



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΠΑΓΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οικονόμου Παναγιώτης

Επιβλέπων: Μιχαλακόπουλος Θεόδωρος

Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΓΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΔΕΗ Α.Ε.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οικονόμου Παναγιώτης

Επιβλέπων: Μιχαλακόπουλος Θεόδωρος

Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις ___/___/___

Μιχαλακόπουλος Θεόδωρος, Επίκουρος Καθηγητής

Παναγιώτου Γεώργιος, Καθηγητής

Δαμίγος Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2010

Copyright © Οικονόμου Παναγιώτης, 2010.
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ'αρχάς ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κο.Μιχαλακόπουλο Θεόδωρο και κο.Ρούμπο Χρήστο για την αμέριστη βοήθεια, τις πληροφορίες και την γενικότερη καθοδήγηση σε κάθε βήμα της εκπόνησης της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου και την Δανάη για την διαρκή υποστήριξη που μου παρείχαν αυτό το διάστημα, που επέτρεψε την διεκπεραίωση των σπουδών μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους συναδέλφους για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη, με βάση την επιστήμη της αξιοπιστίας, του Ορυχείου Καρδίας της Δ.Ε.Η. Ο σκοπός της εργασίας είναι μέσω των παραγωγικών στοιχείων που διαθέτουμε, από την καταγραφή των κρατήσεων σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων και με την κατάλληλη επεξεργασία με εργαλεία όπως, η Ms Access και το Ms Excel, να καταλήξουμε σε στατιστικά δεδομένα για το ορυχείο. Κατόπιν τούτου τα δεδομένα θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γίνει προσομοίωση των συνθηκών λειτουργίας του ορυχείου στα επόμενα έτη και να βρούμε τυχόν προβλήματα που δεν είχαν προβλεφθεί. Μέσω της Ms Access και του Ms Excel θα καταλήξουμε σε αναφορές για τον κάθε κλάδο του ορυχείου που εμπεριέχουν στατιστικά στοιχεία καθώς και κατανομές των κρατήσεων στο κλάδο. Αρχικά περιγράφονται οι βασικές έννοιες της επιστήμης της αξιοπιστίας και οι κατανομές που δύναται να συναντήσουμε, πληροφορίες για το εξόρυκτο υλικό, τον λιγνίτη, η μορφολογία του ορυχείου με τοπογραφικούς χάρτες, χάρτες ταινιοδρόμων, ανάλυση του εξοπλισμού καθώς και η μορφή της βάσης δεδομένων, με ανάλυση των επιμερούς στοιχείων που καταγράφονται. Επίσης μέσα στην Δ.Ε. βρίσκεται ο κώδικας σε γλώσσα SQL, των ερωτημάτων που δημιουργήθηκαν για εξαγωγή των στοιχείων που θέλουμε από την βάση τα οποία θα οδηγήσουν στις στατιστικές αναφορές του προγράμματος Ms Excel. Στα συμπεράσματα μπορούμε να δούμε κάποια ενδιαφέροντα στοιχεία για ορισμένους κλάδους και τέλος ακολουθεί ένα παράρτημα με στατιστικές αναφορές επί όλων των κλάδων για κάθε κατάσταση λειτουργίας για τα τρία τελευταία έτη των δεδομένων μας.

ABSTRACT

The objective of the present thesis is the study of the coal mine Kardias of PPC, based on reliability engineering. The aim of our work is via the allocated records of productive elements, which come from the records of data for each one, in a relational database, to process them with suitable tools, such as Ms Access and Ms Excel, in order to help us simulate the operation of mine in the following years. Using Ms Access and Ms Excel we are able to produce reports on each branch of mine that include statistical elements as well as the distributions of the records in the branch. Initially we describe the basic mathematical concepts of reliability engineering as well as the statistical distributions that we might encounter, information on the excavated material, lignite, the morphology of mine with topographic maps, belt conveyor maps, analysis of the equipment used as well as the form of relational database, with analysis of the individual elements that are recorded. Also in this thesis you will find the code for the queries, in SQL, that were created for the extraction of the desired elements which will lead to the statistical reports in Ms Excel. In the conclusion we can see certain interesting facts regarding some productive elements and in the end we have an annex with statistical reports of the all the productive elements on all states of operation (malfunction, stand by, operation) for the three last years of our data.

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

Κεφάλαιο 2

2.2.2.1: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Κανονικής κατανομής για διάφορα μ και σ .	7
2.2.2.2: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Εκθετικής κατανομής για διάφορα λ	8
2.2.2.3: Γραφική παράσταση της Εκθετικής συνάρτησης κατανομής για διάφορα λ .	9
2.2.2.4: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Γάμμα κατανομής για διάφορα k και θ .	10
2.2.2.5: Γραφική παράσταση της συνάρτησης κατανομής Γάμμα για διάφορα k και θ .	11
2.2.2.6: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Weibull κατανομής για διάφορα β .	12
2.2.2.7: Γραφική παράσταση της σ.π.π. κατανομής Log Normal για διάφορα σ .	13
2.2.2.8: Γραφική παράσταση της σ.π.π. κατανομής Poisson για διάφορα l .	14
2.2.2.9: Κατανομή μορφής Bathtub Hazard rate curve	16
2.2.5.1: Σύστημα «Εν Σειρά»	17
2.2.5.1: Σύστημα «Εν Παραλλήλω»	20

Κεφάλαιο 3

3.3.1.1: Τμήμα της τεκτονικής τάφρου της Δυτ. Μακεδονίας	32
3.3.3.1: Κοιτάσματα λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας	35
3.3.3.2: Τα λιγνιτωρυχεία στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας	36

Κεφάλαιο 4

4.2.2.1: Γραφική αναπαράσταση μεθόδου Επιφανειακής Εκμετάλλευσης	40
4.3.4: Οριζόντια Κοπή (Terrace Cut)	45
4.3.5: Κατακόρυφη Κοπή (Dropping Cut)	46
4.4.1: Τυπική μορφή ορυχείου Open Pit	49

Κεφάλαιο 5

5.2.1: Τομή εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης με συστήματα ορθών βαθμίδων	52
5.2.2: Κάτοψη εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης σε συστήματα πολλών βαθμίδων με μέθοδο συνεχούς εξόρυξης- μεταφοράς-απόθεσης	54
5.3.3 :Τοπογραφικός Χάρτης Ορυχείου Καρδιάς	59
5.4.4 :Χάρτης Ταινοδρόμων Ορυχείου Καρδιάς	60
5.5.5: Γενικό σχέδιο ανάπτυξης ορυχείου ΝΔ Πεδίου (Υψηλάντη) Οκτ. '09.	61

Κεφάλαιο 6

6.3.2.1: Ένας τύπος οντότητων “ΚΛΑΔΟΣ” και μία οντότητα, ο Ε1	66
6.3.5.1: Τρόπος προσδιορισμού σχέσεων σε σχεσιακές βάσεις	69
6.3.6.1.: Τρόπος προσδιορισμού βαθμού σχέσεων	70

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ/ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

Κεφάλαιο 3

Εικόνα 3.1.1: Πολυστρωματικό κοίτασμα	28
Εικόνα 3.2.1: Λιθότυποι σε δείγμα υπο-βιτουμενιούχου γαιάνθρακα	30

Κεφάλαιο 4

Εικόνα 4.3.1: Τυπική εικόνα Λιγνιτωρυχείου σε πολυστρωματικό κοίτασμα	42
Εικόνα 4.3.2: Καδοφόρος εκσκαφέας	44
Εικόνα 4.3.3: Βαθμίδα με Bucket Chain Excavator	44

Κεφάλαιο 5

Εικόνα 5.3.1: Εκσκαφέας σε λειτουργία	56
Εικόνα 5.3.2: Αποθέτης σε λειτουργία	56
Εικόνα 5.3.3: Τμήμα των ταινιοδρόμων	57

Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.4.1: Μορφή βάσης	69
Εικόνα 6.5.1: Διάγραμμα Οντότητων-Σχέσεων	70
Εικόνα 6.6.2.1: Query Στατιστικών Μεγεθών	73
Εικόνα 6.6.3.1: Query Κατανομών	74
Εικόνα 6.6.3.2: Pivot Chart View του Query Κατανομών	75
Εικόνα 6.7.2.1.1: Φόρμα Ms Excel μετά απο 'Export' δεδομένων από query Ms Access	78
Εικόνα 6.7.2.2.1: 2ο Φύλλο Ms Excel «Φύλλο Αναφοράς»	79
Εικόνα 6.8.1: Query Ταξινόμησης	82

Κεφάλαιο 7

Γράφημα 7.2.1: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E1 για κατάσταση λειτουργίας 1(Operation) και 2(Stand By)	86
Γράφημα 7.2.2: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E1 για κατάσταση λειτουργίας 0(Malfunfunction)	86
Γράφημα 7.2.3: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E3 για κατάσταση λειτουργίας 1(Operation) και 2(Stand By)	87
Γράφημα 7.2.4: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E3 για κατάσταση λειτουργίας 0(Malfunfunction)	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ανάλυση Δεδομένων στην Εξόρυξη Λιγνίτη

Στην παραγωγή λιγνίτη η συνήθης πρακτική είναι της εκμηχάνισης της παραγωγής με συστήματα Καδοφόρων Εκσκαφών - Ταινιοδρόμων. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μορφή που εμφανίζονται τα λιγνιτικά κοιτάσματα και στο γεγονός ότι με αυτή τη μέθοδο εκσκαφής έχουμε ταχύτερη παραγωγή και μικρότερο κόστος.

Η ανάλυση δεδομένων της παραγωγής μπορεί να γίνει με τα εργαλεία που μας προσφέρει η Επιστήμη της Αξιοπιστίας (Reliability Engineering) και η οποία μπορεί να υπεισέλθει είτε στην φάση του σχεδιασμού της εγκαταστάσεως είτε κατά την λειτουργία της, για τυχόν εύρεση και επιδιόρθωση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν.

1.2. Προσδιορισμός του Προβλήματος

Κατά την εκσκαφή του λιγνίτη με αυτή την μέθοδο, έχουμε αναλυτική καταγραφή των ενεργειών κάθε κλάδου, ο οποίος αποτελείται από περισσότερα του ενός μηχανήματα. Τα δεδομένα που καταγράφονται είναι μεγάλης αξιοπιστίας με καταγραφή 19 διαφορετικών παραμέτρων ανα εγγραφή.

Ζητούμενο είναι η πλήρης στατιστική ανάλυση αυτών των δεδομένων ώστε να κατανοηθεί πληρέστερα και βαθύτερα η λειτουργία αυτών των συστημάτων και να οργανωθούν τα δεδομένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίηση τους στο σχεδιασμό της λειτουργία των συστημάτων.

1.3. Σκοπός της Διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ερευνήσουμε κατά πόσο και με τί τρόπο θα μπορέσουμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την λειτουργία του εξοπλισμού μέσω των δεδομένων παραγωγής.

Μια τέτοια διερεύνηση θα οδηγήσει στην δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης της παραγωγής που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σε μελλοντικές εκσκαφές τέτοιου τύπου και να εξαλειφθούν ακόμα περισσότερο οι αποκλίσεις στις προβλέψεις παραγωγής που γίνεται να υπάρξουν.

1.4. Οργάνωση της Διπλωματικής

Κεφαλαίο 1: Εισαγωγή, στο θέμα της διπλωματικής εργασίας, προσδιορισμός του προβλήματος και της μεθόδου εργασίας που ακολουθήσαμε για την επίλυση του.

Κεφαλαίο 2: Αξιοπιστία Τεχνικών Συστημάτων, όπου έχουμε μια εισαγωγή και περιγραφή της σημασίας της Επιστήμης της Αξιοπιστίας, βασικές μαθηματικές έννοιες όπως πιθανότητες και τύποι κατανομών απαραίτητα για την κατανόηση της καθώς οι έννοιες της Αξιοπιστίας και της Διαθεσιμότητας, τους τύπους συστημάτων που δύναται να συναντίσουμε και ανάλυση των αρχών της Μεταβλητότητας.

Κεφαλαίο 3: Κοιτασματολογία του Λιγνίτη, εισαγωγή, δομικά στοιχεία του γαιανθράκων και τέλος στοιχεία για την τεκτονική τάφρο της Δυτικής Μακεδονίας και τους τύπους λιγνίτη που συναντάμε σε αυτήν την περιοχή

Κεφαλαίο 4: Μέθοδοι Εξόρυξης, περιγραφή των τριών μεθόδων εξόρυξης με μια μεγαλύτερη ανάλυση στην μέθοδο που χρησιμοποιείται, της Επιφανειακή εκμετάλλευση σε πολλαπλές βαθμίδες (Terrace Mining).

Κεφαλαίο 5: Ορυχείο Πεδίου Καρδιάς, μέθοδος εκμετάλλευσης στο ορυχείο, εξοπλισμός, λειτουργία κατά την παραγωγή, τοπογραφικοί χάρτες, τρόπος καταγραφής δεδομένων παραγωγής (σεντόνια) και μορφή ηλεκτρονικής αποθήκευσής τους.

Κεφαλαίο 6: Ανάλυση Εφαρμογής, περιγραφή της μεθόδου εργασίας που ακολουθήθηκε στα προγράμματα Ms Access, με ανάλυση της λειτουργίας των ερωτημάτων που δημιουργήθηκαν και του κώδικά τους σε γλώσσα SQL και Ms Excel, με εξαγωγή/εισαγωγή δεδομένων από την Ms Access σε αυτό και την επεξεργασία για ανάλυση των δεδομένων σε φόρμα που δημιουργήθηκε.

Κεφαλαίο 7: Ανάλυση Αποτελεσμάτων, από τα ερωτήματα της Ms Access και τα φύλλα αναφορών του Ms Excel για ορισμένους κλάδους συγκεκριμένα και για το σύνολο τους.

2. ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Το πεδίο της επιστήμης της Αξιοπιστίας δεν είναι νέο. Ουσιαστικά ξεκινάει κατά τη διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου, όπου αναφέρεται ότι οι Γερμανοί εισήγαγαν την έννοια της αξιοπιστίας για την παρατήρηση των αποτελεσμάτων κατά την διάρκεια δοκιμών στους πυραύλους V1 και V2.

Στις ΗΠΑ την περίοδο 1945-1950 οι ένοπλες δυνάμεις εκπόνησαν κάποιες μελέτες πάνω στην επισκευή εξοπλισμού, το κόστος συντήρησης, την αστοχία ηλεκτρονικού εξοπλισμού κ.α. Ως αποτέλεσμα αυτών των μελετών συστάθηκε μια ειδική επιτροπή για την αξιοπιστία από το Υπουργείο Αμύνης το 1950. Αυτή η επιτροπή μετατράπηκε σε μόνιμη υπηρεσία και έγινε γνωστή ως Advisory Group on the Reliability of Electronic Equipment (AGREE)

Στις αρχές της δεκαετίας του '50 η αφύπνιση στον τομέα της Αξιοπιστίας οδήγησε στην υλοποίηση ερευνών του Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) και πάνω στον τομέα της Αξιοπιστίας και στη διεξαγωγή του πρώτου Εθνικού Συμποσίου για την Αξιοπιστία και το Έλεγχο Ποιότητας. Το 1957 το AGREE εξέδωσε έκθεση η οποία οδήγησε στην έκδοση της 1^{ης} προδιαγραφής για την Αξιοπιστία στο στρατιωτικό ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Στη δεκαετία του '60 είχαμε την έκδοση πολλών βιβλίων πάνω στην αξιοπιστία. Εκτός από αυτό όμως είχαμε και την έκδοση του διεθνούς επιστημονικού περιοδικού Microelectronics & Reliability από την Pergamon Press.

Την σημερινή εποχή πολλές βιομηχανίες, κυβερνητικοί οργανισμοί κ.α. προσλαμβάνουν ειδικούς γνωστούς ως reliability engineers, reliability managers και reliability group leaders. Ο τομέας της αξιοπιστίας έχει αναπτυχθεί σε πολλά παρακλάδια όπως αξιοπιστία λογισμικού, σχεδιασμού, ανθρωπίνου δυναμικού, ενεργειακών συστημάτων, κόστους κύκλου ζωής, μηχανική της συντηρισιμότητας κ.α. Εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που προσφέρει, η δυναμική της είναι ολοένα και αυξανόμενη.

2.1.2 Σημασία της Αρχής Οργάνωσης Τεχνικών Συστημάτων

Η οργάνωση των τεχνικών συστημάτων είναι η επιστήμη της σχεδίασης ολοκληρωμένων συστημάτων με γνώμονα τα υποσυστήματα και τα στοιχεία που το αποτελούν να είναι σχεδιασμένα, ενσωματωμένα στο σύνολο και να λειτουργούν βέλτιστα. Η οργάνωση των συστημάτων εφαρμόζεται, συνήθως, σε τέσσερα στάδια τα οποία είναι: Ανάλυση συστήματος, Σχεδιασμός συστήματος, Υλοποίηση και Λειτουργία.

Η ανάλυση συστήματος περιλαμβάνει στοιχεία όπως η διατύπωση του προβλήματος, οργάνωση του έργου, καθορισμό του συστήματος κ.α. Η σχεδίαση του συστήματος περιλαμβάνει διαδικασίες πρόγνωσης, σχεδιασμό μοντέλου και προσομοίωση, ανάλυση αξιοπιστίας, βελτιστοποίηση κ.α. Κατά τη φάση της υλοποίησης η κατασκευή και η τεκμηρίωση είναι τα θέματα που μας απασχολούν και τέλος στη φάση της λειτουργίας οι κύριες έγνοιες είναι η αρχική λειτουργία, η αναδρομική αποτίμηση της μελέτης κ.α.

2.1.3 Σημασία της Αξιοπιστίας στην Οργάνωση και Λειτουργία

Κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία συστημάτων, η μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας τους με το μικρότερο κόστος καθώς και η γνώση άλλων τομέων σχετικών με την αξιοπιστία, όπως η συντήρηση, η ασφάλεια κ.α., είναι βασικό εργαλείο για τους μηχανικούς.

Η ανάγκη για ένα πρόγραμμα διασφάλισης αξιοπιστίας είναι σημαντική, διότι είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος για την λειτουργία ή/και το σχεδιασμό συστημάτων. Ο βασικός παράγοντας που οδήγησε στην ανάπτυξη αυτού του τομέα ήταν μια αμερικάνικη έρευνα που κατέδειξε ότι η λειτουργία και συντήρηση μερικών συστημάτων ήταν έως και 10 φορές μεγαλύτερη από το κόστος κτήσης τους. Άλλοι παράγοντες για τη δημιουργία συστημάτων υψηλής αξιοπιστίας είναι η πολυπλοκότητα τους, το υψηλό κόστος κτήσης, ανάγκες ανταγωνισμού των επιχειρήσεων, λόγοι εθνικής σημασίας κ.α.

Η επιστήμη της Αξιοπιστίας έχει χωριστεί σε πολλούς τομείς όπως η αξιοπιστία λογισμικού, σχεδιασμού, ανθρωπίνου δυναμικού, ενεργειακών συστημάτων, κόστους κύκλου ζωής, μηχανική της συντηρησιμότητας κ.α. Εμάς κυρίως μας ενδιαφέρει η αξιοπιστία συστημάτων η οποία χωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

- Αξιοπιστία Σχεδιασμού
- Αξιοπιστία Λειτουργίας

Η Αξιοπιστία σχεδιασμού καλύπτει τομείς όπως ανάλυση αξιοπιστίας, αξιολόγηση σχεδιασμού, ανάλυση δοκιμών αξιοπιστίας, trade-off analysis κ.α. Η Αξιοπιστία Λειτουργίας καλύπτει τομείς όπως η ανάλυση σφαλμάτων, οι αναφορές λειτουργίας πεδίου επιχειρήσεων, η λήψη διορθωτικών ενεργειών κ.α.

Κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων είναι σημαντικό για τους μηχανικούς να έχουν γνώσεις από αρκετά πεδία της επιστήμης της Αξιοπιστίας. Με αυτό το εργαλείο ο σχεδιασμός μεγάλων, πολύπλοκων και εξεζητημένων συστημάτων μπορεί να γίνει με γνώμονα τις ανάγκες λειτουργίας τους, παράγοντας συστήματα τα οποία δεν θα είναι υπερσχεδιασμένα ή υποσχεδιασμένα. Στην πρώτη περίπτωση, του υπερσχεδιασμού, το αποτέλεσμα θα είναι ένα σύστημα με μεγάλο κόστος κτήσης και συντήρησης ενώ στην άλλη, του υποσχεδιασμού, ένα σύστημα το οποίο δεν θα βγάζει την μέγιστη δυνατή διαθεσιμότητα.

Επομένως ο κύριος λόγος για την εφαρμογή της επιστήμης της αξιοπιστίας στο σχεδιασμό και την λειτουργία είναι για την δημιουργία συστημάτων τα οποία θα βγάζουν τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία με το μικρότερο κόστος συντήρησης και απόκτησης και πάντα σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε επιχείρησης.

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις βασικές μαθηματικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την κατανόηση της επιστήμης της αξιοπιστίας, όπως την βασική θεωρία των πιθανοτήτων, στατιστικές κατανομές, ειδικές εξισώσεις καθώς και ανάλυση των εννοιών της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας και των συστημάτων.

2.2 Ορισμοί

2.2.1 Βασικές Πιθανότητες

Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες για την κατανόηση της θεωρίας των πιθανοτήτων, οι οποίες είναι η «Πιθανότητα στατιστικά ανεξάρτητων γεγονότων» και η «Συνολική πιθανότητα m γεγονότων»

• Πιθανότητα στατιστικά ανεξάρτητων γεγονότων

Αν και μόνο αν,

$$P(Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot \dots \cdot Y_m) = P(Y_1) \cdot P(Y_2) \cdot P(Y_3) \cdot \dots \cdot P(Y_m) \quad (2.1)$$

τότε τα γεγονότα $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$ είναι ανεξάρτητα. Η $P(Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot \dots \cdot Y_m)$ υποδεικνύει την συνδιαστική πιθανότητα m γεγονότων. Το $P(Y_i)$ είναι η πιθανότητα του γεγονότος i του Y , για $i=1,2,3,\dots,m$.

• Συνολική πιθανότητα m γεγονότων

Η συνολική πιθανότητα m γεγονότων είναι

$$P(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_m) = \{P(Y_1) + P(Y_2) + P(Y_3) + \dots + P(Y_m)\} - \{P(Y_1 Y_2) + P(Y_1 Y_3) + \dots + P(Y_i Y_j)\} \dots \quad (2.2)$$

$$i = j$$

$$+ (-1)^{m-1} \{P(Y_1 Y_2 Y_3 \dots Y_m)\}$$

Όπου $(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_m)$ είναι η ένωση των γεγονότων Y_m .

2.2.2 Κατανομές Πιθανοτήτων

Ένα βασικό σημείο της στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων, είναι η προσπάθεια προσαρμογής τους σε μια από τις γνωστές θεωρητικές κατανομές. Αυτές έχουν πολλές εφαρμογές στο χώρο της μηχανικής της αξιοπιστίας.

Για την προσαρμογή θεωρητικών κατανομών είναι αναγκαίο να είναι γνωστά μια σειρά από χαρακτηριστικά αυτών των κατανομών, όπως η κατανομή πιθανότητας, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, η μέση τιμή, η διασπορά κ.α.

• Κανονική Κατανομή

Αυτή η διπαραμετρική κατανομή έχει ορισμένες εφαρμογές στο χώρο της μηχανικής της αξιοπιστίας, όπως στη κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας (σ.π.π.) $f(x)$ είναι η εξής:

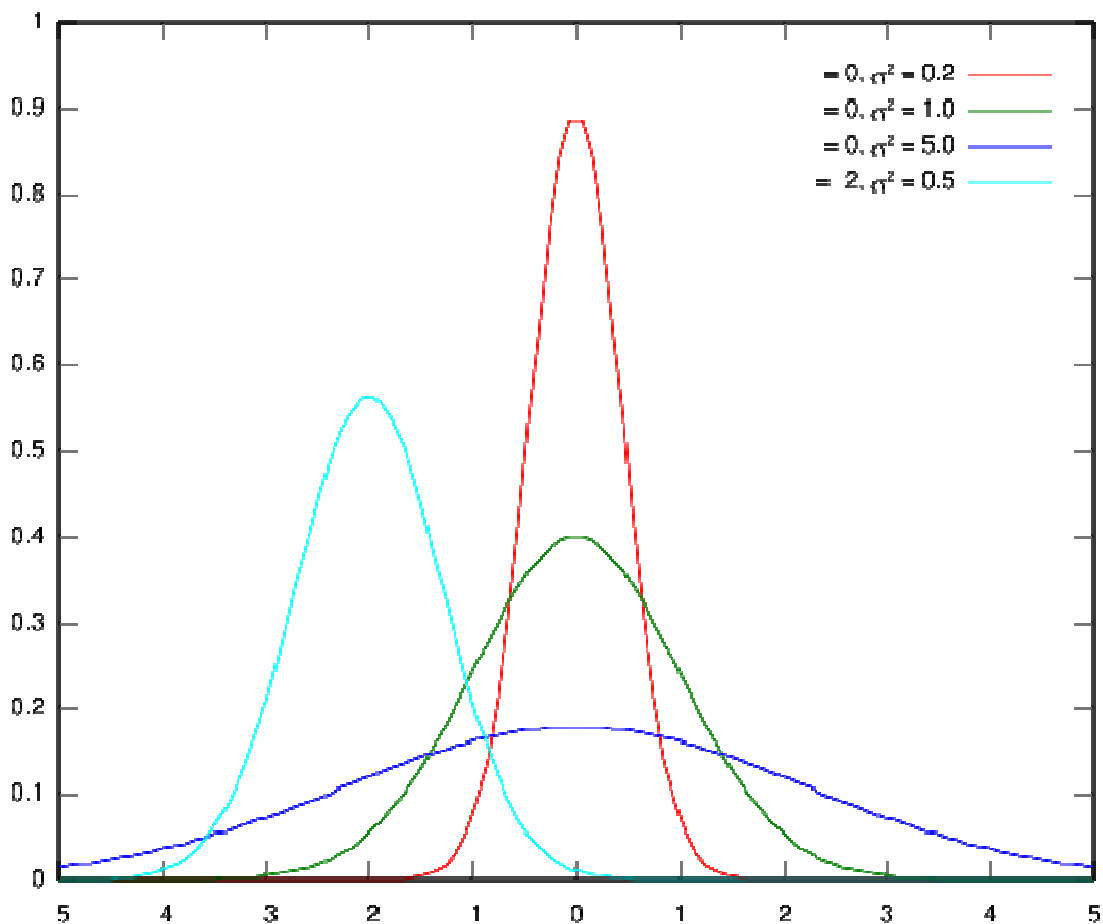
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (2.3)$$

$$\sigma > 0, -\infty < x < \infty$$

Όπου

μ είναι η μέση τιμή

σ είναι η τυπική απόκλιση



Σχήμα 2.2.2.1: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Κανονικής κατανομής για διάφορα μ και σ .

- Εκθετική Κατανομή

Μια από τις πιο απλές κατανομές η οποία έχει ευρεία εφαρμογή στο χώρο της μηχανικής της αξιοπιστίας. Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας

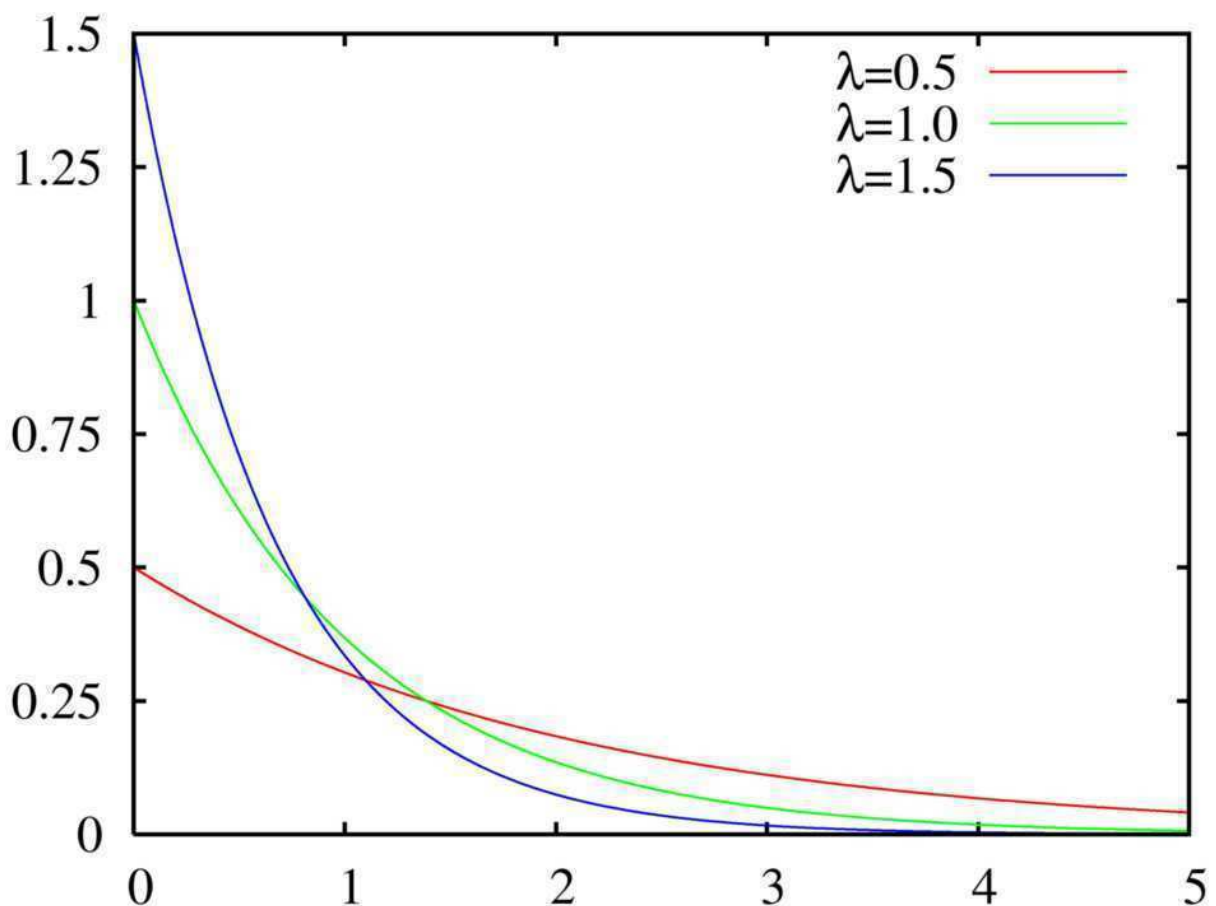
$f(t)$ είναι η εξής:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{με } \lambda > 0, t \geq 0 \quad (2.4)$$

Όπου

t είναι ο χρόνος

λ είναι ο ρυθμός σταθερής αστοχίας



Σχήμα 2.2.2.2: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Εκθετικής κατανομής για διάφορα λ.

