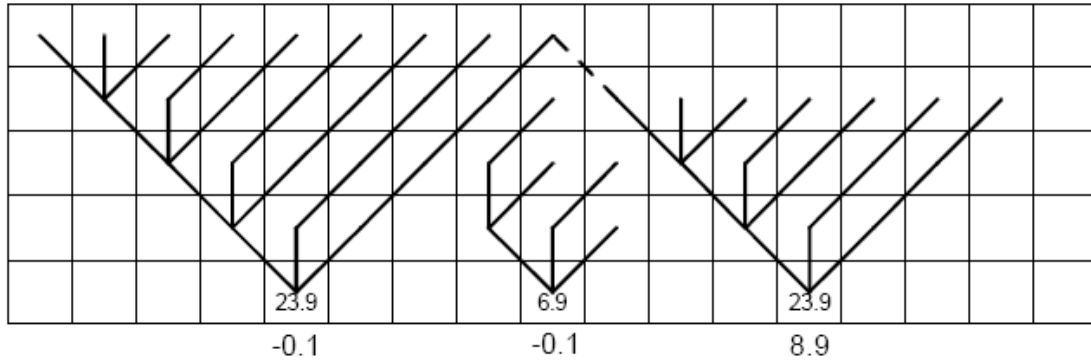
Βήμα 11°

Η Lerchs-Grossman περιλαμβάνει μια διαδικασία για την διάσπαση μιας διακλάδωσης σε δυο αφαιρώντας μια σύνδεση.



Βήμα 12°

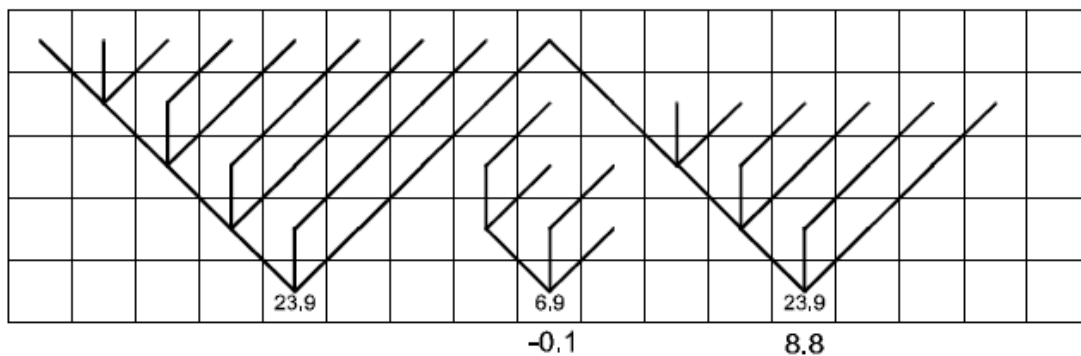
Συνεχίζουμε να προσθέτουμε συνδέσεις και, τελικά, η συνολική αξία της αριστερής διακλάδωσης γίνεται αρνητική.



Το επόμενο τόξο είναι και πάλι μεταξύ μια θετικής και μιας αρνητικής διακλάδωσης.

Βήμα 13°

Αυτό αντιμετωπίζεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και πριν, και η αριστερή και δεξιά διακλάδωση συνδυάζονται σε μια, με μια συνολική αξία.



Βήμα 14°

Συνεχίζουμε να προσθέτουμε τόξα μέχρι να φτάσουμε στην παραπάνω κατάσταση. Τότε η μέθοδος ψάχνει για τόξα από μπλοκ με δείκτη σε μπλοκ χωρίς δείκτη. Όμως, θα μπορούμε να δούμε ότι δεν θα βρει κανένα, και η βελτιστοποίηση είναι πλήρης.

3. Αναγνώριση Λιγνιτικών Αποθεμάτων για Μεγιστοποίηση Κοινών Κερδών Ενός Ορυχείου και Ενός Εργοστασίου Ενέργειας

3.1 Γενικά

Οι μέθοδοι των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων άνθρακα και ορυκτών πόρων, η ταξινόμηση και η αναφορά έχουν μεταβληθεί με την πάροδο των χρόνων, ανεξάρτητα σε διάφορες χώρες. Ακόμα δεν έχουν φθάσει τα διεθνώς ισχύοντα πρότυπα, παρά το γεγονός ότι οι πρώτες εταιρίες εξόρυξης συνεχίζουν τη δραστηριότητα της εκμετάλλευσης σε όλο το κόσμο. Έχουν αναληφθεί προσπάθειες για την ανάπτυξη του τυποποιημένου μεταλλεύματος και αποθέματα κατάταξης άνθρακα, των οποίων η πιο επιτυχημένη φαίνεται να είναι το πρότυπο Australasian Joint Ore Reserves Committee (JORC). Ο κώδικας JORC, κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1989, έχει ήδη γίνει δεκτός από την Αυστραλία, τον Καναδά, τη Νότια Αφρική, τη Δυτική Ευρώπη και τις ΗΠΑ, ως βάση για αποθέματα μεταλλευμάτων αναφερόμενος στα πρότυπα (Stephenson 2003). Επίσης σε μερικές ανατολικές ευρωπαϊκές χώρες, τα ντόπια συντηρητικά πρότυπα (όπου προέρχονται από τα επίπεδα της αναγνώρισης του μεταλλευτικού σώματος της πρώην Σοβιετικής Ένωσης) εξετάζονται προκειμένου να ικανοποιηθούν τα ευρέως εγκεκριμένα “Western” - JORC πρότυπα. Μετά από τη παγκοσμιοποίηση της διεθνούς οικονομίας, η διεθνώς αποδεκτή τυποποίηση της αναγνώρισης πόρων-αποθεμάτων και της εκτίμησής τους γίνεται απαραίτητη για να ανοίξει η μεταλλευτική βιομηχανία για ξένους επενδυτές.

Η αναγνώριση των λιγνιτικών αποθεμάτων είναι δύσκολη για δύο λόγους. Πρώτον: η εφαρμογή των τυποποιημένων μεθόδων των αποθεματικών και η ταξινόμηση των ορυκτών πόρων για ένα εναπόθεμα που δε μπορεί απλά να αποτιμάται με μια παράμετρο όπως ο βαθμός αξιολόγησης δεν είναι φανερή. Δεύτερον: δεν υπάρχει τιμή αγοράς για το λιγνίτη (όπως και για όποιο άλλο μέταλλο ή λιθάνθρακα) και καμία φόρμουλα αξιολόγησης για το λιγνίτη δεν έχει γίνει ευρέως αποδεκτή.

Η αυξανόμενη ζήτηση για τη παροχή ενέργειας και η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθιστά υποχρεωτική την ανταγωνιστική συμπεριφορά από τους προμηθευτές ενέργειας. Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η χρήση των φυσικών πόρων του λιγνίτη είναι απαραίτητο να οικοδομήσουμε μια κοινή στρατηγική για τις δύο πλευρές ενός διμερούς μονοπωλίου του λιγνιτικού ορυχείου και ενός εργοστασίου παραγωγής ενέργειας.

Σε αντίθετη περίπτωση δεν μπορεί να επιτευχθεί η αποτελεσματικότητα Pareto, βάζοντας σε αμφισβήτηση την ορθή χρήση των λιγνιτικών αποθεμάτων καθώς θα έχει επιλεγεί μια υποβέλτιστη τελική εκσκαφή και η τροφοδοσία σε ενέργεια θα έχει ελαττωθεί.

3.2 Μέθοδοι

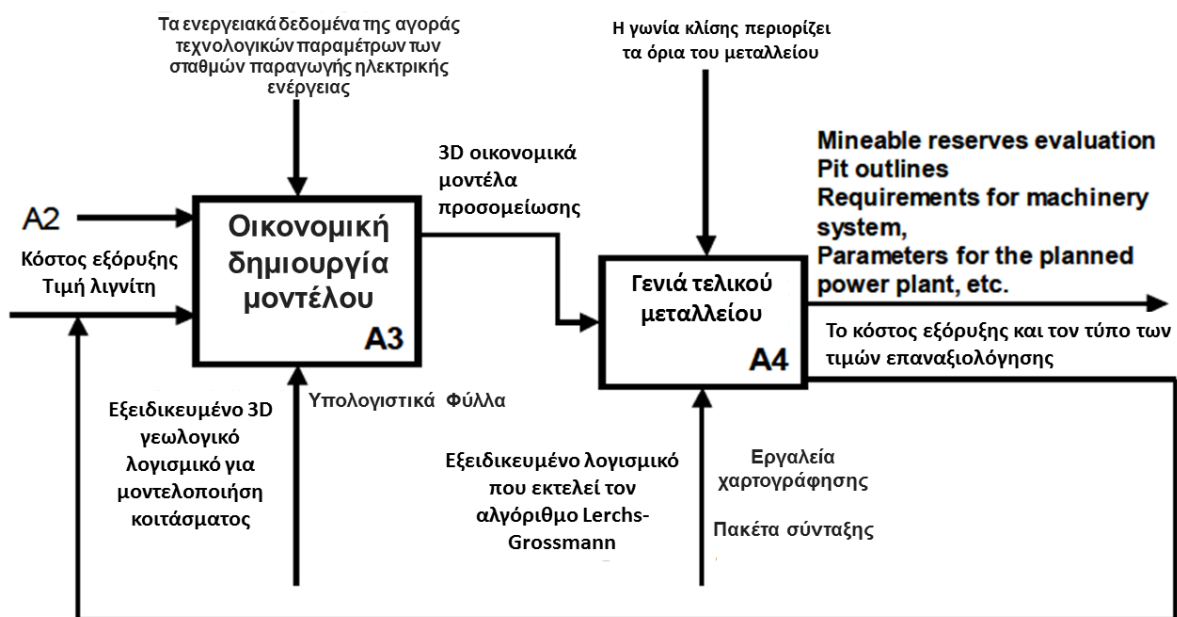
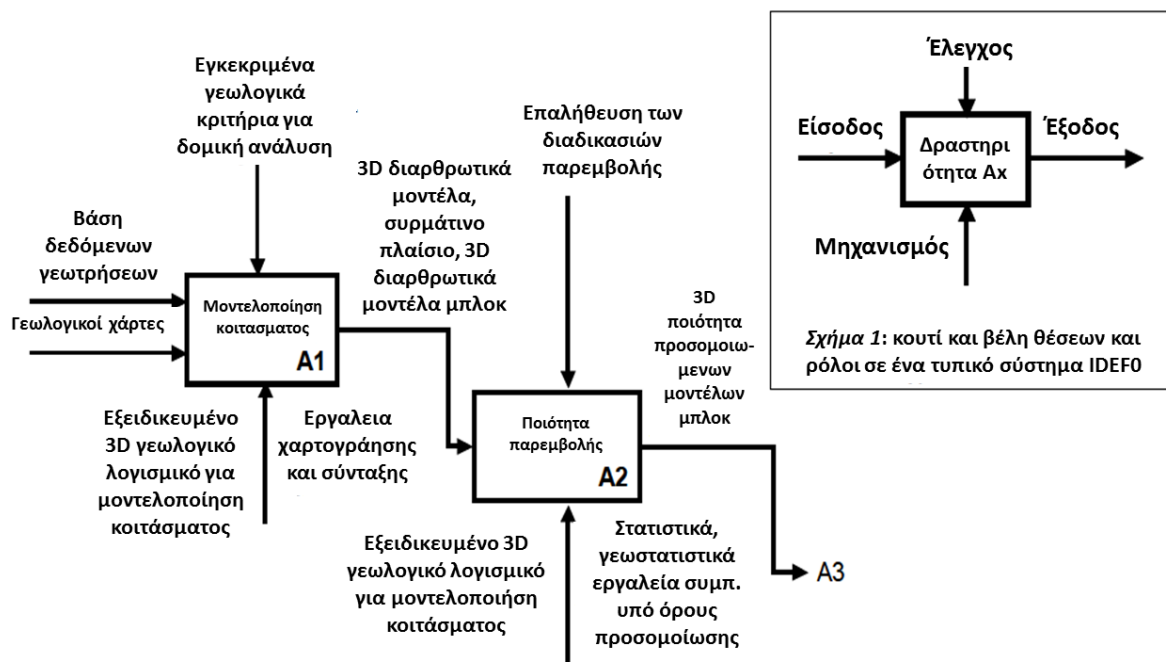
Το πρώτο βήμα αναγνώρισης κοιτασμάτων λιγνίτη δημιουργεί ένα ψηφιακό, τρισδιάστατο μοντέλο κοιτασμάτων (διαρθρωτικό και ποιοτικό). Αυτή είναι η βάση για την οικοδόμηση ενός οικονομικού μοντέλου του κοιτάσματος - το μοντέλο το οποίο κάθε μπλοκ έχει αντιστοιχιστεί με το κόστος εξόρυξης και - στην περίπτωση των λιγνιτικών μπλοκ - υπολογίζονται τα έσοδα από την πώληση του περιεχομένου λιγνίτη.

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του τελικού μεταλλείου (με τη χρήση οποιουδήποτε καταξιωμένου αλγορίθμου βελτιστοποίησης όπως Lerchs-Grossmann) με βάση το οικονομικό μοντέλο (Kawalec & Specylak 2000). Προκειμένου να αποφευχθεί το πρόβλημα της έλλειψης της τιμής της αγοράς του λιγνίτη το βέλτιστο υπαίθριο λατομείο πραγματοποιείται για πολλά επίπεδα τιμών που επιτρέπουν - με τη λύση του μοντέλου διμερούς μονοπωλίου - να αποκτήσει το μοναδικό τελικό μεταλλείο μεγιστοποιώντας τα κοινά κέρδη των ορυχείων και των εγκαταστάσεων ισχύος (Jurdziak 2008).

Προτείνεται επίσης να ποσοτικοποιηθεί η αβεβαιότητα που συνδέεται με το κοίτασμα του λιγνίτη με τη χρήση τις υπό όρους προσομοίωσης – αναπτυγμένη πρόσφατα, προηγμένη γεωστατιστική μέθοδος του προσδιορισμού της μεταβλητότητας των παραμέτρων των κοιτασμάτων.

3.3 Αποτελέσματα

Η προτεινόμενη μέθοδος για τον προσδιορισμό λιγνιτικών κοιτασμάτων (ροή δεδομένων, μηχανισμός επεξεργασίας των δεδομένων και ελέγχου των διεργασιών) έχουν παρουσιαστεί στα εξής σχήματα (σχήμα 3.2) με τη χρήση του IDEFO (εξηγείται στο σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.2: Η προτεινόμενη, νέα μέθοδος προσδιορισμού απολήψιμων αποθεμάτων άνθρακα (το πρόγραμμα IDEFO)

3.4 Συμπεράσματα

Η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί επίσης για όλους τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δίπλα σε ορυχείο. Επιπλέον, η εφαρμογή της αποτίμησης του άνθρακα φαίνεται να είναι περισσότερο βιώσιμη από την τιμή αγοράς του άνθρακα, καθώς μπορεί να μεγιστοποιήσει τη χρήση των φυσικών πόρων.

4. Μοντελοποίηση των Εξόδων Μεταφοράς για Εναλλακτικό Σχέδιο Ζωής του Ορυχείου για Συνεχή Επιφανειακή Εξόρυξη του Λιγνίτη

4.1 Εισαγωγή

Η γεωλογική μοντελοποίηση ο σχεδιασμός του ορυχείου και ο προγραμματισμός, έχουν υιοθετήσει με επιτυχία εξελιγμένους μεθόδους υπολογιστή όχι μόνο για μία άνετη ψηφιακή αντικατάσταση, μιας παραδοσιακής τεκμηρίωσης 'εγγράφου' αλλά επίσης για τις ισχυρές δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων με εκτεταμένη χρήση των μεθόδων που απλά δεν ήταν πριν διαθέσιμα. Ενώ κάθε 3D απεικόνιση των γεωλογικών δεδομένων και η ανάπτυξη του ορυχείου (συμπεριλαμβανομένης της επιφανειακής ενισχυμένης απόδοσης και τα εργαλεία εικονικής πραγματικότητας) έχουν μεγάλη αξία και για τους δύο, τους μεταλλειολόγους και το κοινό, τα πιο σημαντικά και άκρως εξειδικευμένα εργαλεία λογισμικού έχουν αναπτυχθεί για το σκοπό της βελτιστοποίησης του ορυχείου. Τα σχέδια εκμετάλλευσης υπαίθριων ορυχείων είναι σήμερα συχνά βασισμένα, στους οικονομικούς αλγόριθμους βελτιστοποίησης που ασχολούνται με τα ορόσημα του έργου: τελικός σχεδιασμός φάσης εκμετάλλευσης ορυχείου και το σχεδιασμό της ζωής του ορυχείου. Σε γενικές γραμμές, οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης ορυχείου εξαρτώνται από το οικονομικό μοντέλο μπλοκ ενός κοιτάσματος, ένα σύνολο κελιών που έχουν ανατεθεί με κάθε κόστος εξόρυξης και – στη περίπτωση ενός 'μεταλλεύματος' μπλοκ – τα έσοδα υπολογίζονται από τη πώληση του περιεχόμενου μεταλλεύματος.

Η ακρίβεια των δεδομένων εισόδου - ενός οικονομικού μοντέλου - είναι κρίσιμη για οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία και κανένα αποτέλεσμα δεν μπορεί να είναι πιο αξιόπιστο από τα δεδομένα εισόδου. Ως εκ τούτου η κατασκευή του οικονομικού μοντέλου μπλοκ αξίζει μία εμπεριστατωμένη προετοιμασία των δεδομένων, ανάλυση και επικύρωση αλλιώς η εφαρμογή των προηγμένων αλγορίθμων βελτιστοποίησης ορυχείου όπως ο σχεδιασμός τελικού μεταλλείου (Lerchs, Grossmann 1965, Underwood, Tolwiski 1998) δεν έχει νόημα. Τα πιθανά σφάλματα του μοντέλου εξαρτώνται από τη γεωλογική μοντελοποίηση που έχει δημιουργήσει το μοντέλο μπλοκ, την ορθή εκτίμηση των εσόδων από την πώληση του περιέχοντος μεταλλεύματος (βασισμένα στα δεδομένα του χρηματιστηρίου, ή άλλη τιμή φόρμουλας) και-συχνά πιο δύσκολα-την ακρίβεια της χωρικής κατανομής των κοστών εξόρυξης.

Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης λατομείου έχουν αναπτυχθεί περισσότερο για τις κυκλικές υπαίθριες επιχειρήσεις, ως εκ τούτου η ανάλυση του συστήματος των φορτηγών μεταφοράς εμπορευμάτων, έχει εφαρμοστεί για το ακριβές κόστος μοντελοποίησης ορυχείου. Ωστόσο, αυτό δεν είναι κατάλληλο για συνεχή επιφανειακή εξόρυξη με ένα σύστημα μεταφοράς ιμάντα το οποίο αντικατοπτρίζει τον εντοπισμό της απόθεσης των αγόνων (εξωτερικά ή μέσα σε λατομείο) και τη μέθοδο επέκτασης εκσκαφής (παράλληλα ή κυκλικά). Για παράδειγμα, συνεχείς επιφανειακή εξόρυξη, κάποτε το πλέγμα του τελικού μεταλλείου και η ετήσια παραγωγή είχαν καθοριστεί, η επιλογή μιας αρχικής θέσης περικοπής μαζί με τη θέση χωματερής και η προκύπτουσα διάταξη μεταφοράς ταινίας έχουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στο κόστος εξόρυξης. Αυτά δεν έχουν μοντελοποιηθεί ακόμα για το σκοπό των αλγορίθμων των βελτιστοποιημένων λατομείων. Ως εκ τούτου, αυτό το έγγραφο ασχολείται με την μοντελοποίηση της χωρικής κατανομής του κόστους εξόρυξης όσον αφορά το κόστος των εναλλακτικών ιμάντων μεταφοράς.

4.2 Μέθοδοι Τοπικής Προσαρμογής του Κόστους Εξόρυξης

Οι αλγόριθμοι της βελτιστοποίησης λατομείων έχουν αναπτυχθεί περισσότερο για μεταλλεία με απότομη γωνία κλίσης και σχετικά με μεγάλο βάθος. Σε τέτοια ορυχεία η αύξηση του βάθους περιορίζεται από την άνοδο του κόστους μετακίνησης υπερφορτίσεων και εμπορευματικών μεταφορών. Το μέγεθος των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων με συνεχείς εργασίες εξόρυξης (που χαρακτηρίζεται συνήθως από ρηχή γωνία κλίσης και μικρότερο βάθος) εμποδίζεται πιο συχνά από το κόστος της απόκτησης της γης και το κόστος της απόμάκρυνσης των υπερκειμένων και του μηχανισμού της εκφόρτωσης. Έτσι, η κατανομή τους κόστους εξόρυξης υπόκειται σε διαφορετικούς κανόνες.

Πίνακας 4.1: Μέθοδοι εξόρυξης κόστους προσαρμογής (διαθέσιμο σε NPV πρόγραμμα).

<u>Παράγοντας κόστους</u> <u>Μεταλλευτικής</u>	<u>μονάδα</u>	<u>περιγραφή</u>
κατά μέσο όρο το κόστος εξόρυξης ανά μάζα ή μονάδα όγκου (AMC)	[PLN/t] or [PLN/m ³]	προεπιλεγμένη τιμή που αποδίδεται σε ένα κελί αν το CAF δεν έχει οριστεί
Κόστος Συντελεστής ρύθμισης (CAF)ως συνάρτηση του βάθους	[Άνευ διαστάσεων]	CAF ανάλογο με το βάθος, κατάλληλο για φορτηγά εμπορευματικών μεταφορών και αφυδατωμένη αύξηση του κόστους
CAF Εκχωρημένες σε τύπους πετρώματος	[Άνευ διαστάσεων]	Ανεξάρτητα από τα παραπάνω, αντιπροσωπεύει διαφορετικό κόστος της εκμετάλλευσης (π.χ. ανατινάξεις έναντι κοπής)
προαιρετικό κόστος απόκτησης εδάφους	[PLN]	Κόστος εκχωρημένο σε μια δεδομένη περίμετρο στην επιφάνεια του εδάφους παρά στα κελιά, αντιπροσωπεύει το κόστος αγοράς γης για τις μεταλλευτικές δραστηριότητες
μεμονωμένο CAF που υπολογίζεται για κάθε κελί	[Άνευ διαστάσεων]	Επιτρέπει να διακρίνουν τις αλλαγές του κόστους εξόρυξης ακριβώς σχετικά με τυχόν δεδομένα κριτήρια

Το λογισμικό της βελτιστοποίησης λατομείου (πχ scheduler ηρν) επιτρέπει σε ένα μηχανικό ορυχείων να προσαρμόσει τα κόστη εξόρυξης (βλέπε πινακάκι 1) με την χρήση του επονομαζόμενου Κόστος Ρύθμισης Συντελεστή (CAF), το οποίο πολλαπλασιάζει το μέσο κόστος εξόρυξης (AMC) για να ληφθεί το τελικό κόστος εξόρυξης (MC) που μπορεί να είναι ακόμη και μεμονωμένο για κάθε κελί στο οικονομικό μοντέλο μπλοκ.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τη ρύθμιση του MC (όπως περιγράφεται στον πίνακα 1) αλλά το μόνο συγκεκριμένο για συνεχή επιφανειακή εκμετάλλευση - η κατανομή του κόστους ιμάντα μεταφοράς - μπορεί να γίνει με τη μεμονωμένη χρήση του CAF. Η προτεινόμενη λύση περιγράφεται παρακάτω

4.3 Η Ιδέα της Μοντελοποίησης της Κατανομής του Κόστους Ιμάντα Μεταφοράς

4.3.1 Γενικές Υποθέσεις

Μετά τις εγχώριες (Bednarczyk 2007) και στο εξωτερικό (Πέτριτς 2003) δημοσιεύσεις οι ιμάντες μεταφοράς μοιράζουν περίπου το 20% των συνολικών επενδύσεων και το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ενός λιγνιτικού ορυχείου με τις δραστηριότητες συνεχής επιφανειακής εξόρυξης. Η προβλεπόμενη δομή του κόστους εξόρυξης για το προγραμματισμένο "Iegnica" συνεχές επιφανειακό λιγνιτικό ορυχείο επαναλαμβάνει το 18% του μεριδίου του συνολικού κόστους εξόρυξης για ιμάντα μεταφοράς (συμπεριλαμβανομένων μερικών 5,5% της ενεργειακής κατανάλωσης). Σχεδόν το 20 % του συνολικού κόστους εξόρυξης διανέμεται άνισα πάνω από το λατομείο το οποίο θα πρέπει να έχει αντίκτυπο στη συνολική χωρική κατανομή του κόστους εξόρυξης, το οποίο αλλάζει την ταμειακή ροή κατά τη διάρκεια ζωής του ορυχείου.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το πραγματικό κόστος της μεταφοράς ενός συγκεκριμένου κελιού σε ένα οικονομικό μοντέλο μπλοκ θα πρέπει να αποδοθεί με τη δική του ενέργεια που καταναλώνεται από μεταφορείς για την παράδοση άνθρακα ή να επιβαρύνει είτε το τελικό σημείο μεταφοράς ή την ιστοσελίδα του μηχανισμού εκφόρτωσης (εξωτερικά ή μέσα στο λατομείο), αντίστοιχα. Μόνο οριζόντιες (εντός εκσκαφής) και κεκλιμένες διαδρομές μεταφορές θα πρέπει να εξετάζονται, και επομένως η απαιτούμενη ενέργεια για την οριζόντια και κατακόρυφη μεταφορά θα πρέπει να υπολογιστεί ξεχωριστά. Η εξίσωση (1) περιέχει όλους του απαραίτητους συντελεστές για τον υπολογισμό της συγκεκριμένη κατανάλωσης ενέργειας (JKOP).

$$JKOP(x, y, z,) = (JE_H \cdot L(x, y, z,) + JE_v(x, y, z,)) \cdot C_E \cdot u_E \text{ [PLN/m}^3\text{]} \quad (1)$$

Όπου:

JE_H - ειδικός συντελεστής κατανάλωσης ενέργειας οριζόντιας μεταφοράς [(KWh/m³m)],

JE_v - ειδικός συντελεστής κατανάλωσης ενέργειας κάθετης μετακίνησης [(KWh/m³m)],

$L(x, y, z)$ - οριζόντιο μήκος της διαδρομής μεταφοράς από ένα σημείο (x, y, z) [m],

$H(x, y, z)$ - ύψος της αύξησης μιας διαδρομής μεταφοράς από ένα σημείο (x, y, z) στην επιφάνεια [m],

C_E - μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας [PLN/KWh] όπου $C_E = 0.16 \text{ z}^3/\text{KWh}$,

U_E - πολλαπλασιαστής του ενεργειακού κόστους (άνευ διαστάσεων) όπου $U_E = 3,2$.

