

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΕ ΛΙΓΝΙΤΙΚΑ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ

Κολοβός Ν.

Βατερό 501 00 Κοζάνη, info@kozani.net

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο προσδιορισμός των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων κάθε κοιτάσματος αποτελεί το κύριο μέλημα των γεωλογικών και κοιτασματολογικών μελετών. Ανεξάρτητα από τη δομή του κοιτάσματος, τόσο τα γεωλογικά όσο και τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα θα πρέπει να προσδιορισθούν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόληψη του κοιτάσματος. Οι παραπάνω γενικές αρχές αποκτούν ιδιαίτερη σημασία σε κοιτάσματα, τα οποία εμφανίζουν έντονη ανομοιογένεια, όπως τα πολυστρωματικά λιγνιτικά κοιτάσματα τύπου Πτολεμαΐδας. Στην παρούσα μελέτη γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αξιολόγηση των γεωτρήσεων, στις ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους, μέσω των οποίων διερευνάται ο βαθμός αξιοπιστίας των γεωλογικών και κοιτασματολογικών μελετών ενός λιγνιτωρυχείου, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην σχέση Λ/Σ (λιγνίτης/στείρα), η οποία προσδιορίζει και τον τελικό βαθμό καθαρότητας του τελικού προϊόντος.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λιγνιτικό κοιτάσμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας χαρακτηρίζεται από πολυστρωματικότητα λιγνιτικών ενστρώσεων, ανάμεσα στις οποίες παρεμβάλλονται πολλές λεπτές ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις κυρίως αργιλικών, μαργαϊκών και αμμούχων σχηματισμών. Η μορφή αυτή του κοιτάσματος επιβάλλει την εκλεκτική εξόρυξη με καδοφόρο εκσκαφέα, κατά την οποία, αναπόφευκτα, λεπτές ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις συνεξορύσσονται με τις λιγνιτικές, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Κολοβός κ.α. 2000, Κολονος 2001).

Για λόγους που έχουν άμεση σχέση με την τεκτονική και τη λιγνιτογένεση στην περιοχή, τα λιγνιτικά στρώματα εμφανίζουν έντονη ανομοιογένεια. Κύριος παράγοντας διαφοροποίησης της ποιότητας του λιγνίτη είναι το ανόργανο μέρος, το οποίο, σε πολύ μεγάλο βαθμό εξαρτάται από τη συνεξόρυξη των στείρων ενστρώσεων (Κολονος 2002, Κολονος et al. 2002). Οι σημαντικές αυτές ποιοτικές διαφοροποιήσεις θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό των εκμεταλλεύσιμων στρωμάτων ή πακέτων (μπλοκ) εξόρυξης, που γίνεται μέσω της αξιολόγησης των γεωτρήσεων.

Όπως σε όλα τα κοιτάσματα, έτσι και στα λιγνιτικά, υπάρχει διάκριση γεωλογικών και εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων. Προκύπτουν έτσι οι έννοιες του «γεωλογικού» λιγνίτη και του «αποληψίμου» λιγνίτη, για τον οποίο ενδιαφέρεται άμεσα ο Τομέας Εκμετάλλευσης του Ορυχείου.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εκπόνηση της μελέτης εκμετάλλευσης ενός λιγνιτωρυχείου λαμβάνονται ως βάση οι ερευνητικές γεωτρήσεις. Μετά την ολοκλήρωση του γεωτρητικού προγράμματος ακολουθεί η αξιολόγηση των γεωτρήσεων, με σκοπό την αναλυτική εξέταση των πρωτογενών στοιχείων και την ενοποίηση των διαφόρων λιγνιτικών ή στείρων στρωμάτων σε πακέτα (μπλοκ) εξόρυξης, σύμφωνα με συγκεκριμένες ποσοτικές και ποιοτικές προδιαγραφές. Η αξιολόγηση σήμερα πραγματοποιείται μέσω προγράμματος Η/Υ (Καραμαλίκης 1993), σύμφωνα με κριτήρια τα οποία προσεγγίζουν καλύτερα τις απαιτούμενες ποιοτικές προδιαγραφές της εκμετάλλευσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού.