Η συνάρτηση κατανομής $F(t)$ είναι η εξής:

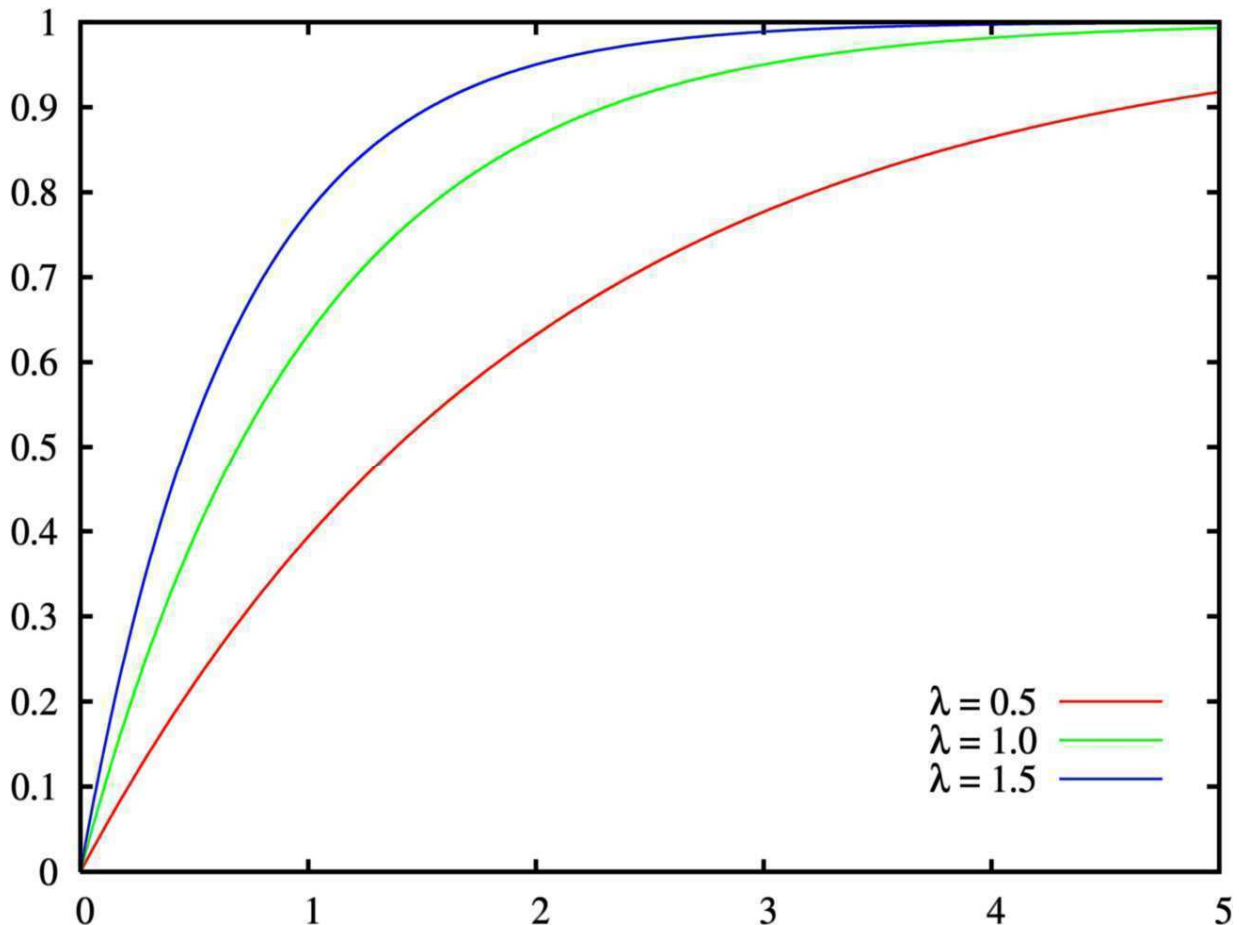
$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(x) \cdot dx \quad (2.5)$$

Οπότε αντικαθιστώντας την (2.5) στην (2.4) έχουμε

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \lambda e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.6)$$

Η παράγωγος του (2.5) σε σχέση με το t αποδίδει τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2.7)$$



Σχήμα 2.2.2.3: Γραφική παράσταση της Εκθετικής συνάρτησης κατανομής για διάφορα λ .

• Κατανομή Γάμμα

Η διπαραμετρική κατανομή Γ, χρησιμοποιείται ως μοντέλο πιθανοτήτων σε προβλήματα αναμονής. Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας $f(t)$ είναι η εξής:

$$f(t) = \frac{\theta(\theta t)^{k-1}}{\Gamma(k)} e^{-\theta t} \quad (2.4)$$

για $\theta, k > 0$ και $t \geq 0$

Όπου

t είναι ο χρόνος

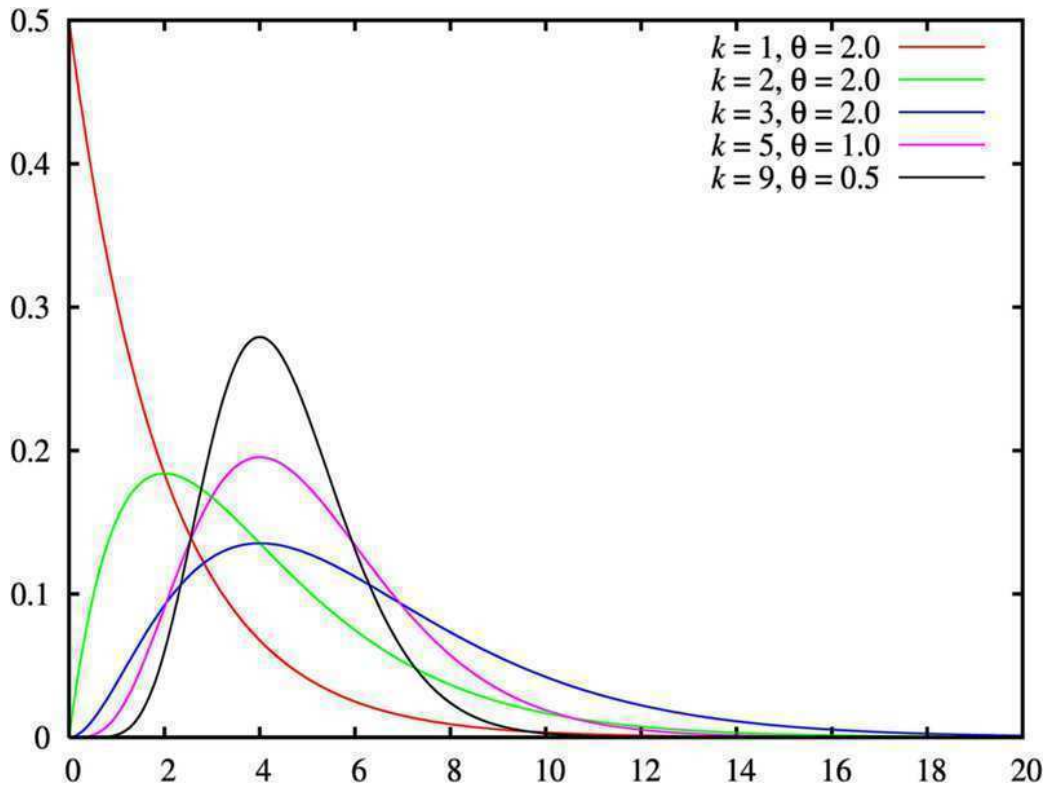
k είναι παράμετρος σχήματος

θ είναι παράμετρος κλίμακας

Επίσης η $\Gamma(k)$ για θετικό ακέραιο γίνεται

$$\Gamma(k) = (k - 1)! \quad (2.4)$$

Για $k=1$, η κατανομή Γάμμα γίνεται η εκθετική κατανομή



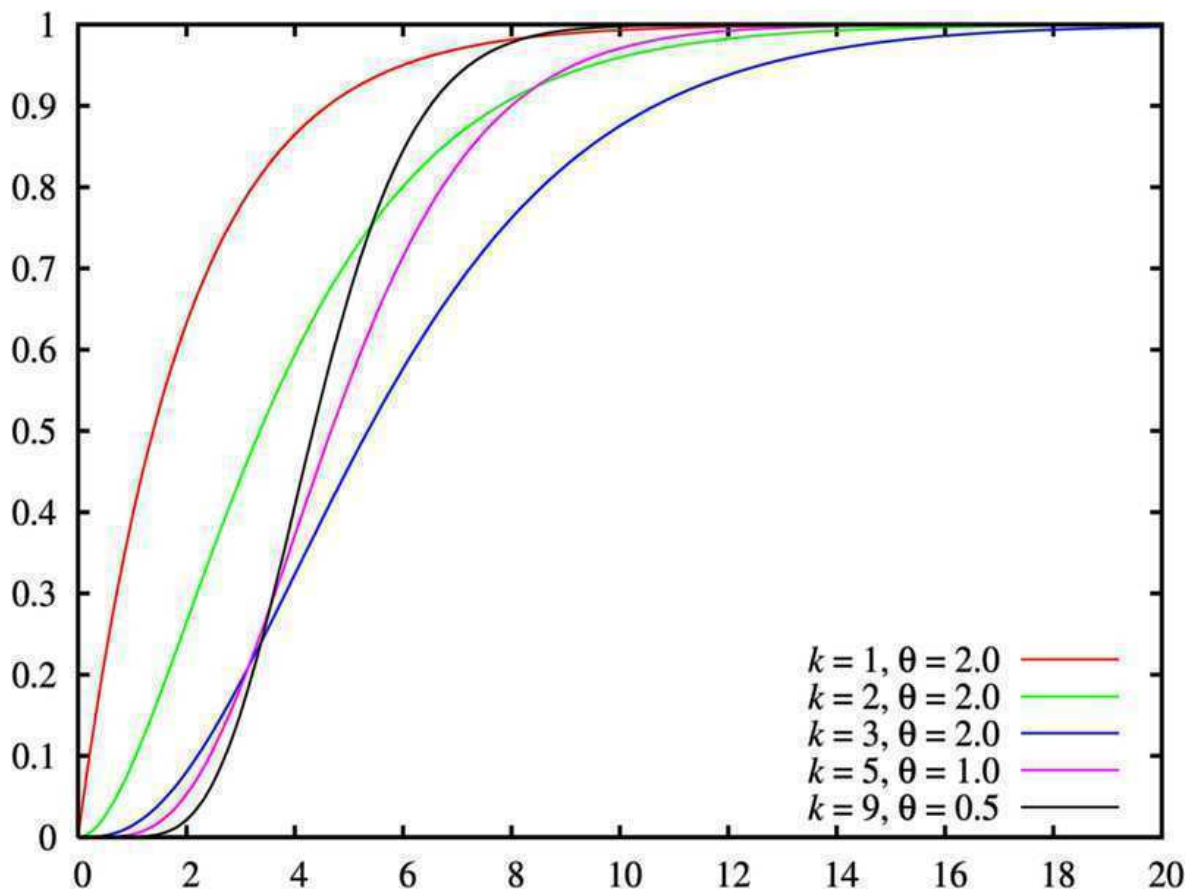
Σχήμα 2.2.2.4: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Γάμμα κατανομής για διάφορα k και θ.

Η συνάρτηση κατανομής $F(t)$ είναι η εξής:

$$F(t) = \int_0^t f(x)dx = \frac{\gamma(k, \tau / \theta)}{\Gamma(k)} \quad (2.5)$$

Και για k θετικό ακέραιο γίνεται

$$F(t) = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\theta x)^i}{i!} e^{-\theta x} \quad (2.6)$$



Σχήμα 2.2.2.5: Γραφική παράσταση της συνάρτησης κατανομής Γάμμα για διάφορα k και θ .

Η κατανομή Γάμμα για k θετικό ακέραιο λέγεται επίσης και κατανομή Erlang. Η κατανομή αυτή έχει ευρεία χρήση στη κατασκευή μοντέλων για την προσομοίωση της αναμονής σε συστήματα.

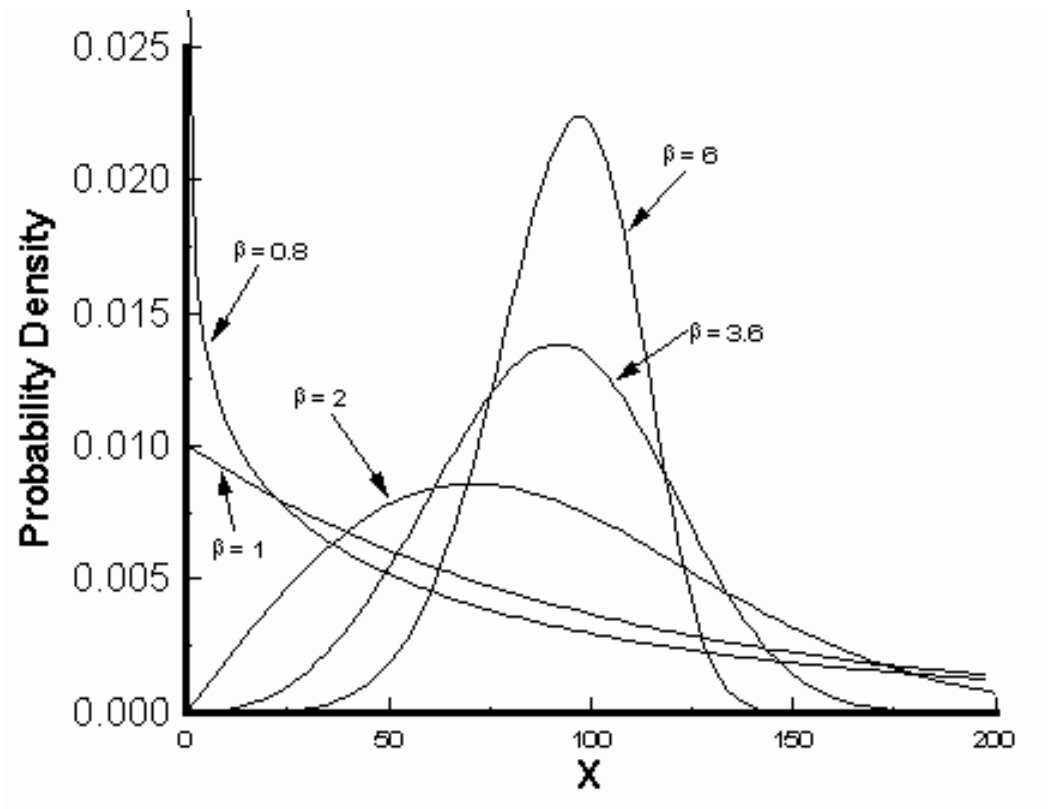
• Κατανομή Weibull

Είναι κατανομή η οποία έχει ευρεία εφαρμογή στο χώρο της μηχανικής της αξιοπιστίας. Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας $f(t)$ είναι η εξής:

$$f(t) = \frac{b}{\beta} (t - a)^{b-1} e^{-\{(t-a)b/\beta\}} \quad (2.8)$$

για $t > a$ και $\beta, b, a > 0$

Όπου a, β και b είναι παράμετροι θέσης, κλίμακας και σχήματος και t αντίστοιχα ο χρόνος.



Σχήμα 2.2.2.6: Γραφική παράσταση της σ.π.π. Weibull κατανομής για διάφορα β .

• Κατανομή Log Normal

Αυτή η κατανομή βρίσκει εφαρμογή στο χώρο της μηχανικής της συντηρησιμότητας, καθώς μπορεί να αναπαραστήσει το χρόνο επισκευής ενός χαλασμένου συστήματος. Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας $f(t)$ είναι ως εξής:

$$f(t) = \frac{1}{(t - \alpha)\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\{\log(t-\alpha) - \mu\}^2 / 2\sigma^2} \quad (2.9)$$

για $t > \alpha > 0, \sigma > 0$

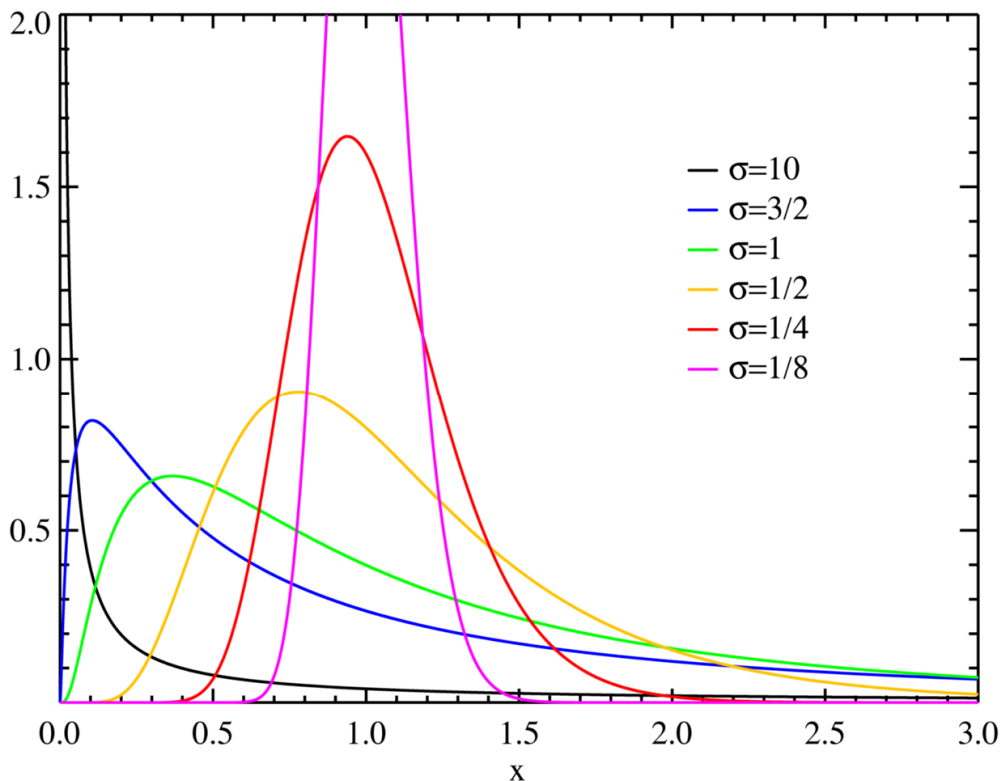
Όπου

α είναι σταθερά

μ είναι η μέση τιμή του χρόνου μέχρι την αστοχία

σ είναι η τυπική απόκλιση της μέσης τιμής για αστοχία

t είναι ο χρόνος



Σχήμα 2.2.2.7: Γραφική παράσταση της σ.π.π. κατανομής Log Normal για διάφορα σ .

• Κατανομή Poisson

Η κατανομή Poisson αφορά στον αριθμό των συμβάντων (διακριτές τιμές) σε ορισμένο χρονικό διάστημα ή χωρικό διάστημα Η συνάρτηση πυκνότητας

της πιθανότητας $f(t)$ είναι ως εξής:

$$f(t) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!} \quad (2.10)$$

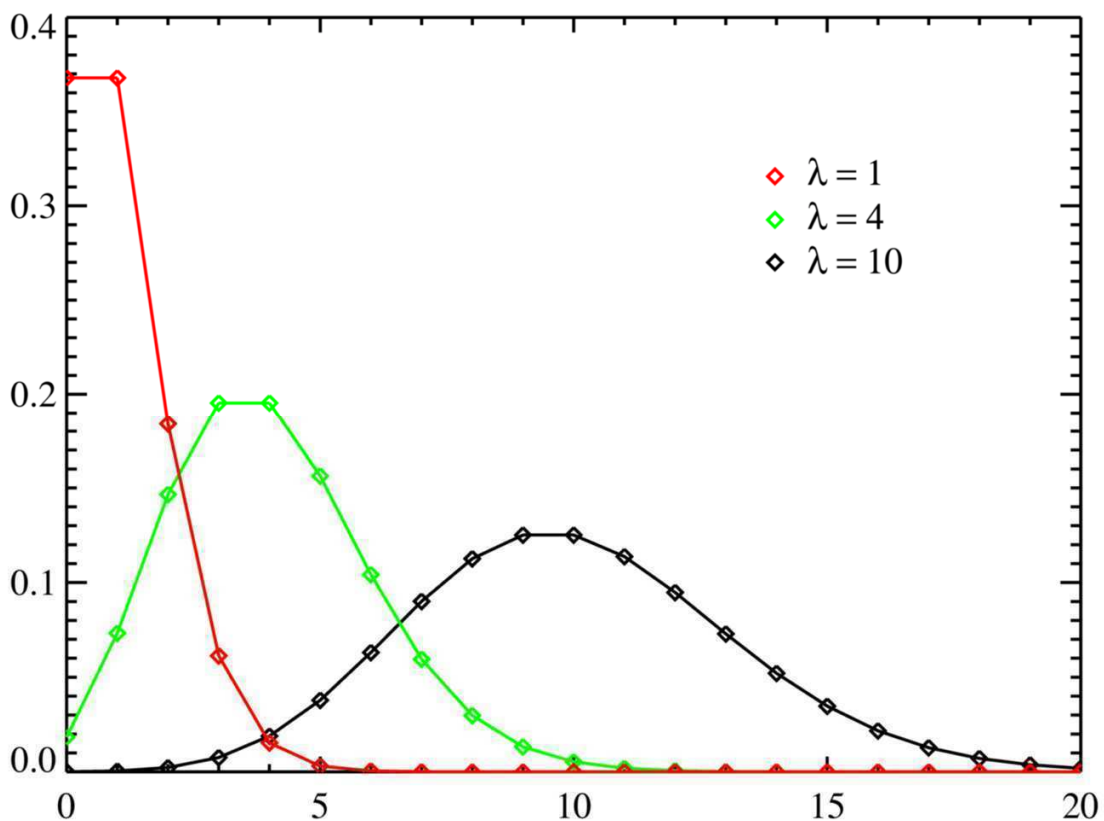
για $k=0,1,2,3,4,\dots$

Όπου

t είναι ο χρόνος

λ είναι ρυθμός εμφάνισης

k είναι ο ρυθμός επανάληψης του ίδιου γεγονότος



Σχήμα 2.2.2.8: Γραφική παράσταση της σ.π.π. κατανομής Poisson για διάφορα λ .

• Κατανομές μορφής “Μπανιέρας”(Bathtub Hazard rate Curve)

Αυτού του τύπου οι κατανομές μπορούν να παραστήσουν αυξανόμενη, μειούμενη ή μορφής “Μπανιέρας” κατανομές. Γενικά η μορφή της κατανομής λεκάνης αναφέρεται στο κύκλο ζωής ενός μηχανήματος. Το 1^ο μέρος της αποτελεί το «παιδικό στάδιο», όπου ο ρυθμός αστοχίας είναι υψηλός, λόγω πιθανών λαθών στο σχεδιασμό, στο χρόνο προσαρμογής του προσωπικού κ.α., με τάση για μείωση, το 2^ο μέρος όπου ο ρυθμός αστοχίας είναι σχετικά χαμηλός και σταθερός και το 3^ο όπου το σύστημα έχει φτάσει στο όριο ζωής λειτουργίας και παρουσιάζει αυξανόμενο ρυθμό αστοχίας λόγω παλαιότητας.

Η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας $f(t)$ είναι ως εξής:

$$f(t) = b\beta(\beta t)^{b-1} e^{-[e^{(bt)^b} - (bt)^b - 1]} \quad (2.11)$$

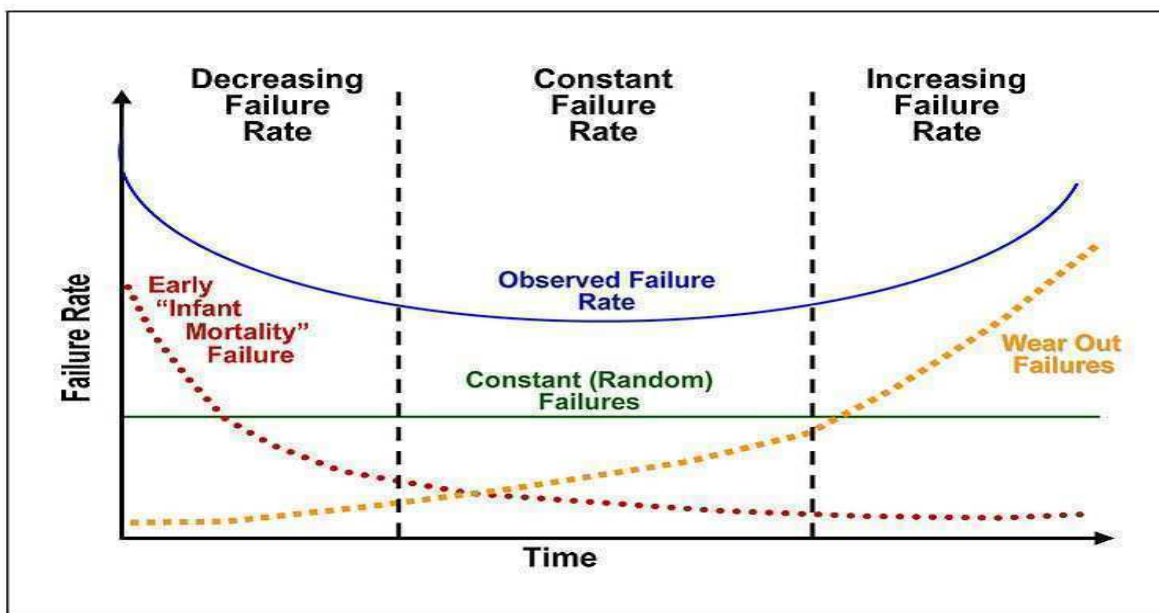
για $\beta, b > 0$ και $t \geq 0$

Όπου

t είναι ο χρόνος

β είναι παράμετρος σχήματος

b είναι παράμετρος κλίμακας



Σχήμα 2.2.2.9: Κατανομή μορφής Bathtub Hazard rate curve

2.2.3 Αξιοπιστία

Ως Αξιοπιστία ορίζεται η πιθανότητα ενός μηχανήματος να πραγματοποιήσει μια απαιτούμενη λειτουργία υπό συγκεκριμένες συνθήκες για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Διακρίνεται σε εγγενή και λειτουργική αξιοπιστία.

• Εγγενής Αξιοπιστία

Ως Εγγενής Αξιοπιστία ορίζεται η αξιοπιστία προερχόμενη από το σχεδιασμό, την παραγωγή και τις δοκιμές αξιοπιστίας κατά την παραγωγή.

• Λειτουργική Αξιοπιστία

Ως Λειτουργική Αξιοπιστία ορίζεται η αξιοπιστία η οποία επηρεάζεται από τις συνθήκες λειτουργίας και από την συντήρηση και τις επισκευές του μηχανήματος.

Η σχέση μεταξύ λειτουργικής και εγγενούς αξιοπιστίας είναι η εξής:

$$R_0 = R_i \cdot k \quad (2.12)$$

Όπου:

R_0 : Εγγενής Αξιοπιστία

R_i : Λειτουργική Αξιοπιστία

k : Δείκτης συνθηκών (συνήθως $k < 1$)

2.2.4 Διαθεσιμότητα

Διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα ένα μηχάνημα να μπορεί να λειτουργήσει όταν αυτό απαιτηθεί. Η Διαθεσιμότητα είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών της αξιοπιστίας, επισκευασιμότητας και προσβασιμότητας του μηχανήματος. Μπορεί να διακριθεί σε στιγμιαία και μέση διαθεσιμότητα.