Ο ειδικός συντελεστής κατανάλωσης ενέργειας εντοπίζεται ανά μονάδα όγκου αντί για μονάδα μάζας προκειμένου να διατηρηθεί η συμβατότητα με μονάδες όγκου χρησιμοποιούνται από ορυχεία για τα υπερκείμενα εξαγώμενα δεδομένα. Οι παράγοντες θα πρέπει να γίνουν ξεχωριστά για τον άνθρακα και τα υπερκείμενα (στην πραγματικότητα μπορούν να υπολογιστούν ξεχωριστά όσον αφορά τις διαφορετικές πυκνότητες πετρωμάτων).

Υποθέτοντας ότι το κόστος μεταφοράς που διακρίνει το μπλοκ με ένα άλλο, το CAF_{transp} μπορεί να υπολογιστεί ως μια αναλογία (2) (Πίνακας 4.1):

$$CAF_{transp} = \frac{(AMC \cdot 0.82 + JKOP)}{AMC} \text{ [PLN/m}^3\text{]} \quad (2)$$

4.3.2 Αναγνώριση της Ειδικής Κατανάλωσης Ενέργειας των Μεταφορικών Ιμάντων

Η ειδική κατανάλωση ενέργειας των μεταφορικών ιμάντων πρέπει να υπολογίζεται για συγκεκριμένους τύπους μεταφορέων που έχουν προγραμματιστεί για το ορυχείο. Το εξειδικευμένο λογισμικό για υπολογισμούς ιμάντων μεταφοράς αντιστέκεται στην κίνηση και η απαιτούμενη ισχύ μετάδοσης τους είναι αναγκαία για να δώσει τα ακριβή στοιχεία.

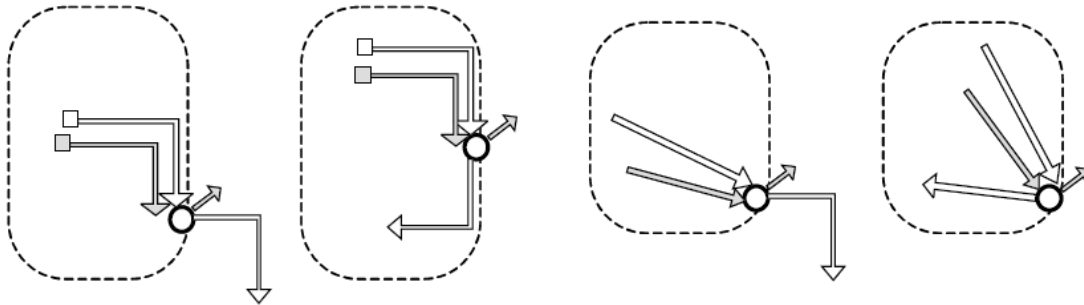
Υποθέτοντας τυπικές παραμέτρους των μεταφορικών ιμάντων που χρησιμοποιούνται σε μεσαίου μεγέθους υπαίθριων λιγνιτικών ορυχείων (ζώνη πλάτους 1,6m η ταχύτητα ιμάντα 524m/s, τύπος ζώνης St3150 απόσταση ράουλων 1.2 και 6.0 m για το επάνω και κάτω σκέλος αντίστοιχα, διπλή τροχαλία κίνησης της κεφαλής, κατά μέσο όρο η θερμοκρασία περιβάλλοντος 5°C και τυπικές συνθήκες λειτουργίας, οι ειδικοί παράγοντες κατανάλωσης ενέργειας έχουν υπολογιστεί όπως φαίνεται στον Πίνακα:

Πίνακας 4.2: Ειδική κατανάλωση ενέργειας από τον ιμάντα ταινιόδρομου.

<u>Ειδικός συντελεστής κατανάλωσης ενέργειας</u>	<u>μονάδα</u>	<u>Αποθέσεις</u>	<u>Άνθρακας</u>
JEH –οριζόντια μεταφορά	[kWh/(m ³ ·m)]	0,315·10 ⁻³	0,2355·10 ⁻³
JEV –κάθετη μετακίνηση	[kWh/(m ³ ·m)]	6,93·10 ⁻³	4,08·10 ⁻³

4.3.3 Μοντελοποίηση του Μήκους του Ιμάντα Ταινιόδρομων Μεταφορών

Ο ακριβής προσδιορισμός μιας διαδρομής μεταφοράς είναι δυνατός μετά τον λεπτομερή σχεδιασμό του ορυχείου για κάθε στάδιο της ζωής του ορυχείου. Ωστόσο, ακόμη και στο στάδιο της μελέτης προ-σκοπιμότητας μπορεί να αξιολογηθεί στη βάση ενός περιγράμματος του τελικού μεταλλείου, των επεκτάσεων και αποθέσεων του.



Σχήμα 4.1: Γενικευμένα συστήματα των υπερκείμενων (λευκά βέλη) και άνθρακα (γκρι βέλη) διάδρομοι μεταφοράς του τελικού μεταλλείου φαίνονται στο περίγραμμα του φόντου, οι κύκλοι συμβολίζουν ράμπες μεταφοράς, από αριστερά προς τα δεξιά: παράλληλη επέκταση εκσκαφής (εξωτερικά και μέσα στο λατομείο απόρριψης στείρων), κυκλική επέκταση εκσκαφής (εξωτερικά και μέσα στο λατομείο απόρριψης στείρων).

Για την προκαταρκτική εκτίμηση του κόστους μεταφοράς θα πρέπει να καθοριστούν τα παρακάτω στοιχεία

- Το είδος της προώθησης
- Τοποθέτηση της αρχικής περικοπής
- Θέση μεταφοράς ράμπας
- Το φάσμα των εξωτερικών αποθέσεων για τα στείρα μπλοκ (από την αρχική τομή πέρα από το εύρος μιας εσωτερικής απόθεσης αντικαθιστά την εξωτερική).

Στην περίπτωση κυκλικής επέκτασης, η οριζόντια απόσταση από το διάδρομο μεταφοράς μπορεί να υπολογισθεί με τη χρήση της 'Ευκλείδειας απόστασης' (3) ενώ για την παράλληλη επέκταση η απόσταση (4) είναι κατάλληλη.

$$dist_E(A, B) = \sqrt{(A_x - B_x)^2 + (A_y - B_y)^2} \quad (3)$$

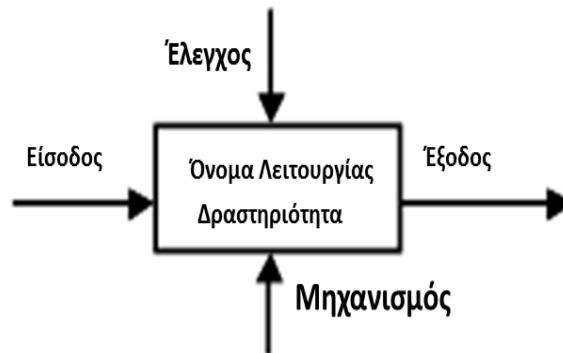
$$dist_T(A, B) = |A_x - B_x| + |A_y - B_y| \quad (4)$$

όπου: A_x, A_y, B_x, B_y είναι οι συντεταγμένες επιπέδου των σημείων A, B

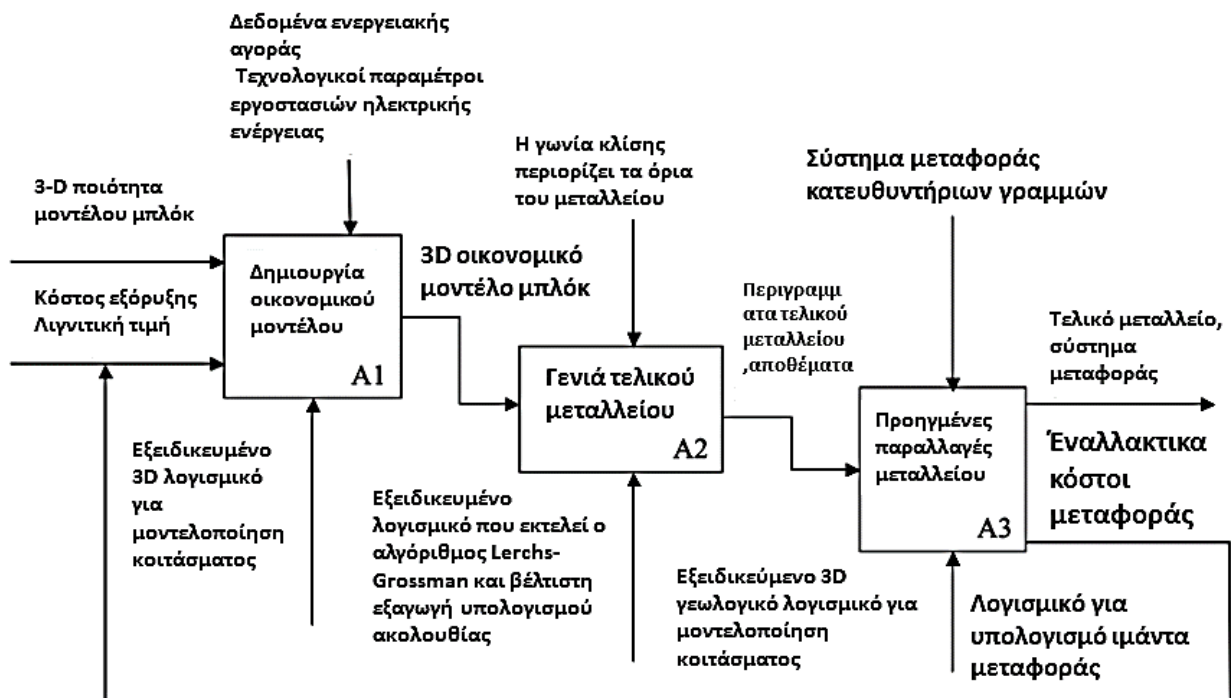
Μερικές συμπληρωματικές παραδοχές για την αναγνώριση των διάδρομων μεταφοράς από τη ράμπα στην εξωτερική απόθεση πρέπει να καθοριστούν σύμφωνα με το γενικό σχεδιασμό ορυχείου κατευθυντήριων γραμμών.

4.3.4 Περιγραφή της Διαδικασίας

Η διαδικασία πολλαπλών σταδίων της δημιουργίας του τελικού μεταλλείου μαζί με την Βέλτιστη Εξαγωγή της Αλληλουχίας (OES)-την ακολουθία των μπλοκ εξόρυξης σε ένα τελικό μεταλλείο που προσφέρει την υψηλότερη NPV για το δοσμένο οικονομικό μοντέλο και γενικά γωνίες κλίσης-αναγκαίο για τον περαιτέρω βέλτιστο σχεδιασμό ορυχείου έχει περιγραφεί παρακάτω (Σχήμα 4.3) με τη χρήση του IDEFO σχεδίου (Σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: κουτί και βέλη θέσεων και ρόλοι σε ένα τυπικό σύστημα IDEFO



Σχήμα 4.3: Το σύστημα παραγωγής του τελικού μεταλλείου όσον αφορά τα εναλλακτικά έξοδα μεταφοράς.

Τα επόμενα βήματα της δημιουργίας του προγράμματος Life- of -Mine είναι πρότυπα για τον μακροπρόθεσμο αλγόριθμο βελτιστοποίησης του Tolwinski's που διατίθεται στο λογισμικό NPV Scheduler (Jurdiak, Kawalec 2000):

- Φάση εκμετάλλευσης (Όσον αφορά την υποτιθέμενη μέθοδο επέκτασης).
- Προγραμματισμός από το δεδομένο σενάριο φάσης εκμετάλλευσης.

Αυτά τα βήματα παρουσιάζονται στην ακόλουθη μελέτη.

4.4 Υπόθεση Μελέτης

Η μελέτη υπόθεσης ενός Life-Of-Mine σχεδίου όσον αναφορά τα εναλλακτικά κόστη μεταφοράς έχει γίνει για ένα μικρό λιγνιτικό κοιτάσμα 'Morzyczyn' του επιφανειακού λιγνιτικού ορυχείου 'Konin' στη κεντρική Πολωνία. Λόγω των γεωλογικών τεκμηρίων το κοιτάσμα περιέχει περίπου 9,2 τόνους από εκμεταλλεύσιμα αποθέματα, μέσω πάχους λιγνιτικής γραμμής να είναι 5,7 μέτρα και των υπερκείμενων 48 μέτρα. Η λιγνιτική γραμμή χωρίζεται με παρεμβαλλόμενα φύλλα. Οι παράμετροι ποιότητας του άνθρακα είναι κάτω από τις προδιαγραφές παραγωγής ισχύος.

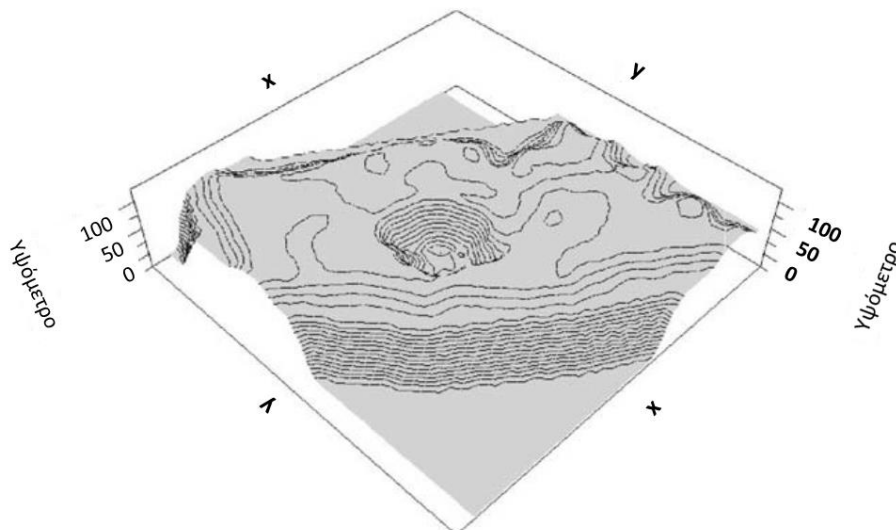
- a. Θερμική αξία: avg. QR=7000 KJ /kg (κατώτατο επιτρεπόμενο: 7800 ή 8300 KJ/Kg)
- b. Περιεκτικότητα σε θείο: avg. SR=0.94% (ανώτατο επιτρεπόμενο: 0, 96%)
- c. Περιεκτικότητα σε τέφρα: avg. AR=18% (ανώτατο επιτρεπόμενο: 12%)

Η υψηλή αναλογία αποκάλυψης καθώς και η κοντινή γειτονιά του προστατευμένου τοπίου είναι τα ισχυρά επιχειρήματα ενάντια στην εκμετάλλευση αυτού του κοιτάσματος. Παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη.

Η μοντελοποίηση κοιτάσματος έχει γίνει στο γεωλογικό λογισμικό εξόρυξης *Datamine Studio*. Έπειτα το δομικό μοντέλο μπλοκ έχει χτιστεί με κελιά μεγέθους 120;120;4 m. Το μοντέλο περιέχει 3 κύριες ζώνες: τον άνθρακα, τα υπερκείμενα και τα παρεμβαλλόμενα φύλλα.

Λόγω της σχετικά χαμηλής πυκνότητας του πλέγματος διάτρησης (350x350 m πάνω από την περιοχή περίπου 30 km²) η παρεμβολή των παραμέτρων ποιότητας έχει γίνει με την χρήση της απλής μεθόδου “πλησιέστερου γείτονα”. Η συνολική χωρητικότητα των βράχων στο εσωτερικό της ζώνης άνθρακα έχει φτάσει 85 εκ τόνους (ανεξάρτητα από το πραγματικό πάχος της ανθρακογραμμής). Οι μέσες τιμές της περιεχόμενης θερμικής αξίας τέφρας και θείου ήταν πολύ παρόμοιες με εκείνες από την γεωλογική τεκμηρίωση.

Για το οικονομικό μοντέλο, η βασική τιμή του άνθρακα έχει οριστεί σε 57,65 PLN/Mg, το βασικότερο κόστος εξόρυξης (AMC) στο 5,25 PLN/cum (με την ανάλυση του κόστους εξόρυξης στο “Konin” ορυχείο.)

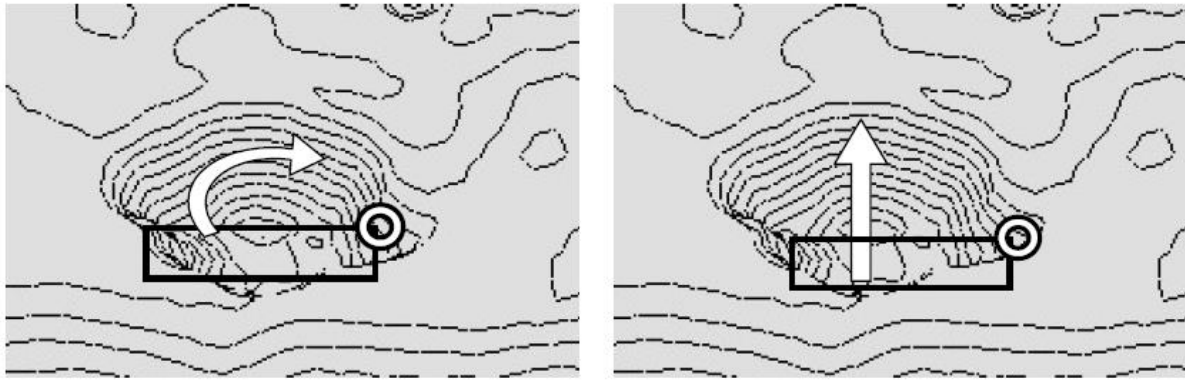


Σχήμα 4.4: Η οπτικοποίηση της εισόδου στο τελικό μεταλλείο (αλγόριθμος Lerchs-Grossmann, NVP Scheduler).

Αυτό το οικονομικό μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του τελικού ορυχείου με την χρήση του αλγόριθμου Lerchs-Grossman. Η μέση γωνία κλίσης έχει οριστεί σε 15°, η ετήσια παραγωγή λιγνίτη σε 2 εκ. τόνους και το προεξοφλητικό επιτόκιο στο 10%.

Η παραγόμενη καταχώρηση του τελικού μεταλλείου περιέχει 19.600.000 τόνους άνθρακα (μέση τιμή θερμογόνου δύναμης 7720 kcal/kg και η μέση περιεκτικότητα σε τέφρα 16,5% και η μέση περιεκτικότητα σε θείο 0,85%) και 113εκ m³ των υπερκειμένων. Το σχήμα του κελύφους του ορυχείου παρουσιάζεται παρακάτω.

Με βάση την τελική βελτιστοποιημένη ανάλυση του ορυχείου, συμπεριλαμβανομένης της θέσης των φάσεων του - ένθετο τελικό μεταλλείο που δημιουργείται για μια σειρά από υποτιμήσεις της βασικής τιμής του λιγνίτη (Jurdiak, Kawalec 2000) – η εναλλακτική κυκλική και παράλληλη επέκταση έχουν προταθεί για αξιολόγηση (Σχήμα 4.6). Τα έξοδα μεταφοράς έχουν υπολογισθεί και στην συνέχεια έχουν ενσωματωθεί στο τροποποιημένο οικονομικό μοντέλο του μπλοκ ως πρόσθετο CAF πεδίο για να χρησιμοποιηθεί από το λογισμικό NPV Scheduler. Για αυτούς τους υπολογισμούς του κόστους έχουμε υπολογίσει το εύρος των εξωτερικών αποθέσεων και το κοινό μήκος της διαδρομής του μεταφορέα από την ράμπα μεταφοράς προς την απόθεση.



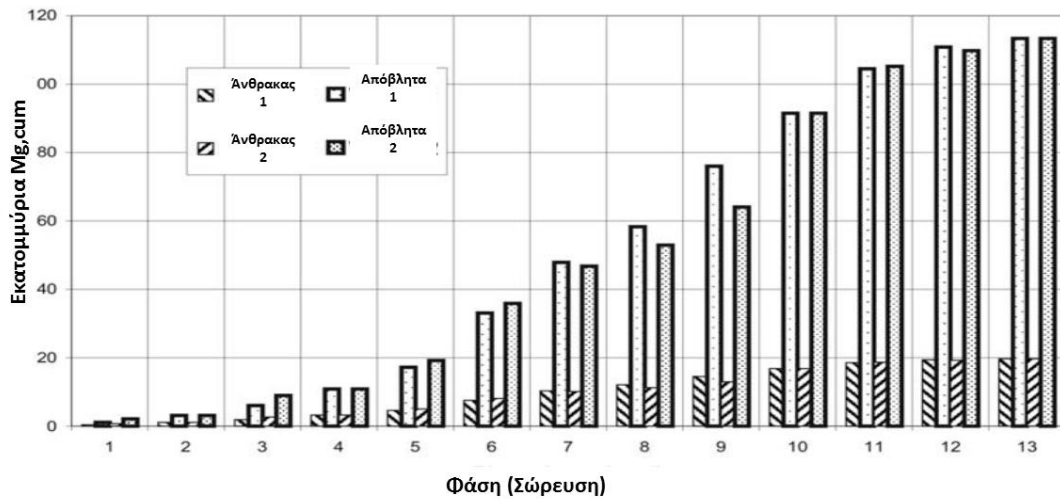
Σχήμα 4.5: Τα σχέδια τοποθέτησης της αρχικής κοπής (γκρι ορθογώνιο), ράμπα μεταφοράς (λευκό δακτύλιο) και η κατεύθυνση επέκτασης: κυκλική δεξιόστροφα (αριστερά) και παράλληλη (δεξιά).

Τα δύο τελικά μεταλλεία βασισμένα σε δύο, εναλλακτικά CAFs έχουν δημιουργηθεί ακριβώς μέσα στην είσοδο του τελικού ορυχείου (καμιά νέα βελτιστοποίηση ορυχείου). Παρόλο που το τελικό μεταλλείο (και τα λιγνιτικά αποθέματα) είναι κοινά, οι διαδοχικές φάσεις είναι διαφορετικές από άποψη μεγέθους (φάσεις 7-9 στο Σχήμα 4.65 και του αναμενόμενου κέρδους (Σχήμα 4.6).

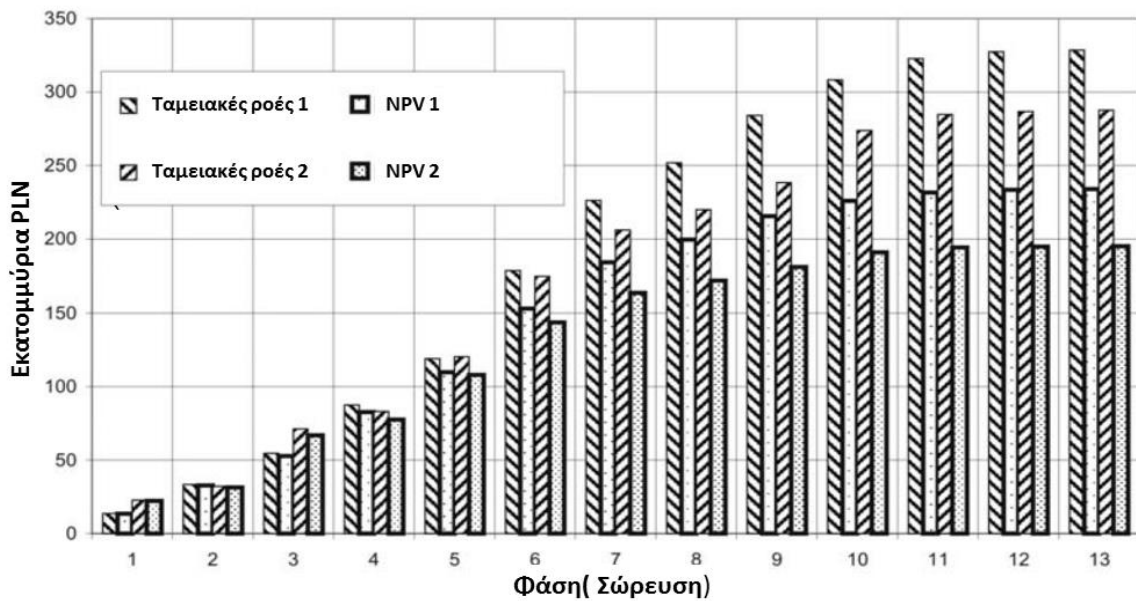
Δύο σετ των εναλλακτικών φάσεων εκμετάλλευσης έχουν δημιουργηθεί μέσα σε ψηφιοποιημένα όρια των παγκόσμιων (συνολικών) ορίων τους.