Με βάση τα στοιχεία αξιολόγησης κατασκευάζονται οι κοιτασματολογικοί χάρτες, υπολογίζονται τα αποθέματα, σχεδιάζεται η εκμετάλλευση του κοιτάσματος και η διάνοιξη και ανάπτυξη του ορυ-

χειού (Kolonos 2003). Συντάσσονται αναλυτικά σχέδια ανά τομή, όπου προσδιορίζονται τόσο τα λιγνιτικά όσο και τα πακέτα των στειρών και δίνονται στον Τομέα της Εκμετάλλευσης για εφαρμογή. Σαν «γεωλογικός» λιγνίτης χαρακτηρίζεται κάθε λιγνιτικό στρώμα με πάχος >10 cm και “τέφρα επί ξηρού + CO₂” < 50%, όπως λαμβάνεται από τον πυρήνα της γεώτρησης και περιγράφεται από τον γεωλόγο κατά την αρχική φάση της έρευνας. Το CO₂ συνυπολογίζεται στο ποσοστό της τέφρας επειδή μέσα στο λιγνιτικό στρώμα ή μπλόκ εμπεριέχεται υψηλό ποσοστό CaCO₃, το οποίο κατά την καύση διασπάται σε CaO και CO₂.

Για την αξιολόγηση των γεωτρήσεων, σαν «απολήψιμος» λιγνίτης χαρακτηρίζεται κάθε λιγνιτικό στρώμα ή πακέτο (μπλοκ) στρωμάτων (πριν την εξόρυξη), που έχει πάχος >50 cm και τέφρα επί ξηρού < 40%. Αντιθέτως, σαν στείρο στρώμα ή πακέτο (μπλοκ) στρωμάτων χαρακτηρίζεται το στείρο στρώμα ή πακέτο στρωμάτων με τέφρα επί ξηρού > 40 % και πάχος > 50 cm. Σαν τελικό προϊόν θεωρείται ο εξορυσσόμενος απολήψιμος λιγνίτης, στον οποίο περιλαμβάνεται και η ρύπανση από τα στείρα που βρίσκονται σε επαφή με την οροφή και το δάπεδο του λιγνιτικού στρώματος ή πακέτου στρωμάτων λόγω της λειτουργίας του καδοφόρου εκσκαφέα.

Επισημαίνεται ότι για την αξιολόγηση των γεωτρήσεων λαμβάνεται υπόψη το ποσοστό τέφρας επί ξηρού. Κύριος στόχος της αξιολόγησης των γεωτρήσεων είναι η μέση τέφρα του συνολικώς απολήψιμου λιγνίτη να είναι ≤ 30%.

Στην πορεία λειτουργίας του ορυχείου, η ποιότητα του κοιτάσματος και ο προσδιορισμός των στρωμάτων ή πακέτων (μπλόκ) εξόρυξης ελέγχονται με τακτικές δειγματοληψίες και χαρτογραφίες των μετώπων εξόρυξης.

Ο συνδυασμός της αξιολόγησης των γεωτρήσεων, της δειγματοληψίας και της χαρτογράφησης των μετώπων εξόρυξης, αποτελούν σήμερα την εφαρμοζόμενη πρακτική στα λιγνιτωρυχεία για τον προσδιορισμό της ποιότητας των στρωμάτων (μπλοκ) εξόρυξης και την εξόρυξη των μετώπων του κοιτάσματος.

Η όλη διαδικασία σκοπό έχει την όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση του κοιτάσματος, επιτυγχάνοντας την καλύτερη δυνατή προσέγγιση, χωρίς υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων του τελικού προϊόντος. Ως κύριοι συγκριτικοί δείκτες για την αξιολόγηση των μελετών θεωρούνται η σχέση Λ/Σ (λιγνίτης / ενδιάμεσα στείρα), η υγρασία, η κατώτερη θερμογόνος δύναμη, η ανώτερη θερμογόνος δύναμη, η τέφρα και η ειδική κατανάλωση.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μέση τέφρα επί ξηρού του γεωλογικού λιγνίτη ανέρχεται σε 26,5%, με διακυμάνσεις από 8,3% έως 48,2%, ενώ η ποιότητα του ίδιου στρώματος μπορεί να διαφοροποιείται εντός ευρέων ορίων.