Η στιγμιαία διαθεσιμότητα είναι η πιθανότητα του μηχανήματος να διατηρεί τη λειτουργία του μια δεδομένη στιγμή. Η μέση διαθεσιμότητα διακρίνεται σε Εγγενής (Inherent) και Λειτουργική (Operational).

• Εγγενής Διαθεσιμότητα

Μέτρο της μέσης διαθεσιμότητας A_i και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.13)$$

Όπου

MTBF: Μέση τιμή του χρόνου μεταξύ βλαβών

MTTR: Μέση τιμή του χρόνου επισκευής

• Λειτουργική Διαθεσιμότητα

Μέτρο της μέσης διαθεσιμότητας A_o και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A_o = \frac{MUT}{MUT + MDT} \quad (2.14)$$

Όπου

MUT: Mean up time

MDT: Mean down time

2.2.5 Συστήματα εν Σειρά (Series Network)

Σε αυτόν τον τύπο συστημάτων τα εξαρτήματα/υποσυστήματα είναι συνδεδεμένα εν σειρά. Σε ένα τέτοιο σύστημα άμα ένα από τα υποσυστήματα υποστεί βλάβη, θα έχουμε διακοπή λειτουργίας. Ένα σύστημα «Εν Σειρά» με 'ν' υποσυστήματα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2.5.1.



Σχήμα 2.2.5.1:Σύστημα «Εν Σειρά»

Για 'ν' ανεξάρτητα και ανόμοια υποσυστήματα η χρονικά εξαρτώμενη αξιοπιστία $R_s(t)$ είναι:

$$R_s(t) = [1 - F_1(t)] * [1 - F_2(t)] \dots [1 - F_v(t)] \quad (2.15)$$

Και

$$R_i(t) \equiv [1 - F_i(t)] \quad (2.16)$$

Όπου

$F_i(t)$ είναι η πιθανότητα βλάβης του υποσυστήματος i για $i=1,2,3,\dots,v$

$R_i(t)$ είναι η αξιοπιστία του υποσυστήματος i για $i=1,2,3,\dots,v$

Η πιθανότητα βλάβης του υποσυστήματος i βρίσκεται από το ολοκλήρωμα

$$F_i(t) = \int_0^t f_i(t) * dt \quad (2.17)$$

Όπου το $f_i(t)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας βλαβών του υποσυστήματος

Επίσης η συχνότητα βλάβης του υποσυστήματος i δίνεται από το τύπο:

$$f_i(t) = -\frac{dR_i(t)}{dt} \quad (2.18)$$

Με αντικατάσταση της (2.3) στην (2.2) έχουμε,

$$R_i(t) = 1 - \int_0^t f_i(t) dt \quad (2.19)$$

Μία εναλλακτική έκφραση του $R_i(t)$ είναι,

$$R_i(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt} \quad (2.20)$$

Όπου $\lambda_i(t)$ είναι ο στιγμιαίος ρυθμός βλαβών του υποσυστήματος i . Σε αυτήν την περίπτωση η χρονική στιγμή της βλάβης υποσυστήματος μπορεί να ακολουθεί οποιαδήποτε στατιστική κατανομή της οποίας ο Βαθμός Κινδύνου (Hazard Rate) είναι γνωστός.

Ο Βαθμός Κινδύνου του $\lambda_i(t)$ είναι:

$$\lambda_i(t) = \frac{f_i(t)}{R_i(t)} \quad (2.21)$$

Με αντικατάσταση της (2.4) στην (2.7) έχουμε μία εναλλακτική έκφραση του Βαθμού Κινδύνου

$$\lambda_i(t) = -\frac{1}{R_i(t)} * \frac{dR_i(t)}{dt} \quad (2.22)$$

Για το υποσύστημα i ο σταθερός Βαθμός Κινδύνου είναι

$$\lambda_i(t) = \lambda_i \quad (2.23)$$

Με αντικατάσταση της (2.9) στην (2.6) και αντικαθιστώντας στην (2.2) έχουμε

$$R_i(t) = 1 - F_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (2.24)$$

Η μέση τιμή χρόνου μεταξύ βλαβών (Mean Time Between Failures) ενός μεμονωμένου υποσυστήματος είναι

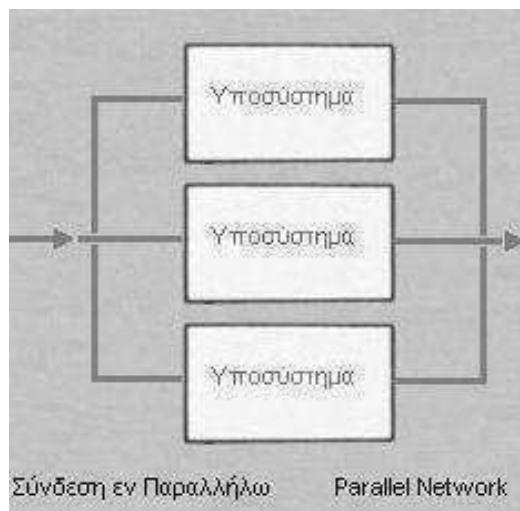
$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.25)$$

Οπότε με αντικατάσταση της (2.20) στην (2.21) έχουμε

$$MTTF = \left[\sum_{i=1}^n \lambda_i \right]^{-1} \quad (2.26)$$

2.2.6 Συστήματα εν Παραλλήλω (Parallel Network)

Αυτό ο τύπος συστημάτων χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η αξιοπιστία. Για την πλήρη διακοπή λειτουργίας του όλα τα υποσυστήματα πρέπει να υποστούν ταυτόχρονα βλάβη. Ένα σύστημα «Εν Παραλλήλω» με 'ν' υποσυστήματα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2.6.1.



Σχήμα 2.2.5.1: Σύστημα «Εν Παραλλήλω»

Για να δημιουργήσουμε τις εξισώσεις αξιοπιστίας υποθέτουμε ότι 1^ο όλες οι μονάδες του συστήματος είναι ενεργές και καταμερίζονται τον φόρτο εργασίας, 2^ο οι μονάδες είναι στατιστικά ανεξάρτητες. Η μη αξιοπιστία μη πανομοιότυπων υποσυστημάτων εν παραλλήλω σε δεδομένη χρονική στιγμή t είναι

$$F_p(t) = \prod_{i=1}^k F_i(t) \quad (2.27)$$

Όπου

$F_i(t)$: είναι η μη διαθεσιμότητα (πιθανότητα βλάβης) του υποσυστήματος i

k: είναι το σύνολο των υποσυστημάτων στο σύστημα

Εφόσον $R_p(t) + F_p(t) = 1$, η αξιοπιστία ενός συστήματος εν παραλλήλω $R_p(t)$, με την χρήση της εξίσωσης (2.12), είναι

$$R_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^k F_i(t) \quad (2.28)$$

Παρόμοια με το σταθερό ρυθμό βλαβών για εξαρτήματα συστημάτων εν σειρά, αντικαθιστούμε στην (2.10) για $F_i(t)$ στην (2.13)

$$R_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2.29)$$

Για να λάβουμε το MTTF του συστήματος αντικαθιστούμε την εξίσωση (2.29), ομοίων εξαρτημάτων, στην (2.25) και ενοποιούνται ως εξής

$$\begin{aligned} MTTF &= \int_0^{\infty} \left[1 - \sum_{j=0}^k \binom{k}{j} (-1)^j e^{-j\lambda t} \right] dt \quad (2.30) \\ &= \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{3\lambda} + \dots + \frac{1}{k\lambda} \end{aligned}$$

2.2.7 Βασικές Αρχές Μεταβλητότητας

Η μεταβλητότητα (variability) είναι η ποιότητα της μη ομοιομορφίας σε μια κλάση οντοτήτων. Σε συστήματα παραγωγής υπάρχουν πολλά χαρακτηριστικά των οποίων η μεταβλητότητα έχει σημασία. Οι φυσικές διαστάσεις, οι χρόνοι επεξεργασίας, οι χρόνοι μεταξύ βλαβών και οι χρόνοι επιδιόρθωσης μηχανών, η ποιότητα, οι θερμοκρασίες, η σκληρότητα υλικών, οι χρόνοι προετοιμασίας, κοκ είναι παραδείγματα χαρακτηριστικών που υπόκεινται σε μη ομοιομορφία. Η μεταβλητότητα έχει στενή σχέση (αλλά δεν είναι ίδια) με την τυχαιότητα (randomness). Έτσι, για να κατανοηθούν οι αιτίες και οι συνέπειες της μεταβλητότητας, πρέπει να κατανοηθεί η έννοια της τυχαιότητας και το σχετιζόμενο αντικείμενο των πιθανοτήτων. Στην συνέχεια αναπτύσσονται οι απαραίτητες ιδέες που αφορούν στην τυχαιότητα επικεντρώνοντας την προσοχή περισσότερο στην διαίσθηση παρά στον μαθηματικό φορμαλισμό. Παρ' όλα αυτά, χάριν της ακρίβειας πρέπει να επικληθεί η συμβατική γλώσσα των πιθανοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, είναι απαραίτητη η έννοια μίας τυχαίας μεταβλητής και ο χαρακτηρισμός της μέσω της μέσης τιμής (mean) της και της τυπικής απόκλισης (standard deviation) της.

Είναι σημαντικό να γίνει η διάκριση μεταξύ δύο τύπων μεταβλητότητας. Η ελεγχόμενη μεταβλητότητα είναι αποτέλεσμα αποφάσεων. Για παράδειγμα, αν σε

ένα εργοστάσιο κατασκευάζονται διαφορετικά προϊόντα, θα υπάρχει μεταβλητότητα στα χαρακτηριστικά τους (φυσικές διαστάσεις, χρόνος κατασκευής, κτλ). Παρόμοια, αν τα υλικά μεταφέρονται σε παρτίδες, πχ ο λιγνίτης στο bunker, από την μια διαδικασία στην επόμενη, το πρώτο τεμάχιο σε μία παρτίδα θα περιμένει περισσότερο να μεταφερθεί από ότι το τελευταίο, και συνεπώς οι χρόνοι αναμονής των τεμαχίων θα είναι μεταβλητοί. Αντίθετα, η τυχαία μεταβλητότητα είναι αποτέλεσμα συμβάντων πέρα από τον έλεγχο του χρήστη. Για παράδειγμα, η βλάβη ενός εκσκαφέα θα επιβαρύνει τον πραγματικό χρόνο επεξεργασίας μίας εργασίας, γιατί η εργασία θα πρέπει να περιμένει την επιδιόρθωση της μηχανής για να ολοκληρωθεί η επεξεργασία της. Εφόσον τέτοια απρόοπτα γεγονότα δεν μπορούν να προβλεφθούν ή να ελεγχθούν (τουλάχιστον άμεσα), οι βλάβες μηχανών αυξάνουν την μεταβλητότητα του πραγματικού χρόνου επεξεργασίας με έναν τυχαίο τρόπο.

Μία ερμηνεία της τυχαιότητας είναι ότι επειδή υπάρχουν ατελείς (ή ελλειπείς) πληροφορίες, τα συστήματα μπορεί να φαίνονται ότι συμπεριφέρονται τυχαία. Η βάση του συλλογισμού αυτού είναι ότι αν ήταν γνωστοί όλοι οι νόμους της φύσης και υπήρχε μια πλήρη περιγραφή του σύμπαντος σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, θεωρητικά θα ήταν δυνατό να προβλεφτεί κάθε λεπτομέρεια της έκτοτε εξέλιξής του με βεβαιότητα. Μια δεύτερη ερμηνεία της τυχαιότητας είναι ότι το σύμπαν πράγματι συμπεριφέρεται τυχαία. Με άλλα λόγια, έχοντας μια πλήρη περιγραφή του σύμπαντος και των νόμων της φυσικής δεν είναι αρκετά για να προβλεφτεί το μέλλον. Στην καλύτερη περίπτωση, αυτά μπορούν να παράσχουν στατιστικές εκτιμήτριες του τι πρόκειται να συμβεί. Ακόμα, οι ίδιες αρχικές συνθήκες μπορεί να μην οδηγήσουν σε ίδιες μελλοντικές καταστάσεις. Πάντως, ανεξάρτητα από το αν η τυχαιότητα είναι εγγενής ή οφείλεται στην έλλειψη πληροφοριών, οι συνέπειες είναι οι ίδιες.

Η διακύμανση (variance), που συχνά συμβολίζεται ως σ^2 , καθώς και η τυπική απόκλιση, σ , είναι μέτρα απόλυτης μεταβλητότητας. Συχνά, όμως, η απόλυτη μεταβλητότητα είναι λιγότερο σημαντική από την σχετική μεταβλητότητα. Για παράδειγμα, μια τυπική απόκλιση 10 μικρών θα υποδείκνυε ελάχιστη μεταβλητότητα στην παραγωγή βιδών με ονομαστικό μήκος 4 εκατοστών, αλλά θα σήμαινε τεράστια μεταβλητότητα στο πλάτος των γραμμών σε ένα ολοκληρωμένο μικροκύκλωμα όπου το μέσο πλάτος γραμμών είναι 5 μικρά. Ένα λογικό μέτρο της σχετικής μεταβλητότητας μιας τυχαίας μεταβλητής είναι η τυπική απόκλιση δια του

μέσου όρου, που ονομάζεται συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation ή CV). Έτσι, αν μ είναι η μέση τιμή και σ η τυπική απόκλιση, ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} \quad (2.31)$$

2.2.8 Ταξινόμηση Χρόνων Επεξεργασίας

Αν οι χρόνοι βλαβών των μηχανών είναι σημαντικές τυχαίες μεταβλητές των συστημάτων παραγωγής, οι χρόνοι επεξεργασίας εργασιών έχουν ακόμα μεγαλύτερη σημασία. Άλλωστε, η παροχή και ο χρόνος κύκλου καθορίζονται από αυτούς τους χρόνους επεξεργασίας. Έτσι, η βασική τυχαία μεταβλητή που ενδιαφέρει είναι ο χρόνος επεξεργασίας (processing time) μιας εργασίας από έναν εκσκαφέα. Μπορούμε να ταξινομήσουμε τους χρόνους επεξεργασίας σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την μεταβλητότητά τους, όπως αυτή μετρείται από τον συντελεστή μεταβλητότητας c . Έτσι, χρόνοι επεξεργασίας με c αρκετά μικρότερο της μονάδας (ας πούμε, $c \leq 0,75$) λέμε ότι είναι Χαμηλής Μεταβλητότητας (ΧΜ), χρόνοι επεξεργασίας με c της τάξης της μονάδας (ας πούμε, $0,75 \leq c \leq 1,33$) λέμε ότι είναι Μέσης Μεταβλητότητας (ΜΜ) και χρόνοι επεξεργασίας με c αρκετά μεγαλύτερο της μονάδας (ας πούμε, $c \geq 1,33$) λέμε ότι είναι Υψηλής Μεταβλητότητας. Οι περισσότεροι πραγματικοί (actual) ή φυσικοί χρόνοι επεξεργασίας είναι ΧΜ. Εκείνο όμως που έχει περισσότερη σημασία από τους πραγματικούς χρόνους επεξεργασίας είναι οι επιδρώντες (effective) χρόνοι επεξεργασίας. Ο επιδρών χρόνος επεξεργασίας είναι ο χρόνος που βλέπει μια εργασία από την στιγμή που ξεκινάει μέχρι να τελειώσει η επεξεργασία της και περιλαμβάνει τον πραγματικό χρόνο επεξεργασίας στην μηχανή συν οποιονδήποτε παρεμβαλλόμενο χρόνο βλάβης, αναμονής, κτλ της μηχανής κατά την διάρκεια του οποίου παύεται η επεξεργασία. Έτσι, παρ' ότι ο πραγματικός χρόνος επεξεργασίας μπορεί να είναι ΧΜ, ο επιδρών χρόνος επεξεργασίας είναι δυνατόν να είναι ΧΜ, ΜΜ ή ΥΜ, ανάλογα με την μεταβλητότητα αυτού του παρεμβαλλόμενου μη παραγωγικού χρόνου.

2.2.9 Μεταβλητότητα Χρόνου Επεξεργασίας

Οι σημαντικότερες πηγές μεταβλητότητας στους χρόνους επεξεργασίας είναι οι παρακάτω:

- Φυσική μεταβλητότητα που οφείλεται στην διαφορετικότητα των χειριστών, των μηχανών και των υλικών
- Τυχαίες βλάβες μηχανών
- Ρυθμίσεις (προετοιμασία) μηχανών

2.2.9.1 Φυσική μεταβλητότητα

Η φυσική μεταβλητότητα είναι η μεταβλητότητα που είναι έμφυτη στον φυσικό χρόνο επεξεργασίας και οφείλεται στην διαφορετικότητα των χειριστών, των μηχανών και των υλικών.

Έστω,

t_0 = μέση τιμή του φυσικού χρόνου επεξεργασίας

σ_0^2 = διακύμανση του φυσικού χρόνου επεξεργασίας

Ο τετραγωνικός συντελεστής μεταβλητότητας (SCV) είναι

$$c_0^2 = \frac{\sigma_0^2}{t_0^2} \quad (2.32)$$

Στα περισσότερα συστήματα οι φυσικοί χρόνοι επεξεργασίας είναι ΧΜ δηλαδή, η πιθανότητα να τελειώσει μια επεξεργασία την επόμενη στιγμή αυξάνεται με τον χρόνο επεξεργασίας και έτσι $c_0^2 < 1$

Συχνά, οι φυσικοί χρόνοι επεξεργασίας απαρτίζονται από ξεχωριστά στάδια (π.χ. χρόνος φόρτωσης, χρόνος εκσκαφής, χρόνος εκφόρτωσης από τον ταινιόδρομο και χρόνος μεταφοράς σε έναν χώρο προσωρινής αποθήκευσης).

2.2.9.2 Μεταβλητότητα Λόγω Βλαβών

Σε πολλά συστήματα παραγωγής, ο παράγοντας που συνεισφέρει περισσότερο στην μεταβλητότητα των επιδρώντων χρόνων επεξεργασίας είναι οι απρογραμμάτιστοι χρόνοι βλάβης των μηχανών. Πράγματι, όταν οι βλάβες είναι μεγάλες σε σχέση με τους πραγματικούς χρόνους επεξεργασίας, δεν είναι ασύνηθες οι επιδρώντες χρόνοι επεξεργασίας να παρουσιάζουν συμπεριφορά ΥΜ.

Για να παρατηρηθεί πώς οι βλάβες των μηχανών προκαλούν μεταβλητότητα, συγκρίνονται δύο σταθμοί εργασίας με τον ίδιο μέσο φυσικό χρόνο

επεξεργασίας $t_0=10$ min και τυπική απόκλιση $\sigma_0=2$ min. Και οι δύο σταθμοί υπόκεινται σε βλάβες και έχουν την ίδια μακροχρόνια διαθεσιμότητα, δηλαδή το ίδιο ποσοστό χρόνου λειτουργίας. Όμως, ο σταθμός 1 έχει αραιές αλλά μεγάλης διάρκειας βλάβες, ενώ ο σταθμός 2 έχει συχνές αλλά μικρής διάρκειας βλάβες. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε σταθμό, έστω

m_f = μέσος χρόνος μέχρι την επόμενη βλάβη (mean time to failure ή MTBF)

m_r = μέσος χρόνος επιδιόρθωσης (mean time to repair ή MTTR)

Ο σταθμός 1 έχει $m_f=5400$ min και $m_r=600$ min

Ο σταθμός 2 έχει $m_f=540$ min και $m_r=60$ min

Από τον τύπο (2.13) παρατηρούμε ότι και τα 2 μηχανήματα έχουν την ίδια διαθεσιμότητα $A_i=0.9$.

Όμως, όταν συμπεριλάβουμε τις επιδράσεις της μεταβλητότητας, οι σταθμοί δεν είναι ίδιοι. Συγκεκριμένα, μπορεί ναδειχθεί ότι η διακύμανση σ_e^2 και ο SCV, c_e^2 , του επιδρόντος χρόνου επεξεργασίας δίνονται από τους εξής τύπους

$$\sigma_e^2 = \left(\frac{\sigma_0^2}{A} \right) + \frac{2t_0 m_r (1-A)}{A} \quad (2.33)$$

$$c_e^2 = c_0^2 + 2A(1-A) \frac{m_r}{t_0} \quad (2.34)$$

Από τις παραπάνω εκφράσεις προκύπτει ότι η διακύμανση του επιδρόντος χρόνου επεξεργασίας εξαρτάται από την διακύμανση του φυσικού χρόνου επεξεργασίας, την διαθεσιμότητα, αλλά και τον μέσο χρόνο επιδιόρθωσης, m_r . Αυτό φαίνεται καθαρότερα από τον τύπο του SCV του επιδρόντος χρόνου επεξεργασίας, ο οποίος έχει έναν θετικό, γραμμικό ως προς όρο που προστίθεται στον φυσικό SCV. Εφόσον η συμφόρηση αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV), συνεπάγεται ότι η συμφόρηση αυξάνεται καθώς αυξάνεται το m_r , δεδομένης της διαθεσιμότητας.

Έτσι για το πρώτο μηχανήμα έχουμε $c_e^2=10,84$ που είναι στην περιοχή ΥΜ ενώ για το δεύτερο $c_e^2=1,12$ που είναι στην περιοχή ΜΜ. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι βλάβη στο πρώτο μηχανήμα θα προκαλεί καθυστερήσεις εάν το επόμενο μηχανήμα στον κλάδο έχει εργασία που θα διαρκέσει λιγότερο από 10,84 ώρες ενώ το δεύτερο μόνο για 1,12 ώρες.

2.2.9.3 Μεταβλητότητα Λόγω Ρυθμίσεων (Προετοιμασιών)

Οι τυχαίες βλάβες είναι ένα παράδειγμα προκαταλαμβανόντων διακοπών (preemptive outages), δηλαδή που προκαταλαμβάνουν τις μηχανές χωρίς προειδοποίηση σε οποιαδήποτε στιγμή στην μέση μιας εργασίας. Άλλες πιθανές πηγές απροειδοποίητων διακοπών είναι οι διακοπές ηλεκτρικής ενέργειας, η κλήση χειριστών για την αντιμετώπιση επειγόντων περιστατικών και η εξάντληση αναλωσίμων (π.χ. λιπαντικού).

Εφόσον όλες αυτές οι διακοπές έχουν παρεμφερείς επιδράσεις στην συμπεριφορά γραμμών παραγωγής, είναι λογικό να τις συνδυάσουμε και να τις μεταχειριστούμε σαν βλάβες μηχανών, με τον τρόπο που περιγράψαμε.

Όμως, υπάρχουν άλλες διακοπές που δεν προκαταλαμβάνουν τις μηχανές στην μέση εργασιών. Για παράδειγμα, οι ρυθμίσεις (προετοιμασία), η προληπτική συντήρηση και οι συναντήσεις χειριστών συμβαίνουν μεταξύ αντί κατά την διάρκεια εργασιών. Αυτές οι μη-προκαταλαμβάνουσες διακοπές (nonpreemptive outages) απαιτούν μια κάπως διαφορετική μεταχείριση από ότι οι προκαταλαμβάνουσες διακοπές.

3. Κοιτασματολογία Λιγνίτη

3.1 Εισαγωγή

Οι λιγνίτες ανήκουν στις στερεές ορυκτές καύσιμες ύλες με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες και προήλθαν από φυτικά υπολείμματα μέσω μιας σειράς διεργασιών ενανθράκωσης. Οι διεργασίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η μετατροπή των φυτών σε τύρφη και η μετάβαση από την τύρφη (αρχικό στάδιο ενανθράκωσης) στον ανθρακίτη (τελικό στάδιο ενανθράκωσης) είναι συνάρτηση της επίδρασης του χρόνου, της θερμοκρασίας και της πίεσης.

Η αύξηση του βαθμού ενανθράκωσης επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων. Οι λιγνίτες σχηματίστηκαν κατά τα πρώτα στάδια της ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη. Για το σχηματισμό ενός κυβικού μέτρου λιγνίτη, έχει υπολογισθεί ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 1000 έως 4000 ετών.

Το θερμιδικό περιεχόμενο των λιγνιτών είναι από 3 έως 7 φορές μικρότερο από το θερμιδικό περιεχόμενο του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερο από αυτό του πετρελαίου. Κατάλληλες συνθήκες για το σχηματισμό λιγνιτών στον ελλαδικό χώρο συνέτρεξαν, κατά περιόδους και κατά περιοχές, από τις αρχές του Καινοζωικού αιώνα μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους.

Η κύρια φάση λιγνιτογένεσης συμπίπτει με την Νεοτριτογενή και Τεταρτογενή γεωλογική περίοδο. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα λιγνίτη αναπτύχθηκαν σε αβαθείς λίμνες και έλη κλειστών ενδοηπειρωτικών λεκανών. Κύριο χαρακτηριστικό των κοιτασμάτων είναι ο έντονος τεκτονισμός.

Σε τομή ενός κοιτάσματος, οι γαιάνθρακες εμφανίζονται ως ενστρώσεις, ποικίλου πάχους (μερικά εκατοστά έως και μερικές δεκάδες μέτρα), οι οποίες εναλλάσσονται με ενστρώσεις, αργιλικών ιζημάτων, ψαμμιτών και μαργών. Οι αλληλοδιάδοχες ενστρώσεις ανθράκων / αργιλοψαμμιτικών οριζόντων οφείλονται σε μεταβολές της ταχύτητας βύθισης της λεκάνης ιζηματογένεσης, με αποτέλεσμα την απόθεση, διαφορετικής, κάθε φορά, σύστασης ιζημάτων. Χαρακτηριστική εικόνας παρουσίας λιγνίτη βλέπουμε στην εικόνα 3.1.1



Εικόνα 3.1.1: Πολυστρωματικό κοίτασμα λιγνίτη

3.2 Δομικά στοιχεία γαιανθράκων

Τα “macerals”, είναι δομικά συστατικά των ανθράκων, αντίστοιχα με ό,τι τα ορυκτά στα πετρώματα. Στους λιγνίτες και υποβιτουμενιούχους άνθρακες τα “macerals” διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τους χουμινίτες, τους λιπτινίτες και τους ινερτινίτες και σε πολλές υποκατηγορίες.

Χουμινίτες: Προέρχονται από τα μαλακά μέρη των φυτών (κυτταρόπλασμα φύλλων, κ.λπ.). Διακρίνονται σε χουμοτελινίτες (τεξτίνες και ουλμινίτες), χουμοδετρινίτες (ατρίνες και δενσίτες) και σε χουμοκολλινίτες (καρπουχουμινίτες και γελινίτες).

Λιπτινίτες: Προέρχονται, κυρίως από τα σκληρά μέρη των φυτών (σπόρους, γύρη, ρητίνες, κηρώδεις ενώσεις και λίπη). Διακρίνονται σε σπορνίτες, κουτινίτες, ρεζινίτες, αλιγινίτες λιπποδετρινίτες και βιτουμινίτες.

- ο Οι σπορνίτες προέρχονται από σπόρους, οι οποίοι, συνήθως είναι διατεταγμένοι σε στρώσεις.
- ο Οι κουτινίτες προέρχονται από την επιδερμίδα των κυττάρων των φύλλων
- ο Οι ρεζινίτες προέρχονται από ρητίνες κωνοφόρων και άλλων δένδρων.
- ο Οι αλιγινίτες προέρχονται από φύκη.

Ινερτινίτες: Προέρχονται από τις δύο προηγούμενες ομάδες (χουμινίτες και λιπτινίτες), εάν, πριν την τελική ενανθράκωση τους, τα φυτά υπέστησαν οξειδωση (από πυρκαγιές, κ.λπ.). Διακρίνονται, κύρια, σε μικρινίτες, φουσινίτες, ημιφουσινίτες, σεκρετινίτες και ινερτοδετρινίτες.