- Τραπεζοειδές περιστρέφεται δεξιόστροφα γύρω από το σημείο της ράμπας μεταφοράς από την αρχική οριακή τιμή για την κυκλική επέκταση,
- Ορθογώνια παράλληλα με το άλλο να κινείται προς τον βορρά από την αρχική οριακή τιμή για την παράλληλη επέκταση p_i (σύγκρινε σχήμα 4.5)

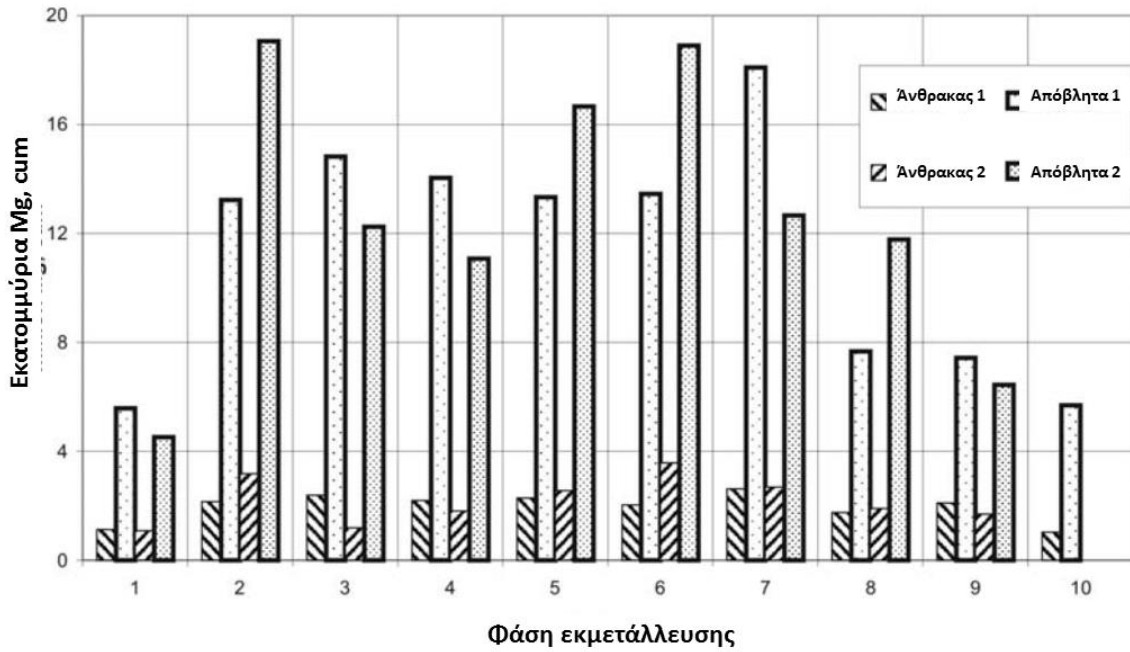
Αυτές οι φάσεις εκμετάλλευσης ελέγχουν την αλληλουχία των εξορυσσομένων μπλοκ που ακολουθούν τους γεωμετρικούς περιορισμούς των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων συνεχούς επιφάνειας. Οι διαφορές μεταξύ του μεγέθους (Σχήμα 4.7) του σχήματος και της αξίας των φάσεων εκμετάλλευσης (Σχήμα 4.8) τα εναλλακτικά σενάρια είναι πολύ μεγαλύτερα στην συνέχεια των φάσεων, που δημιουργούνται ανεξάρτητα από τους μεταλλευτικούς περιορισμούς εκτός της συνολικής γωνίας εκσκαφής.



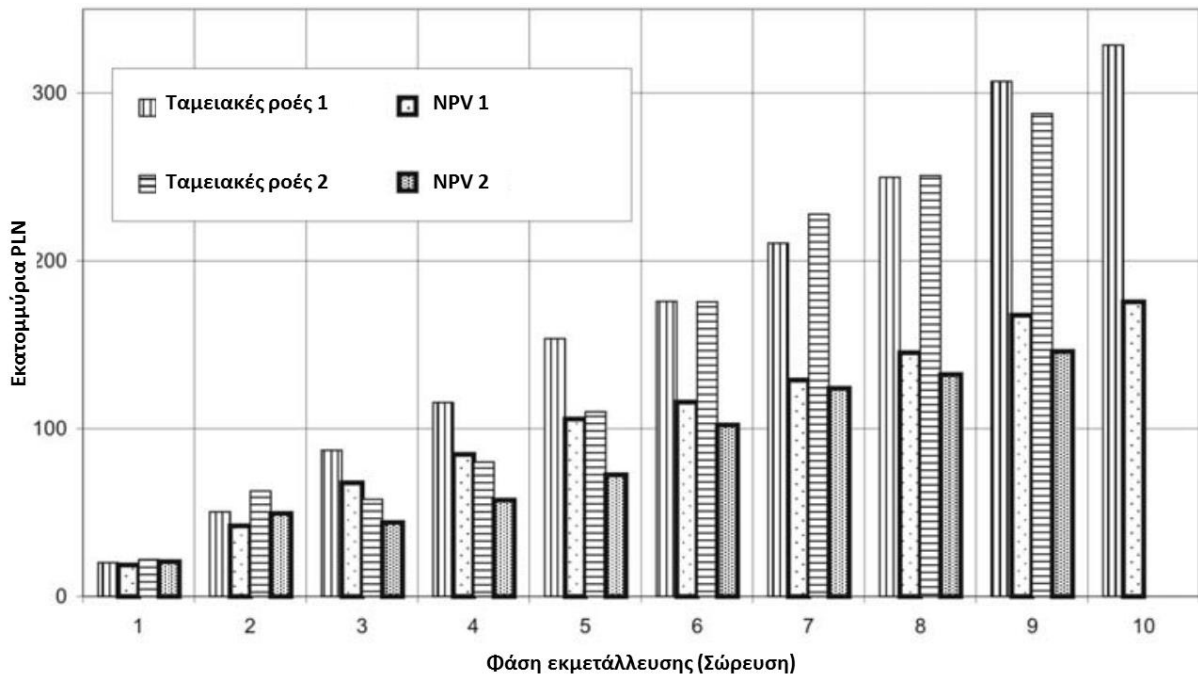
Σχήμα 4.6: Αποθέματα άνθρακα (Mg) όγκος υπερκειμένων (m^3) της σωρευμένης φάσης του τελικού μεταλλείου που δημιουργείται για δύο συντελεστές προσαρμογής εξόρυξης κόστους (1 - δηλώνει κυκλική προώθηση, 2 σημαίνει παράλληλη προώθηση).



Σχήμα 4.7 : Οι ταμειακές ροές και η κορυφαία αξιολόγηση της NPV των σωρευτικών φάσεων του τελικού λατομείου που δημιουργείται για δύο συντελεστές προσαρμογής εξόρυξης κόστους (1 - δηλώνει κυκλική προώθηση, 2 - δηλώνει παράλληλη προώθηση).

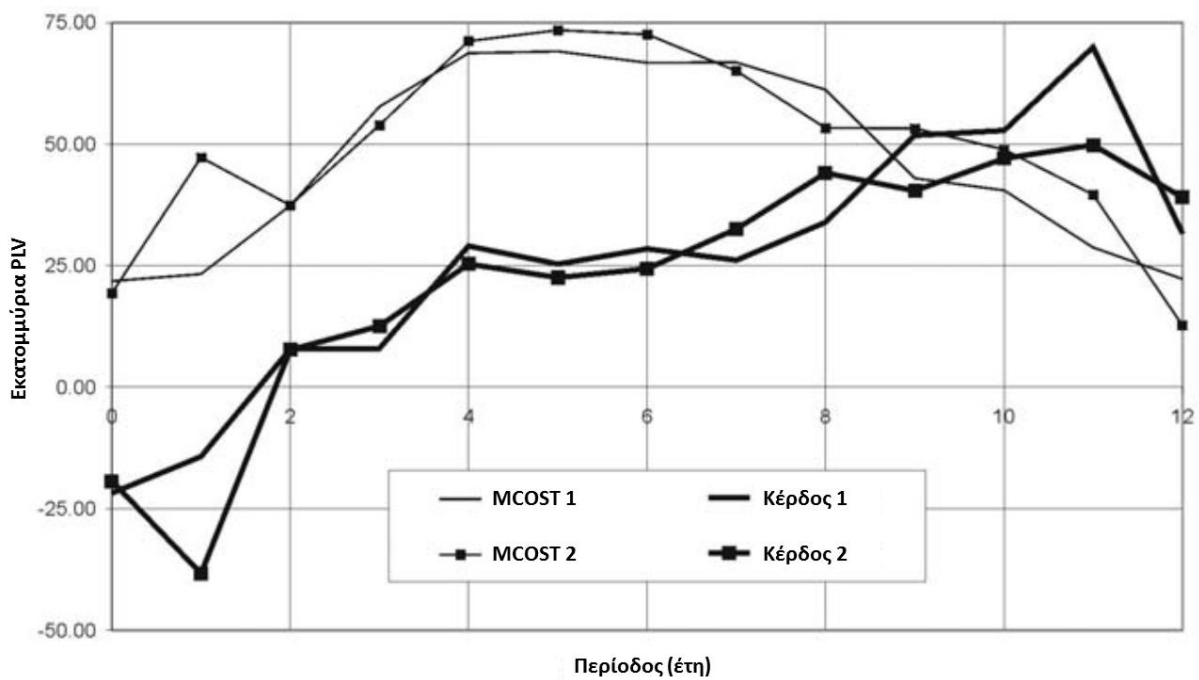


Σχήμα 4.8: Απόθέματα άνθρακα (Mg) όγκος υπερκειμένων (m^3) των σωρευμένων φάσεων εκμετάλλευσης δημιουργήθηκαν για δύο εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης (1 - δηλώνει κυκλική προώθηση, 2 - δηλώνει παράλληλη προώθηση).

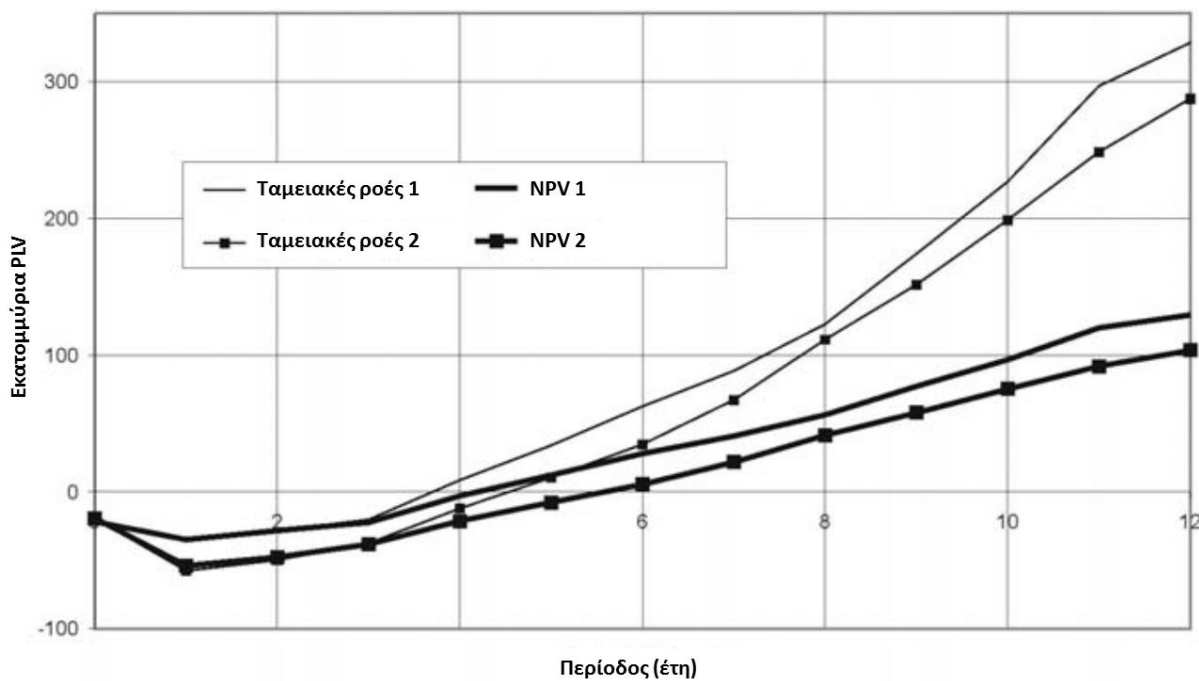


Σχήμα 4.9: Ταμειακές ροές και NPV των σωρευτικών φάσεων εξόρυξης δημιουργήθηκε για δύο εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης (1 - δηλώνει κυκλική προώθηση, 2 - δηλώνει παράλληλη προώθηση).

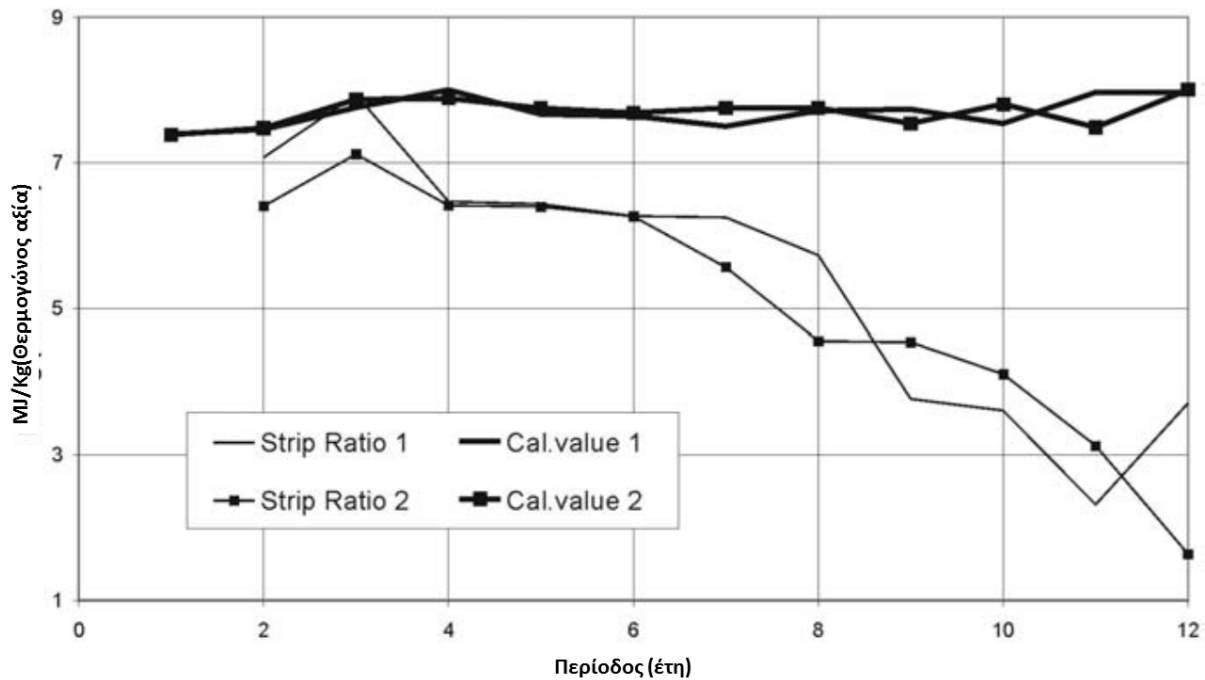
Το NPV της τελευταίας σωρευτικής φάσης εκμετάλλευσης είναι κατά 25% χαμηλότερο από την καλύτερη εκτίμηση για το τελικό μεταλλείο(Σχήμα 4.7 και 4.9).



Σχήμα 4.10: Κόστος εξόρυξης (MCOST) και ετήσιο κέρδος κατά τη διάρκεια ζωής του ορυχείου για δύο εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης (1 – κυκλική επέκταση, 2 – παράλληλη επέκταση).



Σχήμα 4.11: Ταμειακή ροή (σωρευτικά) και NPV του ορυχείου κατά τη διάρκεια ζωής του για δύο εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης (1 – κυκλική επέκταση, 2 – παράλληλη επέκταση).



Σχήμα 4.12: Σχέση αποκάλυψης και θερμογόνος δύναμη κατά τη διάρκεια ζωής του ορυχείου για δύο εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης (1 – κυκλική επέκταση, 2 – παράλληλη επέκταση).

Τα σχέδια ζωής του ορυχείου έχουν δημιουργηθεί για τα σενάρια με τις ίδιες ρυθμίσεις.

- Στόχος: ποσοστό αποκάλυψης (στόχος 5,8 όρια: από 4,5 μέχρι 6,5 ημερών για τα πρώτα 3 χρόνια),
- Παραγωγή λιγνίτη : 2 εκατομμύρια τόνοι, διατηρούνται για 4-11 χρόνια για το ξεκίνημα ανοίγματος του ορυχείου (προσωρινή έξοδος περιορίζεται σε 10, 50 και 70 % της τιμής στόχου, αντίστοιχα) και ένα έτος αντίστοιχα για το κλείσιμο των εργασιών της εξόρυξης,
- Η περίοδος της εκδοράς επιτρέπει (έτος με την ένδειξη "0" στα διαγράμματα) την ανάπτυξη της αρχικής κοπής προτού κάθε άνθρακας έχει επιτευχθεί.

Κάθε σχέδιο έχει βασιστεί στις δικές του διανομές του κόστους εξόρυξης (CAF) και την αλληλουχία των φάσεων εκμετάλλευσης. Όπως ήταν αναμενόμενο το 1^ο σενάριο προβλέπει υψηλότερες σωρευτικές ταμειακές ροές μεταφοράς. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο εναλλακτικών μακροπρόθεσμων σχεδίων ορυχείου παρέχει πολύτιμα στοιχεία για το σχεδιασμό ορυχείου για περαιτέρω μελέτες προτού να βρεθεί η βέλτιστη λύση εξόρυξης.

4.5 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις

Η μέθοδος της μοντελοποίησης ιμάντα μεταφοράς του κόστους μεταφοράς για τα εναλλακτικά σενάρια εξόρυξης επιτρέπει να χτίσουμε πιο ακριβή οικονομικά μοντέλα μπλοκ του κοιτάσματος που έχουν προγραμματιστεί για να εξορυχθούν με τη χρήση της λειτουργίας συνεχούς επιφάνειας . Αυτό το οικονομικό μοντέλο μπλοκ είναι κατάλληλο για την παραγωγή και την ανάλυση του τελικού μεταλλείου και - μετά τη δημιουργία του κατάλληλου συνόλου φάσης εκμετάλλευσης - για την κατασκευή και τη διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων.

Η μέθοδος φαίνεται να είναι ένα κατάλληλο συμπλήρωμα στο λογισμικό βελτιστοποίησης μεταλλείου γενικού σκοπού η οποία δεν έχει ρυθμιστεί για συνεχείς απαιτήσεις επιφανειακής εξόρυξης που είναι λιγότερες ευέλικτες από εκείνες των κυκλικών εξορύξεων εναλλακτικών σχεδίων του Life Of Mine.

5. Επιρροή της Δομής και Ιδιοκτησίας Μονοπωλίου Επιφανειακού Λιγνιτωρυχείου και Σταθμού Παραγωγής Ενέργειας στη Λειτουργία ΤΟΥ

5.1 Γενικά

Το λιγνιτωρυχείο και το εργοστάσιο ηλεκτρισμού μπορούν να λειτουργήσουν ως δύο ξεχωριστές οντότητες, δύο οντότητες σε μια εκμετάλλευση ή κοινοπραξία, και ως μια καθετοποιημένη παράγωγος ενέργειας. Κάθε μια από αυτές τις λύσεις έχει επίδραση στη λειτουργία του παρόντος, συμπεριλαμβανομένων παράλληλα στην υλοποίηση των ατομικών και κοινών στόχων, στη διαπραγμάτευση των τιμών, στο κόστος συναλλαγής, στις μη αναστρέψιμες επενδύσεις (εφάπαξ, έξοδα), στη διαφορετική πρόσβαση στη πληροφόρηση (ασύμμετρη πληροφόρηση), στην συνεργασία ή αντιπαλότητα, στην δυνατότητα ευκαιριακών συμπεριφορών και άλλων απειλών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναντίον της δεύτερης πλευράς. Μια προσπάθεια έχει γίνει για να δείξει αυτά τα προβλήματα από την άποψη της οικονομικής αποτελεσματικότητας που θεμελιώνονται σε ΔΜ (διμερές μονοπώλιο) μοντέλο και το παιχνίδι θεωρητικής προσέγγισης της θεωρίας με την χρήση των μεθόδων βέλτιστου λατομείου. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων λύσεων έχουν υποβληθεί καθώς και κίνητρα για την ορθολογική κάθετη ολοκλήρωση οφείλονται σε εγγενή σύγκρουση ατομικών και ομαδικών ορθολογισμών στο ΔΜ. Αυτή η σύγκρουση συμφερόντων μπορεί να οδηγήσει σε PARETO βέλτιστη λύση σε περίπτωση έλλειψης συνεργασίας μεταξύ των δύο πλευρών. Η συγκέντρωση στην λιγνιτική τιμή μπορεί να οδηγήσει σε σπατάλη των πιθανών κερδών και μείωση των απολήψιμων αποθεμάτων - εκσκαφή των μικρότερων ορυχείων, η οποία είναι βέλτιστη μόνο στο ορυχείο αλλά όχι σε όλο το ΔΜ.

5.2 Οργάνωση και Κυριότητα Δομών του Διμερούς Μονοπωλίου

Λιγνιτικά ορυχεία και εργοστάσια ηλεκτρισμού μπορούν να λειτουργήσουν ως:

- Δύο ξεχωριστές οντότητες (που έχουν ίδιες ή διαφορετικές ιδιοκτησίες),
- Δύο οντότητες (φορείς) που δραστηριοποιούνται σε μια εκμετάλλευση (με συνιδιοκτησίες) ή ως κοινοπραξία και
- Η μόνη καθετοποιημένη παράγωγος ενέργειας.

Μπορούμε να βρούμε στην Πολωνία, τώρα ή στο παρελθόν παραδείγματα από σχεδόν όλες τις εισηγμένες λύσεις. Στην πρώτη κατηγορία χρησιμοποιούνται για να υπάρχουν ζεύγη χωριστών επιχειρήσεων: λιγνιτωρυχεία και σταθμοί παραγωγής ενέργειας έχουν τον ίδιο ιδιοκτήτη –την κατάσταση θησαυρό. Οι λιγνιτικές τιμές στο παρελθόν ρυθμιζόντουσαν ή επικυρωνόντουσαν από τον Πρόεδρο Ρυθμιστικής Υπηρεσίας Ενέργειας, και έτσι η ελευθερία των οικονομικών αποφάσεων ήταν περιορισμένη (Jurdiak.2005a). Τώρα μετά την απελευθέρωση των λιγνιτικών τιμών (από την 1^η Ιανουαρίου του 2003) εξακολουθούν να υφίστανται δύο ζεύγη από ξεχωριστές οντότητες που ανήκουν σε διαφορετικούς ιδιοκτήτες (σε κάποιο βαθμό). Υπάρχουν οι KWB <<Adamow>> και KWB <<Konin>> Α.Ε (που κατέχουν το 100% από την κατάσταση θησαυρό) και ZE PAK SA η οποία διοικείται (στο 41,8%) από ιδιώτες επενδυτές, εργαζόμενοι (8,2%) και κατάσταση θησαυρού (50%). Τα δύο αριστερά τμήματα του ορυχείου και του εργοστασίου είναι μέρος του κρατικού χαρτοφυλακίου BOT <<Gornikioui energetyka>> SA που δημιουργήθηκε 9 Μαρτίου 2004 και το οποίο έχει 69% των μετοχών σε ορυχεία και σταθμούς παραγωγής ενέργειας <<Belchatow>> Και <<Turow>> και σε ένα εργοστάσιο <<Orole>> (καύση λιθάνθρακα). Σύμφωνα με την πολωνική νομοθεσία τέτοια δομή συγκράτησης ενοχοποιεί ότι τα ορυχεία και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας είναι συνδεδεμένες επιχειρήσεις θέτοντας επιπλέον υποχρεώσεις για την επιλογή και αναφορά των τιμών μετάβασης (τιμολόγηση μεταξύ της εταιρείας) σε συναλλαγή μεταξύ τους (Jurdiak, 2006c). Δεν υπάρχει κανένα παράδειγμα του καθετοποιημένου λιγνίτη βασισμένο σε παραγωγή ενέργειας στην Πολωνία αλλά η RWE Rheinbran από την Γερμανία μπορεί να είναι ένα καλό παράδειγμα . Σε αυτή την επιχείρηση η ενσωμάτωση των ορυχείων και των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τόσο κοντά που η διαχείριση παραιτήθηκε από την λιγνιτική τιμή και αντιμετωπίζει το ορυχείο ως ένα κέντρο κόστους στην αλυσίδα αξίας της παραγωγής ενέργειας. Θα πρέπει να αποδειχθεί ότι μια τέτοια λύση περιορίζει τη βελτιστοποίηση του ορυχείου και το σύνολο του ΔΜ.