Από έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν (Κολοβός 2001, Κολοβός κ.α. 2001) η προσθήκη στειρών ενστρώσεων ανθρακούχας μάργας ή μαργαϊκού ασβεστόλιθου, όπως συμβαίνει στα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδας, σε ποσοστό 10%, μειώνει την ανώτερη θερμογόνο δύναμη του λιγνίτη κατά 8,4% έως 12,9% αντίστοιχα, ενώ η προσθήκη κατά 20% επιφέρει μείωση κατά 14,8% έως 20,5% (Πίνακες 1 και 2).

Πίνακας 1. Επιπτώσεις προσθήκης ανθρακούχας μάργας σε λιγνίτη

Ανθρακούχα Μάργα %	Τέφρα %	Α.Θ.Ι kcal kg ⁻¹	Τέφρα Μεταβολή %	Α.Θ.Ι Μεταβολή %
0	11,97	5349	0	0
10	14,50	4901	21,1	-8,4
20	16,50	4560	37,8	-14,8

Πίνακας 2. Επιπτώσεις προσθήκης μαργαϊκού ασβεστόλιθου σε λιγνίτη

Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος %	Τέφρα %	Α.Θ.Ι kcal kg ⁻¹	Τέφρα Μεταβολή %	Α.Θ.Ι Μεταβολή %
0	11,97	5349	0	0
10	16,00	4658	33,7	-12,9
20	19,70	4254	64,6	-20,5

Δυσμενείς επιπτώσεις παρατηρούνται επίσης στη θερμογόνο δύναμη, την τέφρα και την υγρασία. Η υποβάθμιση αυτών των χαρακτηριστικών οδηγεί σε υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Ως εκ τούτου, η οποιαδήποτε συνεξόρυξη στείρου υλικού αν και αυξάνει την ποσότητα, υποβαθμίζει την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Κολονος 2002, Κολονος et al. 2002).

Η σχέση Λ/Σ (λιγνίτης / ενδιάμεσα στείρα), προσδιορίζει ποσοστιαία τόσο την παραγωγή λιγνίτη όσο και την παραγωγή των στείρων. Αν υποθέσουμε ότι οι προβλεπόμενες από τις μελέτες συνολικές εκσκαφές ανέρχονται σε 40.000.000 m³, και η σχέση Λ/Σ είναι 0,50, (20.000.000 m³ λιγνίτης/20.000.000 m³ στείρα), μια πιθανή απόκλιση κατά ±0,05 έχει σαν αποτέλεσμα είτε την συνεξόρυξη 2.000.000 m³ στείρων είτε την απώλεια 2.000.000 m³ λιγνίτη. Στην πρώτη περίπτωση αυξάνεται η ποσότητα του παραγόμενου λιγνίτη κατά 10%, από την συνεξόρυξη κατά 10% των στείρων, αλλά υποβαθμίζεται η ποιότητα του τελικού προϊόντος. Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει σημαντική απώλεια λιγνίτη κατά 10%.

Ως εκ τούτου, η κατά το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση της προβλεπόμενης και της επιτευχθείσας σχέσης εκμετάλλευσης αποτελεί δείκτη αξιοπιστίας των μελετών, καθώς δείχνει τον βαθμό σύγκλισης ή απόκλισης από την αρχικώς υπολογισθείσα παράμετρο. Γνωρίζοντας την τελικώς επιτευχθείσα σχέση Λ/Σ, μπορούμε να προβλέψουμε με σχετική προσέγγιση την ποιότητα του τελικού προϊόντος ή να εξηγήσουμε τις οποιοσδήποτε αποκλίσεις στις ποιοτικές παραμέτρους.