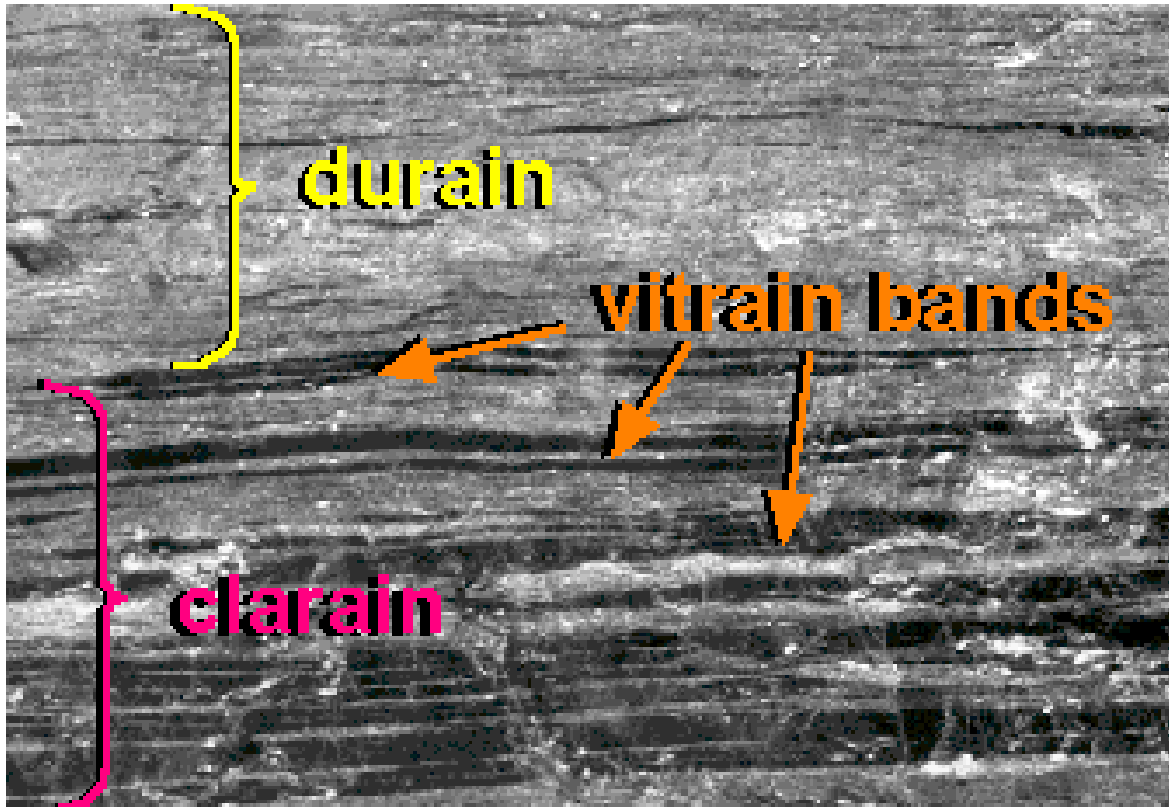
- ο Οι μικρινίτες και οι βιτρινίτες δεν εμφανίζουν κυτταρική δομή
- ο Οι φουσινίτες εμφανίζουν καλά σχηματισμένη κυτταρική δομή και υψηλή περιεκτικότητα σε C.

Ας σημειωθεί ότι, με την πάροδο της ενανθράκωσης, όλα τα “macerals” χάνουν τις ιδιαίτερες ιδιότητες τους και επέρχεται ομογενοποίηση τους.

Με βάση τη διάταξη των “macerals” σε στρώσεις, ορατές με το γυμνό μάτι, καθορίζεται ο λιθότυπος και μικρολιθότυπος των γαιανθράκων. Οι κύριες κατηγορίες λιθότυπων είναι οι “Vitrain”, “Fusain”, “Dourain” και “Clarain”.

Ο τύπος “Vitrain” εμφανίζει υαλώδη λάμψη και κογχοειδή θραύση και περιέχει κύρια, “βιτρινίτη”. Ο τύπος “Fusain” είναι μαλακός, αποβάφει στα χέρια και περιέχει, κύρια “φουσινίτη”. Ο τύπος “Dourain” είναι θαμπός, εμφανίζει ακανόνιστη θραύση και περιέχει, κύρια, “λιπτινίτη” και “ινερτίτη”. Ο τύπος “Clarain” εμφανίζει

στρωμάτωση, έχει μεταξώδη λάμψη και ομαλή θραύση και περιέχει, κύρια “βιτρινίτη” και “λιππινίτη”. Στη παρακάτω εικόνα 3.2.1 βλέπουμε ένα δείγμα γαιάνθρακα που περιέχει τρεις κατηγορίες λιθότυπων στη δομή του.



Εικόνα 3.2.1: Λιθότυποι σε δείγμα υποβιτουμενιούχου γαιάνθρακα

3.3 Τεκτονική τάφρος της Δυτικής Μακεδονίας

3.3.1 Εισαγωγή

Η λιγνιτοφόρα λεκάνη Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης-Σερβίων-Ελασσώνας αποτελεί τμήμα της μεγάλης τεκτονικής τάφρου μήκους > 120 km, που εκτείνεται από το Μοναστήρι (πρώην Γιουγκοσλαβική Δημ. Μακεδονίας) μέχρι την Ελασσόνα, νότια του Αλιάκμονα ποταμού. Τμήμα της φαίνεται στο σχήμα 3.3.1.1.

Ο άξονας της τάφρου έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση, παράλληλη με τον άξονα των Ελληνίδων. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Η τάφρος

δημιουργήθηκε από τη ρηξιγενή τεκτονική του Νεογενούς. Κατά το Ανώτερο Μειόκαινο επεκράτησαν εφελκυστικές τάσεις με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ, που δημιούργησαν το κύριο βύθισμα με ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές εφελκυστικές τάσεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης χώρισαν το αρχικό βύθισμα σε επιμέρους λεκάνες, που οριοθετούνται από ΒΑ-ΝΔ ρήγματα. Σχηματίστηκαν έτσι οι λεκάνες Φλώρινας, Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας, Κοζάνης-Σερβίων και Ελασσόνας.

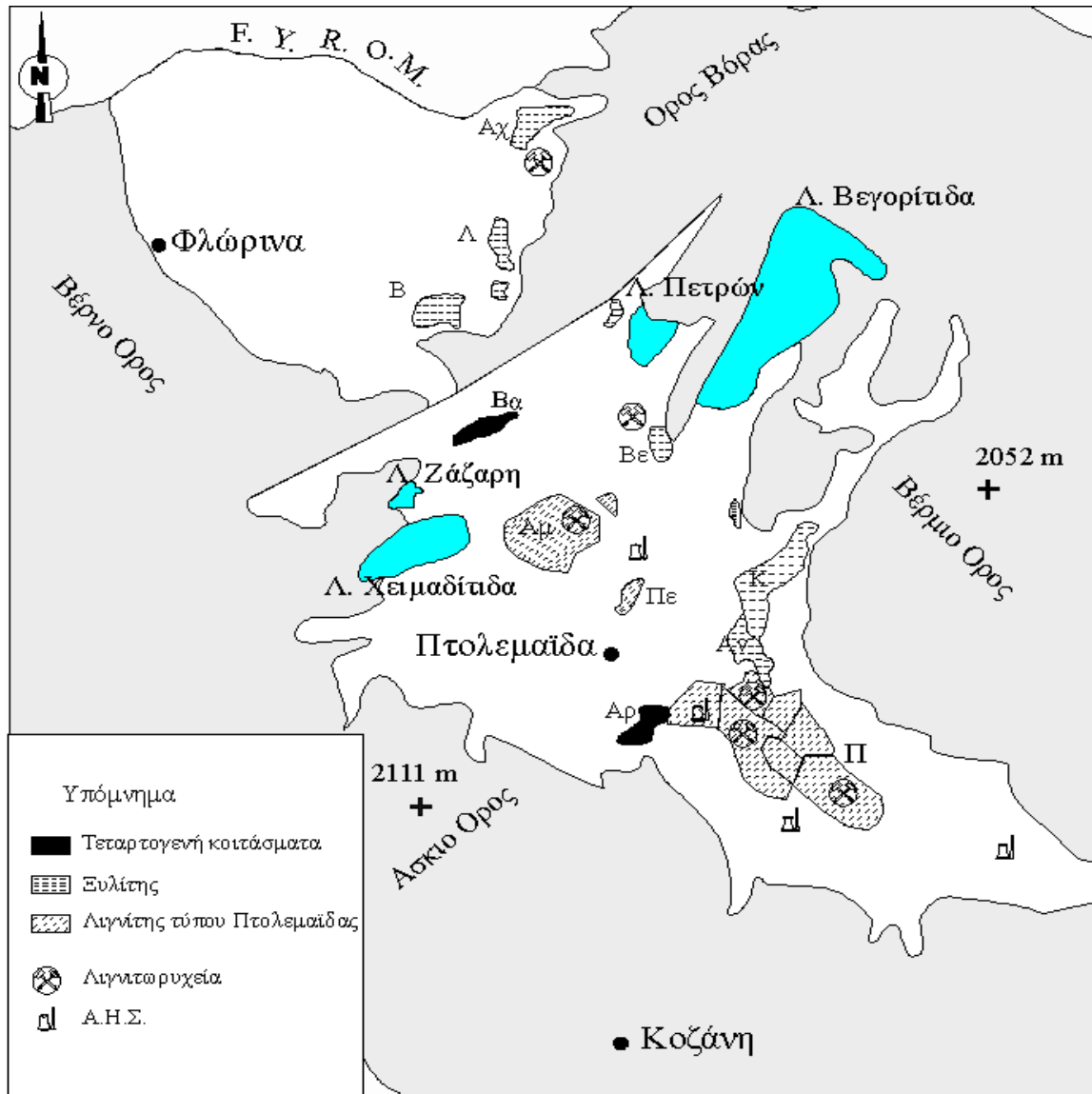
Οι Νεογενείς αποθέσεις των παραπάνω λεκανών διακρίνονται σε τρεις σειρές:

- την κατώτερη σειρά (σχηματισμός Κομνηνών),
- τη μεσαία σειρά (σχηματισμός Πτολεμαΐδας) και
- την ανώτερη σειρά.

Η κατώτερη σειρά αποτελείται στη βάση της από ένα γνευσιακό κροκαλοπαγές, το οποίο μεταβαίνει προς τα πάνω σε μάργες, αμμώδεις μάργες, άμμους, ιλύες, αργίλους και λιγνίτες. Το περιβάλλον απόθεσης ήταν ποτάμιο, ποταμολιμναίο και τοπικά τελματικό. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Άνω Μειοκαινική μέχρι Κάτω Πλειοκαινική, όπως διαπιστώθηκε από μακροπαλαιοβοτανικούς και παλυνολογικούς προσδιορισμούς.

Ο μεσαίος σχηματισμός χαρακτηρίζεται από μεγάλο πάχους στρώματα λιγνιτών, που εναλλάσσονται με στρώματα αργίλων, ιλύων, αμμωδών αργίλων και μαργών. Το περιβάλλον απόθεσης ήταν κύρια λιμναίο και λιμνοτελματικό. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Πλειοκαινική σύμφωνα με παλυνολογικές μελέτες.

Ο ανώτερος σχηματισμός αποτελείται από τις Τεταρτογενείς αποθέσεις. Το πάχος τους δεν είναι σταθερό, αλλά κυμαίνεται από λίγα μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα. Τα ιζήματα κάθονται ασύμφωνα πάνω στα Πλειοκαινικά στρώματα. Η αιτία της ασυμφωνίας είναι ο τεκτονισμός του Ανώτερου Πλειοκαίνου-Κατώτερου Πλειστοκαίνου. Τα ιζήματα είναι κύρια ποτάμια (άμμοι και κροκάλες), ενώ τοπικά απαντώνται άργιλοι και μάργες, μικρού πάχους λιγνιτικά στρώματα και τύρφη.



Σχήμα 3.3.1.1: Τμήμα της τεκτονικής τάφρου της Δυτ. Μακεδονίας (Αχ: Αχλάδα, Λ: Λόφοι, Β: Βεύη, Βε: Βεγόρα, Βα: Βαλτόνερα, Αμ: Αμύνταιο, Πε: Περδίκια, Αρ: Αρδασσα, Κ: Κομνηνά, Αν: Ανατολικό, Π: Πτολεμαΐδα).

3.3.2 Λιγνίτης της Κατώτερης σειράς

Ο λιγνίτης του κατώτερου σχηματισμού είναι σκληρός, καστανόχρωμος, και εμφανίζει έντονα τη δομή και υφή του ξύλου, πρόκειται δηλαδή για ξυλιτικό λιθότυπο. Τα ιζήματα στα οποία φιλοξενείται είναι κυρίως ιλύες, μέσα στις οποίες υπάρχουν κατά θέσεις φακοί άμμου, αργίλου και μάργας. Απαντάται στα ανατολικά περιθώρια των λεκανών Φλώρινας-Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Δεν σχηματίζει εκτεταμένα στρώματα, αλλά λόγω τεκτονισμού έχει αποτεθεί σε πολλά μικρά τμήματα των λεκανών, γειτονικά μεταξύ τους. Ο ξυλίτης προήλθε από

δασοτυρφώνες με κωνοφόρα κυρίως δένδρα, που αναπτύσσονταν σε ένα σχετικά πιο θερμό και υγρό κλίμα από το σημερινό.

Στη λεκάνη της Φλώρινας κυριαρχεί ο ξυλιτικός λιγνίτης. Τα βέβαια αποθέματα ξυλίτη ανέρχονται σε 270 Mt, τα τεχνικοοικονομικά απολήψιμα σε 200 Mt. Η εκμετάλλευση γίνεται από δυο ιδιωτικές εταιρίες, που διαθέτουν λιγνιτωρυχεία στις περιοχές της Βεύης και της Αχλάδας αντίστοιχα. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 2 Mt περίπου, που τροφοδοτούν τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (Α.Η.Σ.) Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου της Δ.Ε.Η. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε μεταξύ Βεύης και Αχλάδας το κοίτασμα Λόφων με ξυλιτικό λιγνίτη, η εκμετάλλευση του οποίου θα ξεκινήσει σύντομα.

Από πλευράς βαθμού ενανθράκωσης ο ξυλίτης της Φλώρινας κατατάσσεται στους μαλακούς λιγνίτες. Είναι καλής ποιότητας με μέση υγρασία 30%, τέφρα (επί ξηρού) 27% και κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2.700 kcal/kg.

Στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχουν τρία ξυλιτικά κοιτάσματα: των Κομνηνών, του Ανατολικού-Καρυχωρίου και της Βεγόρας.

Το κοίτασμα Κομνηνών έχει βέβαια αποθέματα 264 Mt, από τα οποία απολήψιμα θεωρούνται 153 Mt. Ο ξυλίτης έχει υγρασία 40%, τέφρα (επί ξηρού) 30%, κατώτερη θερμαντική ικανότητα (σε φυσική κατάσταση) 2.400 kcal/kg. Η εκμετάλλευση προβλέπεται να αρχίσει σύντομα.

Το κοίτασμα Ανατολικού-Καρυχωρίου διαθέτει βέβαια αποθέματα 205 Mt, τεχνικοοικονομικά απολήψιμα 152 Mt. Ο ξυλίτης έχει την ίδια ποιότητα με αυτόν των Κομνηνών, λόγω όμως του μεγάλου βάθους στο οποίο απαντάται το κοίτασμα, η εκμετάλλευση κρίνεται προς το παρόν οικονομικά ασύμφορη.

Το κοίτασμα της Βεγόρας έχει παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα αποθέματα είναι της τάξης των 40 Mt. Την εκμετάλλευση διενεργεί ιδιωτική εταιρία.

3.3.3 Λιγνίτης της Μεσαίας σειράς

Οι Πλειοκαινικοί λιγνίτες εμφανίζονται κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Πρόκειται για στιβάδες, που αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων μικρού πάχους λιγνίτη με αργίλους και μάργες. Ο λιγνίτης είναι καστανόχρωμος

μέχρι μαύρος, μαλακός και αποτέθηκε σε τοπογενείς τυρφώνες με χαμηλή βλάστηση (πωώδη).

Η μέση υγρασία του λιγνίτη Πτολεμαΐδας είναι 50-60%, η τέφρα (επί ξηρού) 35% και η κατώτερη θερμαντική ικανότητα 1.370 kcal/kg. Παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά διαθέτει και ο λιγνίτης Αναργύρων-Αμυνταίου με ελαφρά μικρότερη θερμαντική ικανότητα (1.250 kcal/kg).

Τα συνολικά αποθέματα ανέρχονται σε 3.100 Mt, από τα οποία 60% περίπου είναι εκμεταλλεύσιμα. Ας σημειωθεί, ότι στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου υπάρχει το 67% των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη της χώρας. Η εκμετάλλευση γίνεται από τη Δ.Ε.Η. Η παραγωγή λιγνίτη το 2007 έφθασε τους 63.4 Mt. Μικρή ποσότητα (<2%) χρησιμοποιείται για παρασκευή λιγνιτοπλίνθων (μπρικεττών), λιγνιτόσκονης και λιπασμάτων, ενώ ο κύριος όγκος της παραγωγής τροφοδοτεί τους Α.Η.Σ. της Δ.Ε.Η. στην περιοχή. Το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος των Α.Η.Σ. στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου είναι 4.048 MW και αποτελεί το 50% της ολικής εγκατεστημένης ισχύος της Δ.Ε.Η. Εδώ παράγεται το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Τα ορυχεία στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου είναι τα ακόλουθα τα οποία φαίνονται και στο σχήμα 3.3.3.1 και στο σκαρίφημα 3.3.3.2:

1. Το Κύριο Πεδίο. Η εξόρυξη άρχισε το 1955 και η παραγωγή τροφοδότησε τους πρώτους Α.Η.Σ της Δ.Ε.Η. Το κοιτάσμα έχει εξοφληθεί. Η εξόρυξη συνεχίζεται στα δυο γειτονικά ορυχεία:

- ο το Βόρειο Πεδίο, του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1981 και
- ο το Πεδίο Κομάνου, του οποίου η εξόρυξη άρχισε το 1982 και το οποίο πλέον έχει εξοφληθεί.

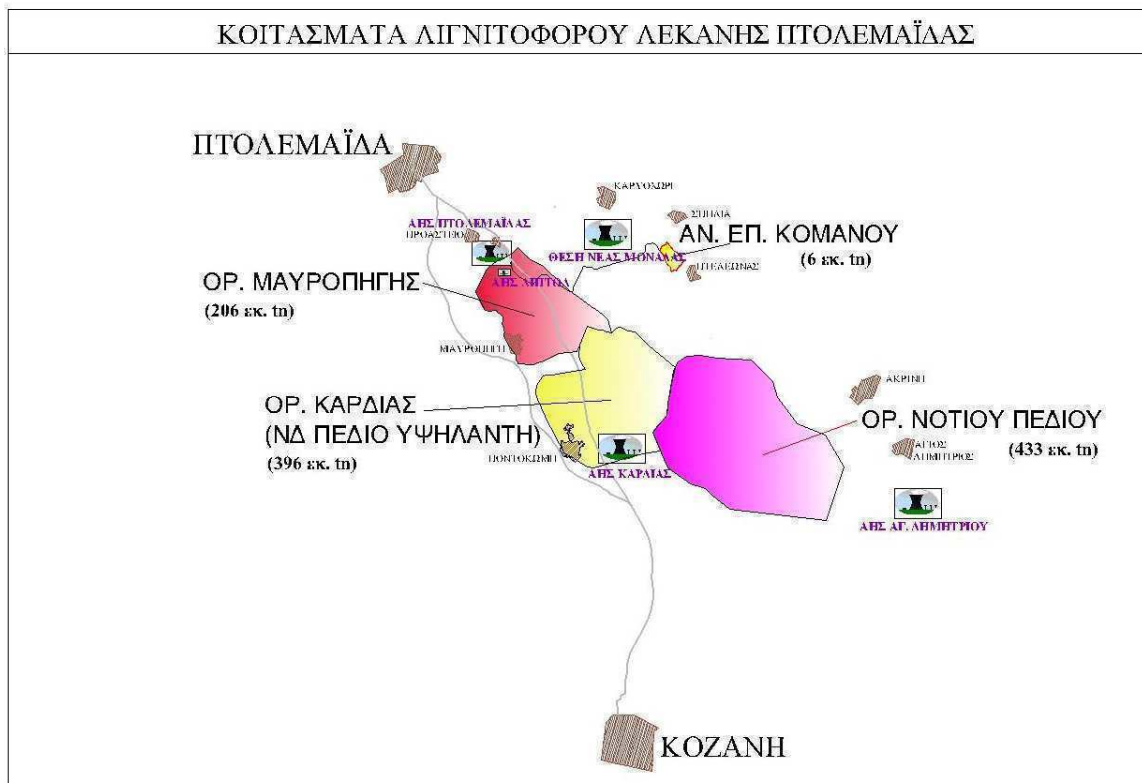
2. Το λιγνιτωρυχείο Καρδιάς. Η εξόρυξη άρχισε το 1970 και έχει ήδη ολοκληρωθεί. Η ετήσια παραγωγή ανερχόταν σε 10 Mt. Έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση του τοπίου, ενώ η εξόρυξη συνεχίζεται (και αναμένεται να περατωθεί μέσα στο 2010) στον Τομέα 6, που βρίσκεται ΝΔ του ορυχείου Καρδιάς. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 16 Mt περίπου.

3. Το Νότιο Πεδίο. Η εξόρυξη άρχισε το 1979 και αναμένεται να διαρκέσει μέχρι το 2040. Η ετήσια παραγωγή σήμερα είναι 16 Mt και αναμένεται να φθάσει τους 20 Mt. Είναι το μεγαλύτερο λιγνιτωρυχείο της Ελλάδας και ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο. Τα απολήψιμα αποθέματα ανέρχονται σε 900 Mt και συνιστούν το 50% των αποθεμάτων του κοιτάσματος Πτολεμαΐδας. Το μέσο πάχος της

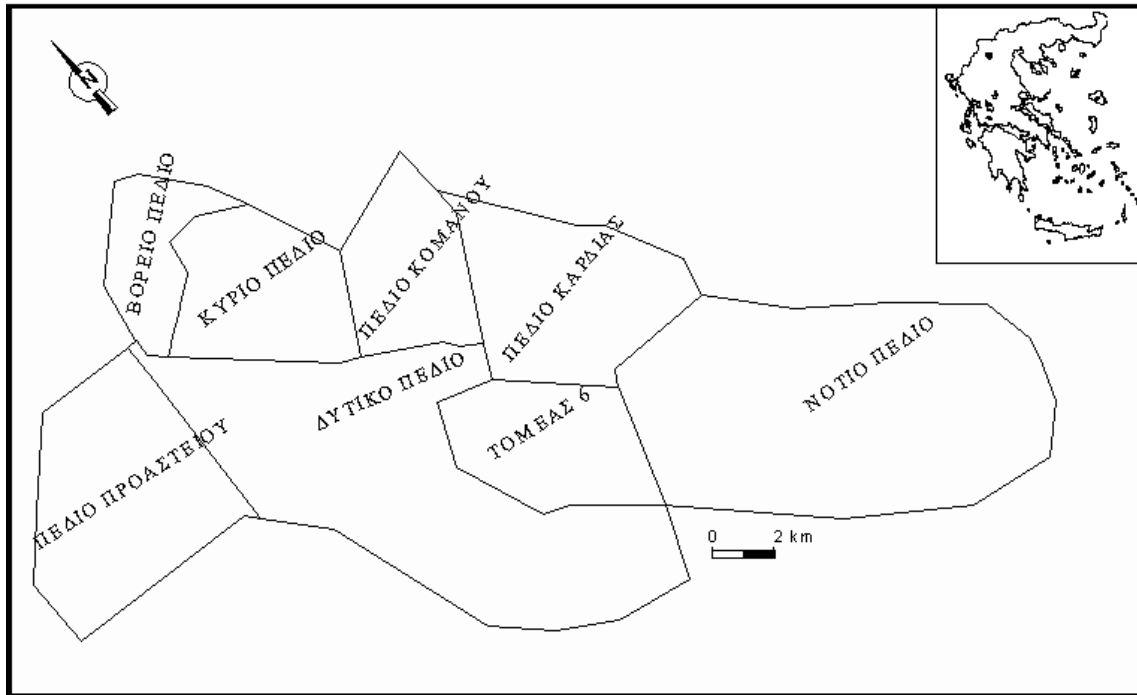
λιγνιτικής στιβάδας είναι 35 m, το μέγιστο 140 m, ενώ το μέσο πάχος των υπερκειμένων αγόνων 160 m. Το ολικό βάθος της τελικής εκσκαφής θα φθάσει τα 250 m.

4. Στην περιοχή Αναργύρων-Αμυνταίου λειτουργεί από το 1987 ένα ακόμα λιγνιτωρυχείο. Τα βέβαια αποθέματα ανέρχονται σε 489 Mt, τα απολήψιμα σε 288 Mt. Η ετήσια παραγωγή φθάνει τους 8 Mt. Εκτιμάται ότι η εξόρυξη θα συνεχιστεί μέχρι το 2025.

5. Τέλος στο Δυτικό Πεδίο, που βρίσκεται κοντά στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης, αναμένεται να αρχίσει η εξόρυξη σύντομα. Τα αποθέματα ανέρχονται σε 500 Mt. Ο έντονος τεκτονισμός και το μεγάλο βάθος, στο οποίο απαντάται το κοίτασμα, καθιστούν την εκμετάλλευση προβληματική.



Σχήμα 3.3.3.1: Κοιτάσματα λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας



Σχήμα 3.3.3.2: Τα λιγνιτωρυχεία στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας

Τέλος στη λεκάνη Πτολεμαΐδας υπάρχει το κοίτασμα Προαστείου με βέβαια αποθέματα 337 Mt, από τα οποία 230 Mt κρίνονται απολήψιμα. Το πάχος της λιγνιτικής στιβάδας είναι 33 m και η Κατώτερη Θερμαντική Ικανότητα (Κ.Θ.Ι.) 2.000 kcal/kg. Λόγω του σημαντικού πάχους των υπερκειμένων (178 m) η εξόρυξη θα αντιμετωπιστεί μετά την εξόφληση του Βόρειου Πεδίου και του Πεδίου Κομάνου.

Νοτιότερα, στη λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων, η επιφανειακή εξάπλωση των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων έχει έκταση 400 km². Λιγνιτοφορία διαπιστώθηκε σε έκταση 80 km², από τα οποία ενδιαφέρον από πλευράς εκμετάλλευσης παρουσιάζουν μόνο τα 26 km². Ποιοτικά ο λιγνίτης είναι κατώτερος εκείνου της Πτολεμαΐδας, γιατί έχει χαμηλότερη Κ.Θ.Ι. (1.400 kcal/kg) και περισσότερη τέφρα. Τα βέβαια γεωλογικά αποθέματα ανέχονται σε 508 Mt, τα απολήψιμα σε 290 Mt. Το μέγιστο συνολικό πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων είναι 16 m, ενώ το μέσο πάχος του απολήψιμου λιγνίτη 9,2 m. Το μέσο πάχος των υπερκειμένων ανέρχεται σε 121 m. Η σχέση αγόνων/λιγνίτη δεν επιτρέπει επιφανειακή εκμετάλλευση, ενώ ενδεχόμενη υπόγεια εξόρυξη θα αντιμετωπίσει προβλήματα από υπόγεια νερά, που θα προέρχονται από τον ταμιευτήρα γειτονικού φράγματος στον Αλιάκμονα ποταμό.

Τέλος στη λεκάνη της Ελασσόνας ανακαλύφθηκε σημαντικό κοίτασμα λιγνίτη. Τα αποθέματα ανέρχονται σε 150 Mt. Η έρευνα ολοκληρώθηκε το 1999.

3.3.4 Τεταρτογενή οργανικά ιζήματα

Μικρά κοιτάσματα τυρφοειδούς λιγνίτη βρέθηκαν στις περιοχές της Άρδασσας, καθώς και ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας. Πρόκειται για αποθέσεις μικρού πάχους, αλλά σημαντικής οριζόντιας εξάπλωσης με πολλά ενδιάμεσα στείρα υλικά. Η ηλικία των σχηματισμών τοποθετείται στο Μέσο και Ανώτερο Πλειστόκαινο. Τα αποθέματα δεν υπερβαίνουν τους 100 Mt, αλλά η εξόρυξη κρίνεται ασύμφορη.

Τέλος, Ολοκαινικές αποθέσεις τύρφης υπήρχαν μέχρι πρόσφατα σε αρκετές περιοχές της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου. Για παράδειγμα, ΒΑ της λίμνης Χειμαδίτιδας εκτεινόταν τυρφώνας σε έκταση 25 km² περίπου. Το πάχος της τύρφης έφθανε μέχρι 3,5 m, ενώ τα αποθέματα ήταν 1.000.000 m³. Λόγω της αποξήρανσης του τυρφώνα και της εντατικής καλλιέργειας του εδάφους, η τύρφη οξειδώθηκε και ανεφλέγη (αυτανάφλεξη), με αποτέλεσμα όλο το κοίτασμα να χαθεί μέσα στα τελευταία 10-15 χρόνια.