Από την 1.01.2003 οι λιγνιτικές τιμές μπορούν να αποτελούν αντικείμενο ελεύθερης διαπραγμάτευσης μεταξύ των σταθμών παραγωγής ενέργειας και των ορυχείων (Jurdiak, 2005a). Αυτή η νέα κατάσταση θα πρέπει να ανοίξει τον τομέα της έρευνας και της ανάλυσης της λειτουργίας ΔΜ και το ρόλο της λιγνιτικής τιμής σε σχέση με τις δύο πλευρές σε μια ελεύθερη αγορά. Η απελευθέρωση των λιγνιτικών τιμών είναι ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας σχέδιο απελευθέρωσης της αγοράς και έχει δημιουργήσει την νέα κατάσταση για

πολλούς φορείς σε αυτήν την αγορά. Στην Πολωνία το 40% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από την καύση του λιγνίτη για αυτό είναι σημαντικό να αναλύσουμε αυτή την νέα κατάσταση. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό λόγω του ότι πολλές αποφάσεις που ασχολούνται με την ιδιωτικοποίηση και την αναδιοργάνωση έχουν ληφθεί πριν γίνει οποιαδήποτε οικονομική ανάλυση ή δημιουργηθεί ένα μοντέλο για να βρεθεί η καλύτερη λύση.

5.3 Εγγενής Σύγκρουση Ατομικών και Ομαδικών Ορθολογισμών

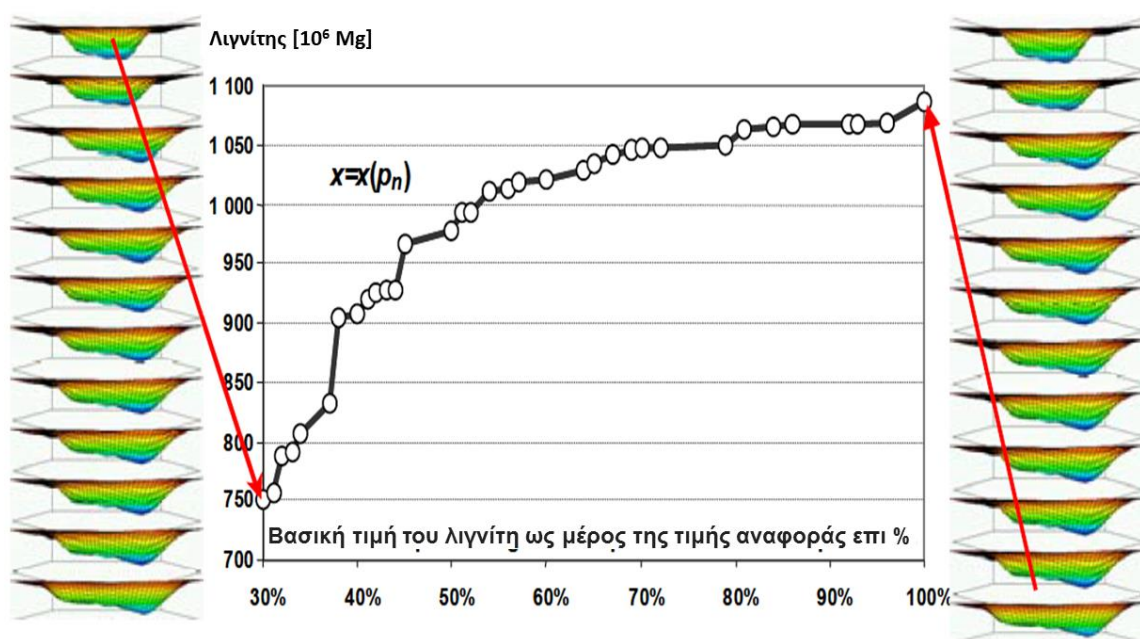
5.3.1 Διαπραγμάτευση σε Διμερές Μονοπώλιο σαν Ένα Παιχνίδι

Η λιγνιτική τιμή μεταξύ του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δίπλα σε ορυχείο και μεταξύ ενός επιφανειακού λιγνιτικού ορυχείου μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα παιχνίδι διαπραγμάτευσης. Λόγω του ότι στη βέλτιστη προσαρμογή του σχήματος και του μεγέθους του τελικού μεταλλείου οι οικονομικές συνθήκες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (πχ οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας) και το κόστος στις δύο επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώσουν τα κοινά κέρδη του ΔΜ (Jurdiak 2004a,b) το παιχνίδι είναι μηδενικού αθροίσματος. Η συνεργασία μεταξύ των δύο πλευρών του ΔΜ επηρεάζει το επίπεδο των εξοφλήσεων και αξίζει να φτάσουν σε συμφωνία. Ως εκ τούτου έχει προταθεί για την αντιμετώπιση αυτής της διαπραγμάτευσης ως ενός συνεταιρισμού σε δύο στάδια, δύο άτομα, παιχνίδι μη μηδενικού αθροίσματος (Jurdiak, 2006a, b). Στο πρώτο στάδιο θα πρέπει να επιλεγεί το τελικό μεταλλείο για μεγιστοποίηση των κερδών της από κοινού του ΔΜ και στο δεύτερο η διαίρεση του κέρδους θα πρέπει να αποφασιστεί από κοινού με τον υπολογισμό της τιμής μεταφοράς του λιγνίτη. Στο ορυχείο πρέπει να υπάρχουν δύο λιγνιτικές τιμές: η βέλτιστη τιμή για την οποία επιλέγεται το βέλτιστο τελικό μεταλλείο και το οποίο χρησιμοποιείται για την οικονομική αξιολόγηση της αποτελεσματικής εξορυκτικής δραστηριότητας και η τιμή μεταφοράς που χρησιμοποιείται για την αμοιβαία εκκαθάριση των λογαριασμών μεταξύ των δύο πλευρών – τη διαίρεση των μεγίστων κερδών σύμφωνα με το συμφωνημένο ποσοστό των μετοχών των δύο πλευρών.

5.3.2 Ασυμμετρία της Πληροφορίας και η Κυρίαρχη Στρατηγική του Λιγνιτωρυχείου

Στο ΔΜ ενός μεταλλείου και εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας είναι το μεταλλείο, το οποίο έχει το πληροφοριακό πλεονέκτημα μέσω του σταθμού. Αυτό το πλεονέκτημα προκύπτει από τη γνώση του λιγνιτικού κοιτάσματος. Το ορυχείο γνωρίζει την ποιότητα του λιγνίτη στην περιοχή της προγραμματισμένης ανασκαφής και μπορεί να προβλέψει το κόστος που βασίζεται σε δεδομένα σχετικά με το σχήμα και το μέγεθος του κοιτάσματος, καθώς και την

ποσότητα των υπερκειμένων και του λιγνίτη. Φυσικά αυτή η γνώση είναι μόνο κατ' εκτίμηση λόγω του διακριτικού προσδιορισμού των χαρακτηριστικών κοιτασμάτων. Παρόλα αυτά το ορυχείο έχει την γνώση και σταθμός όχι. Αυτή η γνώση μόνη της δεν δημιουργεί κανένα πλεονέκτημα ειδικά στο μακρινό μέλλον. Στην καλύτερη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δικαιολογία για τις δυσκολίες με πλήρωση των συμφωνημένων στόχων (όσον αφορά το χρόνο, την ποσότητα και την ποιότητα του παρεχόμενου λιγνίτη). Ωστόσο μακροπρόθεσμα το ορυχείο μπορεί να βρει για κάθε δίκτυο μη-προεξοφλημένες ταμειακές ροές με Lerchs-Grossmann βελτιστοποιημένη τεχνική (Σχήμα 5.1).

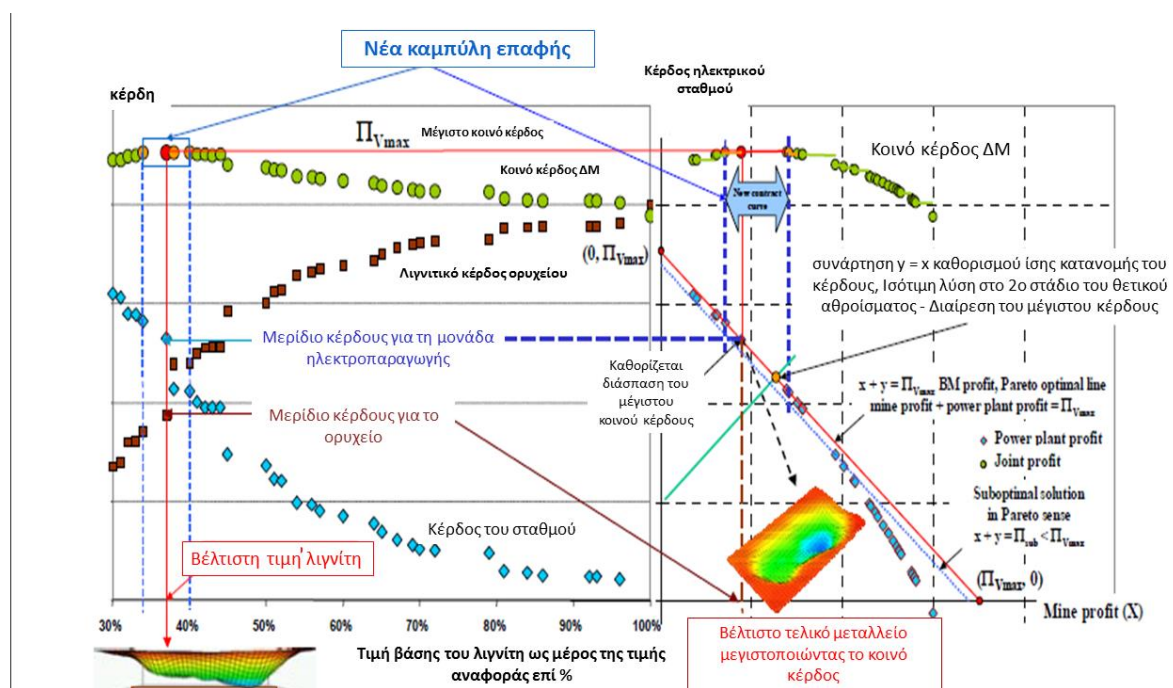


Σχήμα 5.1: Η μακροπρόθεσμη προμήθεια λιγνίτη από το ορυχείο στο εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας - η σχέση μεταξύ της τιμής λιγνίτη (που παρουσιάζεται ως μέρος της τιμής αναφοράς επί τοις %) και το βέλτιστο τελικό μεταλλείο μεγιστοποιεί μη προεξοφλημένες καθαρές ταμειακές ροές (που παρουσιάζονται ως το ποσό του λιγνίτη στο εσωτερικό λατομείο) για 34 ένθετα λατομεία δημιουργήθηκαν για το "Szczercow" κοίτασμα.

Στην εναλλακτική προσέγγιση L-G το τελικό μεταλλείο μπορεί να αντικατασταθεί από το σύνολο των βέλτιστων προγραμμάτων χωρίς το βέλτιστο ορυχείο που δημιουργείται στο λογισμικό βελτιστοποίησης (πχ NPV Scheduler). Ακόμα και αν αυτή η προσέγγιση είναι καλύτερη λόγω της χρήσης των προεξοφλημένων τιμών και των χρονοδιαγραμμάτων, είναι

πολύ πιο περίπλοκη, λόγω της κλίμακας της λεπτομέρειας σχεδιασμού που συνδέεται με την παραγωγή των προγραμμάτων βέλτιστης εκσκαφής για αρκετές λιγνιτικές τιμές.

Η πιθανότητα της βέλτιστης προσαρμογής του σχήματος και του μεγέθους στα αριστερά για το μέρος της εκσκαφής του κοιτάσματος δημιουργεί την κυρίαρχη στρατηγική για το ορυχείο. Η μονάδα παραγωγής ενέργειας μειώνει την τιμή κατά την διάρκεια των διαπραγματεύσεων χωρίς να γνωρίζει αν το ορυχείο προσαρμόζεται κατά βέλτιστο τρόπο από την εκσκαφή του συγκεκριμένου ορυχείου στην βοήθεια της εκσκαφής του μικρότερου αλλά φέρνει περισσότερο κέρδος (λόγω του ότι είναι βέλτιστο) από το προηγούμενο ορυχείο με την μικρότερη τιμή. Λόγω του ότι οι αλλαγές δεν είναι γραμμικές μερικές φορές η μικρή μείωση της λιγνιτικής τιμής μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη διαφορά στο μέγεθος και το σχήμα του λατομείου (Σχήμα 5.1). Κατά συνέπεια αντί της αναμενόμενης αύξησης κερδών του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας τόσο το ορυχείο όσο και το εργοστάσιο μπορούν να έχουν μικρότερα κέρδη.



Σχήμα 5.2: Διαχωρισμός κέρδους στο ΔΜ για 34 ενδιάμεσες εκσκαφές από το κοιτάσμα “Szczercow”.

Για καθένα από τα ορυχεία μπορούν να βρεθούν δύο λιγνιτικές p_{IE} και p_{IK} για τις οποίες το ορυχείο και η μονάδα παραγωγής ενέργειας (αντίστοιχα) επιτυγχάνουν το νεκρό σημείο (το κόστος κάλυψης των εσόδων τους). Υπάρχει επίσης η τιμή p_i η οποία μεγιστοποιεί

την καθαρή αξία του λατομείου Π_{ik} σε σύγκριση με τα κέρδη των υπόλοιπων ένθετων λατομείων. Τέτοια τιμή υπάρχει λόγω του ότι αυτό το λατομείο είναι ένα από τα ένθετα λατομεία, παράγεται σε διαδικασία παραμετροποίησης και ως εκ τούτου είναι βέλτιστο για την δεδομένη αυτή τιμή. Αυτή η τιμή η οποία μπορεί να ονομαστεί συνοριακή τιμή, είναι η χαμηλότερη λιγνιτική τιμή για την οποία το λατομείο προσφέρει το μεγαλύτερο κέρδος Π_{ik} . Εάν η επόμενη συνοριακή τιμή $p_{(i+1)}$ για το επόμενο λατομείο ($i+1$, μεγαλύτερο) είναι χαμηλότερη από το P_{ik} τότε για τις τιμές από το διάστημα $[p_{(i+1)}, p_{iK}]$ είναι καλύτερο για το ορυχείο να ανασκάψει ένα από τα επόμενα λατομεία. Για τις τιμές από τις συνοριακές τιμές το διάστημα $[p_i, p_{(i+1)}]$ το κέρδος του ορυχείου είναι γραμμικά αυξανόμενο από το Π_{ik} και το λατομείο είναι το καλύτερο (δίνει την υψηλότερη καθαρή ταμειακή ροή από άλλα ορυχεία). Για την συνοριακή τιμή $p_{(i+1)}$ η καθαρή ταμειακή ροή $\Pi_{(i+1)}$ είναι μεγαλύτερη και καλύτερη για το ορυχείο να ανασκάψει το επόμενο λατομείο ($i+1$) από το προηγούμενο.

Η ύπαρξη της κυρίαρχης στρατηγικής του ορυχείου σημαίνει ότι μπορεί να προσαρμόζει δυναμικά το τελικό μεταλλείο (ή το πρόγραμμα για την εναλλακτική λύση) στην τιμή διαπραγμάτευσης.

5.3.3 Δυναμική Προσαρμογή Σχήματος και Μεγέθους Τελικού Μεταλλείου ως Πραγματική Επιλογή

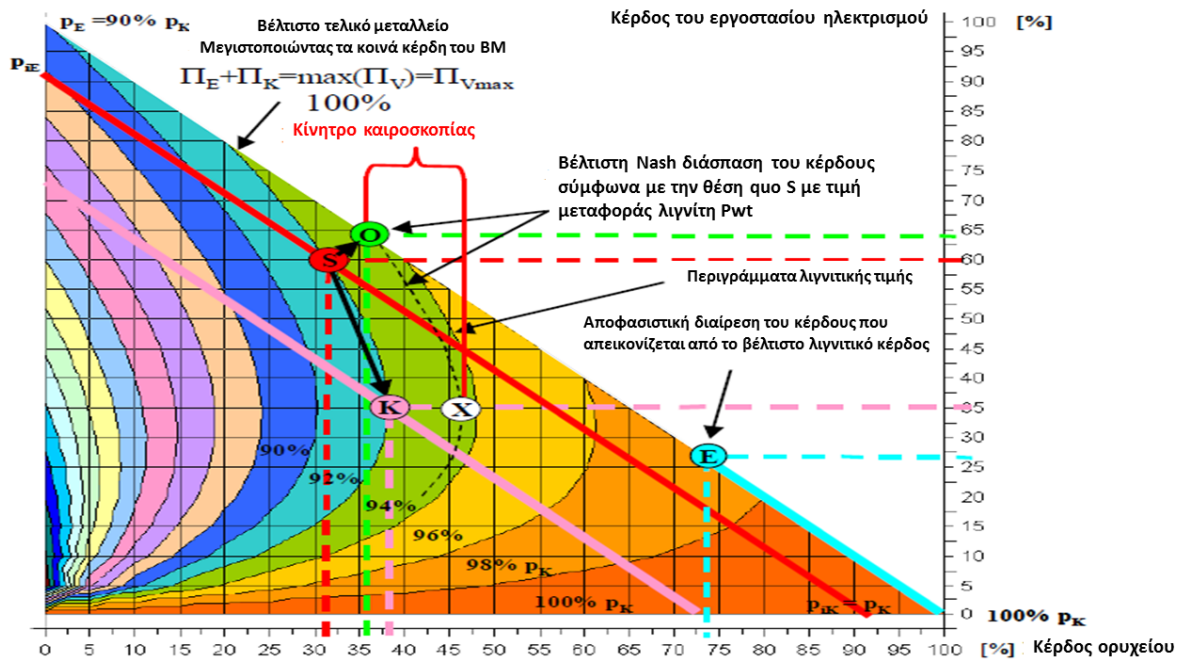
Σε πολλά λιγνιτωρυχεία με τέτοια δυναμική προσαρμογή του σχήματος σε τελικό μεταλλείο (το πρόγραμμα στην εναλλακτική προσέγγιση) στις νέες συνθήκες (η αλλαγή στην λιγνιτική τιμή είναι ένας από τους πιθανούς λόγους της εν λόγω δράσης) δεν λαμβάνεται υπόψη. Σε τέτοια περίπτωση το παιχνίδι μηδενικού αθροίσματος, τα συμφέροντα του σταθμού και του ορυχείου είναι εντελώς αντίθετα και δεν υπάρχει κίνητρο για συνεργασία. Αξίζει να γίνει ότι είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί (συμπεριλαμβανομένων των απειλών, απεργιών, άσκηση πίεσης κτλ.) για να αυξήσει (για το ορυχείο) ή να μειώσει (για το εργοστάσιο) εάν το ορυχείο πρόκειται να ανασκάψει το ένα και μοναδικό τελικό μεταλλείο (ή να αντιληφθεί το ένα και μοναδικό πρόγραμμα). Δεν υπάρχουν λόγοι για ένα τόσο έντονο κόλλημα στην μοναδική λύση. Η αξία του μεταλλείου και φυσικά η αξία όλου του ΔΜ μπορεί να αυξηθεί από δυναμική και ελαστική προσαρμογή στις μεταβολές των οικονομικών συνθηκών. Η πραγματική επιλογή της τεχνικής αποτίμησης δίνει επιπλέον αξία στην ενδεχόμενη ελαστικότητα της διαχείρισης να αλλάξει γνώμη όταν νέες πληροφορίες προβάλλονται και το οικονομικό περιβάλλον αλλάζει. Αυτή είναι ακριβώς η περίπτωση. Αξίζει να ξανά

βελτιστοποιήσει το ανθρακωρυχείο (να ετοιμαστεί νέο βέλτιστο πρόγραμμα) αν το ορυχείο λαμβάνει περισσότερες πληροφορίες για το κοίτασμα ή οι οικονομικές συνθήκες αλλάζουν, για παράδειγμα η τιμή του λιγνίτη χαμηλώνει. Το σύγχρονο 3D λογισμικό κάνει αυτή την διαδικασία πιο εύκολη και όχι τόσο ακριβή όσο το παραδοσιακό εγχειρίδιο και μόνο 2D σχέδια.

Το ορυχείο έχοντας την δυνατότητα για ελαστικές προσαρμογές στις καινούργιες τιμές του λιγνίτη έχει το πλεονέκτημα της πληροφόρησης παραπάνω από το εργοστάσιο ηλεκτρισμού και μπορεί να χρησιμοποιήσει την επικρατέστερη στρατηγεία της βέλτιστης προσαρμογής στη νέα κατάσταση.

5.3.4 Περιγράμματα Λιγνιτικών Τιμών

Τα κοινά κέρδη του ΔΜ για το συγκεκριμένο λατομείο (που είναι το άθροισμα των κερδών της μονάδας παραγωγής ενέργειας και του ορυχείου) είναι σταθερά και δεν εξαρτώνται από την τιμή του λιγνίτη ($\Pi_{iK}(\pi) + \Pi_{iE}(p) = \Pi_{iV}(p) = \text{σταθερό}$). Το κέρδος του ορυχείου $\Pi_{iK}(P)$ προς την τιμή του λιγνίτη P από το διάστημα του σημείου εξισορρόπησης κερδών και δαπανών (P_{iE}, P_{iK}) αυξάνεται από το 0 μέχρι το Π_{iV} και το κέρδος του εργοστασίου ηλεκτρισμού μειώνεται από Π_{iV} έως 0. Αυτό σημαίνει ότι στις γραμμές $x+y=\Pi_{iV}=\text{const}$ στο θετικό τεταρτημόριο του συντεταγμένου συστήματος μπορούμε να τοποθετήσουμε τις τιμές του λιγνίτη από p_{iE} έως το P_{iK} σε διαστήματα ανάλογα με το πηλίκο $(p_{iK}-p_{iE})/\text{SQRT}(2\Pi_{iV}^2)$. Αρκεί, επομένως, για να μάθετε τις τιμές εξισορρόπησης για κάθε ένα από τα ένθετα λατομεία (Jurdziak, 2004a, b).



Σχήμα 5.3: Χρήση των ισοκαμπύλων τιμής λιγνίτη στο διαχωρισμό κέρδους στο ΔΜ και παρουσίαση της υποκείμενης αντίθεσης μεταξύ ατομικής και ομαδικής λογικής. Οι ισοκαμπύλες λιγνίτη είναι σχεδιασμένες κάθε 2%.

$$p_{iE} = \frac{c_K(x_i)}{x_i}, p_{iK} = \frac{p_e e(x_i) - c_E(x_i)}{x_i} \quad (1)$$

όπου $c_K(x_i)$ είναι το συνολικό κόστος της εκσκαφής του λατομείου i έχοντας x_i ποσό λιγνίτη, p_e είναι η αναμενόμενη μελλοντική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, $e(x_i)$ είναι το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από x_i ποσό λιγνίτη, $c_E(x_i)$ είναι το συνολικό κόστος της παραγωγής ενέργειας από παρεχόμενο λιγνίτη.

Το μέγιστο κοινό κέρδος που μπορεί να επιτευχθεί στο ΔΜ σε δοσμένες οικονομικές συνθήκες από εκσκαφή του βέλτιστου τελευταίου λατομείου ισοδυναμεί με $\Pi_{\max} = \max\{\Pi_{iV}\}$. Τα κέρδη από αυτό και άλλα λατομεία και τα μερίδια των κερδών αυτών που υπάγονται στο εργοστάσιο ενέργειας $\Pi_{iE}(p)$ και στο ορυχείο $\Pi_{iK}(p)$ για διαφορετικές τιμές του λιγνίτη p στο Σχήμα 5.3 εκφράζονται ως το ποσοστό των μέγιστων κερδών Π_{\max} . Παρομοίως η τιμή του λιγνίτη είναι εκφρασμένη σαν ένα ποσοστό της τιμής εξισορρόπησης κερδών και δαπανών για το εργοστάσιο ηλεκτρισμού P_{iK} . Αυτή η τιμή, εξαιτίας της απλουστευμένης παραδοχής που αφορά την άμεση αναλογία της παραγωγικότητας του

λιγνίτη $e(x_i)$ και το συνολικό κόστος του εργοστασίου ηλεκτρισμού $E_{(x_i)}$ από το ποσό του λιγνίτη x_i είναι σταθερό $p_{iK} = \text{const} = p_K$. Έχει θεωρηθεί επίσης η τιμή της εξισορρόπησης κερδών και δαπανών του λιγνίτη p_{iE} για τις αλλαγές του ορυχείου από 65% έως το 90% του $p_K - 90\%$ για το βέλτιστο τελικό μεταλλείο, και 65% για το μικρότερο λατομείο. Θεωρείτε ότι για τον κάθε αριθμό από 0 έως το $P_{v \max}$, μπορεί να βρεθεί το βέλτιστο τελικό μεταλλείο που φέρνει ακριβώς αυτό το κέρδος. Τέτοιες υποθέσεις είναι αυθαίρετες και μπορούν να είναι μακριά από την πραγματική κατάσταση. Συνήθως, ένας αριθμός από ένθετα μεταλλεία περιορίζεται, (στην περίπτωση του 'Szczercow' ήταν 34 λατομεία) και το όφελος και οι τιμές της εξισορρόπησης των κερδών και δαπανών δεν είναι γραμμικές (Σχήμα 5.1). Ωστόσο, χρησιμοποιείται μόνο για να αποδειχθεί η επίδραση της επιλογής του λατομείου για το κοινό κέρδος και η τιμή διαπραγμάτευσης όσον αφορά το διαχωρισμό των κερδών. Επίσης, απεικονίζει το αυξανόμενο κίνητρο για ομοιομορφισμό με την αύξηση της διαφοράς μεταξύ του βέλτιστου και της τιμής διαπραγμάτευσης (Σχήμα 5.3).