Οι ποιοτικές παράμετροι δείχνουν το βαθμό καθαρότητας του τελικού προϊόντος. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές τιμές αποτελεσμάτων, η ερμηνεία των οποίων οδηγεί σε χρήσιμα συμπεράσματα για την αναμενόμενη ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Πίνακας 3. Ενδεικτικές τιμές πρόβλεψης επίτευξης της σχέσης εκμετάλλευσης

Σχέση Λ/Σ Λιγνίτης/Στείρα m ³ / m ³		ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	Κ.Θ.Δ kcal kg ⁻¹	Α.Θ.Δ (ΞΗΡΟΥ) kcal kg ⁻¹
Πρόβλεψη	Επίτευξη			
0,52	0,48	51,19	1369	3620
0,48	0,476	51,13	1353	3570
0,50	0,518	50,23	1317	3419
0,41	0,46	49,66	1266	3236

Στην πρώτη περίπτωση, παρατηρείται μια σημαντική απόκλιση, η οποία φανερώνει απώλεια παραγωγής λιγνίτη από υπερβολικό καθαρισμό των λιγνιτικών πακέτων. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε πολύ καλή προσέγγιση των προβλεπόμενων τιμών ποιοτικών παραμέτρων.

Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρείται σύμπτωση σχεδόν των τιμών της προβλεφθείσας και επιτευχθείσας σχέσης Λ/Σ, με τις ποιοτικές παραμέτρους να ικανοποιούν τις απαιτήσεις.

Στην τρίτη περίπτωση παρατηρείται μια μικρή αύξηση της συνεξόρυξης στείρων και μικρή απόκλιση από τις προβλεπόμενες ποιοτικές παραμέτρους.

Στην τέταρτη περίπτωση παρατηρείται σημαντική απόκλιση στη σχέση Λ/Σ, με αυξημένη συνεξόρυξη στείρων, της τάξεως του 12,2 %, η οποία οδηγεί σε σημαντική υποβάθμιση του τελικού προϊόντος.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η οποιαδήποτε υποβάθμιση της ποιότητας του κοιτάσματος καμία επίπτωση δεν πρέπει να έχει στην ποιότητα του τελικού προϊόντος, καθώς τα κριτήρια αξιολόγησης αποκλείουν κάθε υποβαθμισμένο στρώμα ή πακέτο και ικανοποιούν τις αρχικά τεθείσες προδιαγραφές ποιότητας. Η υποβάθμιση της ποιότητας έχει επιπτώσεις μόνον στην ποσότητα, γεγονός που φαίνεται και από την εξέλιξη της σχέσης L/S , η οποία βαίνει μειούμενη και λαμβάνεται υπόψη κατά την εκπόνηση της μεταλλευτικής μελέτης.

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν εύλογα ερωτήματα για τους λόγους που οδηγούν στις σημαντικές αυτές αποκλίσεις και την υποβάθμιση της ποιότητας του εξορυχθέντος λιγνίτη.

Η συνεξόρυξη στείων οδηγεί:

1. στη μείωση της υγρασίας με αποτέλεσμα τη μειωμένη λειτουργία των μύλων άλεσης του λιγνίτη και τη μειωμένη τροφοδοσία του Ατμοηλεκτρικού Σταθμού.
2. στην αυξημένη παραγωγή τέφρας με όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις στη λειτουργία του ΑΗΣ και στο περιβάλλον.
3. στη μείωση της θερμογόνου δύναμης του τελικού προϊόντος
4. στην αύξηση της ειδικής κατανάλωσης λιγνίτη για την παραγωγή ρεύματος.

Η μείωση της σχέσης L/S είναι αποτέλεσμα υπερβολικού καθαρισμού κοιτάσματος και έχει σαν αποτέλεσμα την απόρριψη λιγνίτη και τη μειωμένη παραγωγή προϊόντος.

Από τα παραπάνω καταδεικνύεται η μεγάλη σημασία της αξιοπιστίας των πρωτογενών στοιχείων και των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των γεωτρήσεων, ειδικά σε πολυστρωματικά κοιτάσματα λιγνίτη, όπου αναγκαστικά οι λεπτές ενδιάμεσες ενστρώσεις στείων συμμετέχουν στη διαμόρφωση του τελικού στρώματος ή μπλοκ εξόρυξης.