4. Μέθοδοι Εξόρυξης

4.1 Εισαγωγή

Τα κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά των πολυστρωματικών κοιτασμάτων σε συνδυασμό με τους αναγκαίους υψηλούς ρυθμούς παραγωγής, επιβάλλουν την επιλογή της επιφανειακής εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής καθορίζεται από τη μορφή του κοιτάσματος, την απαίτηση για υψηλή παραγωγή και από ορισμένα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος τα οποία είναι τα εξής:

- Στρωσιγενή κοιτάσματα, σχετικά επίπεδα με μικρό ή μεγάλο πάχος υπερκειμένων.
- Στρωσιγενή κοιτάσματα, φλεβιτικού τύπου με γωνία κλίσης μεγαλύτερη από τη φυσική κλίση εναπόθεσης των αγόνων, έτσι ώστε τα στείρα να μην μπορούν να αποτεθούν εντός του ορυχείου.
- Ογκώδεις εναποθέσεις ακανόνιστης μορφής, μεγάλου βάθους και περιορισμένης οριζόντιας εξάπλωσης, έτσι ώστε τα στείρα να μην μπορούν να αποτεθούν εντός του ορυχείου.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνικές της επιφανειακής εκμετάλλευσης που εφαρμόζονται, σε ορυχεία τα οποία παρουσιάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά:

- Εκμετάλλευση κατά λωρίδες (Strip Mining)
- Εκμετάλλευση πολλαπλών βαθμίδων (Terrace Mining)
- Εκμετάλλευση με εκσκαφές χοανοειδούς μορφής (Open-Pit Mining)

4.2 Εκμετάλλευση κατά Λωρίδες (Strip Mining)

Αυτή η μέθοδος εκμετάλλευσης διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες:

4.2.1 Περιφερειακή Εκμετάλλευση

Αναπτύσσεται σε λοφώδες περιβάλλον με αντικείμενο κοιτάσματα οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια, όπου ένα απότομο πρηνές οριοθετεί το εύρος που μπορεί να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο. Η εκμετάλλευση ακολουθείται συχνά από πλευρική εξόρυξη τμήματος του εναπομένοντος κοιτάσματος που έχει

εγκαταλειφθεί στο πρανές της εκσκαφής, με συστήματα ατέρμωνων κοχλιών. Μικροί ερπυστριοφόροι εκσκαφείς με συρόμενο κάδο και μηχανικά πτύα χρησιμοποιούνται για την αποκάλυψη και εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Επίσης χρησιμοποιούνται προωθητήρες, μηχανικά άροτρα, ελαστικοφόροι φορτωτές και αποξεστήρες, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Για περιβαλλοντικούς λόγους έχει υιοθετηθεί τα τελευταία χρόνια η μέθοδος “haul-back”, όπου τα υπερκείμενα μεταφέρονται κατά μήκος της περιφερειακής εκσκαφής και αποτίθενται στην εξοφλημένη από την εκμετάλλευση περιοχή

4.2.2 Εκμετάλλευση ευρείας περιοχής

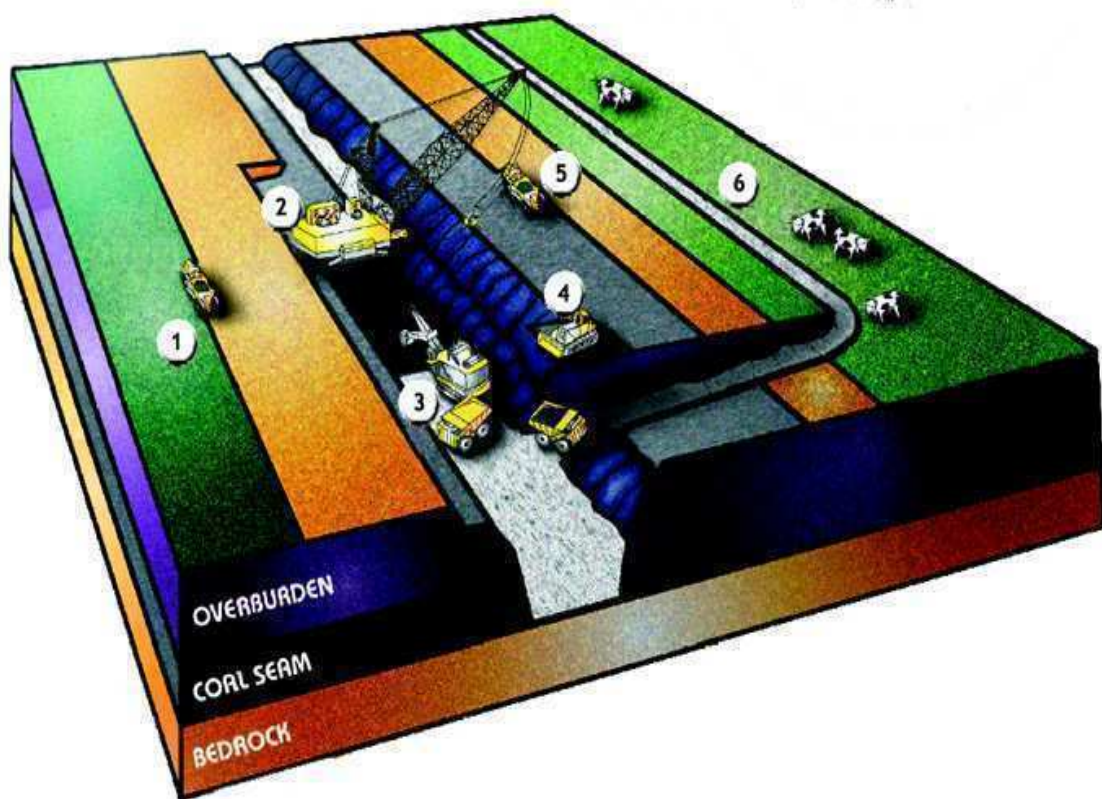
Εφαρμόζεται όταν η επιφάνεια του εδάφους και το κοίτασμα είναι σχετικά οριζόντια, έτσι ώστε η ευρύτερη περιοχή να μπορεί να εκμεταλλεύεται από μία διαδοχή λωρίδων. Συνήθως, τα μεγάλα αποθέματα εκμεταλλεύονται με μια συνεχή προοδευτική κίνηση ενός επιμήκους μετώπου καλύπτοντας έτσι ολόκληρη την περιοχή της εκμετάλλευσης, πολλές φορές κάτω από συνθήκες μικρής διακύμανσης του πάχους των υπερκειμένων. Η τάση γενικά για αυτού του είδους τις εκμεταλλεύσεις ευνοεί τον γιγαντισμό των μηχανημάτων και Εκσκαφείς Συρόμενου Κάδου (Walking Draglines) χωρητικότητας κάδου έως και 170 cm³ βρίσκονται ήδη σε λειτουργία από την δεκαετία του 80.

Η προτίμηση προς το Εκσκαφέα Συρόμενου Κάδου σε σχέση με ανταγωνιστικά μηχανήματα όπως οι Καδοφόροι Εκσκαφείς και τα Μηχανικά Πτύα γίνεται λόγω της ευελιξίας που παρουσιάζουν, καθώς μπορούν να μετακινηθούν ταχύτερα από τις άλλες δύο μονάδες καθώς και ότι μπορεί να εκσκάψει σε μεγαλύτερο βάθος από ένα Μηχανικό Πτύο ανάλογου κόστους και να καλύψει ευρύτερη περιοχή από πλευράς διακινήσεως στείρων όταν τα πρανή έχουν μικρές κλίσεις. Επίσης το επίπεδο εργασίας του είναι εκτός της τάφρου εκμετάλλευσης οπότε δεν αντιμετωπίζει προβλήματα σε περιπτώσεις ολίσθησης των πρανών των αποθέσεων ή πλημμύρας της τάφρου εκμετάλλευσης ενώ επιτυγχάνεται και μεγαλύτερη αποληψιμότητα. Από οικονομικής άποψης, οι συνολικές εργασίες αποκάλυψης παρουσιάζουν το χαμηλότερο κόστος όταν γίνονται με Εκσκαφέα Συρόμενου Κάδου, το οποίο έχει και το μικρότερο κόστος συντήρησης ανά μονάδα

Οι συνθήκες που ευνοούν την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι:

- Σχετικά μικρού πάχους υπερκείμενα

- ο Σχετικά μικρού πάχους μετάλλευμα ή χρήσιμο ορυκτό
 - ο Οριζόντια ομαλή τοπογραφία του φυσικού εδάφους και του κοιτάσματος
- Ο τρόπος της εκσκαφής φαίνεται από το σχήμα 4.2.2.1 και ακολουθεί τα εξής βήματα:
1. Αφαίρεση επιφανειακού στρώματος για μετέπειτα χρήση ως φυτοκάλυψη
 2. Ο εκσκαφέας συρόμενου κάδου αποκαλύπτει το κοιτάσμα αφαιρώντας τα υπερκείμενα
 3. Το ορυκτό (στην περίπτωση μας λιγνίτης) μεταφέρεται από φορητά μέσω των μεταφορικών δρόμων που έχουν διανοιχθεί.
 4. Οι αποθέσεις αγόνων του dragline ομαλοποιούνται για να διαμορφωθεί κατάλληλα το έδαφος τοπογραφικά
 5. Το επιφανειακό στρώμα που είχε αφαιρεθεί επανατοποθετείται.
 6. Αποκαθίσταται η βλάστηση



Σχήμα 4.2.2.1: Γραφική αναπαράσταση μεθόδου Επιφανειακής Εκμετάλλευσης Ευρείας Περιοχής

Επιγραμματικά οι διάφορες παραλλαγές της μεθόδου είναι οι εξής:

- Μέθοδος της απλής παράπλευρης απόθεσης
- Μέθοδος της προωθημένης βαθμίδας
- Μέθοδος της επεκτεινόμενης βαθμίδας
- Μέθοδος της προς τα πίσω απόθεσης
- Μέθοδος της ενδιάμεσης επεκτεινόμενης βαθμίδας
- Μέθοδος της αναβαθμίδας

Η εφαρμογή της μεθόδου σε πολυστρωματικά κοιτάσματα καθίσταται όλο και περισσότερο απαραίτητη καθώς τα μικρού βάθους μονοστρωματικά κοιτάσματα τείνουν να εξαντληθούν. Ένας αριθμός τεχνικών έχει αναπτυχθεί με σκοπό την αντιμετώπιση πολυστρωματικών κοιτασμάτων, εξαιτίας όμως της τεράστιας ποικιλίας των γεωμετρικών κυρίως χαρακτηριστικών των κοιτασμάτων, είναι δύσκολο να γίνει ταξινόμηση των μεθόδων αυτών και να υιοθετηθεί μια διαδικασία λογικής επιλογής μίας από των παραπάνω, όπως στην περίπτωση των μονοστρωματικών κοιτασμάτων.

4.3 Επιφανειακή εκμετάλλευση σε πολλαπλές βαθμίδες (Terrace Mining)

Όταν τα υπερκείμενα ή και το μετάλλευμα έχουν πολύ μεγάλο πάχος, τότε δεν είναι δυνατόν να γίνει άμεση απόθεση των στείρων εγκάρσια προς την τάφρο εκμετάλλευσης ακόμα και αν χρησιμοποιούνται μεγάλα εκσκαπτικά μηχανήματα. Στην περίπτωση αυτή, τα υπερκείμενα στείρα πρέπει να μεταφέρονται περιφερειακά γύρω από την τάφρο εκμετάλλευσης με ταινιόδρομους, τραίνα ή φορητά αυτοκίνητα και να αποτίθενται στον κενό εξοφλημένο χώρο του ορυχείου. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε η μέθοδος επιφανειακής εκμετάλλευσης σε πολλαπλές βαθμίδες.

Η μέθοδος αυτή υιοθετείται σε περιπτώσεις που το κοίτασμα είναι σχεδόν οριζόντιο, πολυστρωματικό και τα υπερκείμενα ή/και το χρήσιμο ορυκτό έχουν μεγάλο σχετικό πάχος, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η απευθείας απόθεση των υπερκειμένων εσωτερικά, ακόμα και με την χρήση μεγάλων εκσκαφών συρόμενου κάδου. Χαρακτηριστική εικόνα εκσκαφής σε τέτοιο ορυχείο είναι η 4.3.1 που ακολουθεί.



Εικόνα 4.3.1: Τυπική εικόνα Λιγνιτωρυχείου σε πολυστρωματικό κοίτασμα

Στα ορυχεία που εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος πρέπει να επιτυγχάνονται οικονομίες μεγάλης κλίμακας. Οι ετήσιες παραγωγές των μεγάλων ορυχείων έχουν ξεπεράσει τους 45 εκατομμύρια τόνους για βάθη εκμετάλλευσης της τάξης των 300m. Πρέπει να σημειωθεί ότι νέα έργα, που βρίσκονται σε φάση ανάπτυξης εγγυώνται ακόμα μεγαλύτερες παραγωγές σε μεγαλύτερα βάθη, ενώ ήδη καδοφόροι εκσκαφείς με δυνατότητα παραγωγής 240.000 m³/ημ. βρίσκονται σε παραγωγική λειτουργία. Υπάρχει μια έντονη τάση σε αυτού του είδους τα έργα για χρήση μεγάλων ενισχυμένων Καδοφόρων Εκσκαφών (εικόνα 4.3.2) συνδεδεμένων με ταινιόδρομους πλευρικής κίνησης μεγάλης ταχύτητας, έως 7m/sec, και πλάτους έως 3m. Ένας τέτοιος εξοπλισμός ενδείκνυται για μεγάλης κλίμακας εκμεταλλεύσεις πτωχών κοιτασμάτων, όπως ο λιγνίτης, τα οποία μπορούν έτσι να θεωρούνται οικονομικώς εκμεταλλεύσιμα. Στον ελληνικό χώρο δε η εκμετάλλευση των πολυστρωματικών κοιτασμάτων λιγνίτη διενεργείται αποκλειστικά με την μέθοδο αυτή από την ΔΕΗ. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε σημαντικά και η δυνατότητα των μηχανημάτων αυτών να εκσκάπτουν περισσότερο σκληρά πετρώματα, π.χ. ψαμμίτες Cuddalore, πισάνθρακας Athabasca κ.α.

Παράλληλα με τη λειτουργία του βασικού εξοπλισμού, η χρησιμοποίηση μηχανικών πτύων και αυτοκινήτων, αλλά και άλλου είδους εξοπλισμού όπως φορτωτές και αποξεστήρες είναι εφαρμόσιμη όποτε κρίνεται αναγκαίο, έχοντας όμως βοηθητικό ρόλο.

Για την εφαρμογή της μεθόδου είναι απαραίτητη η διάνοιξη τάφρου εκμεταλλεύσεως από τα όρια του κοιτάσματος η οποία θα κινηθεί στροφικά ή παράλληλα προς τον εαυτό της και θα «σαρώσει» το κοίτασμα μέχρι εξοφλήσεώς του.

Το κύριο χαρακτηριστικό της τάφρου είναι η ανάπτυξη από την πλευρά της προχώρησης συστήματος βαθμίδων, που συνήθως καλούνται «τομές», επί των οποίων εγκαθίσταται και λειτουργεί ο μηχανικός εξοπλισμός εκσκαφής και φόρτωσης.

Ο εξοπλισμός εκσκαφής και φόρτωσης συνδέεται με τον αντίστοιχο εξοπλισμό της απόθεσης μέσω του ταινιοδρόμικου εξοπλισμού μεταφοράς.

Το βασικό εκσκαπτικό μηχάνημα είναι ο καδοφόρος εκσκαφέας (Bucket Wheel Excavator), εν συντομία BWE. Τέτοια μηχανήματα υπάρχουν συνήθως περισσότερα του ενός σε κάθε ορυχείο, εγκατεστημένοι στις βαθμίδες της τάφρου εκμεταλλεύσεως από τη πλευρά της προχώρησης και εκτελούν το εκσκαπτικό και φορτωτικό έργο της όλης λειτουργίας. Υπάρχουν και καδοφόροι εκσκαφείς αλυσίδας BCE (Bucket Chain Excavators), όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3.3, οι οποίοι έχουν εφαρμογή σε κολλώδη υλικά ή σε εκσκαφές χαμηλότερα από το επίπεδο έδρασής τους.

Η εκσκαφή επιτυγχάνεται μέσω της περιστροφής του τροχού στον οποίο είναι προσαρμοσμένοι οι κάδοι. Με την σειρά του ο τροχός είναι προσαρμοσμένος στο βραχίονα εκσκαφής που ελέγχει την πορεία του. Με την περιστροφή του τροχού οι κάδοι πληρώνονται με υλικό, το οποίο οδηγείται στον σύστημα ταινιόδρομων του εκσκαφέα (ταινιόδρομος βραχίονα εκσκαφής -> κεντρικό τμήμα -> ταινιόδρομος βραχίονα φόρτωσης) για να καταλήξει στο σύστημα ταινιόδρομων μεταφοράς του ορυχείου. Μπορεί να υπάρχει και ταινιόχημα που παρεμβάλλεται μεταξύ του BWE και του ταινιόδρομου βαθμίδας, όταν δουλεύει σε μεγάλες αποστάσεις από αυτόν.



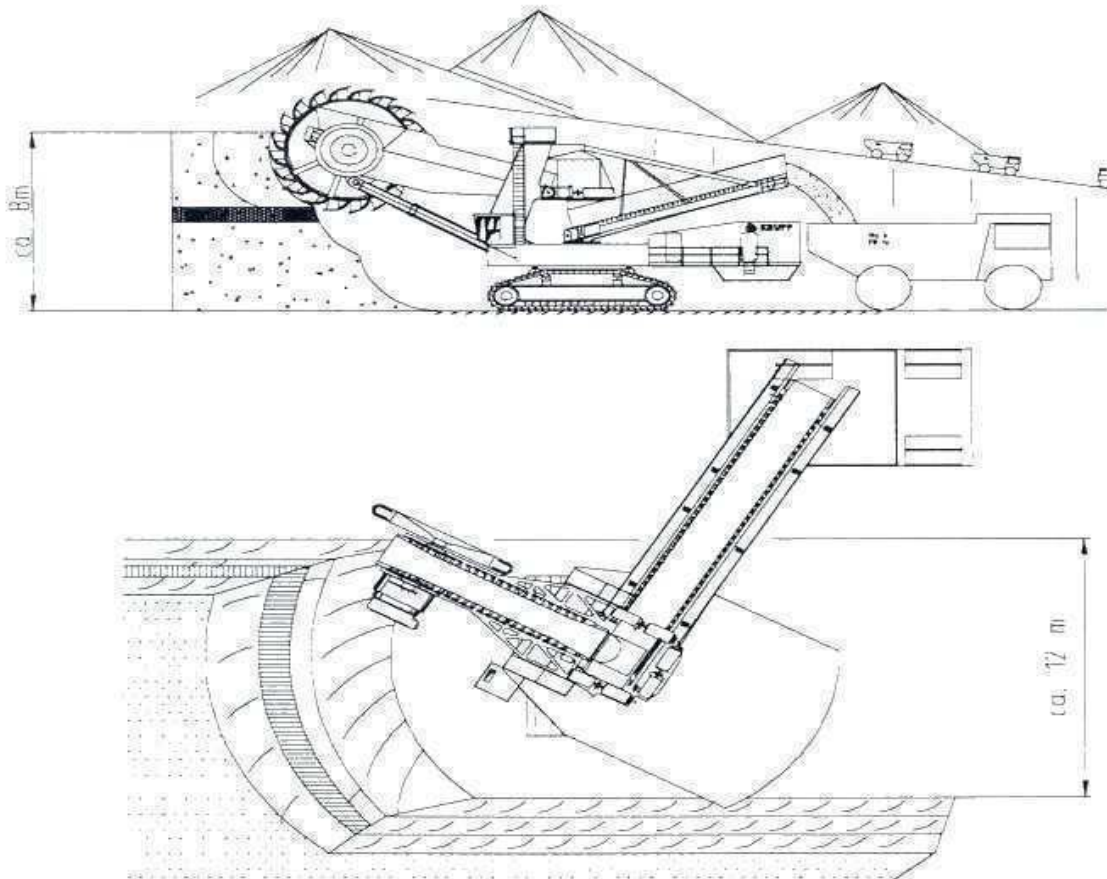
Εικόνα 4.3.2: Καδοφόρος εκσκαφέας



Εικόνα 4.3.3: Βαθμίδα με Bucket Chain Excavator

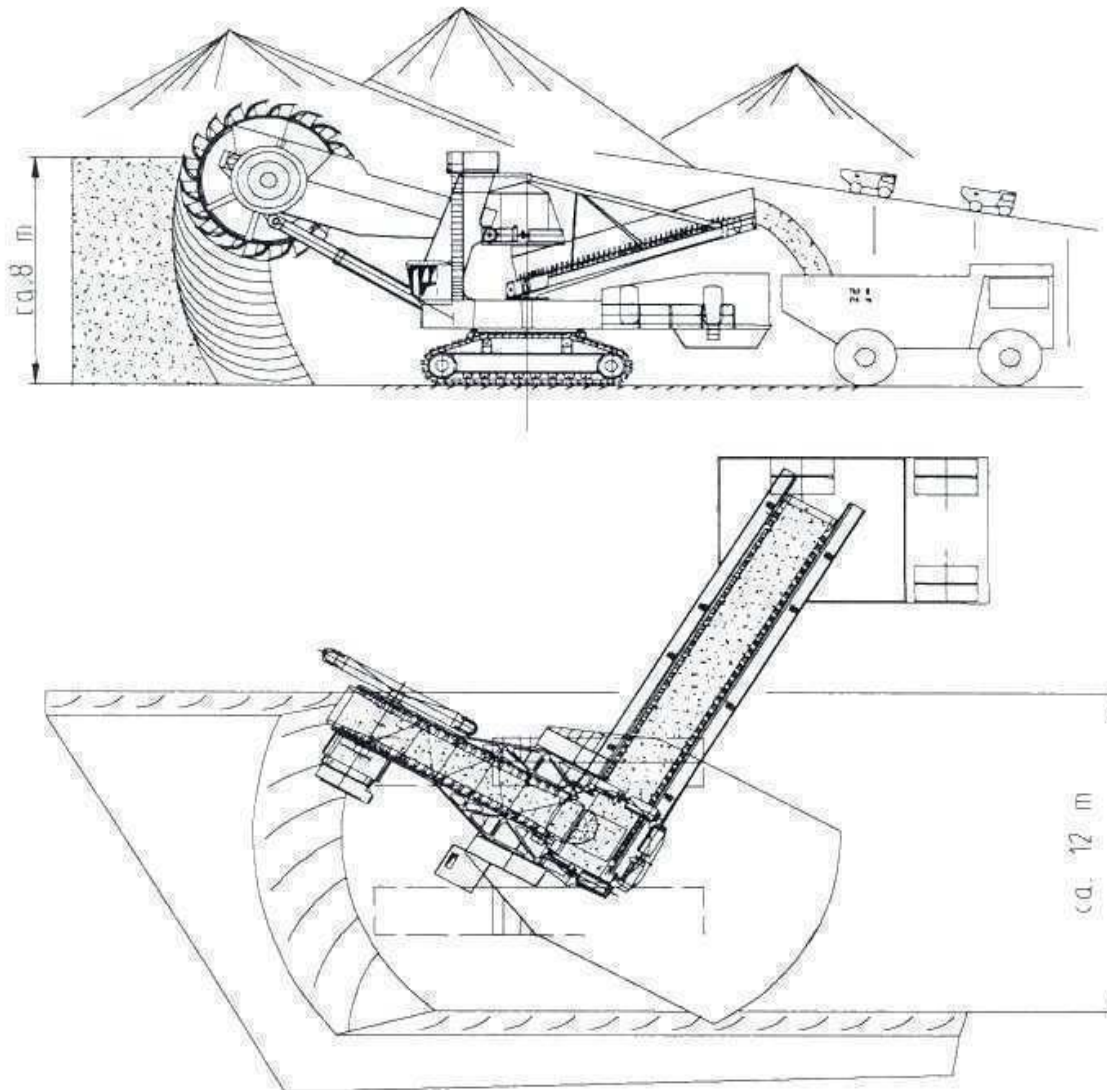
Υπάρχουν δύο τεχνικές εκσκαφής, η τεχνική της οριζόντιας κοπής (terrace cut) και της κατακόρυφης κοπής (dropping cut).

Η τεχνική της οριζόντιας κοπής είναι κατάλληλη για μαλακά και εύκολα στην εκσκαφή υλικά, διότι είναι πιο εύκολη η επίβλεψη της μεθόδου κάτω από αυτές τις συνθήκες και είναι πιο εύκολη γενικά για το χειριστή η λειτουργία του εκσκαφέα. Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο σχήμα 4.3.4.



Σχήμα 4.3.4: Οριζόντια Κοπή (Terrace Cut)

Η τεχνική της κατακόρυφης κοπής χρησιμοποιείται σε σκληρότερα υλικά. Καθ'όλην την λειτουργία ο καδοτροχός είναι σε επαφή με το έδαφος οπότε η υπερκατασκευή δεν μετακινείται. Επίσης εάν έχουμε υπερμεγέθη κομμάτια ορυκτού αυτά θλίβονται σε όλο ή μέρος του ύψους του μετώπου εκσκαφής πριν φορτωθούν σε σχέση με την οριζόντια κοπή, όπου δεν υπάρχει χρόνος γι'αυτό. Στην κατακόρυφη κοπή ο εκσκαφέας πραγματοποιεί μικρές κινήσεις προς τα πίσω καθώς προχωράει όλο και χαμηλότερα στο μέτωπο. Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο Σχήμα 4.3.5.



Σχήμα 4.3.5: Κατακόρυφη Κοπή (Dropping Cut)

Η τροφοδοσία των καδοφόρων γίνεται κατά κανόνα με ηλεκτρικό ρεύμα, από καλώδιο το οποίο έρχεται από το σύστημα τροφοδοσίας που είναι εγκατεστημένο επί του ταινιόδρομου, λιγότερο βέβαια σε μικρού και μεσαίου μεγέθους μηχανήματα στα οποία μπορεί και να συναντήσουμε φορητές γεννήτριες.

Οι ταινιόδρομοι αποτελούν τα βασικά συστήματα μεταφοράς κατά την εφαρμογή της μεθόδου. Κάθε καδοφόρος εκσκαφέας συνεργάζεται συνήθως με έναν ταινιόδρομο, εγκατεστημένο στο δάπεδο της βαθμίδας, τον οποίο τροφοδοτεί.

Το υλικό μεταφέρεται συνήθως σε έναν κόμβο ταινιόδρομων από όπου το χρήσιμο υλικό οδηγείται στις τάφρους εκμετάλλευσης και το άγονο εντός του ορυχείου σε εσωτερικές αποθέσεις, για πλήρωση του κενού από την εξόρυξη ή από την άλλη μεριά της τάφρου εκμετάλλευσης.

Η εφαρμογή των ταινιόδρομων, παρόλο που είναι η πιο αξιόπιστη και η πιο ταχεία μέθοδος μεταφοράς, είναι πολύ ενεργοβόρα οπότε επιβάλλεται να γίνεται λεπτομερής σχεδιασμός του ορυχείου. Πρέπει τα μέτωπα των βαθμίδων να είναι όσο δυνατόν γίνεται πιο ευθύγραμμα και πρέπει να εξασφαλίζονται οι προπορείες για να υπάρχει συγχρονισμός μεταξύ τους.

Τέλος σχετικά με την απόθεση των αγόνων έχουμε τους αποθέτες. Μοιάζουν με τους καδοφόρους εκσκαφής διότι και αυτοί φέρουν 2 βραχίονες, έναν που μεταφέρει το υλικό από τον ταινιόδρομο στο κεντρικό του τμήμα (βραχίονας παραλαβής) και ο δεύτερος από το κεντρικό τμήμα στο μέτωπο της απόθεσης (βραχίονας απόθεσης).

Ο τρόπος λειτουργίας των ορυχείων γίνεται με δύο μεθόδους:

- ο Με παράλληλη λειτουργία, δηλαδή με προχώρηση παράλληλα της τάφρου εκμεταλλεύσεως
- ο Με στροφική λειτουργία, δηλαδή περιστροφική προχώρηση της τάφρου εκμεταλλεύσεως

Στα περισσότερα ορυχεία στα οποία εφαρμόζεται η μέθοδος έχουμε ένα συνδυασμό και των δύο μεθόδων λειτουργίας.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τέτοιου τύπου ορυχεία είναι στην πλειονότητα τους τεράστια έργα, τα μεγαλύτερα του είδους, η δε χρησιμοποίηση βαρέου εξοπλισμού συνεχής λειτουργίας απαιτεί υψηλές αποδόσεις για να έχουμε μεγάλες παραγωγές.