5.3.5 Κίνητρο για Καιροσκοπία

Ας υποθέσουμε ότι το πραγματικό ανασκαμμένο λατομείο δεν είναι η βέλτιστο και δίνει μόνο 91% του μέγιστου κέρδους και η διαπραγμάτευση των τιμών νωρίτερα (92% P_K) καθορίζει το καθεστημένο σημείο S . Σε μια τέτοια περίπτωση το ορυχείο έχει δύο λύσεις. Προτιμώντας τη συνεργασία μπορεί να επιλέξει τη βέλτιστο λατομείο για το ΔM (δίνοντας το 100% του $P_{v \max}$ κέρδους) και τον υπολογισμό της νέας τιμής μεταφοράς για τη λύση Nash (σημείο O), η οποία θα είναι λίγο υψηλότερη (περίπου 1,8% P_K) η οποία βελτιώνει το μερίδιο του κέρδους από 31% έως 36%. Το μερίδιο κέρδους του ηλεκτρικού σταθμού αυξάνεται επίσης από 60% σε 64% (από τη μετακίνηση από το σημείο S στην O , Σχήμα 5.3). Εναλλακτικά, συμπεριφέρεται καιροσκοπικά (π.χ. αν δεν υπάρχει συνεργασία), το ορυχείο μπορεί να επιλέξει την βέλτιστη παραλλαγή μόνο για τον εαυτό του (ανασκαφή του μικρού λατομείου - η μετακίνηση από το σημείο S έως K , Σχήμα 5). Η επιλογή της επικρατέστερης στρατηγικής είναι η αύξηση των μεριδίων της στα μακροχρόνια κέρδη από 31% έως 38%. Δυστυχώς για τη μονάδα παραγωγής ενέργειας σημαίνει μείωση των κερδών από 60% σε 35% μόνο. Το λατομείο που έχει ανασκαφεί θα παράγει από κοινού τα κέρδη από το πολύ χαμηλότερο επίπεδο, το οποίο ισούται με μόνο το 73% του μέγιστου κέρδους (το ΔM θα έχει απώλεια 18% των εν δυνάμει κερδών). Το καιροσκοπικό ορυχείο δεν θα μπορούσε ακόμα να παρατηρήσει λόγω του ότι η πραγματική τιμή του λιγνίτη και το ετήσιο ποσό του λιγνίτη δεν

έχουν αλλάξει. Μόνο το απόλυτο λατομείο είναι διαφορετικό ώστε οι αλλαγές θα είναι ορατές μόνο σε μακροπρόθεσμη βάση όπως το μικρότερο χρονικό εκσκαφής, το οποίο μπορεί να εξηγηθεί από πιο δύσκολες γεωλογικές συνθήκες από ό, τι αναμενόταν πριν.

Η διαφορά μεταξύ των κερδών που αποκόμισε από το ορυχείο επιλέγοντας τη λύση διαπραγμάτευσης Nash (σημείο O) και επιλέγοντας την κυρίαρχη στρατηγική (σημείο X) δημιουργεί το κίνητρο για καιροσκοπική συμπεριφορά (Σχήμα 5.3). Το κίνητρο αυτό μειώνεται με την αύξηση της τιμής του λιγνίτη που πλησιάζει τη βέλτιστη τιμή λιγνίτη (μετακίνηση του σημείου O προς την κατεύθυνση του σημείου E). Στην "Szczercow" υπόθεση η ισότιμη λύση (ίση διαίρεση των κερδών) βρίσκεται στη νέα συμβαλλόμενη καμπύλη - βέλτιστα και ισότιμα σημεία είναι κοντά το ένα στο άλλο (Σχήμα 5.2). Επομένως, είναι απαραίτητο να ελέγξετε για κάθε κοίτασμα και κάθε σύνολο των οικονομικών συνθηκών το πόσο μεγάλη είναι η εγγενής σύγκρουση των ατομικών και ομαδικών ορθολογισμών, προκειμένου να μειώσει και να αποτρέψει τη καιροσκοπική συμπεριφορά μέσα από την κατάλληλη επιλογή των τιμών μεταβίβασης.

5.4 Αξιολόγηση των Διαφόρων ΔΜ Δομών και Λύσεις Ιδιοκτησίας

Ανάλυση των διαφορετικών οργανωτικών και ιδιωτικών δομών ΔΜ (Πίνακας 5.1) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, λόγω της εγγενούς σύγκρουσης των ατομικών και ομαδικών ορθολογισμών μόνο η πλήρης καθετοποίηση του λιγνιτικού ορυχείου και η μονάδα παραγωγής ενέργειας μπορούν να εξασφαλίσουν την υλοποίηση της βέλτιστης λύσης - εκσκαφή στο βέλτιστο τελικό μεταλλείο μεγιστοποιεί τα κοινά κέρδη του ΔΜ. Σε οποιαδήποτε άλλη δομή μπορεί να εμφανιστεί το κίνητρο για την καιροσκοπία. Θα μεγεθύνει με την αύξηση της διαφοράς μεταξύ της βέλτιστης λιγνιτικής τιμής και της τιμής που καθορίζεται κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Επομένως, είναι σημαντικό για το εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας να γνωρίζει τη βέλτιστη τιμή και να έχει ίση πρόσβαση σε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Η ασυμμετρία των πληροφοριών οδηγεί επίσης σε καιροσκοπία. Δύο διαφορετικές ιδιότητες πλευρές του ΔΜ που έχουν αντίθετα συμφέροντα αυξάνουν τις απειλές των μη συνεργάσιμων συμπεριφορών και την υλοποίηση της λύσης, η οποία δεν είναι η βέλτιστη κατά Pareto.

Η διαφορά ανάμεσα στα ιδανικά και αναντίστοιχα κέρδη $P_{V_{max}}-P_{V_{sub}}$ δημιουργεί ένα ασφάλιστρο για ελαστική προσαρμογή στις νέες συνθήκες (π.χ. νέες πληροφορίες σχετικά με την προκαταβολή ή τη βελτίωση των προβλέψεων της μελλοντικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας). Μπορεί να αντιμετωπίζεται και να αξιολογείται ως η πραγματική επιλογή για να αλλάξει την κλίμακα λειτουργίας του ΔΜ. Η ένταξη των λιγνιτωρυχείων και των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν δημιουργεί απειλές για την ηλεκτρική αγορά και τους καταναλωτές της αγοράς ενέργειας λόγω του ότι το βέλτιστο λατομείο για ΔΜ είναι μεγαλύτερο από το βέλτιστο λατομείο μόνο για το ορυχείο και οι ενεργειακοί εφοδιασμοί αυξάνονται. Θα υπάρξουν επίσης και άλλα θετικά αποτελέσματα συνεργασίας για τους καταναλωτές (π.χ. μείωση του κόστους συναλλαγής) αύξηση της οικονομικής αποτελεσματικότητας της ολοκληρωμένης παραγωγής ενέργειας (Jurdziak, 2005b).

Πίνακας 5.1 : Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων λύσεων δομής και ιδιοκτησίας του ΔΜ (Jurdziak, 2005c).

	A	B	C	D
	Κρατικής Ιδιοκτησίας ΔΜ	Ανταγωνιστικά ΔΜ	Διμερείς συμφωνίες εκμετάλλευσης	Ολοκληρωμένη παραγωγή ενέργειας
Ιδιοκτησία	1 ιδιοκτήτης π.χ. κατάσταση του Θησαυρού	2 διαφορετικούς ιδιοκτήτες	1 ιδιοκτήτης	1 ιδιοκτήτης
Δομή	2 επιχειρήσεις ΔΜ	2 επιχειρήσεις ΔΜ	Κράτημα των επιχειρήσεων, 2 κέντρα κέρδους	1 εταιρεία, 2 κέντρα κόστους
Λογιστική	Ξεχωριστή	Χωριστές	Χωριστές	Κοινή
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας	Ρυθμιζόμενη, Μακροπρόθεσμη	αγορά	αγορά	αγορά
Λιγνιτική τιμή	Ρυθμίζεται ή επιβεβαιώνεται από το πρόεδρο της URE	ελεύθερης διαπραγμάτευσης	Συμφωνηθείσα τιμή μεταφοράς	Η έλλειψη ή η βέλτιστη τιμή
Στόχοι της πλευράς του ΔΜ	Διοικητικοί ή συνδικαλιστικοί στόχοι υλοποίησης	Μεγιστοποίηση του κέρδους	Μεγιστοποίηση του κέρδους	Ελαχιστοποίηση κόστους
Κοινοί στόχοι	Υλοποίηση κυβερνητικών στόχων	Επισφαλείς	Οδηγίες μεγιστοποίησης του κέρδους	Οδηγίες μεγιστοποίησης του κέρδους
Συναλλακτικά έξοδα	Υψηλά	Πολύ Υψηλά	Υψηλά	Χαμηλά
Πληροφορίες	Ασυμμετρία της πληροφόρησης, είναι δυνατή η πρόσβαση	Ασυμμετρία της πληροφόρησης, η πρόσβαση ελέγχεται αυστηρά	Ίση πρόσβαση με τις ισχύουσες διαδικασίες	Η πλήρης και ισότιμη πρόσβαση στις πληροφορίες
Δυνατότητα για καιροσκοπικές συμπεριφορές	ΝΑΙ	ΝΑΙ, είναι πολύ υψηλή	Ναι, αλλά περιορίζεται από τη διαχείριση χαρτοφυλακίου	Μικρή - π.χ. μέσω υπερβολικού κόστους
Πλεονεκτήματα	Δυνατότητα συντονισμού δραστηριότητας με βάση τη χώρα	Τοπική αποτελεσματικότητα	Μεγάλη Κεφαλαιοποίηση	Κοινοί στόχοι, αποτελεσματικότητα ECON. Μεγάλη κεφαλαιοποίηση
Μειονεκτήματα	Η κρατική ιδιοκτησία, χειροκίνητο έλεγχο, έλλειψη αποτελεσματικότητας	Σύγκρουση συμφερόντων, αντιπαλότητα, αντί της συνεργασίας	Σύγκρουση συμφερόντων, της γραφειοκρατίας	Εξάλειψη της τιμής λιγνίτη δημιουργεί προβλήματα με την οικονομική αξιολόγηση του ορυχείου
Απειλές	Κυρίαρχα συμφέροντα του ομίλου	Υποβέλτιστες λύσεις πραγματοποίησης	Δυνατότητα υλοποίησης αναντίστοιχων λύσεων	Δυσκολίες στο ΔΜ και ανάπτυξη βελτιστοποίησης ορυχείου
Παραδείγματα	Ορυχεία και σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πριν από το 2003r	KWB Konin S.A. & ZE PAK SA	BOT „Gornictwo i Energetyka” S.A.	RWE Rheinbraun

6. Εκτίμηση της Αστάθειας στη Ρευστότητα για Ανάλυση Ρίσκου Νέου Λιγνιτικού Σταθμού Ενέργειας

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στιγμιαία εκκίνηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από νέα λιγνιτικά κοιτάσματα, γίνεται μια πολύ δύσκολη επιχείρηση. Επί προσθέτως, η φιλελευθεροποίηση και οι δομικές αλλαγές σε αγορές ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης οι ευρωπαϊκοί περιβαλλοντικοί κανόνες μαζί με την παγκόσμια οικονομική κρίση έχουν χειροτερέψει τις συνθήκες για μεγάλες επενδύσεις και έχουν αυξήσει την έκταση της αβεβαιότητας. Τέτοια κατάσταση απαιτεί όχι μόνο βελτιστοποίηση της κοινής δραστηριότητας του ορυχείου και του εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας αλλά επίσης την ανάλυση του ρίσκου στην αλυσίδα δημιουργίας των αξιών της ηλεκτρικής ενέργειας. Η νέα ολοκληρωμένη μέθοδος αξιολόγησης του κινδύνου περιγράφεται βασισμένη στα δεδομένα του "Legnica" για την τροφοδοσία καυσίμου από το ορυχείο στο σταθμό παραγωγής ενέργειας. Η παρουσίαση δεν περιλαμβάνει ακριβή οικονομικά στοιχεία αλλά δείχνει μια νέα προσέγγιση στην ανάλυση των κινδύνων στην κατάσταση των διμερών μονοπωλίων ενός λιγνιτικού ορυχείου και ενός εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μοντέλο είναι σε αρχικό στάδιο.

Ρύθμιση της τιμής για το λιγνίτη για τη δημιουργία του οικονομικού μοντέλου του κοιτάσματος

Τύπος βασισμένος στη τιμή του λιγνίτη:

$$C = C_B \times QI$$

Όπου: QI = δείκτης ποιότητας του άνθρακα

C_B = τιμή βάσης

Προσοχή: ο καθορισμός της τιμής βάσης εξαρτάται από την ανάλυση του διμερούς μονοπωλίου του ορυχείου λιγνίτη και μια μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Παραδείγματα ένδειξης της ποιότητας άνθρακα για μια τιμή τύπου:

$$QI = \left[1 - \frac{Q_B - Q_R}{6724} - \frac{A_R - A_B}{57} - \frac{S_R - S_B}{10} \right]$$

$$QI = \left[\frac{Q_R}{Q_B} - \frac{A_R - A_B}{180} - \frac{S_R - S_B}{10} \right]$$

Όπου:

Q_R ή Q_B - Η πραγματική και αναφορική (βάση) θερμιδική αξία του άνθρακα (kJ/kg)

A_R ή A_B - Η πραγματική και αναφορική (βάση) περιεκτικότητα σε τέφρα (%)

S_R ή S_B - Η πραγματική και αναφορική (βάση) περιεκτικότητα σε θείο (%)

6.2 Ορυχείο και Εργοστάσιο Ηλεκτροδότησης ως Διμερές Μονοπώλιο

Το εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας είναι μονοψώνιο
- Ο μοναδικός αγοραστής του ενδιάμεσου προϊόντος (λιγνίτης) και ο πωλητής της ηλεκτρικής ενέργειας στην ελεύθερη αγορά

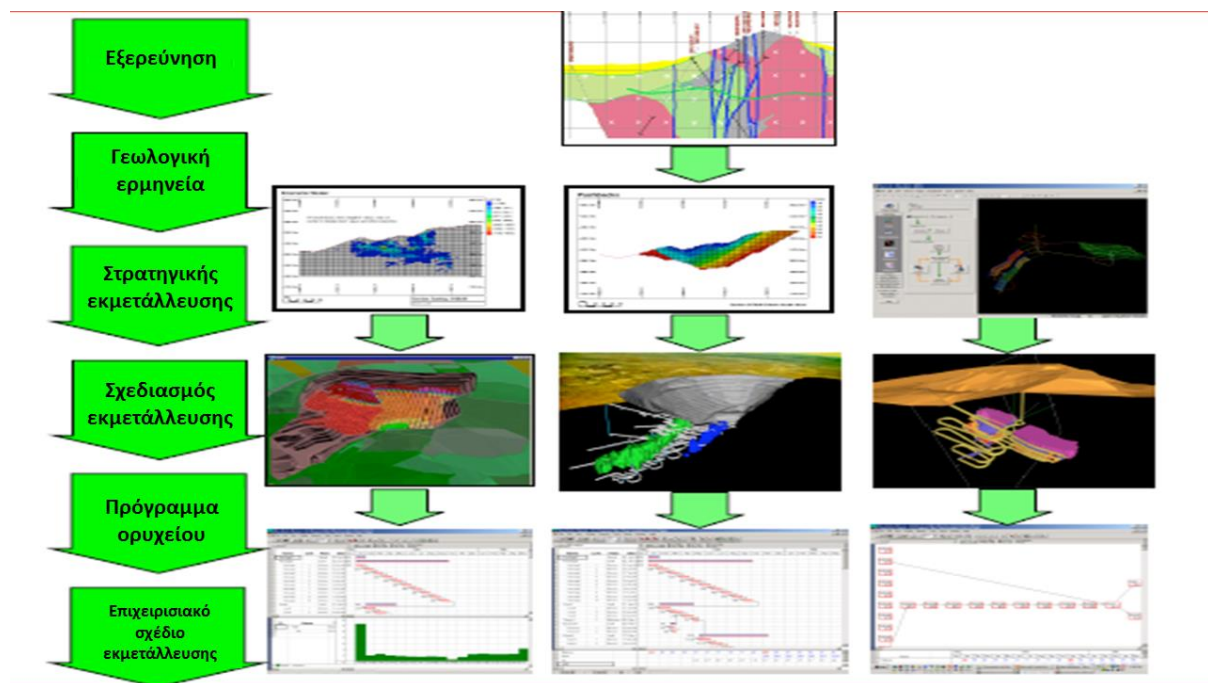


Το επιφανειακό ορυχείο είναι μονοπώλιο
- Ο μοναδικός πωλητής του ενδιάμεσου προϊόντος (λιγνίτη)

Στο ΔΜ και οι δύο επιχειρήσεις είναι αμοιβαία αλληλοεξαρτόμενες. Στην κλασική κατάσταση του διμερούς μονοπωλίου οι τιμές των ενδιάμεσων προϊόντων δεν έχουν επιρροή στην επιλογή της παραγόμενης ποσότητας, η οποία καθορίζεται πάνω στην γνώση του οριακού κόστους της παραγωγής λιγνίτη και στο οριακό προϊόν των εσόδων. Η κλασική λύση του μοντέλου ΒΜ πρέπει να τροποποιηθεί ώστε να ληφθούν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι περιορισμοί που εμπλέκονται με το γεγονός ότι ο πωλητής είναι το επιφανειακό λιγνιτικό ορυχείο. Οι ελάχιστοι περιορισμοί περιέχουν μοναδικά κοιτάσματα που συνεπάγονται στο να:

- i. Περιορίζεται η ποσότητα του λιγνιτικού κοιτάσματος που καθορίζουν τη μέγιστη λιγνιτική προμήθεια σε μακροπρόθεσμη διάρκεια.
- ii. Στην επιρροή της λιγνιτικής τιμής και στη βέλτιστη ποσότητα της ανασκαφής.
- iii. Η χωρική κατανομή των παραμέτρων ποιότητας του λιγνίτη στη συνδιαμόρφωση με την αξία και την τιμή του λιγνίτη (παραγωγικότητα για το εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας).

6.3 Δεδομένα Αβεβαιότητας Στην Ανάλυση Μοντέλου ΔΜ -Μεταλλευτικός Κύκλος



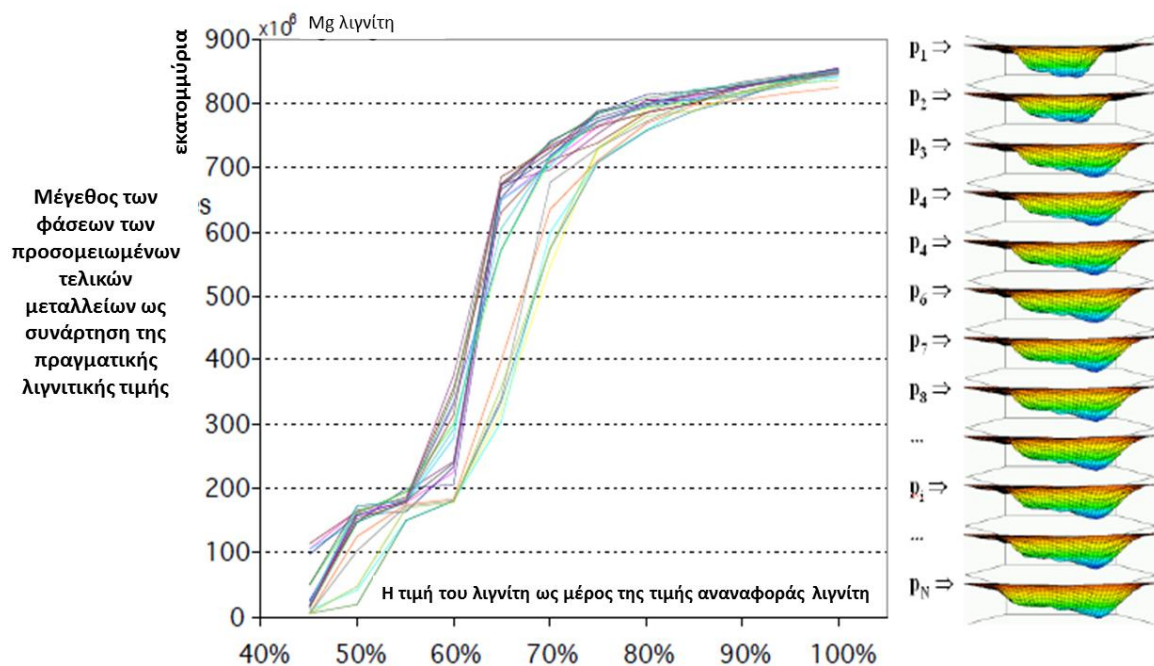
6.4 Υποθετική Προσομοίωση Λιγνιτικής Απόθεσης

Η CS είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κινδύνου μέσω μιας χωρικής ανάλυσης MC. Παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για την ελαχιστοποίηση της έκθεσης των έργων εξόρυξης σε κίνδυνο. Βασίζεται σε γεωστατιστικά προγράμματα και σε προγράμματα βελτιστοποίησης υπαίθριων μεταλλείων. Χρησιμοποιεί παραμέτρους για να παρέχει διάφορα μοντέλα βαθμού, το καθένα από τα οποία είναι εξίσου πιθανό και έμπιστο:

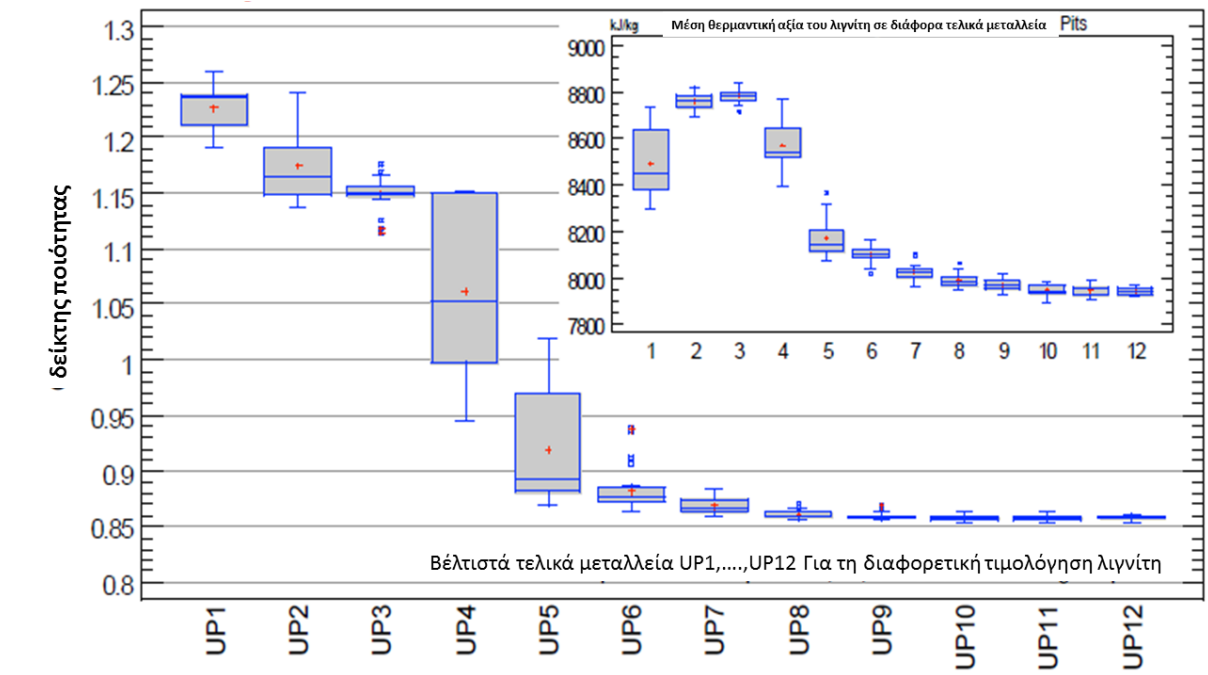
- i. Τους οριακούς γεωλογικούς περιορισμούς
- ii. Τα δεδομένα εισόδου στις θέσεις δείγματος
- iii. Να υπακούσει το ιστόγραμμα δείγματος και του δείγματος της ημιμεταβλητότητας

Το CS και το μακροπρόθεσμο σχέδιο εξόρυξης αποτελούν πηγές της αντικειμενικής μεταβλητότητας CFs σε έργα εξόρυξης. Δίνει πληροφορίες σχετικά με τη μεταβλητότητα των παραμέτρων του κοιτάσματος CS οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση γεωλογικών κινδύνων και την ελαχιστοποίηση της έκθεσης των έργων εξόρυξης σε αυτούς (τους κινδύνους). CS, MCS και το μακροπρόθεσμο σχέδιο εξόρυξης αποτελούν πηγές αντικειμενικής μεταβλητότητας CFs σε έργα εξόρυξης.