Επισημαίνεται ότι η υπερεκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων θα οδηγήσει σε μειωμένα αποτελέσματα, ενώ η υποεκτίμηση θα οδηγήσει αυξημένα αποτελέσματα. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει να γίνουν πρόσθετες δαπάνες για την κάλυψη των ελλειμμάτων, στη δεύτερη περίπτωση γίνονται πρόσθετες δαπάνες, οι οποίες δεσμεύουν χωρίς λόγο επί πλέον κεφάλαια.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιοπιστία των πρωτογενών στοιχείων της έρευνας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική εκμετάλλευση του κοιτάσματος.

Εξίσου σημαντική είναι η επιλογή των σωστών ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων για την αξιολόγηση των πρωτογενών στοιχείων.

Σε οποιαδήποτε φάση της εκμετάλλευσης του κοιτάσματος επιβάλλεται η παρακολούθηση επίτευξης των ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων, ώστε να γίνουν τυχόν διορθώσεις είτε στα κριτήρια αξιολόγησης είτε στον τρόπο εξόρυξης.

Η σχέση L/S (Λιγνίτης / Στείρα) αποτελεί σημαντική παράμετρο ελέγχου αξιοπιστίας τόσο της μελέτης όσο και του τρόπου εξόρυξης.

Ο βαθμός απόκλισης της επιτευχθείσας από την προβλεπόμενη σχέση L/S οδηγεί σε μια πρώτη εκτίμηση για το βαθμό υποβάθμισης της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Αρνητικές αποκλίσεις φανερώνουν απώλεια κοιτάσματος, ενώ θετικές αποκλίσεις φανερώνουν συνεξόρυξη στείων, η οποία υποβαθμίζει την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος οδηγεί σε αύξηση του ποσοστού τέφρας, μείωση της θερμογόνου δύναμης και της υγρασίας, καθώς και σε αύξηση της ειδικής κατανάλωσης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Κολοβός Ν., Γεωργακόπουλος Α., Φιλιππίδης Α., Καβουρίδης Κ., Κασώλη-Φουρναράκη Α., Καντηράνης Ν., Σταμούλης Κ., Σωτηρόπουλος Δ. & Λάσκος Κ. 2000. Οικονομική και Περιβαλλοντική σημασία της συνεξόρυξης των ενδιάμεσων στείων υλικών του λιγνιτωρυχείου Νοτίου Πεδίου του ΛΚΠ-Α. Πρακτικά 1^{ου} Συνεδρίου της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας και Γεωχημείας. Κοζάνη, Φεβρουάριος, σελ. 212-222.

Karamalikis N. 1993. Software package for evaluating lignite deposits. Scientific Bulletin 42, PPC, Crece, pp 67-77.

- Kolovos N. 2001. The lignite deposit of South Field of Ptolemais Basin. Ph.D thesis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, 142 p.
- Kolovos N. 2002. The effects on the lignite ash quality characteristics by the coexcavated thin intercalations in Ptolemais mines, Northern Greece. *Energy Sources* vol. 24 : 1065-1080.
- Kolovos N., Georgakopoulos A., Filippidis A. & Kavouridis K. 2002. The effects on the mined lignite quality characteristics by the intercalated thin layers of carbonates in Ptolemais mines, Northern Greece. *Energy Sources* 24 : 761-772.
- Kolovos N. 2003. The contribution of carbonaceous layers to the lignite exploitation in Southern Field Mine, Ptolemais Greece. *Energy Sources* 25 : 279-291.

ABSTRACT

EVALUATION OF GEOLOGICAL STUDIES IN MULTILAYER LIGNITE DEPOSITS

Κολοβός Ν.

Vatero, 501 00 Kozani, info@kozani.net

The determination of quantity and quality parameters of any ore deposit is the main target of any exploitation study. Besides the ore deposit structure, both geological and technical deposits should be determined precisely in order the maximum recovery to be achieved. Special attention has to be paid in multilayer deposits as the lignite ones in Ptolemais Basin since thin sterile intercalations are co-excavated with lignite layers thus reducing the quality of the final product. This project investigates the reliability of geological and lignite deposit studies in lignite mines, taking into account the lignite/steriles ratio, as well as the ash content, the moisture content and the gross calorific value in dry basis. When the lignite/steriles ratio increases, the lignite quantity increases with a remarkable quality deterioration. On the other hand, when the lignite/steriles ratio decreases, the lignite quantity decreases thus resulting in a loss of lignite deposit.