Για να γίνει αυτό ο μεταλλευτικός σχεδιασμός για απρόσκοπτη παραγωγή και λειτουργία πρέπει, λόγω του μεγέθους των έργων και των κεφαλαίων που επενδύονται, να είναι προσεκτικός και λεπτομερής για να αποφευχθούν παραλείψεις και αστοχίες.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν αυτό τον σχεδιασμό είναι επιγραμματικά οι εξής:

- ο Η θέση της αρχικής διάνοιξης του ορυχείου
- ο Η εξασφάλιση της ομαλής γεωμετρικής λειτουργίας του
- ο Ο σχεδιασμός των βαθμίδων του
- ο Ο προσδιορισμός της βέλτιστης θέσης του κόμβου ταινιόδρομων
- ο Η εξασφάλιση αποκαλυμμένων αποθεμάτων
- ο Η εξασφάλιση της ποιοτικής ομοιογένειας του παραγόμενου προϊόντος
- ο Ο σχεδιασμός της περιβαλλοντικής αποκατάστασης των εδαφών, μετά το πέρας των εκμεταλλεύσεων

Διάφορα γεωτεχνικά προβλήματα μπορεί να προκύψουν κατά την εφαρμογή της μεθόδου όπως:

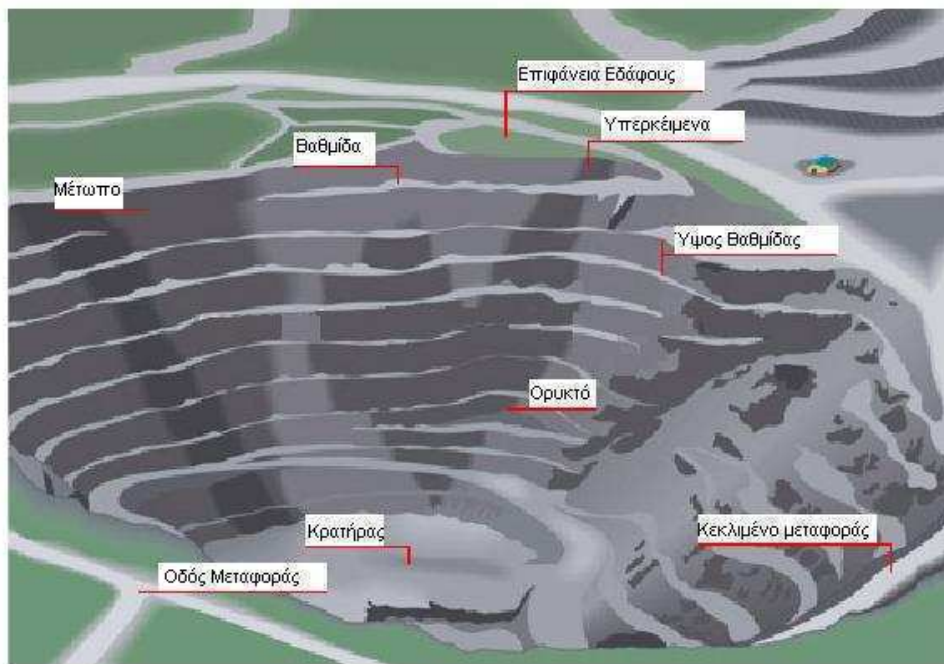
- Η εκσκαψιμότητα των αγόνων, κυρίως, καθώς και του κοιτάσματος.
- Η ευστάθεια των πρηνών των βαθμίδων εκσκαφής (δυναμικό πρηνές) και των τελικών πρηνών του ορυχείου (πρηνή εκσκαφής του ορυχείου)
- Η ευστάθεια των πρηνών των εσωτερικών και εξωτερικών αποθέσεων.
- Η τάση του δαπέδου του ορυχείου προς ανύψωση εξαιτίας των υποκείμενων υδροφορέων.
- Οι πιέσεις επί των δαπέδων από τον μηχανικό εξοπλισμό.
- Τα χαρακτηριστικά των διακινούμενων μαζών

Καθένα από τα παραπάνω προβλήματα επηρεάζεται οπωσδήποτε από την περιεχόμενη υγρασία, τόσο στα άγονα υλικά όσο και στο κοίτασμα, καθώς επίσης και από τις συνθήκες των επιφανειακών νερών.

4.4 Επιφανειακή εκμετάλλευση χοανοειδούς μορφής (Open Pit Mining)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση κοιτασμάτων ακανόνιστου σχήματος καθώς και έντονα κεκλιμένων στρωσιγενών κοιτασμάτων. Παρά την ονομασία της, η μορφή του ορυχείου πολλές φορές αποκλίνει σημαντικά από το σχήμα της χοάνης διότι προσαρμόζεται κάθε φορά στις γεωμετρικές ανωμαλίες και στις διακυμάνσεις της ποιότητας του κοιτάσματος.

Ο σχεδιασμός ενός ορυχείου χοανοειδούς μορφής είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία εξαρτάται από ένα πλήθος αλληλένδετων παραγόντων. Μια τυπική μορφή του ορυχείου δίνεται στο σχήμα 4.4.1, με τις αντίστοιχες επεξηγήσεις.



Σχήμα 4.4.1: Τυπική μορφή ορυχείου Open Pit

Η εξόρυξη και μεταφορά γίνεται συνήθως με μηχανικό πτύο και φορτηγά. Σε ορυχεία μεγάλου βάθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί κεκλιμένη ή κατακόρυφη ανέλκυση με κλωβό από επιλεγμένα επίπεδα.

Η μέθοδος εφαρμόζεται όταν το μεταλλοφόρο κοίτασμα και τα περιβάλλοντα πετρώματα είναι συνεκτικά, οπότε απαιτείται εκτεταμένη προπαρασκευή της επιφάνειας. Η υψηλή αποδοτικότητα, που παρέχουν οι σύγχρονοι μέθοδοι περιστροφικής διάτρησης έχει εξασφαλίσει την σχεδόν παγκόσμια χρήση τους τα τελευταία 30 χρόνια στα περισσότερα ορυχεία χρονοειδούς μορφής. Διατρήματα διαμέτρου μέχρι 400mm είναι τα πλέον συνήθη και οι προτιμώμενες εκρηκτικές ύλες είναι τα γαλακτώματα και οι υδραμμωνίτες λόγω της οικονομικότητάς τους έναντι των συμβατικών εκρηκτικών.

Τα ορυχεία χρονοειδούς μορφής χαρακτηρίζονται από μεγάλο αριθμό βαθμίδων. Το ορυχείο Bingham Canyon στη Utah των ΗΠΑ με 75 βαθμίδες, είναι πιθανόν το πιο γνωστό παγκοσμίως και έχει μήκος 4χλμ., πλάτος 2,5 χλμ. Και βάθος 0,8 χλμ.

Οι παράμετροι σχεδιασμού αυτών των ορυχείων είναι οι εξής:

- ο Ύψος βαθμίδας
- ο Οδοί μεταφοράς
- ο Τελική γωνία πρηνούς

Οι παράμετροι της παραγωγής είναι οι εξής:

- ο Το απαιτούμενο ύψος ετήσιας παραγωγής
- ο Το ύψος της επένδυσης για την αγορά του πάγιου εξοπλισμού (CAPEX: CAPital EXpenditure) , το απαιτούμενο κεφάλαιο λειτουργίας (OPEX: OPerating EXpenditure) και το κόστος παραγωγής
- ο Η ελάχιστη απαιτούμενη περιεκτικότητα μεταλλεύματος

Η γενική αρχή σχεδιασμού για την εκμετάλλευση ορυχεία είναι να μεγιστοποιηθεί η Καθαρή Παρούσα Αξία του κοιτάσματος, το οποίο μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί.

5. Ορυχείο Πεδίου Καρδιάς

5.1 Εισαγωγή

Ο λιγνίτης Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου (10 εκατομμύρια χρόνια περίπου) και εκτιμάται ότι οι διεργασίες τελείωσαν πριν 1 εκατομμύριο χρόνια. Η ευρύτερη λεκάνη Μοναστηρίου, Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνόησαν τη μεγάλη βλάστηση, υδροχαρών φυτών (βρύα, καλάμια, κλπ) σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Με το χρόνο τα φυτά αυτά συγκεντρώθηκαν σε μεγάλες ποσότητες στον πυθμένα των λιμνών. Στη συνέχεια η βλάστηση καλύφθηκε από γαιώδη υλικά. Έτσι οι οργανικές ύλες των φυτών, ευρισκόμενες υπό πίεση και με την επίδραση διαφόρων μικροοργανισμών, μετατράπηκαν με το χρόνο σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και τέλος πάνω από τα νεώτερα στρώματα λιγνίτη επικάθισαν άλλα γαιώδη υλικά, τα λεγόμενα «υπερκείμενα». Έτσι προέκυψαν λιγνιτικά κοιτάσματα μορφής Zebra.

Το πάχος των υπερκειμένων υλικών κυμαίνεται από 12 μέχρι 230 μέτρα για τα Ορυχεία που βρίσκονται σε λειτουργία στην περιοχή Πτολεμαΐδας. Τα υλικά αυτά είναι, συνήθως άμμος, αμμοχάλικα, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Αλλά και το κοίτασμα του λιγνίτη δεν είναι ενιαίο διότι μέσα στο κοίτασμα αυτό υπάρχουν λεπτά στρώματα από τα γαιώδη υλικά και τα οποία επειδή βρίσκονται μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων, ονομάζονται «ενδιάμεσα». Το μέσο πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη ανέρχεται σε 2 μέτρα περίπου, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 20 έως 30.

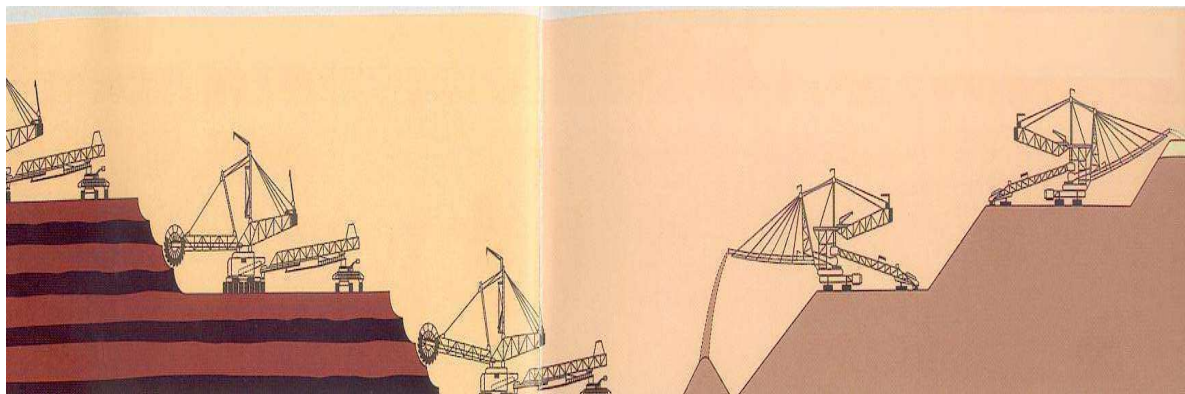
Το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας είναι συγκεντρωμένο σε τρεις περιοχές - λεκάνες κατά μήκος του άξονα Φλώρινα - Αμύνταιο - Πτολεμαΐδα - Κοζάνη - Σερβία. Σταδιακά στην περιοχή Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου δημιουργήθηκε ένα από τα μεγαλύτερα Λιγνιτικά Κέντρα στον κόσμο.

Στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου λειτουργούν σήμερα τέσσερα λιγνιτωρυχεία: Το Ορυχείο Νοτίου Πεδίου, το Ορυχείο Καρδιάς, το Ορυχείο Κυρίου Πεδίου και το Ορυχείο Αμυνταίου (συμπεριλαμβανομένου και του ορυχείου στη Φλώρινα). Επίσης στο Λιγνιτικό Κέντρο ανήκουν το Εργοστάσιο Λιγνιτοπλίνθων και ο ατμοηλεκτρικός σταθμός ΛΙΠΤΟΛ.

5.2 Μέθοδος Εκμετάλλευσης

Τα κοιτασματολογικά χαρακτηριστικά των πολυστρωματικών κοιτασμάτων Πτολεμαΐδας, σε συνδυασμό με τους αναγκαίους υψηλούς ρυθμούς παραγωγής, επέβαλαν από την έναρξη της λιγνιτικής δραστηριότητας την επιλογή της επιφανειακής εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων με την εφαρμογή της συνεχούς εκσκαφής, μεταφοράς και απόθεσης με σύστημα ορθών βαθμίδων. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής καθορίζεται α) από τη μορφή του κοιτάσματος, το οποίο αποτελείται από εναλλασσόμενες στρώσεις λιγνίτη και αγόνων ποικίλου πάχους και συνεπώς απαιτεί εκλεκτική εξόρυξη του λιγνίτη αλλά και β) από την απαίτηση για υψηλή παραγωγή.

Η μέθοδος αυτή συνδυάζει τη χρησιμοποίηση ηλεκτροκίνητων μηχανημάτων μεγάλης δυναμικότητας συνεχούς λειτουργίας, εκσκαφής (καδοφόροι εκσκαφείς), μεταφοράς (ταινιόδρομοι) και απόθεσης (αποθέτες). Μια γενική εικόνα της μεθόδου βλέπουμε στο Σχήμα 5.2.1.



Σχήμα 5.2.1: Τομή εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης με συστήματα ορθών βαθμίδων.

Το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου είναι οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις πολυστρωματικών κοιτασμάτων μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης και μεγάλου πάχους που καλύπτονται από γεωλογικά νεώτερους και μεγάλου πάχους υπερκείμενους σχηματισμούς, ενώ παράλληλα οι σχηματισμοί αυτοί είναι χαλαρά συνδεδεμένοι, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εξόρυξή τους με καδοφόρους εκσκαφείς συνεχούς λειτουργίας και η μεταφορά τους με ταινιόδρομους. Στις περιπτώσεις αυτές τα άγονα μεταφέρονται περιφερειακά, παράλληλα δηλαδή, προς την τάφρο εκμετάλλευσης και αποτίθενται στον κενό εξοφλημένο χώρο του ορυχείου.

Η απόθεση των αγόνων διενεργείται μέσω των αποθετών, με κατάλληλο σχεδιασμό έτσι ώστε να εναρμονίζεται με το γενικότερο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής. Αρχικά, κατά την εξωτερική απόθεση αγόνων, επιλέγονται κενοί χώροι άλλων εξοφλημένων ορυχείων ή άλλες κατάλληλες περιοχές ενώ στη συνέχεια, όταν δημιουργείται κενός χώρος εντός του ορυχείου, η απόθεση διενεργείται εσωτερικά, έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ εκσκαφής και απόθεσης να είναι η ελάχιστη δυνατή. Η εσωτερική απόθεση αγόνων ακολουθεί τις εκσκαφές του ορυχείου για λόγους ευστάθειας των πρηνών αλλά και για λόγους κατάλληλης περιβαλλοντικής αποκατάστασης παράλληλα με την εξέλιξη της εκμετάλλευσης.

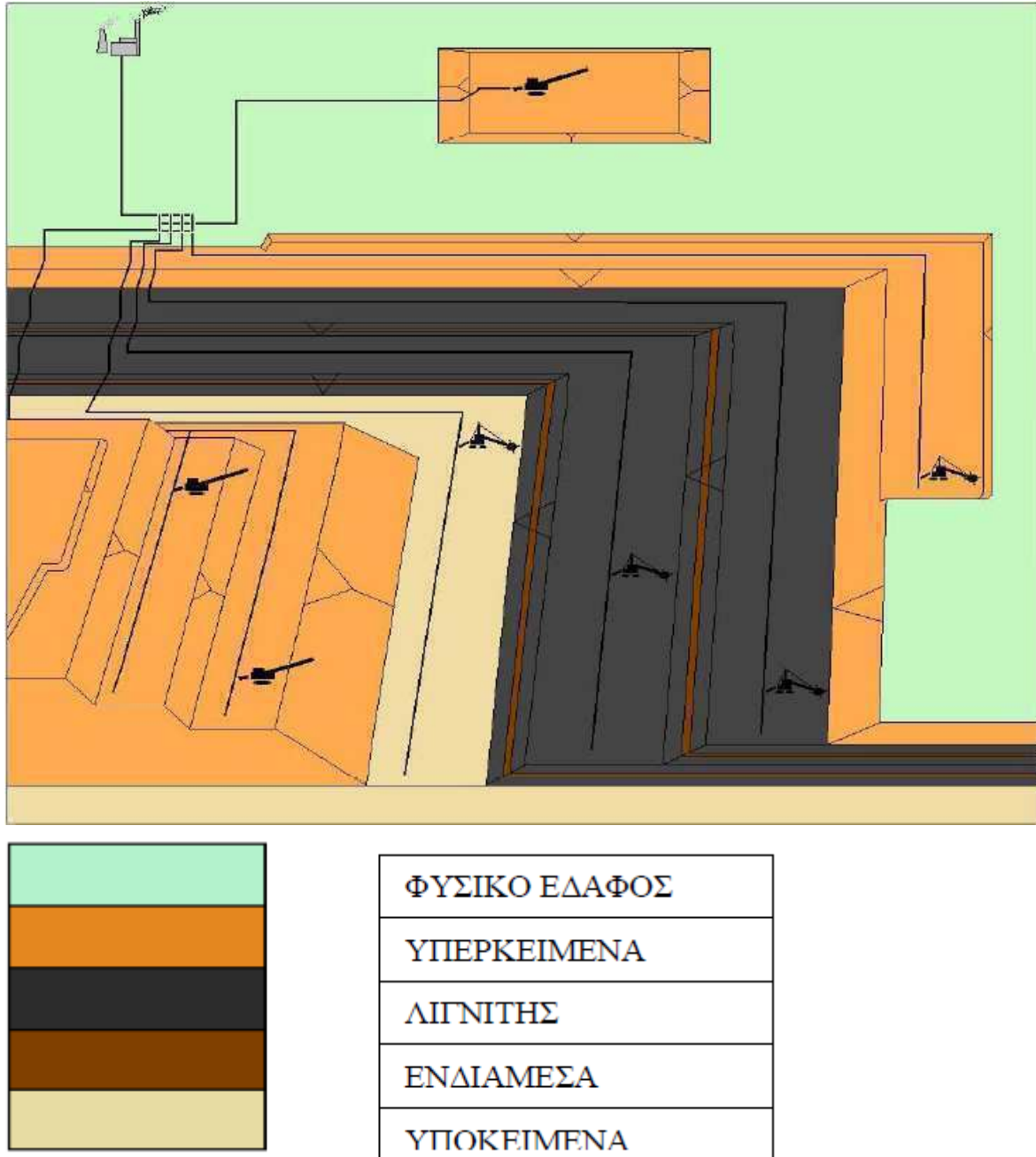
Τα κύρια βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι:

- ο Η εκλεκτική απόληψη του αποθέματος.
- ο Η συνεχής ροή του εξορυγμένου υλικού.

Ο κύριος (πάγιος) εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση του κοιτάσματος είναι ηλεκτροκίνητος, με συνέπεια τις ελάχιστες άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία του εξοπλισμού.

Παράλληλα με τη λειτουργία του βασικού εξοπλισμού (εκσκαφείς, ταινιόδρομοι και αποθέτες), χρησιμοποιείται και άλλου είδους εξοπλισμός (βοηθητικός) που περιλαμβάνει μηχανικά πτύα, φορτωτές, αυτοκίνητα, αποξεστήρες, όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο, πάντοτε όμως υποβοηθητικά.

Στο Σχήμα 5.2.2 παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθόδου σε κάτοψη. Οι εκτάσεις γης που δεσμεύονται για την ανάπτυξη του ορυχείου ελευθερώνονται σταδιακά με την πρόοδο της εκμετάλλευσης. Η διαδικασία αποκατάστασης και αναδιαμόρφωσης του ανάγλυφου των εσωτερικών και των εξωτερικών αποθέσεων, καθώς και των κενών που αναπόφευκτα απομένουν, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων. Οι νέες εκτάσεις που προκύπτουν αποδίδονται, είτε για γεωργικές ή κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις, είτε αποτελούν τον βασικό χώρο για την ανάπτυξη δασών και λιμνών σε μεγάλη κλίμακα.



Σχήμα 5.2.2: Κάτοψη εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης σε συστήματα πολλών βαθμίδων με μέθοδο συνεχούς εξόρυξης- μεταφοράς-απόθεσης.

5.3 Εξοπλισμός Ορυχείου

Το Ορυχείο Καρδιάς διαθέτει τον εξής πάγιο μηχανικό εξοπλισμό:

- 2 εκσκαφείς KRUPP SchRs 2300
- 4 εκσκαφείς KRUPP SchRs 600
- 1 εκσκαφέα KRUPP SchRs 500
- 2 αποθέτες KRUPP-OK A2Rs 1800
- 1 αποθέτη TAKRAF A2Rs-B6700-60
- 1 αποθέτη FAM B2400
- 33 km ταινιόδρομων (Τ/Δ) πλάτους 1,2-1,8 m.

Αναφορικά με τους καδοφόρους από τους κωδικούς βγαίνουν τα εξής στοιχεία. Ο κωδικός Sch αναφέρεται στο τύπο του μηχανήματος, δηλαδή καδοφόρου εκσκαφέα, ο κωδικός R αναφέρεται στο τρόπο μετακίνησης που είναι σύστημα με ερπύστριες, ο κωδικός s στο ότι ο πύργος του εκσκαφέα είναι περιστρεφόμενος και τέλος το αριθμητικό νούμερο που ακολουθεί αναφέρεται στη χωρητικότητα του κάδου σε λίτρα.

Αναφορικά με τους αποθέτες έχουμε τις εξής πληροφορίες. Για τους αποθέτες της Krupp και της TAKRAF έχουμε τον κωδικό A που αναφέρεται στο τύπο του μηχανήματος, δηλαδή αποθέτη, τον κωδικό R αναφέρεται στο τρόπο μετακίνησης που είναι σύστημα με ερπύστριες, τον κωδικό s στο ότι ο πύργος του εκσκαφέα είναι περιστρεφόμενος και τέλος το αριθμητικό νούμερο που ακολουθεί αναφέρεται στο πλάτος του ταινιόδρομου σε χιλιοστά. Οι 2 αποθέτες της KRUPP έχουν δυναμικό 5600 Lm³/hr, ο αποθέτης της TAKRAF έχει δυναμικό 6700 Lm³/hr και τέλος ο FAM , ο οποίος είναι η νεώτερη προσθήκη στους αποθέτες, έχει 11000 Lm³/hr.

Ενδεικτικές εικόνες του εξοπλισμού του ορυχείου είναι οι 5.3.1 και 5.3.2 με έναν εκσκαφέα και ένα αποθέτη σε λειτουργία και ένα τμήμα του ταινιόδρομου 5.3.3.



Εικόνα 5.3.1: Εκσκαφέας σε λειτουργία



Εικόνα 5.3.2: Αποθέτης σε λειτουργία



Εικόνα 5.3.3: Τμήμα των ταινιόδρομων

Η λειτουργία του ορυχείου είναι συνοπτικά η εξής:

- Οι καδοφόροι εκσκαφείς είναι οι E1-E7. Ο E1 είναι εκσκαφέας της πρώτης βαθμίδας των υπερκειμένων, ενώ οι υπόλοιποι δουλεύουν σε μικτό κύκλο λιγνίτη-στείρων, εξαιτίας της μορφής του κοιτάσματος (τύπου “Ζέβρας”). Οι εκσκαφείς τροφοδοτούν ο καθένας τον δικό του ταινιόδρομο ο οποίος μεταφέρει τα υλικά στον κόμβο.
- Στον κόμβο το υλικό που μεταφέρεται οδηγείται σε έναν από τους δύο κλάδους ταινιόδρομων, για στείρα ή για λιγνίτη. Ο κλάδος του λιγνίτη αποτελείται από δύο ταινιόδρομους, ενώ ο κλάδος των στείρων από τρεις.
- Από τους δύο ταινιόδρομους του λιγνίτη ο πρώτος τροφοδοτεί απευθείας των ΑΗΣ, ενώ ο δεύτερος το Bunker αποθήκευσης. Η χρησιμότητα του Bunker έγκειται στο γεγονός ότι εφόσον η παραγωγή δεν είναι σταθερή, ανάλογα με τι στρώματα θα συναντήσουν οι εκσκαφείς και ανάλογα με τις απαιτήσεις του ΑΗΣ, μπορεί να

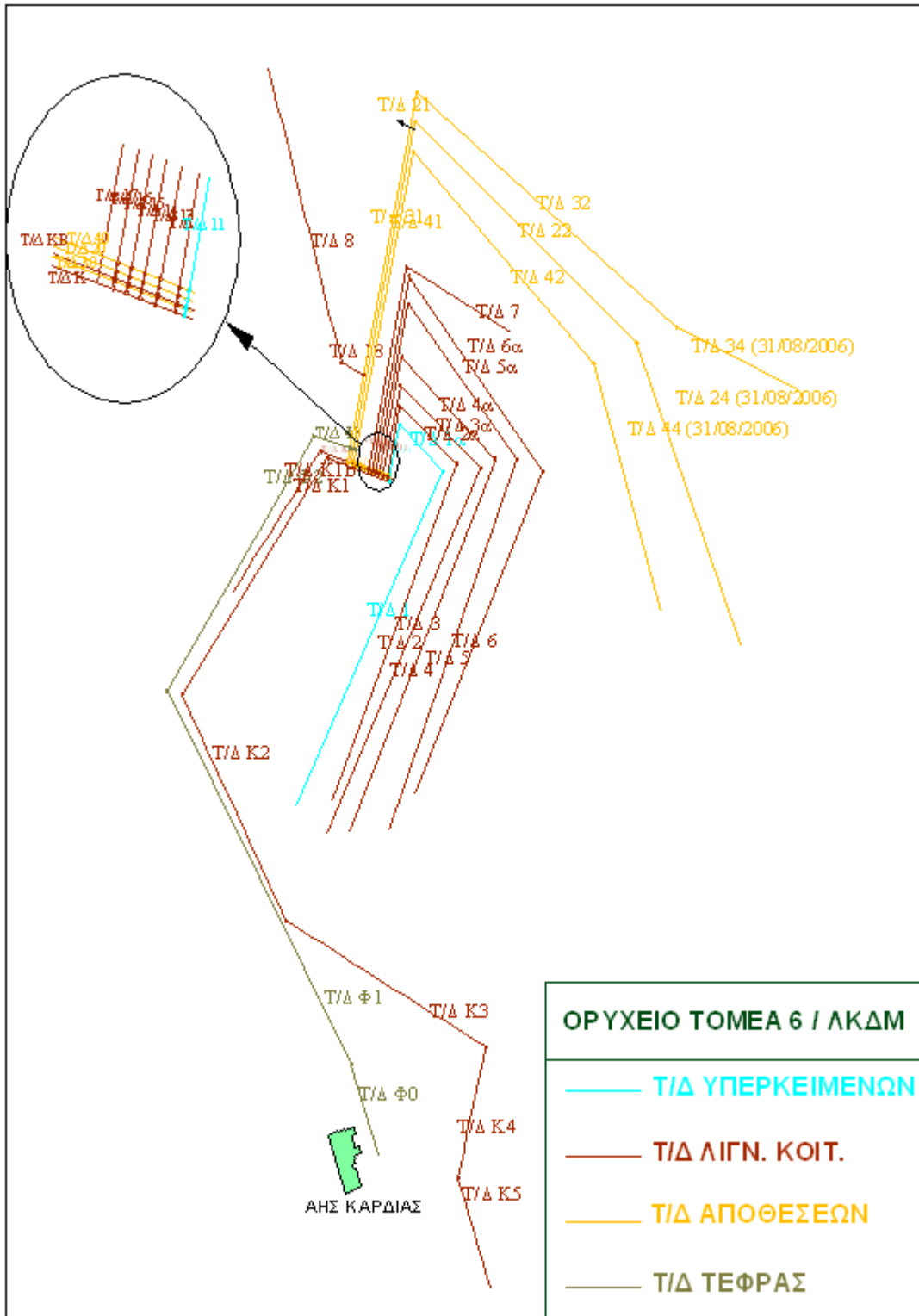
διαθέσει επιπλέον λιγνίτη προς το εργοστάσιο ή να δεσμεύσει το πλεόνασμα για την περίοδο που θα χρειαστεί.

- ο Οι 3 ταινιόδρομοι για τα στείρα οδηγούν σε αντίστοιχους αποθέτες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την αποκατάσταση του ορυχείου. Ο εκσκαφέας E1 εφόσον λειτουργεί μόνο με στείρα συνδέεται μόνο με αυτόν τον κλάδο ταινιόδρομων.
- ο Υπάρχουν 4 αποθέτες A1-A3 και A5. Οι A1-A3 είναι αποθέτες στείρων και ο A5 αποθέτης Bunker
- ο Η λειτουργία είναι 24ώρη και χωρίζεται σε 3 8ώρες βάρδιες.