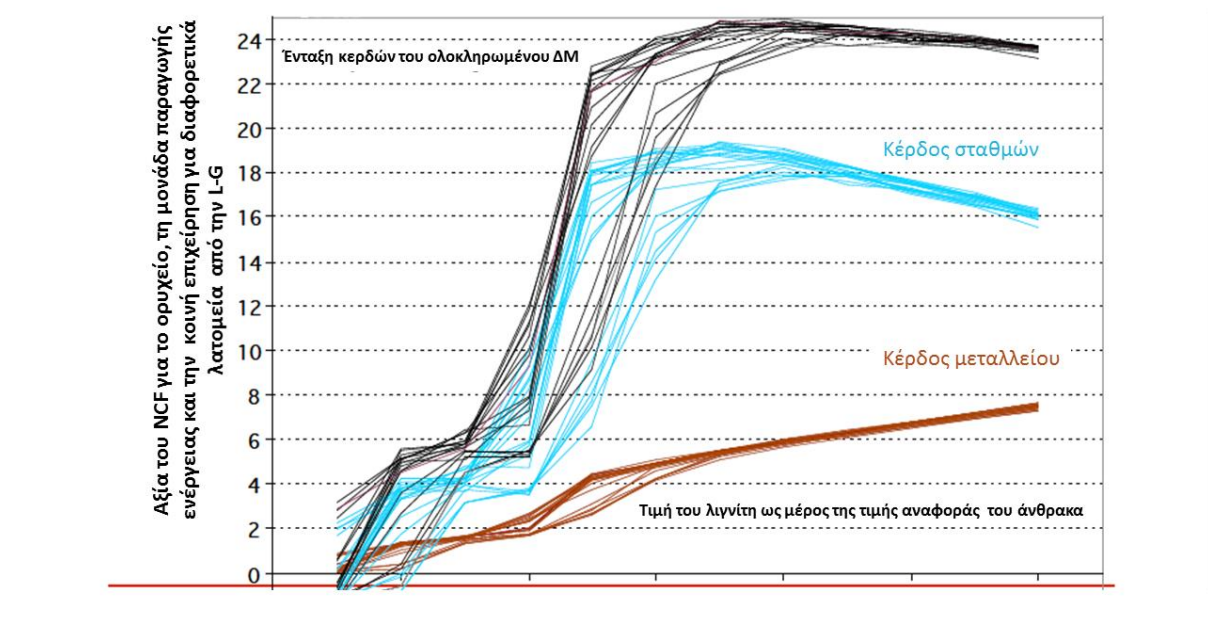
6.5 Αποτέλεσμα από Lerchs-Grossmann βέλτιστο μεταλλείο



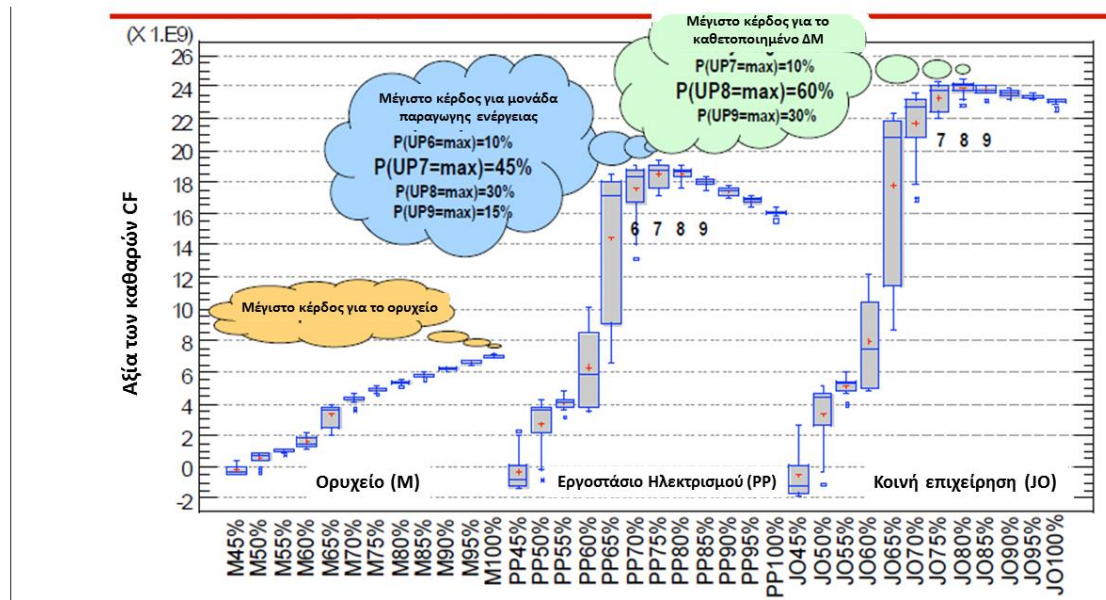
6.6 Δείκτης Ποιότητας Για τις Φάσεις 1, ..., 12 του Προσομοιούμενου Τελικού Μεταλλείου



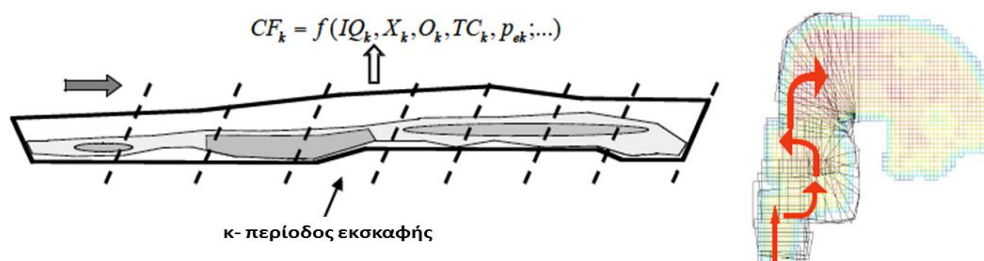
6.7 Προσομοίωση των Ταμειακών Ροών (CFS) Από την Παραγωγή Ενέργειας- Εκτίμηση των Κερδών Για το Ορυχείο Ενέργειας & Κοινές Δράσεις Από ConSims



6.8 Προσομοίωση των Ταμειακών Ροών (CFS) από Τιμές Παραγωγής Ενέργειας NVC Για το Ορυχείο (M), Σταθμος Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (PP) & Κοινά

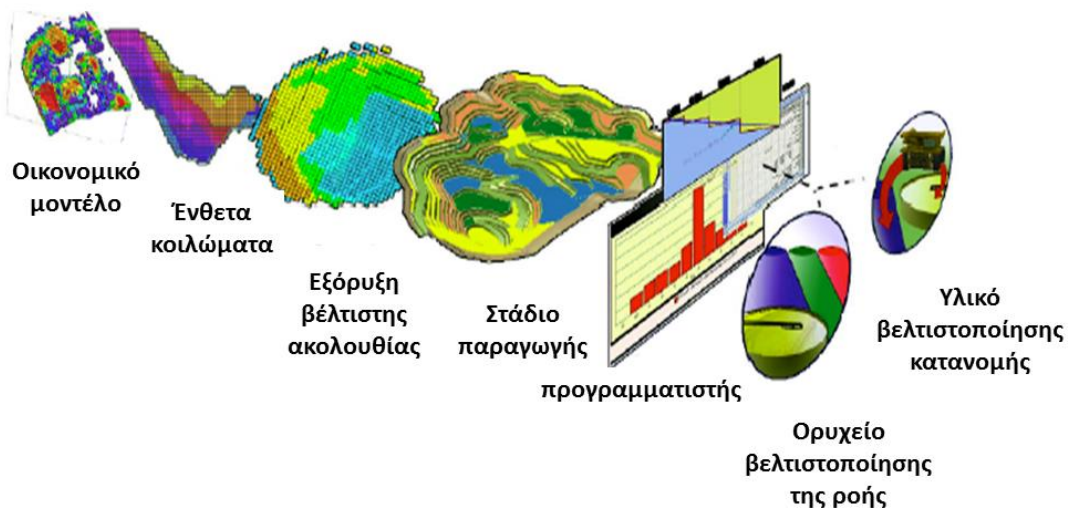


6.9 Το Βέλτιστο Χρονοδιάγραμμα LOM Με CF's Από Φάσεις Εκμεταλλεύσεων Αντιμετωπίζεται Ως Τυχαίες Μεταβλητές



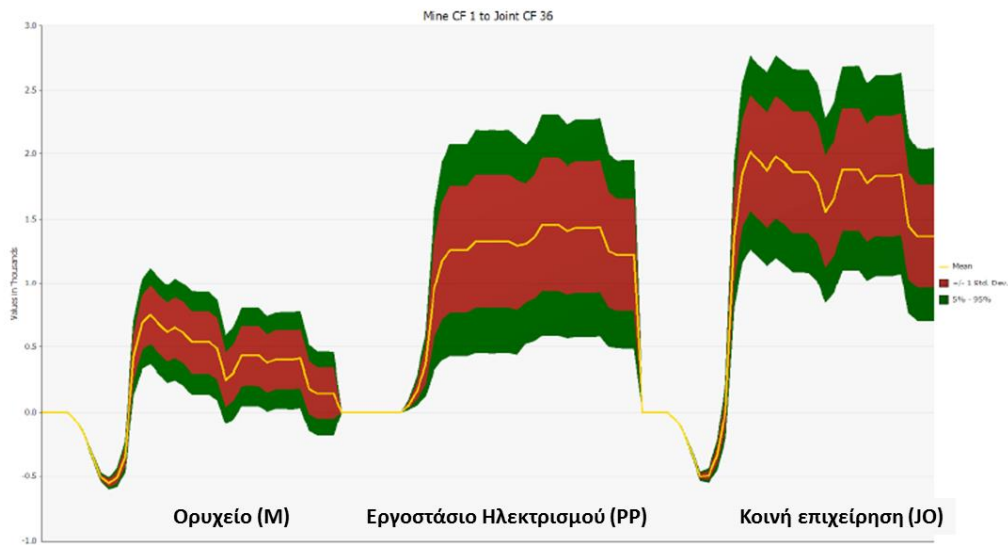
Η αξιολόγηση των έργων εξόρυξης θα πρέπει να βασίζεται στο βέλτιστο χρονοδιάγραμμα LOM αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της CS των 3D παραμέτρων του κοιτάσματος και του

περιβαλλοντικού γεω-κινδύνου λόγο του ότι μόνο αυτή η προσέγγιση επιτρέπεται για την ορθή εκτίμηση της CF μεταβλητότητας από φάσεις εκμετάλλευσης σε διάφορες περιόδους του έργου εξόρυξης. Ο προσδιορισμός όλων των απαιτούμενων CFS υπολογισμών (τα ιστογράμματα τους) μπορούν να γίνουν μέσω της CS, GRA και MCS με βάση όλα τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με το κοίτασμα, το ορυχείο και το οικονομικό περιβάλλον για τη προετοιμασία του κοιτάσματος. Ως εκ τούτου, πρέπει να γίνει σε ολοκληρωμένο περιβάλλον που επιτρέπει την ανάλυση των διαφόρων σεναρίων και των περιπτώσιολογικών μελετών. Η λύση που προσφέρεται από το λογιστικό Datamine φαίνεται να είναι το ιδανικό περιβάλλον για τέτοια ανάλυση. Η αποτίμηση του επενδυτικού σχεδίου μπορεί να γίνει άμεσα από το NPV Scheduler ή έξω από αυτό βασισμένο να υπολογίζονται οι παράμετροι, οι οποίοι μπορούν να εξαχθούν σε λογιστικό φύλλο excel. Το βέλτιστο σχήμα μπορεί να είναι έτοιμο για να μεγιστοποιήσει το NPV ή να μεγιστοποιήσει την αξιοποίηση των κοιτασμάτων μέσω της ομογενοποίησης και τη χρήση των αποθεμάτων της. Με βάση το υπολογισμένο CFS το NPV της ανασκαφής του έργου του λιγνιτικού κοιτάσματος μπορεί να υπολογισθεί βασισμένο σε παραδοσιακές φόρμουλες αλλά με τυχαίες παραμέτρους.



$$NPV = \sum_{k=1}^N \frac{CF_k(\dots)}{(1 + RADR_{(k)})^k} - NINV$$

6.9 Σύγκριση της CFs Μεταβλητότητας Σε Τρεις Περιπτώσεις



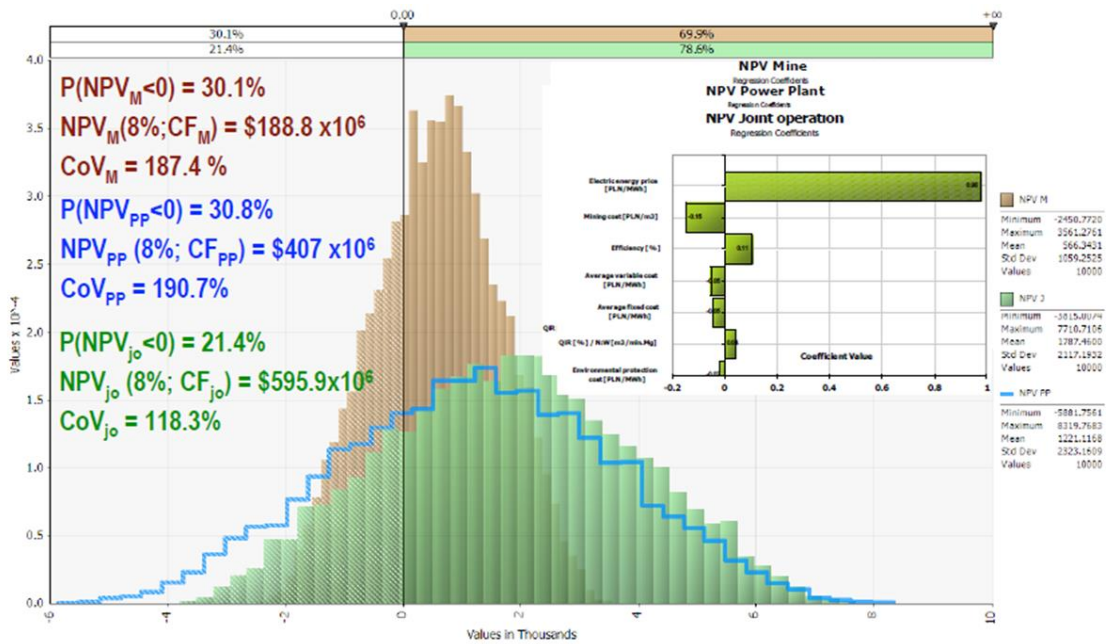
6.10 Ανάλυση Κινδύνων Βασισμένες σε CFS

Ο Κίνδυνος Προσαρμοσμένου Προεξοφλητικού Επιτοκίου (RADR) για τον υπολογισμό NPV θα πρέπει να επιλέγεται ανάλογα με την επικινδυνότητα του έργου. Η μεταβλητότητα Cf είναι ένα καλό μέτρο της επικινδυνότητας του έργου λόγω της κλίμακας που αποκαλύπτει την έλλειψη ακρίβειας της πρόγνωσης CFs. Ο υπολογισμός της NPV για το ορυχείο το εργοστάσιο και την κοινή επιχείρηση μπορεί να αποδειχθεί.

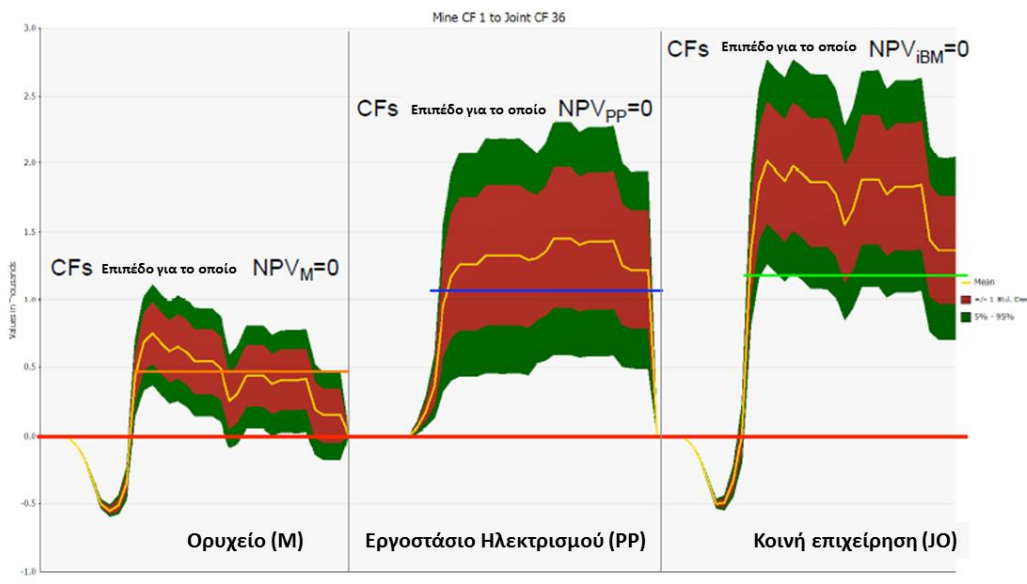
- Ο κίνδυνος της απώλειας MCS
 - i. δίνει μόνο δυνητικό κίνδυνο, ο οποίος μπορεί να υπολογισθεί επίσης ως πιθανότητα της απώλειας.
 - ii. Η πιθανότητα αυξάνεται με την αυξανόμενη αστάθεια των ταμειακών ροών

Ο κίνδυνος της απώλειας μπορεί να αντιμετωπισθεί ως πρόσθετο μέτρο του κινδύνου που συνδέεται με τις διαφορετικές επενδύσεις. Η εισαγωγή και η δημοτικότητα των CfAR τεχνικών σε ένα τομέα χρηματοδότησης ενθαρρύνει την εφαρμογή των παρόμοιων μέσων για την αξιολόγηση των σχεδίων εξόρυξης.

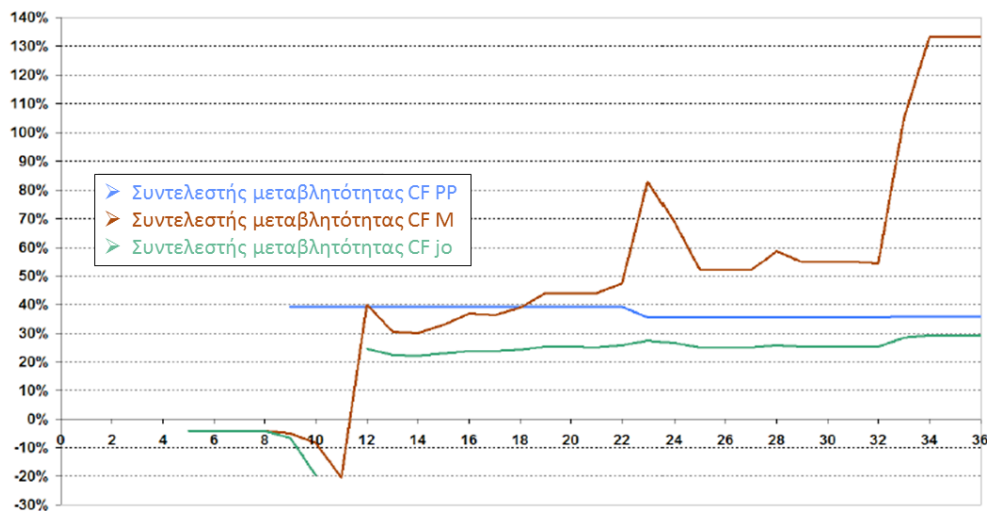
Σύγκριση NPV ιστογράμματα για ένα ορυχείο, εγκαταστάσεων ισχύος και η BM



Ασφάλεια CF επίπεδα διασφαλίζοντας την επίτευξη απαιτούμενο ποσοστό επιστροφής



Συντελεστής διακύμανσης για CFs



9. Συμπερασματικές παρατηρήσεις

- Η ανάλυση κινδύνου αποτελεί ένα πολύτιμο και αναγκαίο συμπλήρωμα της διαδικασίας αξιολόγησης της αποδοτικότητας.
- Η ανάλυση κινδύνου της παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη πρέπει να είναι βασισμένη την επεξεργασμένη λύση για το τροποποιημένο διμερές μοντέλο μονοπωλίου.
- Ο κίνδυνος των απωλειών για το ορυχείο και το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μειωθεί η κάθετη διάρθρωσή τους και την κοινή βελτιστοποίηση της λειτουργίας της. Η κάθετη ολοκλήρωση των τμημάτων ΒΜ διασφαλίζει επίσης την δυνατότητα να εκμεταλλεύονται μεγαλύτερους λάκκους που δεν θα έχουν ανασκαφεί αν και τα δύο μέρη ανήκουν σε δύο διαφορετικούς ιδιοκτήτες.
- Οι γεωλογικοί και μεταλλευτικοί κίνδυνοι είναι τα πιο σημαντικά στοιχεία για την αξιολόγηση των κινδύνων για την δημιουργία αλυσίδας της παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη λόγω των κοιτασμάτων, η εκμετάλλευση των μεταλλείων φέρνει η μεγαλύτερη αβεβαιότητα στη διαδικασία δημιουργίας αξίας.

- Η προϋπόθεση προσομοίωσης μπορεί να υπολογίσει κανονικά την αβεβαιότητα αυτή, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο της γνώσης του κοιτάσματος και τις χωρικές συσχετίσεις της.
- Άλλο ένα αβέβαιο δεδομένο (ενεργειακές τιμές, κόστη μονάδας παραγωγής ενέργειας και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα) θα είναι δημιουργημένο με τη χρήση της προσομοίωσης του MONTE CARLO είναι ένα χρήσιμο εργαλείο με στόχο την αναγνώριση του κινδύνου σε έργα εξόρυξης (Risk ή Crystal Ball).
- Η εφαρμογή των εργαλείων βελτιστοποίησης στην κορυφή της Cs μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο αυξάνοντας συστηματικά την αξία των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων επενδυτικού σχεδίου.
- Οι υπολογισμοί και η μοντελοποίηση έγιναν με το Datamine Studio και Earthworks NPV Scheduler.

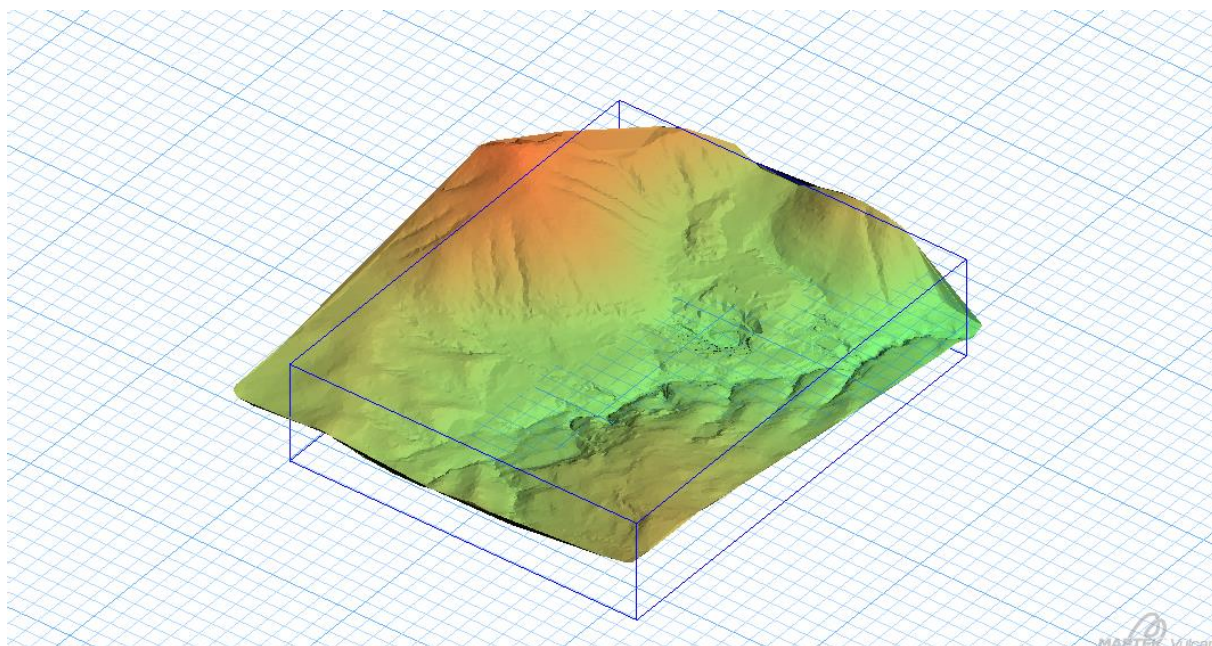
6. Παράδειγμα Εφαρμογής

Ως παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου Lerchs-Grossmann χρησιμοποιήθηκε κοίτασμα λιγνίτη από την περιοχή των Σερβίων του νομού Κοζάνης. Το κοίτασμα είναι υπό εκμετάλλευση και έχει αρκετά χρόνια λειτουργίας μπροστά του. Οι υπολογισμοί και η βελτιστοποίηση έγινε με χρήση του λογισμικού Martek Vulcan 3D Software.

6.1 Δεδομένα Παραδείγματος Εφαρμογής

Τα δεδομένα για το παράδειγμα εφαρμογής περιλαμβάνουν τα εξής αρχεία και πληροφορίες:

- Μοντέλο μπλοκ μεταβλητού ύψους που ακολουθεί το στρώμα του λιγνίτη (geological.bmf)
- Τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής (Σχήμα 6.1)
- Οικονομικά στοιχεία εκμετάλλευσης



Σχήμα 6.1: Μοντέλο τοπογραφικού ανάγλυφου και όρια μοντέλου μπλοκ.

6.2 Υπολογισμός αξίας των μπλοκ

Ο υπολογισμός της αξίας των μπλοκ γίνεται με βάση τον όγκο των μπλοκ, το στρώμα και τα οικονομικά στοιχεία που δίνονται παρακάτω. Ο υπολογισμός γίνεται αυτόματα μέσω του μικρού προγράμματος τύπου block script που ακολουθεί και της λειτουργίας **Block > Manipulation > Execute Script**.