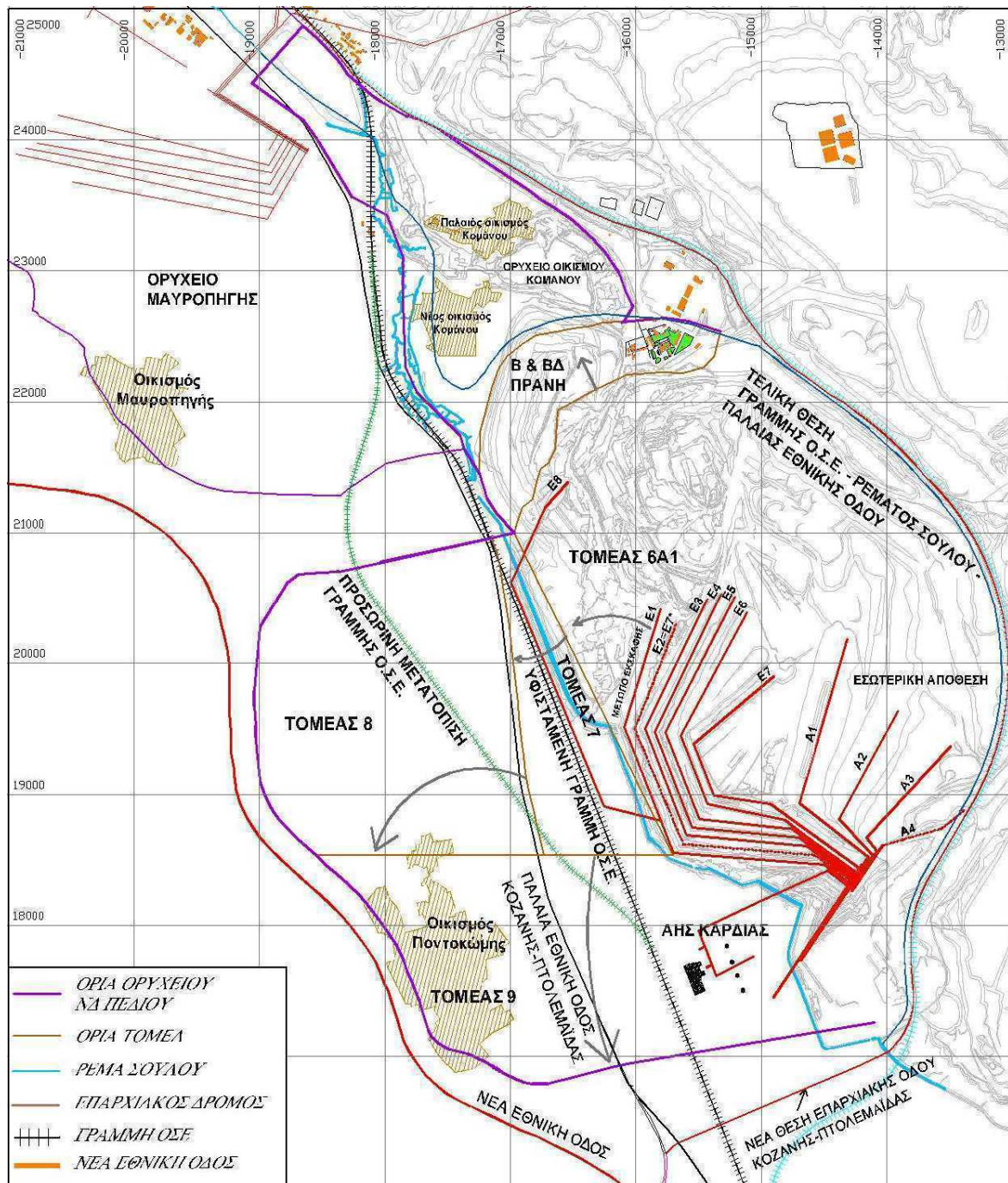
Ακολουθούν τρία σχέδια, με το 5.3.3 να είναι ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής όπου εμφανίζεται το δίκτυο των ταινιόδρομων με τον κόμβο και οι χώροι απόθεσης και το 5.3.4 να είναι το σχέδιο των ταινιόδρομων με επισήμανση των κλάδων και υποτμημάτων του καθενός καθώς και το υπόμνημα που προσδιορίζει το τύπο του υλικού που μεταφέρει ο καθένας. Τέλος στο Σχήμα 5.3.5 φαίνεται η πιο πρόσφατη μορφή του ορυχείου με το σχέδιο ανάπτυξής του και φαίνεται καθαρά και η προσθήκη του 4^{ου} αποθέτη που μπήκε σε λειτουργία μέσα στο 2009.



Σχήμα 5.3.3 :Τοπογραφικός Χάρτης Ορυχείου Καρδιάς



Σχήμα 5.4.4 :Χάρτης Ταινιοδρομων Ορυχείου Καρδιάς



Σχήμα 5.5.5: Γενικό σχέδιο ανάπτυξης ορυχείου ΝΔ Πεδίου (Υψηλάντη) Οκτ. '09.

5.4 Καταγραφή Παραγωγικών Δεδομένων Ορυχείου

Η καταγραφή των δεδομένων παραγωγής γίνεται σε πραγματικό χρόνο καθ'όλην την διάρκεια λειτουργίας του. Αυτά τα δεδομένα είναι που με κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να δώσουν χρήσιμα συμπεράσματα. Παρακάτω αναφέρουμε τον τρόπο που γίνεται αυτή η καταγραφή.

5.4.1 Σεντόνια

Τα “σεντόνια” είναι το μέσο στο οποίο γίνεται η καταγραφή των δεδομένων παραγωγής του ορυχείου. Είναι ένα φύλλο χαρτιού με μεγάλες διαστάσεις εξ'ού και το όνομα όπου γίνεται χειρωκίνητη καταγραφή δεδομένων των επτά κλάδων που είναι οι λεγόμενες κρατήσεις. Οι κρατήσεις, είναι μια οποιαδήποτε ενέργεια εκτελεί ένας κλάδος την δεδομένη στιγμή και περιγράφει αναλυτικά κάποια στοιχεία για την ενέργεια που δίνονται αναλυτικά παρακάτω.

Τα δεδομένα που καταγράφονται στα σεντόνια είναι μεγάλης αξιοπιστίας εφόσον η καταγραφή γίνεται σε πραγματικό χρόνο και για κάθε κράτηση έχουμε καταγραφή 19 διαφορετικών παραμέτρων όπως η ακριβής έναρξη και λήξη της, ημερομηνίες, κλάδος κτλ.

5.4.2 Καταγραφή σε βάση δεδομένων

Τα δεδομένα των “σεντονιών” αφού καταγραφούν μεταφέρονται σε μία ηλεκτρονική βάση δεδομένων, σε περιβάλλον Ms Access. Με βάση αυτό το πρόγραμμα είναι εύκολο να βγάλουμε κάποιες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία του ορυχείου.

Επιγραμματικά πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση σε επόμενο κεφάλαιο έχουμε την παρακάτω μορφή. Στην αρχική οθόνη του Ms Access γίνεται επιλογή του έτους που θέλουμε να γίνει προβολή των δεδομένων. Κατόπιν υπάρχουν επιλογές για το είδος της προβολής π.χ. σε επίπεδο σχεδιασμού, σε πίνακες κτλ. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο επίπεδο σχεδιασμού που μας ενδιαφέρουν είναι τα εξής:

- HME_KR: Αναφέρεται στην ημερομηνία που καταγράφηκε η εργασία/βλάβη.
- ONO_OM: Αναφέρεται στην ομάδα που εκτελούσε τις εργασίες.

- ο ONO_FY: Αναφέρεται στην βάρδια που σημειώθηκε η κράτηση. (Πρωινή, Βραδινή).
- ο ONO_YP: Όνομα Υπομηχανικού.
- ο ONO_XE: Όνομα Χειριστή.
- ο ONO_AP: Με/Χωρίς Αποθέτη.
- ο ONO_KL: Αναφέρεται σε ποιον κλάδο σημειώθηκε η κράτηση.
- ο ONO_TE: Αναφέρεται στην ακριβή θέση που σημειώθηκε.
- ο ONO_KR: Περιγραφή της εργασίας/βλάβης.
- ο OMA_KR: Αναφέρεται στο τμήμα του κλάδου που σημειώθηκε.
- ο ONO_XR: Τμήμα Χρέωσης.
- ο ONO_SE: Περιγραφή εργασίας/βλάβης. Εάν αναφερόμαστε σε εκσκαφή είναι είτε λιγνίτης είτε στείρα(Ενδιάμεσα), ενώ για βλάβες είναι είτε από δικά του αίτια ή από ξένα.
- ο ENA_KR: Έναρξη κράτησης.
- ο LHX_KR: Λήξη κράτησης.
- ο ΧRO_KR: Χρονική διάρκεια κράτησης.
- ο LEI_KR: Κατηγοριοποιεί τις κρατήσεις σε 3 τύπους: Λειτουργία, Αναμονή και Εκτός Λειτουργίας.
- ο TELARA: Βάσεις έδρασης ταινιοδρόμων
- ο KOD_AN: Κωδικός Ανάλυσης
- ο POS_AN: Ποσοστό Ανάλυσης

Μέσω της επεξεργασίας αυτών των δεδομένων και της δημιουργίας ερωτημάτων θα προχωρήσουμε στην ανάλυση της λειτουργίας του ορυχείου

6. Ανάλυση Εφαρμογής Επεξεργασίας Δεδομένων

6.1 Εισαγωγή

Τα δεδομένα από την παραγωγή καταγράφονται χειρωνακτικά σε «σεντόνια» κρατήσεων καθ'όλην την διάρκεια της βάρδιας. Είναι δεδομένα μεγάλης αξιοπιστίας γιατί η καταγραφή γίνεται σε πραγματικό χρόνο, οπότε γίνεται ακριβής καταγραφή της εκάστοτε εργασίας ή βλάβης που εκτελείται/υπάρχει την δεδομένη στιγμή. Αυτό αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα διότι επιτρέπεται η εύκολη εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο λειτουργίας του ορυχείου. Εκτός αυτού τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή εφαρμογών προσομοίωσης λειτουργίας. Παρακάτω βλέπεται πως θα γίνει η όλη επεξεργασία.

6.2 Ms Access

Η Ms Access, είναι ένα σύστημα διαχείρισης ψευδό-σχεσιακών βάσεων δεδομένων που συνδυάζει τη μηχανή σχεσιακών βάσεων δεδομένων της Microsoft, JET με περιβάλλον γραφικής απεικόνισης για τον χρήστη και εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού.

Η Ms Access επιτρέπει την παρακολούθηση και την δημιουργία αναφορών για πληροφορίες, με ευκολία. Ένα από τα βασικά εργαλεία της είναι η συλλογή πληροφοριών μέσω φορμών με πληκτρολόγηση δεδομένων ή με την εισαγωγή τους από εξωτερικές εφαρμογές. Επίσης είναι δυνατή η δημιουργία και επεξεργασία αναλυτικών αναφορών στις οποίες εμφανίζονται ταξινομημένες, φιλτραρισμένες και ομαδοποιημένες πληροφορίες για τη διευκόλυνση της λήψης καλύτερα τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Το βασικό εργαλείο για την ανάλυση των δεδομένων είναι η δημιουργία «Ερωτημάτων». Η Ms Access διευκολύνει το φιλτράρισμα των δεδομένων, βελτιώνοντας τη σαφήνεια τους. Υπάρχουν διαθέσιμες διαφορετικές επιλογές φιλτραρίσματος, για τύπους δεδομένων κειμένου, αριθμών και ημερομηνιών. Για παράδειγμα, οι επιλογές φιλτραρίσματος διευκολύνουν το φιλτράρισμα μιας στήλης ημερομηνιών για όλες τις εγγραφές στις κατηγορίες Σήμερα, Εχθές, Πέρασμένη εβδομάδα, Επόμενος μήνας, Μελλοντικά, Παρελθόν κ.ο.κ.

6.3 Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων

6.3.1 Εισαγωγή

Όταν μια σχεσιακή βάση δεδομένων πρόκειται να σχεδιαστεί, δημιουργείται ένα πρώιμο διάγραμμα οντοτήτων-σχέσεων και αναπτύσσεται καθώς οι απαιτήσεις της βάσης δεδομένων και της επεξεργασίας της γίνονται καλύτερα κατανοητές. Ο σχεδιασμός διαγράμματος Οντοτήτων-Σχέσεων βοηθάει στην κατανόηση των απαιτήσεων για στοιχεία, ενός οργανισμού και μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα σχηματικό διάγραμμα για την απαιτούμενη βάση δεδομένων του συστήματος. Ένα σχηματικό διάγραμμα είναι οποιοδήποτε διάγραμμα προσπαθεί να παρουσιάσει τη δομή των στοιχείων σε μια βάση δεδομένων. Σχεδόν όλα τα συστήματα ανάλυσης και μεθοδολογίες σχεδιασμού περιέχουν διαγράμματα Οντοτήτων-Σχέσεων τα οποία θεωρούνται σημαντικό μέρος της μεθοδολογίας και σχεδόν όλα τα εργαλεία CASE (Computer Aided Software Engineering) παρέχουν τη δυνατότητα σχεδιασμού τέτοιων διαγραμμάτων. Ένα διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως η βάση για το σχεδιασμό συστήματος συμβατικής αρχειοθέτησης καθώς επίσης και για ένα σχηματικό διάγραμμα σε ένα σύστημα βάσεων δεδομένων.

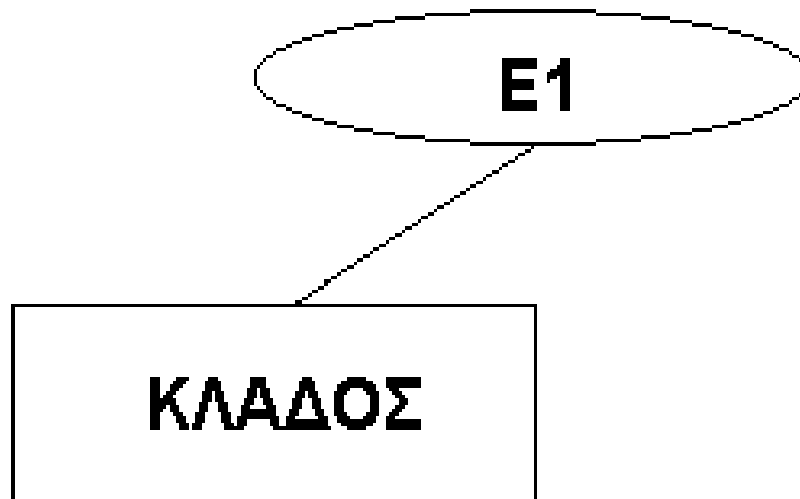
Οι λεπτομέρειες για το πως θα σχεδιαστούν τα διαγράμματα ποικίλλουν ελαφρώς από τη μια μέθοδο σε άλλη, αλλά όλες εμπεριέχουν τα ίδια βασικά στοιχεία: Τύπους οντοτήτων, ιδιότητες και σχέσεις οντοτήτων. Αυτές οι τρεις κατηγορίες θεωρούνται επαρκείς για να διαμορφώσουν τα ουσιαστικά στατικά στοιχεία οποιουδήποτε οργανισμού που θέλει να προχωρήσει σε επεξεργασίας των πληροφοριών του.

6.3.2 Τύποι Οντοτήτων

Ένας τύπος οντοτήτων είναι ένας οποιοσδήποτε τύπος αντικειμένου για τον οποίο είναι επιθυμητό να αποθηκεύονται στοιχεία. Το ποιοί τύποι οντοτήτων θα περιληφθούν στο διάγραμμά εξαρτάται από την εφαρμογή για την οποία θα χρησιμοποιηθούν. Στην προκειμένη περίπτωση θα αποθηκευτούν τα στοιχεία για τους κλάδους του ορυχείου, τους χειριστές και τους υπομηχανικούς. Κάθε ένα από αυτά, θα ταξινομηθεί ως τύπος οντοτήτων, επειδή θα χρειαστεί να αποθηκευτούν

τα στοιχεία για το καθένα. Σε ένα διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων ένας τύπος οντοτήτων παρουσιάζεται ως παράθυρο. Κάθε τύπος οντοτήτων παρουσιάζεται μία φορά. Μπορούν να υπάρξουν πολλοί τύποι οντοτήτων σε ένα διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων. Το όνομα ενός τύπου οντοτήτων είναι μοναδικό δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει έναν τύπο.

Ένας τύπος οντοτήτων θεωρείται ένα σύνολο αντικειμένων. Για αυτόν τον λόγο μερικοί χρησιμοποιούν το εναλλακτικό σύνολο σετ οντοτήτων. Μια οντότητα είναι απλά ένα μέλος ή παράδειγμα ή στοιχείο ή περίπτωση του τύπου ή του συνόλου. Έτσι μια οντότητα είναι ένα άτομο μέσα σε έναν τύπο οντοτήτων. Παραδείγματος χάριν, μέσα στον τύπο οντοτήτων ΚΛΑΔΟΣ, ο κλάδος Ε1 είναι μια οντότητα. Είναι μια μεμονωμένη οντότητα μέσα στον τύπο, ένα στοιχείο στο σύνολο, μια περίπτωση του τύπου ' ΚΛΑΔΟΣ'.



Σχήμα 6.3.2.1: Ένας τύπος οντοτήτων “ΚΛΑΔΟΣ” και μία οντότητα, ο Ε1.

6.3.3 Ιδιότητες

Τα στοιχεία που θα καταγραφούν για κάθε οντότητα μέσα σε έναν τύπο οντοτήτων περιλαμβάνονται στις ιδιότητες. Μια ιδιότητα είναι ένας ποιοτικός προσδιορισμός των στοιχείων της οντότητας για την οποία απαιτείται να κρατηθεί στη βάση δεδομένων, οπότε αποθηκεύεται η αξία της. Κάθε οντότητα μέσα στον τύπο οντοτήτων θα έχει γενικά το ίδιο σύνολο ιδιοτήτων, αλλά συνήθως διαφορετικές τιμές. Π.χ. Η χρονική αξία της ιδιότητας “Ομάδα Κράτησης” για τον κλάδο Ε1 σε έναν τύπο οντοτήτων “ΚΛΑΔΩΝ” είναι 10 λεπτά, ενώ για έναν άλλο κλάδο π.χ. Ε2 είναι 12 λεπτά.

Πάντως σε κάθε τύπο οντοτήτων θα υπάρχει ο ίδιος αριθμός ιδιοτήτων. Αυτό είναι ένα από τα χαρακτηριστικά των σχεσιακών βάσεων δεδομένων Οντοτήτων-Σχέσεων, δηλαδή να αποθηκεύεται ο ίδιος τύπος γεγονότων (ιδιότητες) για κάθε οντότητα μέσα στον τύπο οντοτήτων. Εάν δεν υπήρχε αυτή η δομή, αλλά αντί αυτής υπερβολική ανάλυση ιδιοτήτων π.χ. Εάν ο εκσκαφέας E1 είναι της KRUPP, και μόνο αυτός, και αποθηκευόταν αυτή η ιδιότητα με τιμές «Ναι-» θα ήταν σπατάλη χώρου στην βάση δεδομένων γιατί κάτι παρόμοιο θα έπρεπε να γίνει και με τους άλλους εκσκαφείς.

Παρόλα αυτά το ποιές ιδιότητες θα παρουσιαστούν στο διάγραμμα εξαρτάται από τον δημιουργό της βάσης,. Σε πολλές περιπτώσεις ένας τύπος οντοτήτων μπορεί να έχει δέκα ή περισσότερες ιδιότητες. Συχνά δεν υπάρχει χώρος στο διάγραμμα για να παρουσιαστούν όλες οι ιδιότητες, αλλά πρέπει να γίνει επιλογή. Έτσι παρουσιάζεται μια ιδιότητα που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει κάθε οντότητα από όλες τις άλλες στον τύπο οντοτήτων. Αυτή η ιδιότητα είναι γνωστή ως “Πρωτεύον Κλειδί” (Primary Key). Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρειαστούν περισσότερες από μια ιδιότητες σαν “Πρωτεύοντα Κλειδιά” για να προσδιοριστούν οι οντότητες. Εν τούτης τα “Πρωτεύοντα Κλειδιά” δεν είναι οι μόνες ιδιότητες που θα πρέπει να παρουσιαστούν στο διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων.

6.3.4 Τύπος Σχέσεων

Τα δύο κύρια στοιχεία των διαγραμμάτων Οντοτήτων-Σχέσεων είναι οι Τύποι και Ιδιότητες Οντοτήτων. Το τελικό στοιχείο είναι ο “Τύπος Σχέσης”. Μερικές φορές, η λέξη “τύπος” αφαιρείται και οι τύποι σχέσης καλούνται απλά “σχέσεις” αλλά δεδομένου ότι υπάρχει μια διαφορά μεταξύ των όρων, πρέπει πραγματικά να χρησιμοποιηθεί ο όρος “Τύπος Σχέσης”.

Οι πραγματικές οντότητες έχουν μεταξύ τους σχέσεις, και αυτές οι σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων παρουσιάζονται όπου απαιτείται στο διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων. Ένα διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων αποτελείται από ένα δίκτυο “Τύπων Οντοτήτων” και των μεταξύ τους “Τύπων Σχέσεως”. Ένας τύπος σχέσης είναι μια προσδιορισμένη ένωση μεταξύ των οντοτήτων. Οι μεμονωμένες οντότητες έχουν μεμονωμένες σχέσεις, μεταξύ τους. Π.χ. Ένας υπομηχανικός

(οντότητα) επιβλέπει (σχέση) ένα μεμονωμένο κλάδο (οντότητα). Σε ένα διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων αυτό είναι γενικευμένο στους τύπους οντοτήτων και τους τύπους σχέσεων.

Στην ανάπτυξη μίας βάσης δεδομένων, θα είναι πολλοί αυτοί που θα διαβάσουν το διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων, οπότε αυτό θα πρέπει να είναι εύκολα αναγνώσιμο και συνολικά σαφές. Όταν η βάση δεδομένων εφαρμοστεί σε λειτουργία, το διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται από τους προγραμματιστές εφαρμογών και τους συγγραφείς ερωτημάτων (Queries). Η παρερμηνεία του προτύπου μπορεί να οδηγήσει σε χαμένες εργατώρες λόγω λανθασμένων κατευθύνσεων.

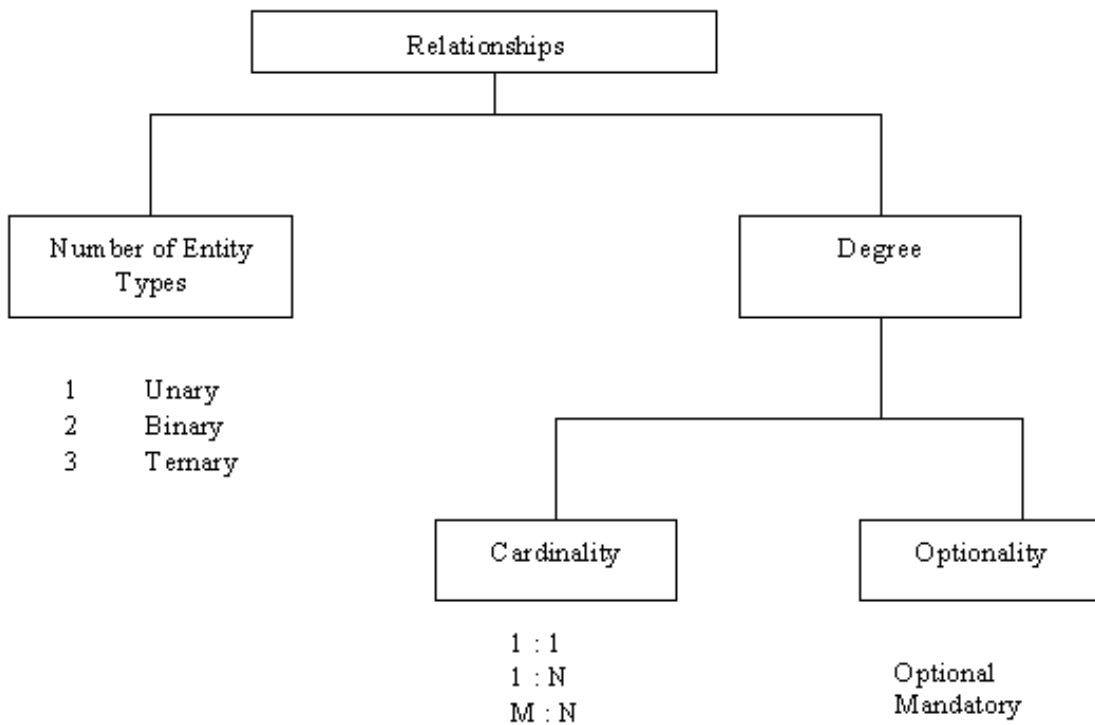
Η τοποθέτηση περιττών πληροφοριών στο πρότυπο Οντοτήτων-Σχέσεων θα δημιουργήσει λιγότερη ζημιά από το να υπάρχουν παρερμηνείες. Αυτό που μπορεί αρχικά να φαίνεται περιττό, μπορεί μερικές φορές να αφαιρέσει τις πιθανές ασάφειες που δημιουργούνται για άλλους χρήστες του διαγράμματός, ακόμα και εάν ξέρουν το αντικείμενο.

6.3.5 Προσδιορισμός Σχέσεων

Ένας τύπος σχέσης μπορεί να προσδιοριστεί από τον αριθμό σχετικών “τύπων οντοτήτων” και από το βαθμό του τύπου σχέσης, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3.5.1 Αυτές οι μέθοδοι προσδιορισμού είναι συμπληρωματικές. Για να περιγραφεί επαρκώς ένας τύπος σχέσης, πρέπει να προσδιοριστεί ονομαστικά ο τύπος σχέσης και το αντίστροφό του, καθώς η έννοιά του. Εάν δεν γίνεται ξεκάθαρο από τα ονόματά τους θα πρέπει να δηλωθούν οι τύποι οντοτήτων που εμπλέκονται καθώς και ο βαθμός του τύπου σχέσης που συνδέει τις οντότητες.

Έτσι υπάρχουν κυρίως οι εξής τρεις τύποι σχέσεων. Ο μοναδιαίος τύπος σχέσης (unary) ,ο δυαδικό τύπος (binary) και ο τριαδικός τύπος (ternary). Ο αριθμός τύπων οντοτήτων στον τύπο σχέσης έχει επιπτώσεις στην τελική μορφή της σχεσιακής βάσης δεδομένων.

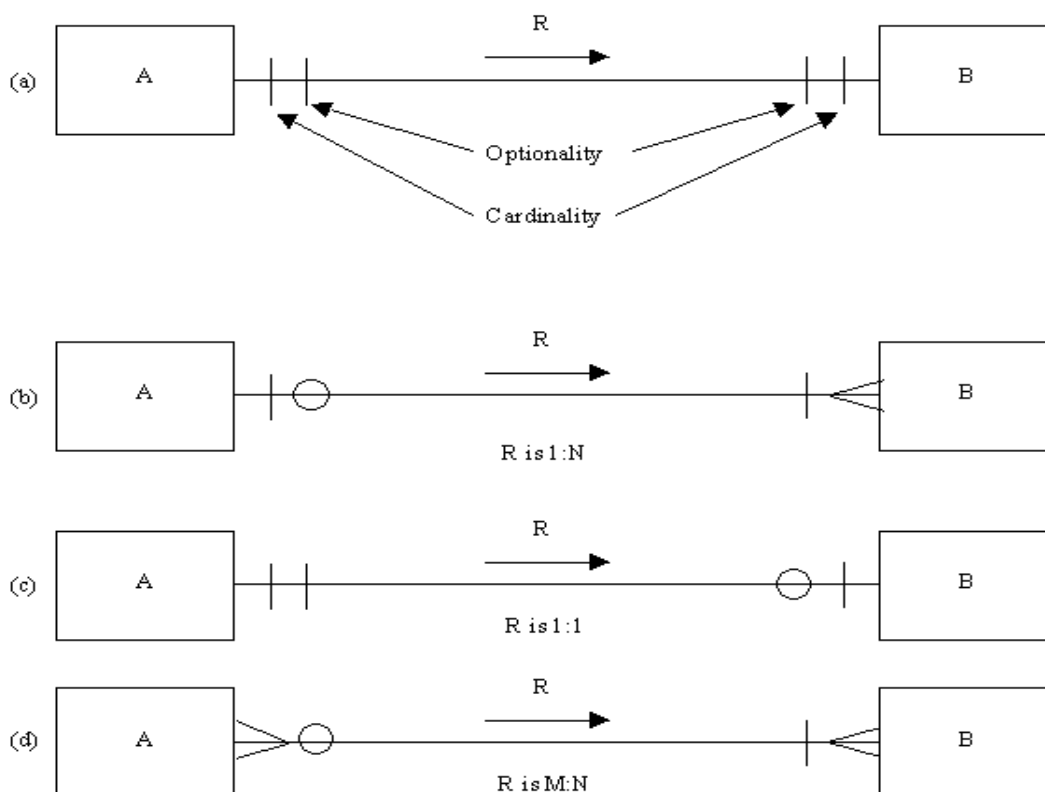
Ο βαθμός (degree) τύπων σχέσης επιτρέπει να καθοριστούν οι σχετικοί όροι, να δοθούν τα παραδείγματα, και να παρουσιαστεί ο αντίκτυπος που έχει ο βαθμός ενός τύπου σχέσης στη τελική μορφή της σχεσιακής βάσης δεδομένων. Ο όρος “Cardinality” αναφέρεται στο μέγιστο αριθμό συμμετεχόντων στη σχέση και ο όρος “Optionality” στον ελάχιστο αριθμό.



Σχήμα. 6.3.5.1: Τρόπος προσδιορισμού σχέσεων σε σχεσιακές βάσεις

6.3.6 Cardinality και Optionality

Υπάρχουν τρία σύμβολα που χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν βαθμό σχέσης. Ένας κύκλος σημαίνει μηδέν, μια γραμμή σημαίνει το ένα και η τριπλή απόληξη (crow'sfoot) σημαίνει πολλά. Το cardinality παρουσιάζεται δίπλα στον τύπο οντοτήτων και το optionality (εάν παρουσιάζεται καθόλου) παρουσιάζεται πίσω από αυτό, όπως φαίνετε και στο σχήμα 6.3.6.1 (a) Στο σχήμα 6.3.6.1 (b) ο τύπος σχέσης R έχει cardinality one to many, επειδή ένα A σχετίζεται μέσω του R με πολλά B και ένα B σχετίζεται (από το αντίστροφο του R) με ένα A. Στο σχήμα 6.3.6.1 (c) ο τύπος σχέσης R έχει cardinality one to one, επειδή ένα A σχετίζεται μέσω του R με ένα B και ένα B σχετίζεται (από το αντίστροφο του R) σε ένα A. Στο σχήμα 6.3.6.1 (d) ο τύπος σχέσης R έχει cardinality many to many, επειδή πολλά A σχετίζεται μέσω του R με πολλά B και πολλά B σχετίζονται (από το αντίστροφο του R) με πολλά A. Γενικά, ο βαθμός ενός τύπου σχέσης περιγράφεται από το cardinality. Για να περιγράψουμε πλήρως το βαθμό ενός τύπου σχέσης, πρέπει επίσης να διευκρινίσουμε την optionality.