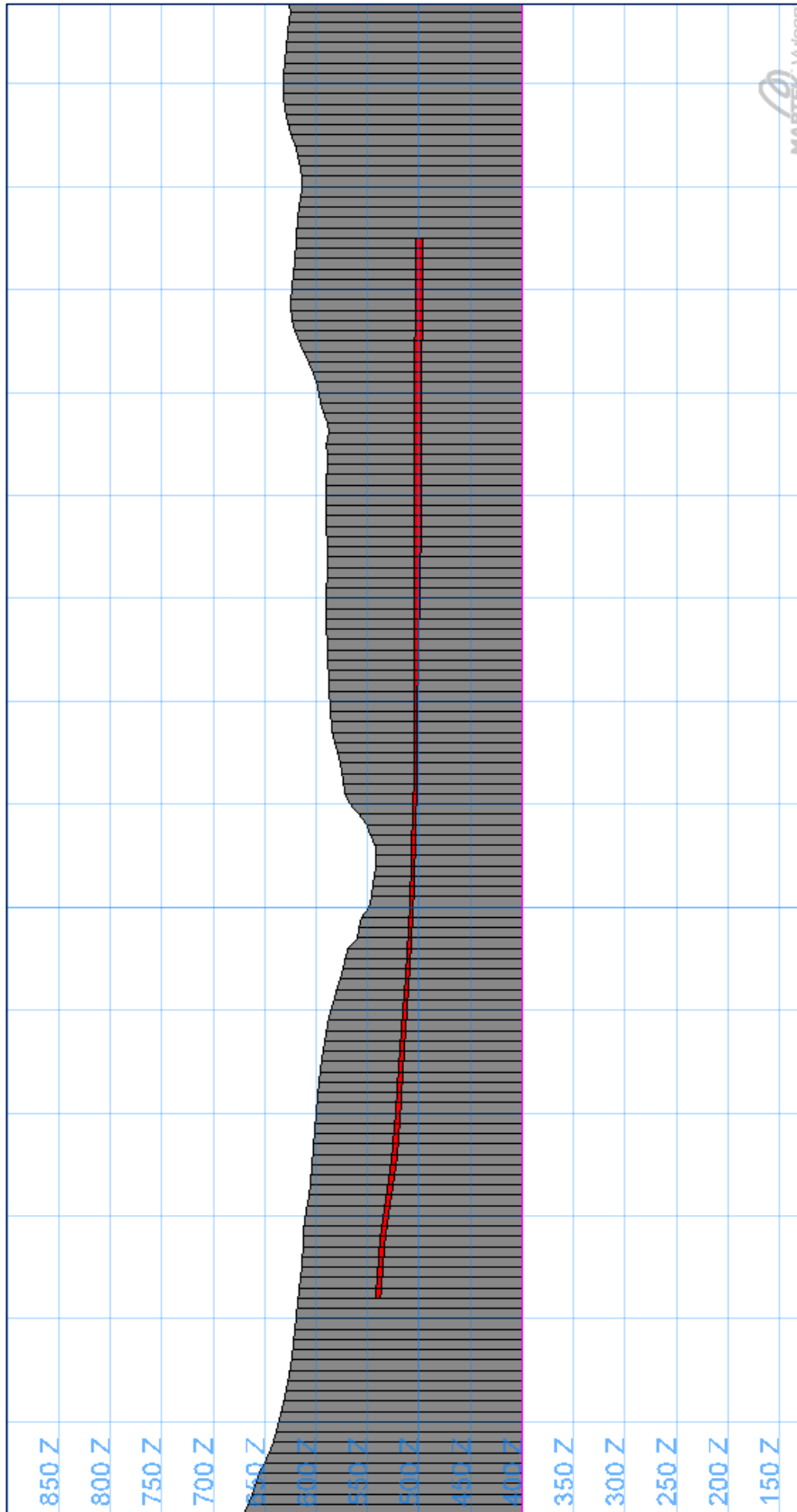
```

if (seam eqs "cx") then
    coal_volume = thickness * 100
    parting_volume = volume - coal_volume
    coal_tonnage = coal_volume * 1.22
    parting_tonnage = parting_volume * 1.6
    revenue = coal_tonnage * 26
    mining_cost = (coal_tonnage * 1.535) + (parting_volume *
0.95)
    processing_cost = coal_tonnage * 1.184
    other_cost = coal_tonnage * 4.054
    block_value = revenue - mining_cost - processing_cost -
other_cost
else
    coal_volume = 0
    coal_tonnage = 0
    parting_volume = 0
    parting_tonnage = 0
    waste_volume = volume
    waste_tonnage = volume * 1.6
    revenue = 0
    mining_cost = waste_volume * 0.95
    processing_cost = 0
    other_cost = 0
    block_value = revenue - mining_cost - processing_cost -
other_cost
endif

```

Σχήμα 6.2: Πρόγραμμα script για τον υπολογισμό των αξιών του μπλοκ.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει μια τομή στο μοντέλο μπλοκ όπου διακρίνονται με κόκκινο χρώμα τα μπλοκ λιγνίτη μεταβλητού ύψους.



Σχήμα 6.3: Τομή μοντέλου μπλοκ μεταβλητού ύψους.

6.3 Διαμόρφωση Μπλοκ Μεταβλητού Ύψους σε Μπλοκ Σταθερού Ύψους

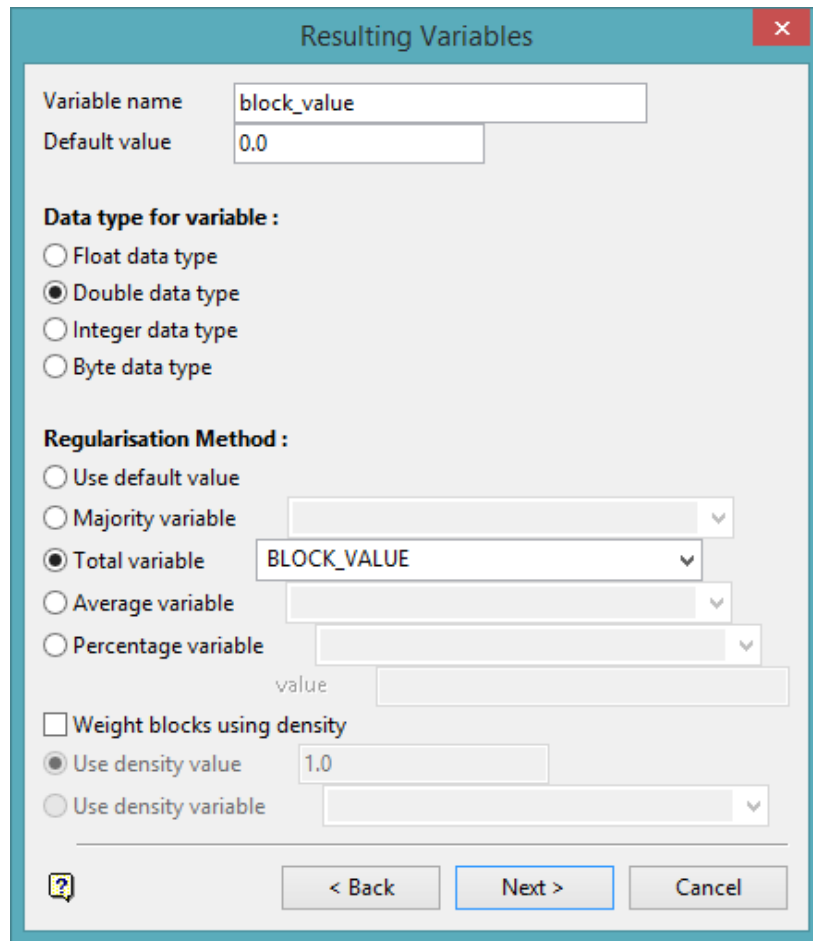
Καθώς η μέθοδος Lerchs-Grossmann λειτουργεί στη βάση μπλοκ ίδιου μεγέθους, είναι απαραίτητη η διαμόρφωση των μπλοκ του μοντέλου μας ώστε να έχουν σταθερό ύψος (οι άλλες διαστάσεις είναι ήδη σταθερές). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται κανονικοποίηση (regularization) και ο καθορισμός των παραμέτρων της γίνεται με τη λειτουργία **Block > Transfer > Regularise Parameters**:

Reblocking Dimensions :	
Origin X point	-4150.0
Origin Y point	-14000.0
Origin Z point	400.0
Start X offset	0.0
Start Y offset	0.0
Start Z offset	0.0
End X offset	2150.0
End Y offset	2700.0
End Z offset	600.0
Regular block X size	10.0
Regular block Y size	10.0
Regular block Z size	8.0

Next > Cancel

Σχήμα 6.4: Παράθυρο παραμέτρων κανονικοποίησης.

Η διαδικασία αυτή θα δημιουργήσει μπλοκ σταθερού ύψους διαστάσεων 10X10X8 διαιρώντας ή συνδυάζοντας τα αρχικά μπλοκ μεταβλητού ύψους. Ταυτόχρονα γίνεται και ο υπολογισμός της αντίστοιχης αξίας των νέων μπλοκ από τις αξίες των αρχικών όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 6.5: Υπολογισμός αξίας νέων μπλοκ σταθερού ύψους.

$$\text{total} = \begin{cases} \text{default_total}, & \text{sum_tonnage} = 0 \\ \text{sum_total}, & \text{sum_tonnage} > 0 \\ \text{sum_total}, & \text{sum_tonnage} < 0 \end{cases}$$

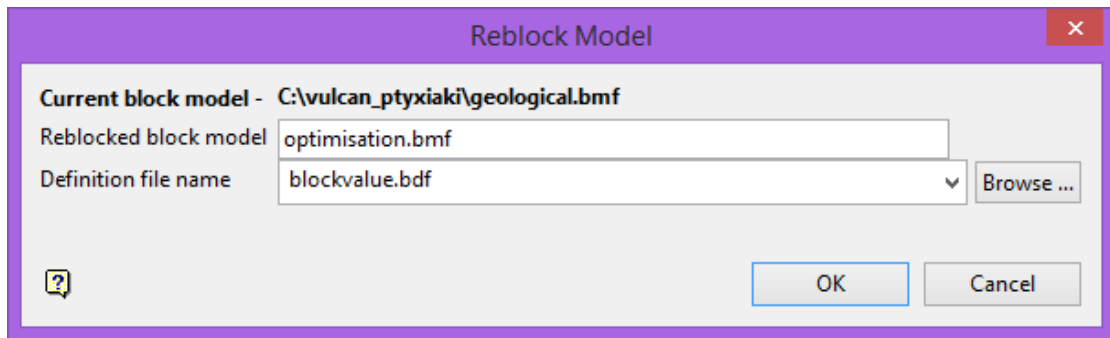
where,

$$\text{sum_total} = \sum_{i=1}^{NSB} \frac{\text{variable} \times \text{VOLUME}(\text{common_block})}{\text{VOLUME}(\text{sub_block})}$$

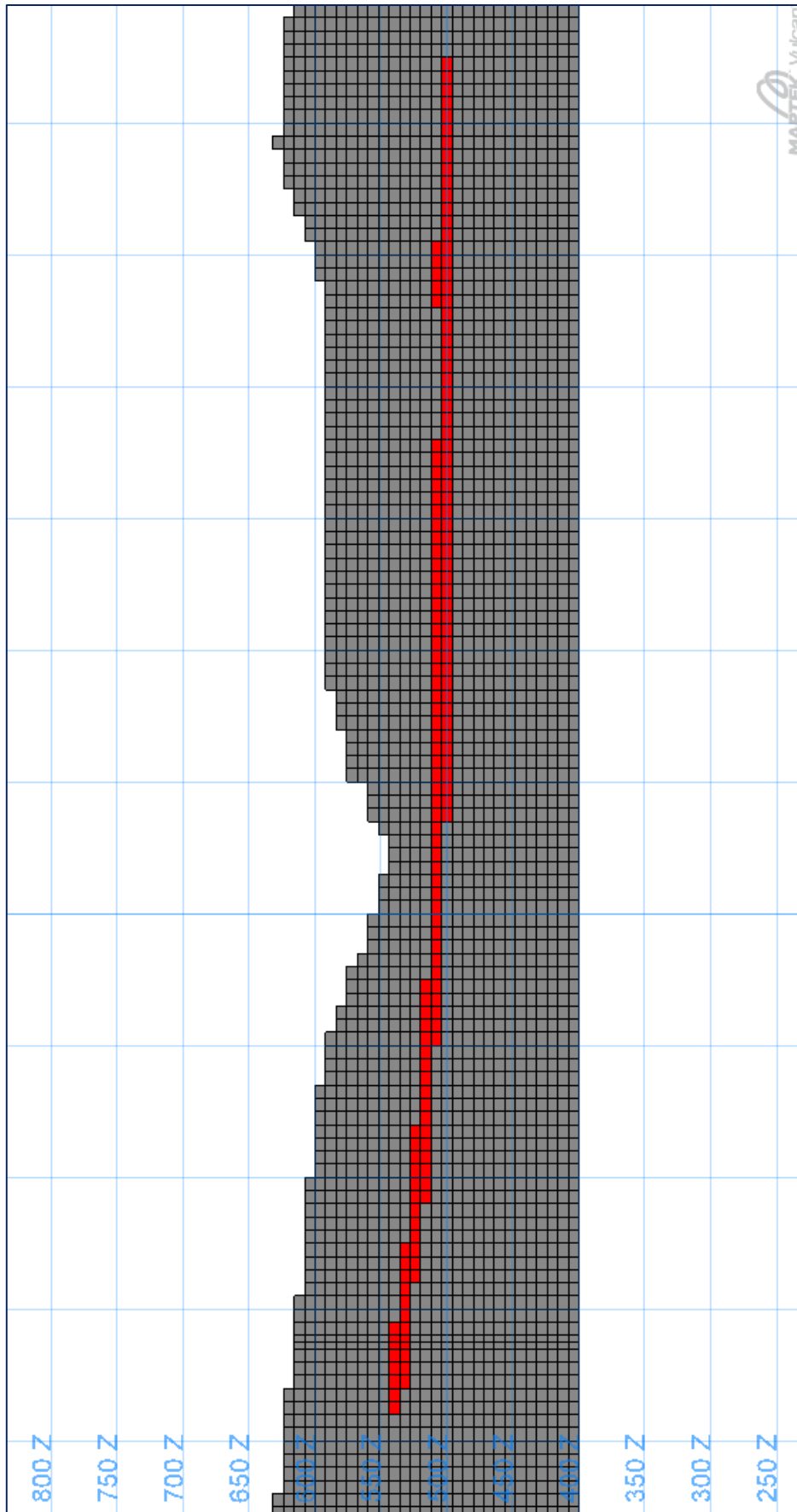
and

$$\text{sum_tonnage} = \sum_{i=1}^{NSB} \text{VOLUME}(\text{common_block})$$

Στη συνέχεια εκτελείται η κανονικοποίηση με τη λειτουργία **Block > Transfer > Perform Regularisation** η οποία δημιουργεί νέο μοντέλο μπλοκ (optimization.bmf). Στο Σχήμα 6.7 δίνεται τομή του νέου μοντέλου μπλοκ όπου διακρίνονται τα μπλοκ σταθερού ύψους τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από τη μέθοδο Lerchs-Grossmann.



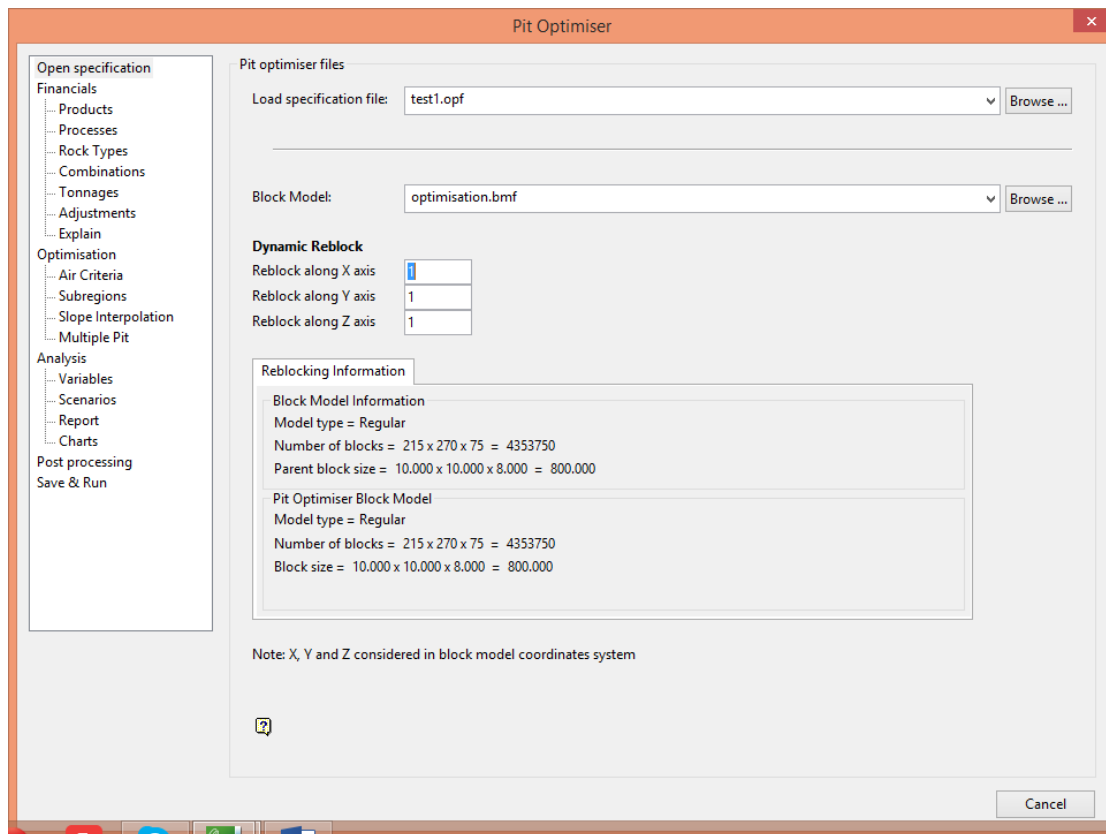
Σχήμα 6.6: Δημιουργία νέου μοντέλου μπλοκ με κανονικοποίηση του αρχικού.



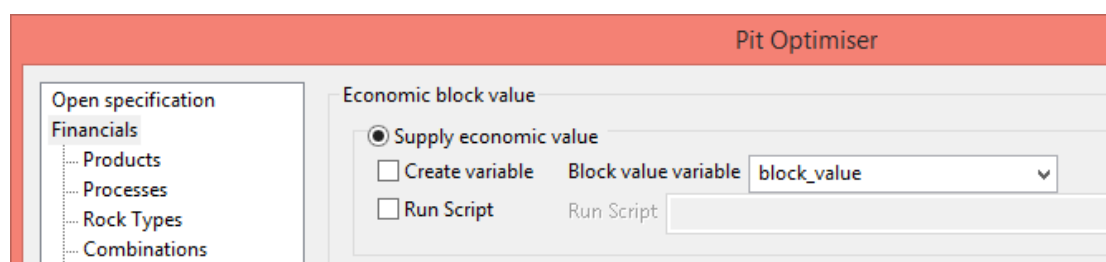
Σχήμα 6.7: Τομή του νέου μοντέλου μπλοκ.

6.4 Βελτιστοποίηση Εκκαφής

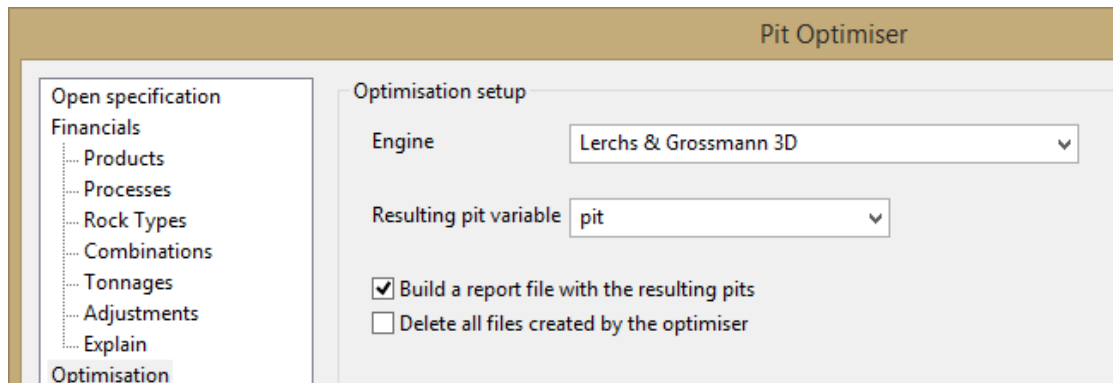
Εφόσον προσθέσουμε μια νέα μεταβλητή στο μοντέλο μπλοκ σταθερού ύψους για την αποθήκευση του αποτελέσματος της βελτιστοποίησης (μεταβλητή pit), προχωράμε στη βελτιστοποίηση Lerchs-Grossmann με τη λειτουργία **Block > Pit Optimiser > Edit**.



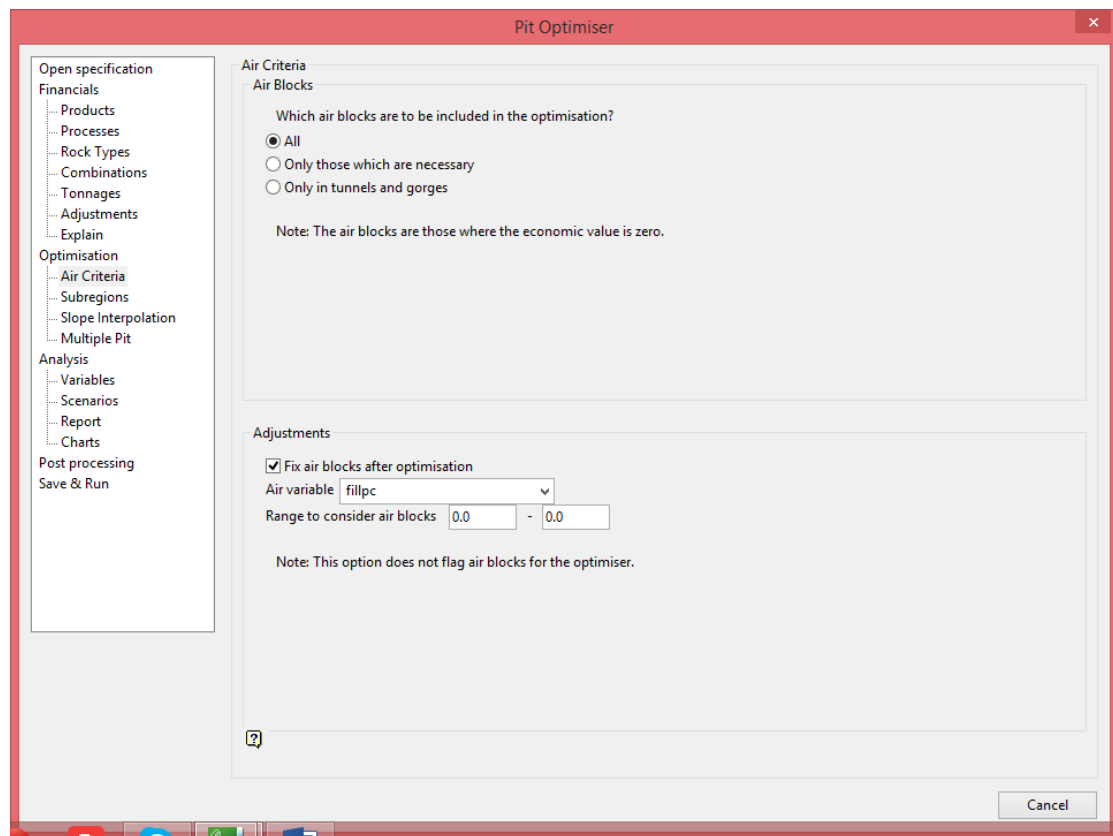
Σχήμα 6.8: Επιλογή αρχείου παραμέτρων βελτιστοποίησης και μοντέλου μπλοκ.



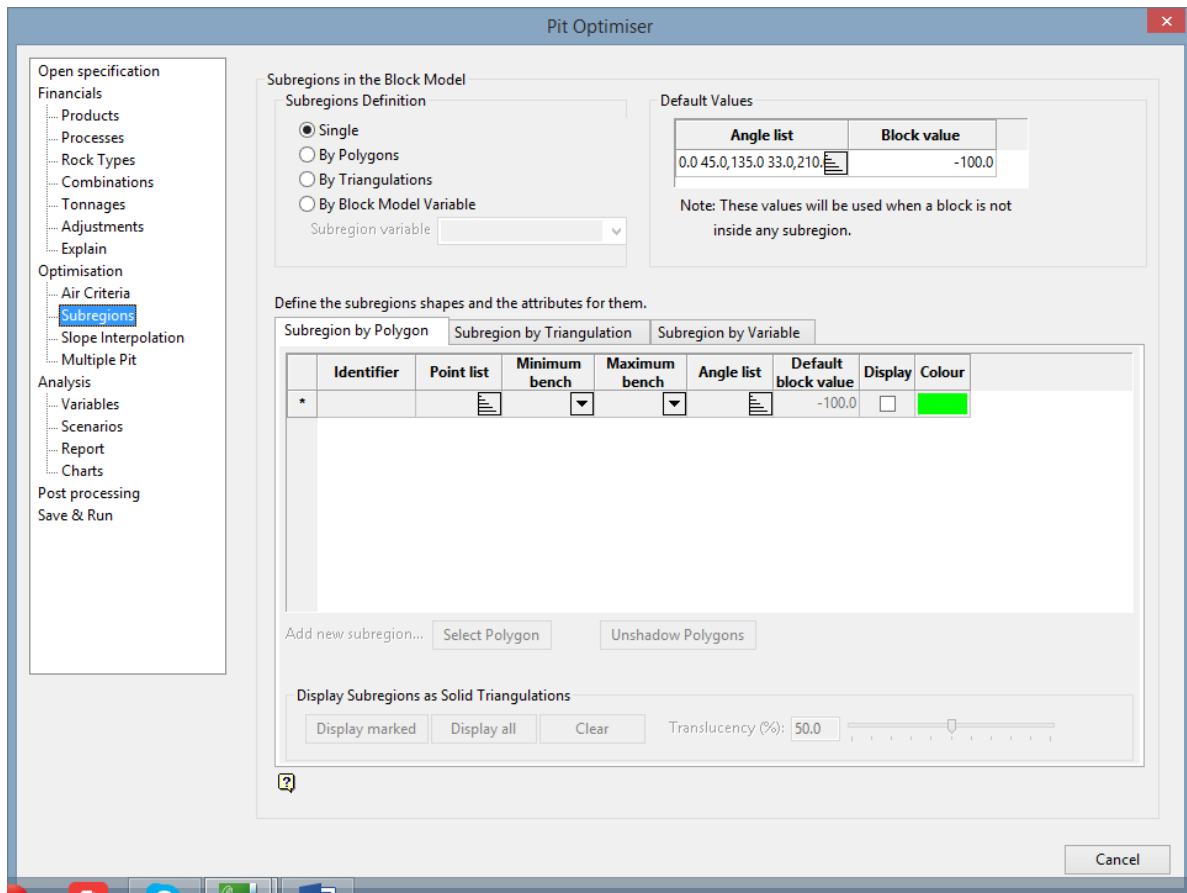
Σχήμα 6.9: Επιλογή μεταβλητής μοντέλου που δίνει τις αξίες των μπλοκ.



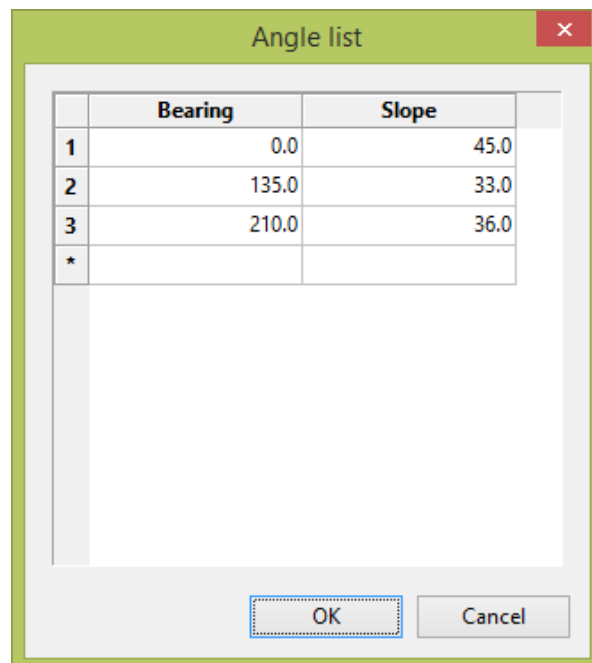
Σχήμα 6.10: Επιλογή μεταβλητής εξόδου για το αποτέλεσμα της βελτιστοποίησης.



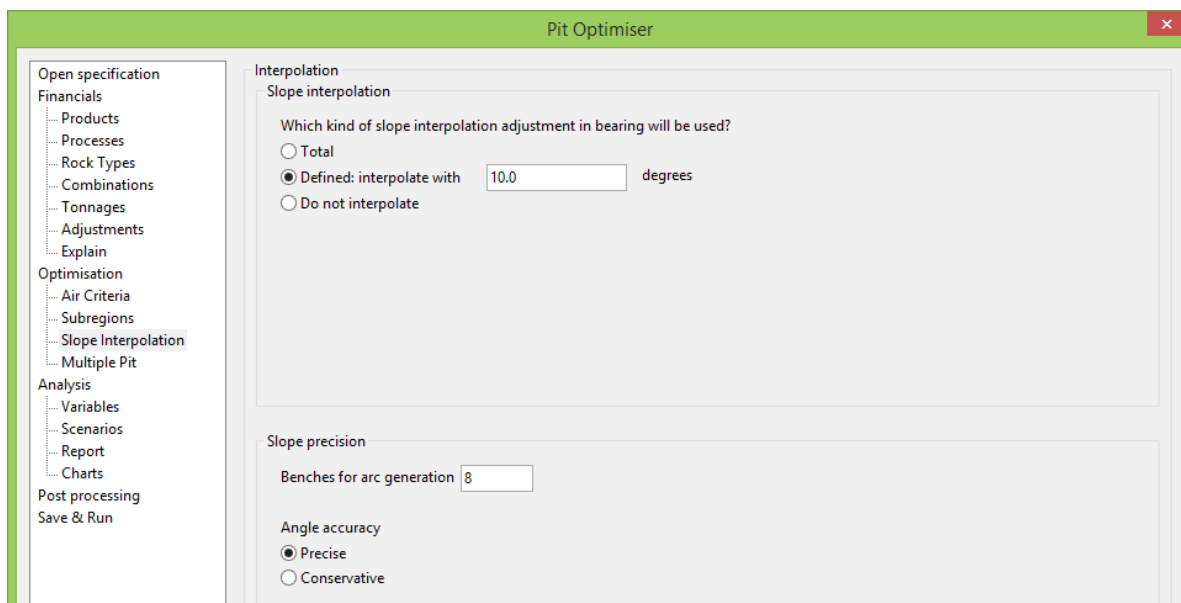
Σχήμα 6.11: Επιλογή μεταβλητής πληρότητας των μπλοκ (διορθώνει τον πραγματικό όγκο των μπλοκ με βάση το τοπογραφικό ανάγλυφο για τα μπλοκ τα οποία περιέχουν και αέρα).



Σχήμα 6.12: Καθορισμός συνολικής γωνίας εκσκαφής.

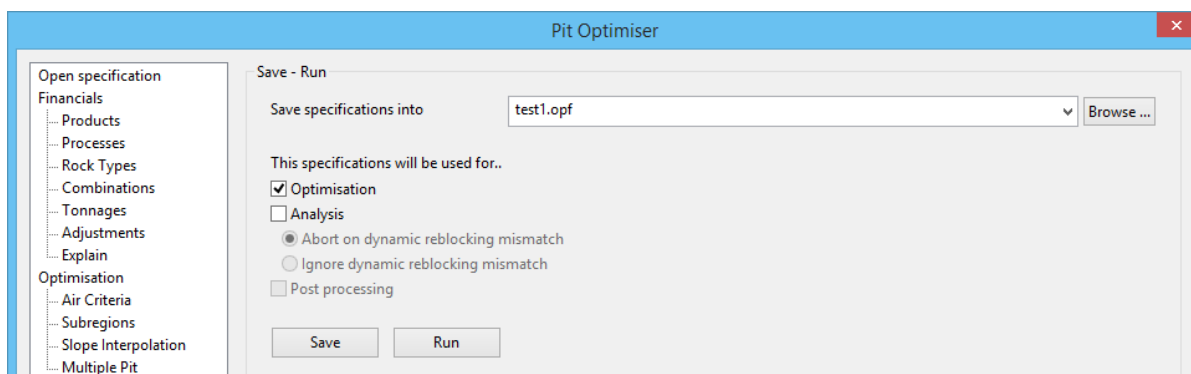


Σχήμα 6.13: Διαφοροποίηση συνολικής γωνίας εκσκαφής με τη διεύθυνση.



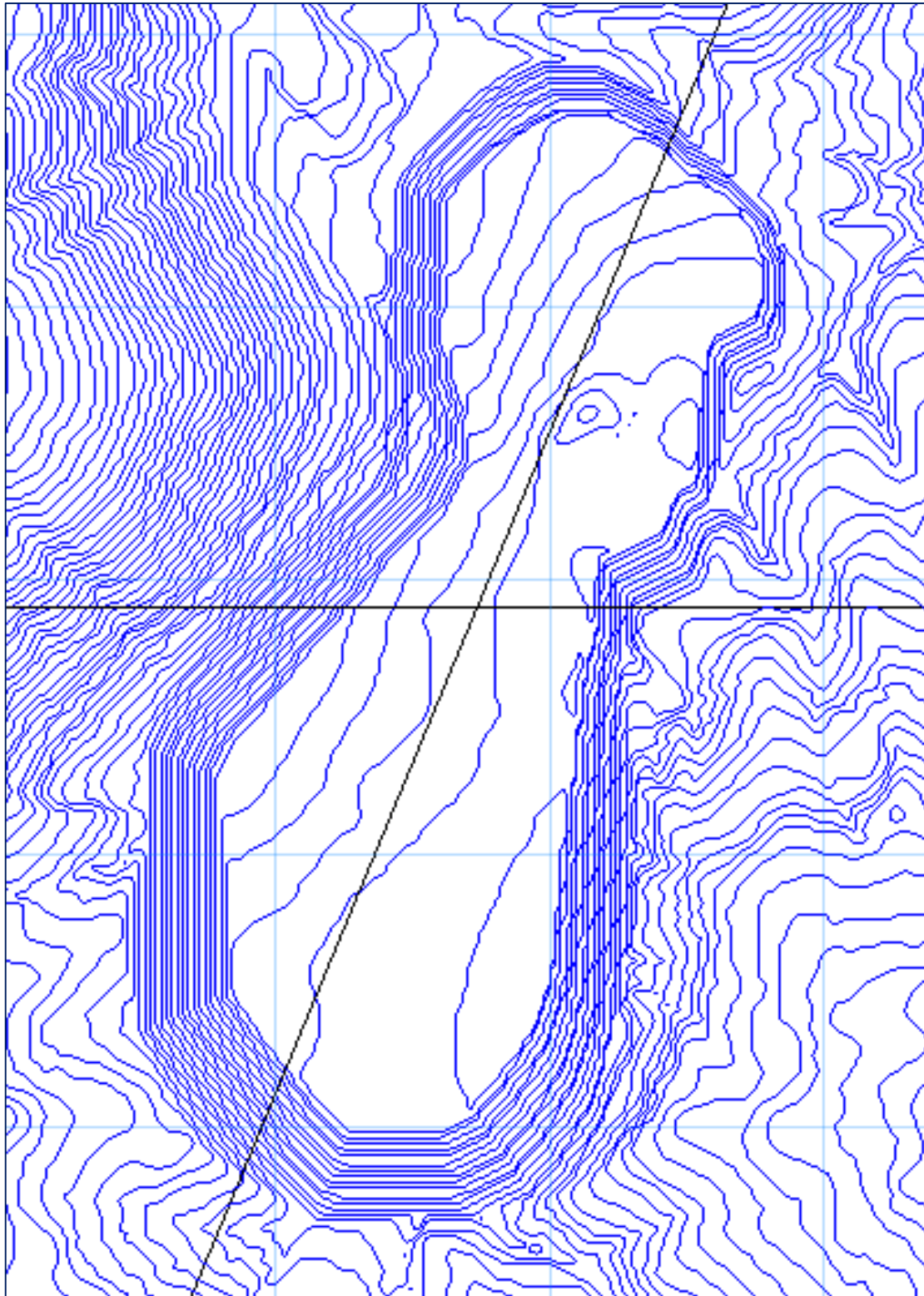
Σχήμα 6.14: Παρεμβολή γωνίας εκσκαφής για σταδιακή μετάβαση από μια ζώνη στην επόμενη.

Μετά τη διαμόρφωση όλων των απαραίτητων παραμέτρων βελτιστοποίησης, ξεκινά η διαδικασία.



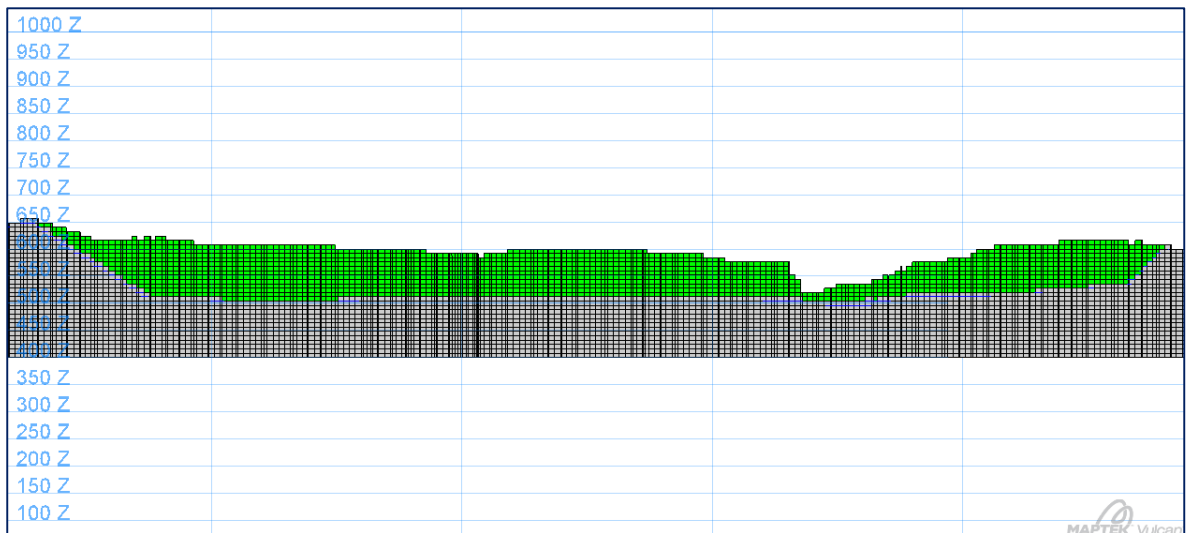
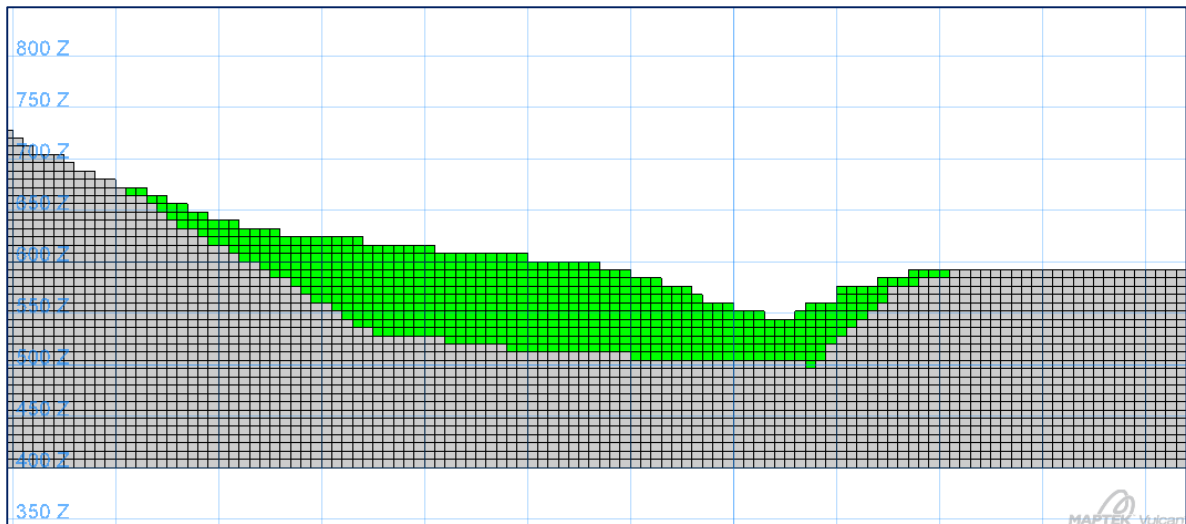
Σχήμα 6.15: Εκτέλεση διαδικασίας βελτιστοποίησης.

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία, μπορούμε να προβάλουμε τα βέλτιστα όρια της εκσκαφής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.16. Ουσιαστικά, λαμβάνουμε μια ισοϋψή για κάθε βαθμίδα της εκσκαφής που μας δείχνει τα όρια της.

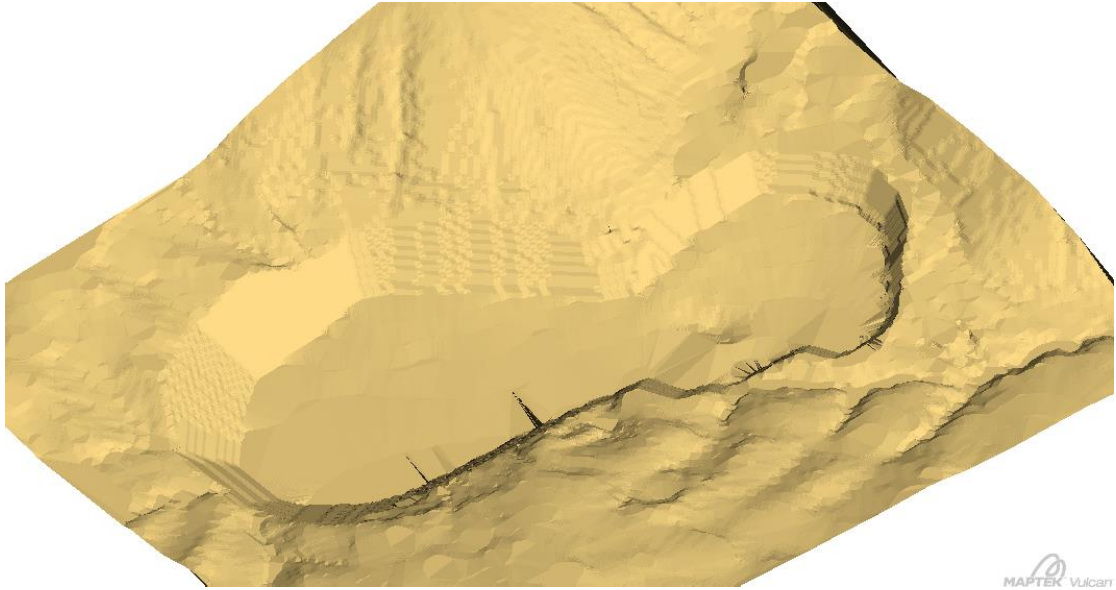


Σχήμα 6.16: Βέλτιστα όρια εκσκαφής που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Lerchs-Grossmann.

Δίνονται επίσης τα ίχνη των τομών που ακολουθούν (Σχήμα 6.17α και β).



Σχήμα 6.17: Τομές μοντέλου μπλοκ όπου διακρίνονται με πράσινο χρώμα τα μπλοκ που ανήκουν στη βέλτιστη εκσκαφή.



MAPTEK Vulcan

Σχήμα 6.18: Τρισδιάστατη απεικόνιση της βέλτιστης εκσκαφής λιγνίτη.

7. Βιβλιογραφία

- Leszek Jurdziak, (2008)) “Benefits of vertical integration of lignite mines and power plants”, Bridging Energy Supply and Demand: Logistics, Competition and Environment. 31st IAEE International Conference, June 18-20, 2008, Istanbul.
- Witold Kawalec Joanna Specylak, (2000), “Open pit optimisation of a lignite deposit”. Mine Planning and Equipment Selection, Balkema, Athens
- Patrick R.Stephenson, (2003), The JORC Code – Maintaining the Standard, The CIM Mining Conference and Exhibition, Montreal.
- Grudziński Z., Kasztelewicz Z., 2005: Proposition of brown coal price connection with the changes of electricity prices and inflation (in Polish), Scientific Works of Inst.of Mining Eng. At Wroclaw Univ. of Tech. No. 112, Wrocław 2005, p.255- 263.
- Jurdziak L., 2004: Tandem: lignite opencast mine & power plant as a bilateral monopoly, Proceeding of the Mine Planning and Equipment Selection 2004, A.A Balkema Publishers, Taylor & Francis Group.
- Jurdziak L., 2005: Is vertical integration of mines and power plants profitable and for whom? (in Polish). Biuletyn URE (Bulletin of Energy Market Regulation Authority) 2005, No 2(40).
- Jurdziak L., 2006a. Influence of structure and ownership of lignite opencast mine and power plant bilateral monopoly on its operation. Proceedings of the International Conference Mine Planning and Equipment Selection, Torino.
- Jurdziak L., 2006b. Lignite price and split of profit negotiation in bilateral monopoly of lignite opencast mine and power plant. Proceedings of the International Conference Mine Planning and Equipment Selection, Torino.
- Jurdziak L., 2006c. Lignite price negotiation between opencast mine and power plant as a two-stage, two-person, cooperative, non-zero sum game”. Proceedings of the 8th International Symposium, Continuous surface mining ISCSM 2006. Aachen, September 24th-27th 2006. Vol. 2. (Additional). Selected papers. Aachen : Mainz, 2006. s. 469-475.

Jurdziak L., 2007: Economic evaluation of a lignite mine and a power plant operations with application of a bilateral monopoly model, pit optimisation and game theory (in Polish), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej.

Jurdziak L., 2008a Benefits of vertical integration of lignite mines and power plants. Bridging energy supply and demand: logistics, competition and environment. 31st Conference of the International Association for Energy Economics. IAEE'08. Istanbul, Turkey, 18-20 June.

Jurdziak L., 2008b: Inherent conflict of individual and group rationality in relations of a lignite mine and a power plant. Economic evaluation and risk analysis of mineral projects. Taylor and Francis, s. 73-83.

Jurdziak L., 2008c: Optimisation of joint activity of lignite surface mine and a power plant as a bilateral monopoly. IVth Int. Conf. COAL. Beograd, 15-18 October, p.208-220.

Jurdziak L., Kawalec W., 2008: Method of identification of mineable lignite reserves in the bilateral monopoly of an open pit and a power plant. Economic evaluation and risk analysis of mineral projects. Taylor and Francis, s. 85-94.

Jurdziak L., Wiktorowicz J., 2008: Risk analysis during evaluation of profitability of energy production from lignite, IAEE Conference in Istanbul, Turkey.

Jurdziak L., Wiktorowicz J., 2009: Estimation of cash flows volatility for risk analysis of a new lignite power plant, 10th IAEE European Conference "Energy, Policies and Technologies for Sustainable Economies", 7 - 10 September 2009.

Publication sponsored by the Polish Ministry of Science and Higher Education - project N524 010 32/2086 "Economic analysis of a lignite mine and a power plant operation in condition of uncertainty with application of bilateral monopoly model, pit optimisation methods, game theory and real options".

Announcing the Standard for Integration Definition For Function Modeling (IDEF0), 1993, Draft Federal Information, Processing Standards Publication 183, 1993 December 21.

- Bednarczyk J., 2007 – Scenarios of development of a lignite deposit „Legnica”. In Technology of development of a lignite deposit „Legnica”. Editor: „Górnictwo odkrywkowe”, Wrocław, 2007 (in Polish).
- Jurdziak L., Kawa I e c W., 2000 – Optimisation of the pit based on the price of lignite and quality requirements for the “Szczerców” deposit. VII Conference Proc.: The Exploitation of Mineral Resources, Zakopane 2000 (in Polish).
- Kawa I e c W., Ku I i n ows k i P., 2007 – Computations of belt conveyors. Transport Przemyslowy 1(27), 2007 (in Polish).
- Lerchs H., Grossmann I.F., 1965 – Optimum Design and Open Pit Mines. Transactions, C.I.M. Vol. LXVIII, str. 17–24, 1965.
- Petrich F., 2003 – Optimisation of mining technology in the Lusatian mining area. Surface Mining Braunkohle, Other Minerals. 55(2003) No. 2.
- Underwood R., Tolwiński B., 1998 – A mathematical programming viewpoint for solving the ultimate pit problem. European Journal of Operational Research, 107 (1998) 96–107.
- Jurdziak, L. (2004a). Tandem: lignite opencast mine & power plant as a bilateral monopoly. Mine Planning and Equipment Selection, A.A Balkema Publishers, Taylor & Francis Group plc.
- Jurdziak, L. (2004b). The influence of lignite opencast mine optimisation on solution of bilateral monopoly model of lignite mine & power plant in long run (in Polish). Gornictwo Odkrywkowe (Opencast Mining) No 7-8.
- Jurdziak, L. (2005a). Forming lignite prices in conditions of their control and confirmation (in Polish). Gornictwo Odkrywkowe (Opencast Mining), No 4-5.
- Jurdziak, L. (2005b). Is vertical integration of mines and power plants profitable and for whom? (in Polish). Biuletyn URE (Bulletin of Energy Market Regulation Authority) No 2(40).
- Jurdziak, L. (2005c). The influence of ownership and organizational structure on operation of bilateral monopoly of lignite mine and power plant (in Polish). The Fourth Lignite

Mining Congress. Scientific Papers of the Institute of Mining Engineering of the Wrocław University of Technology No 112, Conferences No 44, Wrocław.

Jurdziak, L. (2006a). Negotiation between lignite mine and power plant as co-operational, two-stage, two-person game with non-zero sum (in Polish). *Energetyka (Electric Energy Industry)*, No 2.

Jurdziak, L. (2006b in press). Nash bargaining solution and the split of profit in bilateral monopoly of lignite opencast mine and power plant. Part one: theoretical foundations and Part two: applications in strategic and tactical negotiations (in Polish). *Gornictwo Odkrywkowe (Opencast Mining)*.

Jurdziak, L. (2006c in press). Lignite prices as transfer price. Part one: law aspect and Part two: economics aspect. (in Polish). *Biuletyn URE (Bulletin of The Energy Regulatory Office)*.