Σχήμα. 6.3.6.1: Τρόπος προσδιορισμού βαθμού σχέσεων

6.4 Μορφή καταγραφής Δεδομένων

Μετά την χειρωνακτική καταγραφή στα σεντόνια τα δεδομένα μεταφέρονται σε ηλεκτρονική μορφή, μέσω του προγράμματος της Ms Access και αποθηκεύονται σε αρχεία ανά έτος λειτουργίας της μονάδας. Έτσι υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες για οποιαδήποτε στιγμή μέσα στο έτος.

Στο κεφάλαιο 5.4 έχει γίνει αναλυτική αναφορά για τα δεδομένα που καταγράφονται στη βάση δεδομένων. Η μορφή της βάσης σε περιβάλλον Ms Access είναι αυτή που βλέπουμε στη παρακάτω εικόνα 6.4.1, με αναλυτικές πληροφορίες για το κάθε υποσύστημα του κάθε κλάδου του ορυχείου Καρδιάς.

Είναι δυνατό το φιλτράρισμα των δεδομένων ανάλογα με τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν και με την χρήση Ερωτημάτων “Queries” να καταλήξουμε σε πολλά χρήσιμα μεγέθη, απαραίτητα για την ανάλυση των διεργασιών με βάση την Αξιοπιστίας Τεχνικών Συστημάτων.

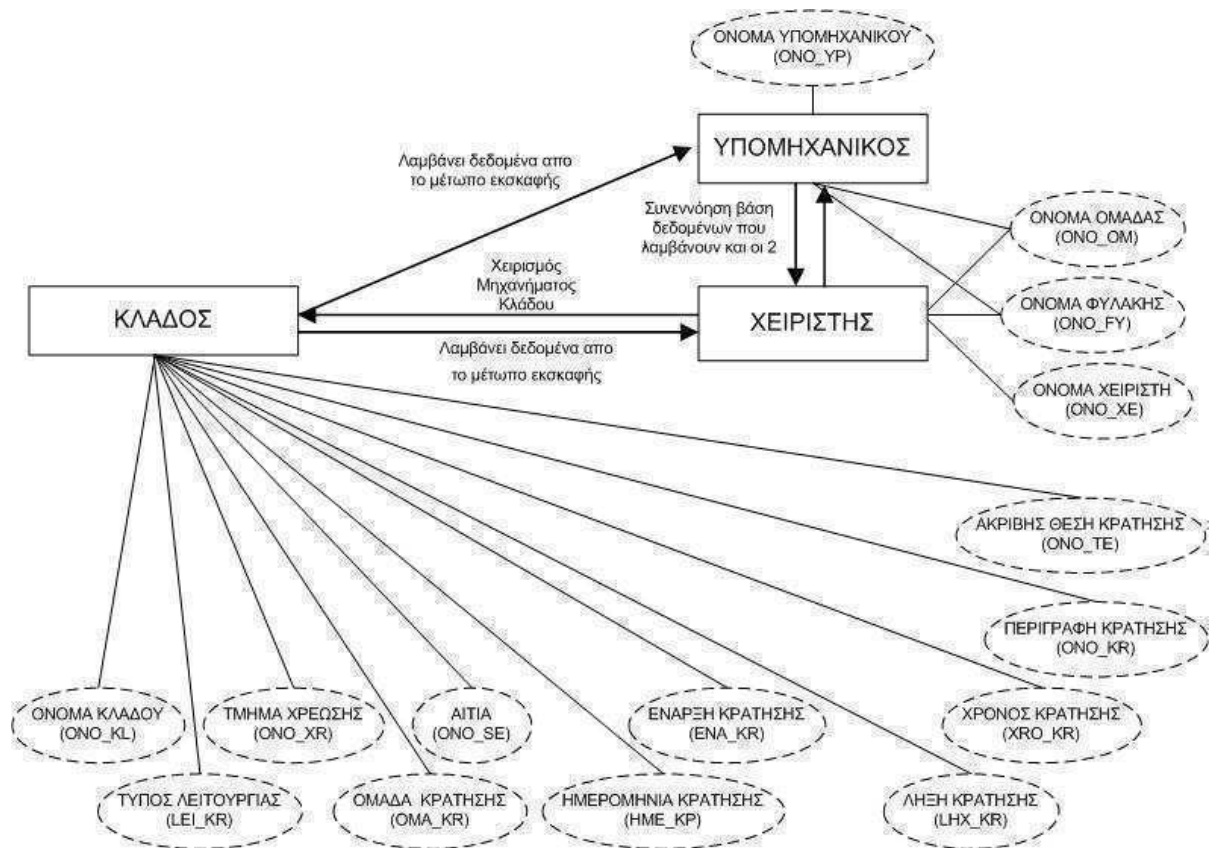
HME_KR	ONO_OM	ONO_FY	ONO_YP	ONO_XE	ONO_KL	ONO_TE	ONO_KR	OMA_KR	ONO
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A1	A1	Αντικατάσταση Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A1	A1	Απόθεση Στερίων (Α/ΕΟΚ)	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A1	A1	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A1	A1	Απόθεση Στερίων (Α/ΕΟΚ)	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A1	A1	Αντικατάσταση Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A2	T24	Αναμονή για Αντ/ση Τμήμ.Ιμάντα (Τ/Δ-ΙΜΑ)	ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ ΙΜΑΝΤΕΣ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A2	T24	Αντ/ση Τμήματος Ιμάντα (Τ/Δ-ΙΜΑ)	ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ ΙΜΑΝΤΕΣ	ΙΜΑΝΤΕ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A3	A3	Αναμονή-Ελλειψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A5	A5	Αντικατάσταση Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A5	A5	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A5	A5	Απόθεση Λιγνίτη (Α/ΕΟΚ)	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	A5	A5	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	AHΣ	AHΣ	Εκτός από Συνεργασία (ΗΟΚ)	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΗΛΕΚΤΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	AHΣ	AHΣ	Απόθεση Λιγνίτη (Α/ΕΟΚ)	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	AHΣ	AHΣ	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	AHΣ	AHΣ	Απόθεση Λιγνίτη (Α/ΕΟΚ)	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	AHΣ	AHΣ	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E1	E1	Αναμονή-Ελλειψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E2	E2	Αναμονή-Ελλειψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E3	E3	Αναμονή-Ελλειψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E4	E4	Αναμονή-Ελλειψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E5	E5	Αντικατάσταση Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ,ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΔΙΑΦΟΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E5	E5	Ηλ.βλάβη Πορείας Μηχανήματος (Ε-Α/ΗΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΗΛΕΚΤΡ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E5	E5	Εκσκαφή σε Λιγνίτη (Ε/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E5	E5	Αδυναμία Διακίνησης Λιγνίτη (Τ.Α/ΑΗΣ)	ΤΑΙΝΙΟΔΡΟΜΟΙ ΛΙΓΝΙΤΗ ΑΗΣ	ΑΗΣ
1/1/1999	A OMAΔA	ΠΡΩΙ	ΣΑΚΚΟΣ Θ.	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ Γ.	E5	E5	Εκσκαφή σε Λιγνίτη (Ε/ΕΟΚ)	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	ΕΚΜΕΤΑ

Εικόνα 6.4.1: Μορφή βάσης

6.5 Διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων της Βάσης

Στο παρακάτω διάγραμμα έχουμε τους τρεις τύπους οντοτήτων που περιλαμβάνει η βάση οι οποίοι είναι ο ΚΛΑΔΟΣ, ο ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ και ο ΥΠΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ. Οι τύποι οντοτήτων είναι συνδεδεμένοι με βάση τη σχέση που έχουν με τους άλλους. Παρατηρούμε ότι άλλες σχέσεις είναι μοναδιαίες και άλλες δυαδικές. Π.χ. Ο υπομηχανικός δεν μπορεί να ελέγξει άμεσα τον κλάδο, αλλά μπορεί να παρατηρήσει τυχόν αλλαγές στην επιφάνεια που εξορύσσεται και να δώσει τις κατάλληλες εντολές στον χειριστή. Αντίστοιχα και ο χειριστής μπορεί να λάβει δεδομένα από το μέτωπο και κατόπιν συνεννοήσεως ή και χωρίς, να προβεί σε ορισμένες ενέργειες, όπως π.χ. να ενημερώσει το κέντρο του κόμβου ταινιοδρομων ότι αλλάζει το υλικό που εξορύσσεται από λιγνίτη σε στέιρα κτλ.

Για την κάθε μία οντότητα του κάθε τύπου υπάρχει ένας αριθμός ιδιοτήτων που την χαρακτηρίζουν και αυτές είναι που καταγράφονται στην βάση. Έτσι ενώ για τον τύπο οντότητας του Υπομηχανικού και Χειριστή έχουμε μόνο τρεις ιδιότητες, για τον τύπο οντότητας του Κλάδου έχουμε έντεκα.



Εικόνα 6.5.1: Διάγραμμα Οντοτήτων-Σχέσεων

6.6 Επεξεργασία Δεδομένων

Σκοπός είναι, μέσω της επεξεργασίας των δεδομένων που δίνονται να βρεθούν διάφορα μεγέθη που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του ορυχείου από πλευράς αξιοπιστίας και απόδοσης. Επιπλέον θα βρεθούν τα σημεία που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε μελλοντικές εκμεταλλεύσεις. Τα σημεία ενδιαφέροντος είναι τα εξής:

- Εγγενής Διαθεσιμότητα
- Στατιστικά Μεγέθη
- Κατανομή των τιμών του Χρόνου Κρατήσεων

6.6.1 Εγγενής Διαθεσιμότητα

Αρχικά γίνεται η εύρεση της εγγενής διαθεσιμότητας του ορυχείου. Αυτό γίνεται μέσα από το πρόγραμμα της Ms Access με την δημιουργία ερωτημάτων σε γλώσσα SQL. Η δημιουργία των ερωτημάτων, ένα από τα οποία παρουσιάζεται παρακάτω, γίνεται βήμα βήμα ως εξής

Αρχικά η εξίσωση της εγγενούς διαθεσιμότητας είναι η:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Αποτελείται από δύο στοιχεία, το Mean Time Between Failure (MTBF) και το Mean Time to Repair (MTTR)

ο Για την εύρεση του MTBF θα χρειαστεί ο συνολικός χρόνος των κρατήσεων Λειτουργίας και Αναμονής όπως και ο συνολικός αριθμός των κρατήσεων Εκτός Λειτουργίας. Η διαίρεση τους δίνει το MTBF. Άρα πρέπει να δημιουργηθούν δύο ερωτήματα, το Σt(1,2) και το n(0).

ο Για την εύρεση του MTTR θα χρειαστεί ο συνολικός χρόνος των κρατήσεων Εκτός Λειτουργίας [Σt(0)] καθώς και ο συνολικός αριθμός των κρατήσεων Εκτός Λειτουργίας [n(0)]. Η διαίρεση τους δίνει το MTTR. Το ερώτημα για το n(0) υπάρχει οπότε αρκεί να δημιουργηθεί το Σt(0).

Το ερώτημα Σt(1,2) έχει τον εξής κώδικα:

```
SELECT KRATHSEIS.ONO_KL, Sum(KRATHSEIS.XRO_KR) AS Total,
Year(KRATHSEIS.HME_KR) AS [YEAR]
FROM KRATHSEIS
WHERE ((KRATHSEIS.LEI_KR)=1 Or (KRATHSEIS.LEI_KR)=2))
GROUP BY KRATHSEIS.ONO_KL, Year(KRATHSEIS.HME_KR);
```

Αυτό που κάνει ο κώδικας είναι να επιλέγει τις κρατήσεις του κλάδου (ONO_KL), όταν έχουν κατάσταση λειτουργίας (LEI_KR) 1 ή 2 και να βγάζει το άθροισμα των χρόνων κράτησης (XRO_KR).

Αντίστοιχος είναι και ο κώδικας για το ερώτημα Σt(0) όπου γίνεται επιλογή για κρατήσεις καταστάσεως λειτουργίας 0.

Ο κώδικας του ερωτήματος η(0) είναι ο εξής:

```
SELECT      KRATHSEIS.ONO_KL,      Count (KRATHSEIS.LEI_KR)      AS
Total_Count
FROM KRATHSEIS
WHERE      ( (KRATHSEIS.LEI_KR)=0 )
GROUP BY KRATHSEIS.ONO_KL;
```

Εδώ πάλι επιλέγονται οι κρατήσεις του κλάδου (ONO_KL), σε κατάσταση λειτουργίας (LEI_KR) 0 και εμφανίζεται ως αποτέλεσμα το άθροισμα αυτών των γεγονότων.

6.6.2 Πίνακας Στατιστικών Μεγεθών

Ακολουθεί η δημιουργία ενός πίνακα που περιλαμβάνει τα εξής δεδομένα για κάθε κλάδο του ορυχείου ανά κατάσταση λειτουργίας.

- Άθροισμα συνόλου κρατήσεων
- Άθροισμα συνόλου χρόνου κρατήσεων
- Μέση τιμή χρόνου κρατήσεων
- Τυπική απόκλιση χρόνου κρατήσεων
- Ελάχιστη/Μέγιστη τιμή χρόνου κρατήσεων

Ο κώδικας, σε γλώσσα SQL, για το παραπάνω εργαλείο είναι ο εξής:

```
SELECT      KRATHSEIS.ONO_KL,      Count (KRATHSEIS.ONO_KL)      AS
CountOfONO_KL,      Sum(KRATHSEIS.XRO_KR)      AS      SumOfXRO_KR,
Avg(KRATHSEIS.XRO_KR) AS AvgOfXRO_KR, StDev(KRATHSEIS.XRO_KR)
AS StDevOfXRO_KR, Min(KRATHSEIS.XRO_KR) AS MinOfXRO_KR,
Max(KRATHSEIS.XRO_KR) AS MaxOfXRO_KR, KRATHSEIS.LEI_KR
FROM KRATHSEIS
GROUP BY KRATHSEIS.ONO_KL, KRATHSEIS.LEI_KR
HAVING      ( (KRATHSEIS.LEI_KR)=0 Or (KRATHSEIS.LEI_KR)=1 Or
(KRATHSEIS.LEI_KR)=2 ) )
ORDER BY KRATHSEIS.ONO_KL;
```

ONO_KL	CountOfONO	SumOfXRO_K	AvgOfXRO_KR	StDevOfXRO_KR	MinOfXRO_KR	MaxOfXRO_KR	LEI_KR
A1	1599	106282	66,4677923702314	120,795076970638	0	480	0
A1	3547	333274	93,9594023118128	97,7264419705228	0	480	1
A1	2109	86344	40,9407302038881	69,4926230890224	0	540	2
A2	2107	129372	61,4010441385857	117,654878867077	0	480	0
A2	3816	326951	85,6789832285115	91,2666362212619	0	480	1
A2	1942	69277	35,673017507724	53,5580853272825	2	480	2
A3	1832	124470	67,9421397379913	123,263908703502	0	480	0
A3	3356	341035	101,619487485101	104,289593203383	0	480	1
A3	1632	60395	37,0067401960784	65,3999764026166	2	480	2
A5	228	16632	72,9473684210526	112,802883871754	4	480	0
A5	2498	88172	35,2970376301041	36,927705395032	2	350	1
A5	3309	420788	127,164702326987	144,586230758392	0	480	2
AHZ	2025	67006	33,0893827160494	68,8089266751198	2	480	0
AHZ	5974	346518	58,0043521928356	60,9111050084513	0	480	1
AHZ	3872	112076	28,9452479338843	35,5783394252722	0	480	2
E1	2470	181599	73,5218623481781	141,689562373645	2	480	0
E1	3933	251125	63,8507500635647	65,2508918611798	0	480	1
E1	2037	93176	45,7417771232204	76,7185431294489	0	480	2
E2	5847	172373	29,4805883358988	82,6443351674384	0	480	0
E2	7288	301406	41,3564763995609	41,8005121403237	0	410	1
E2	1944	54361	27,9634773662551	50,6683808784182	2	480	2
E3	8354	133202	15,9446971510654	52,2016855695865	4	480	0
E3	9825	344318	35,0450890585242	33,6680919245249	0	388	1
E3	1918	48700	25,3910323253389	44,3206456114501	2	480	2
E4	6239	148466	23,7964417374579	74,5466166719251	0	480	0
E4	7647	329307	43,0635543350333	46,3990401584062	0	480	1

Εικόνα 6.6.2.1: Query Στατιστικών Μεγεθών

Τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτό το ερώτημα είναι σημαντικά για την κατανόηση της λειτουργίας του κάθε κλάδου. Παρόλα αυτά δεν είναι τα μοναδικά που θα χρειαστούν οπότε έπεται και η κατασκευή ενός ερωτήματος όπου θα γίνεται γραφική απεικόνιση των τιμών.

6.6.3 Κατανομή τιμών του Χρόνου Κρατήσεων

Για να κατασκευαστεί μία κατανομή των τιμών των κρατήσεων ανά έτος, κλάδο και κατηγορία λειτουργίας συντίθεται ένα ερώτημα (Query), το οποίο στην περίπτωση αυτή λέγεται «Duplicate entries of XRO_KR for each subsystem».

Για την δημιουργία του ερωτήματος ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Επιλογή του έτους στο οποίο θα γίνει η διαλογή των δεδομένων. Κατόπιν το ερώτημα συγκεντρώνει τα στοιχεία από της παρακάτω κατηγορίες ενδιαφέροντος και που έχουν αναλυθεί παραπάνω. Είναι οι ONO_KL, XRO_KR και LEI_KR.
- Πρέπει να μπορεί το ερώτημα να κατηγοριοποιεί και να μετράει το σύνολο των κρατήσεων που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Η κατηγορία ONO_KL έχει ως τιμές τους αντίστοιχους κλάδους, η κατηγορία XRO_KR είναι τιμές χρόνου

κρατήσεων και τέλος η LEI_KR είναι 3 καταστάσεις λειτουργίας, Λειτουργία(2), Αναμονή(1) και Εκτός Λειτουργίας(0).

Ο κώδικας, σε γλώσσα SQL, για το παραπάνω εργαλείο είναι ο εξής:

```
Count (KRATHSEIS.[ONO_KL]) AS NumberOfDups
FROM      KRATHSEIS      GROUP      BY      KRATHSEIS.[ONO_KL] ,
KRATHSEIS.[XRO_KR] , KRATHSEIS.[LEI_KR]
HAVING( ( (Count (KRATHSEIS.[ONO_KL]) )>1) AND
( (Count (KRATHSEIS.[LEI_KR]) )>1) ) ;
```

Ο κώδικας, Count (KRATHSEIS.[ONO_KL]) AS NumberOfDups, δίνει την επιπλέον στήλη που απαιτείται για την λειτουργία του ερωτήματος. Οι τιμές που παίρνει αυτή η στήλη δείχνουν πόσο συχνά εμφανίζεται ένας συνδυασμός των τιμών των 3 στοιχείων.

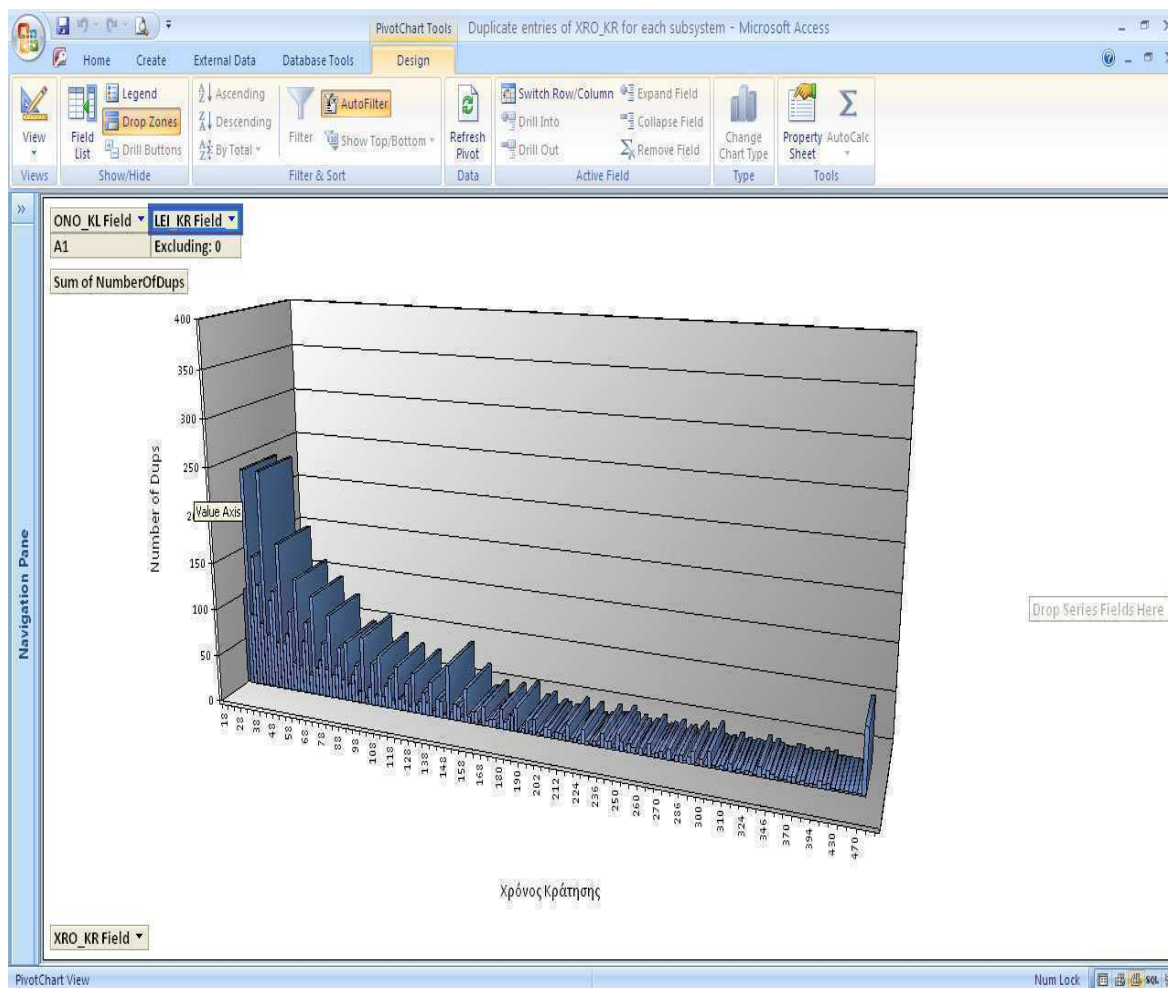
ONO_KL Field	XRO_KR Field	LEI_KR Field	NumberOfDups
A1	0	0	4
A1	0	1	3
A1	2	1	21
A1	2	2	10
A1	4	0	19
A1	4	1	59
A1	4	2	233
A1	6	0	70
A1	6	1	95
A1	6	2	115
A1	8	0	64
A1	8	1	26
A1	8	2	143
A1	10	0	313
A1	10	1	123
A1	10	2	214
A1	12	0	60
A1	12	1	42
A1	12	2	45
A1	14	0	106
A1	14	1	54
A1	14	2	131
A1	16	0	86
A1	16	1	96
A1	16	2	60
A1	18	0	26
A1	18	1	42
A1	18	2	64

Εικόνα 6.6.3.1: Query Κατανομών

Οπότε όπως φαίνεται και στην εικόνα οι επαναλήψεις των κρατήσεων στο κλάδο A1 για χρόνο 0 λεπτών και κατάσταση λειτουργίας 0 (εκτός λειτουργίας)

είναι τέσσερις και ούτω καθεξής. Οπότε έχουμε πλήρως ομαδοποιημένα στοιχεία για όλη την λειτουργία του ορυχείου.

- ο Επιπλέον είναι δυνατή η γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων για κάθε κλάδο ξεχωριστά με την χρήση φίλτρων. Επί παραδείγματι με την χρήση του ερωτήματος με φίλτρα ONO_KL= A1 και LEI_KR= 1 και 2, μέσω του Pivot Chart View, εξαγονται δεδομένα της μορφή που φαίνεται στην εικόνα 6.6.3.2.



Εικόνα 6.6.3.2: Pivot Chart View του Query Κατανομών

6.7 Εξαγωγή δεδομένων για δημιουργία στατιστικών αναφορών

6.7.1 Εισαγωγή

Η Ms Access δίνει την δυνατότητα για εξαγωγή δεδομένων σε διάφορες μορφές μερικές από της οποίες είναι οι .xml (Ms Excel), .doc (Ms Word), .txt (Text pad, Notepad). Αυτό είναι πολύ χρήσιμο, διότι τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας ή κατόπιν φιλτραρίσματος σε διάφορα προγράμματα π.χ. προγράμματα προσομοίωσης, ούτως ώστε να γίνει πρόβλεψη παραγωγής.

Τα δεδομένα μπορούν να φιλτραριστούν πλήρως ανάλογα με τις εκάστως απαιτήσεις, όπως επιλογή ανά κλάδο, ανά λειτουργία, ανά τύπο δεδομένου και κατόπιν εξαγωγής μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω σε προγράμματα που διαθέτουν περισσότερες δυνατότητες για τέτοιες λειτουργίες.

6.7.2 Επεξεργασίας Δεδομένων για παραγωγή στατιστικών αναφορών

6.7.2.1 Εξαγωγή Δεδομένων

Σκοπός είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για τον κάθε κλάδο ανάλογα με τον τύπο λειτουργίας του και η λήψη μερικών βασικών στατιστικών μεγεθών. Αυτό γίνεται για την ετήσια περίοδο λειτουργίας και τα δεδομένα που περιλαμβάνει είναι τα εξής:

- Κλάδος
- Τύπος Λειτουργίας
- Περίοδος Κρατήσεων
- Πλήθος Κρατήσεων
- Ελάχιστη τιμή
- Μέγιστη τιμή
- Μέση τιμή
- Διάμεσο
- Δεσπόζουσα Τιμή
- Τυπική απόκλιση
- Διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τη μέση τιμή

Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκε ένα ερώτημα το οποίο φιλτράρει τα απαραίτητα δεδομένα και τα εξάγει σε μια φόρμα excel στην οποία γίνεται η τελική επεξεργασία.

Ο κώδικας του ερωτήματος είναι ο εξής:

```
SELECT KRATHSEIS.ONO_KL AS Κλάδος, KRATHSEIS.HME_KR AS
Ημερομηνία, KRATHSEIS.OMA_KR AS [Ομάδα Κράτησης],
KRATHSEIS.ONO_KR AS [Αιτιολογία Κράτησης], KRATHSEIS.XRO_KR
AS [Χρόνος Κράτησης], KRATHSEIS.ENA_KR AS [Έναρξη Κράτησης],
KRATHSEIS.LHX_KR AS [Λήξη Κράτησης], KRATHSEIS.LEI_KR AS
[Κατάσταση Λειτουργίας]
FROM KRATHSEIS
GROUP BY KRATHSEIS.ONO_KL, KRATHSEIS.HME_KR,
KRATHSEIS.OMA_KR, KRATHSEIS.ONO_KR, KRATHSEIS.XRO_KR,
KRATHSEIS.ENA_KR, KRATHSEIS.LHX_KR, KRATHSEIS.LEI_KR
HAVING ((KRATHSEIS.XRO_KR)>0);
```

Αρχικά από το ερώτημα εξάγονται τα στοιχεία που είναι απαραίτητα να εισαχθούν στην φόρμα που έχει δημιουργηθεί στο Ms Excel για την επεξεργασία των δεδομένων

Από το ερώτημα λαμβάνονται τα εξής στοιχεία:

- Κλάδο
- Ημερομηνία Κράτησης
- Ομάδα Κράτησης
- Αιτιολογία Κράτησης
- Χρόνος Κράτησης
- Έναρξη Κράτησης
- Λήξη Κράτησης
- Κατάσταση Λειτουργίας

Για να εισαχθούν στην φόρμα πρέπει να έχει γίνει το απαραίτητο φιλτράρισμα οπότε στα δεδομένα έχουν επενεργήσει τα εξής φίλτρα. Αρχικά είναι ταξινομημένα, από την Ms Access ανά κλάδο και κατάσταση λειτουργίας, οπότε για κάθε κλάδο του ορυχείου θα ληφθούν αποτελέσματα για κάθε κατάσταση λειτουργίας του. Οι τιμές των κρατήσεων είναι ταξινομημένες ημερολογιακά ξεκινώντας από την πρώτη που σημειώθηκε μέσα στο έτος λειτουργίας έως την

τελευταία. Κατόπιν με την εντολή “Export” γίνεται η εξαγωγή στην φόρμα του Ms Excel στην οποία θα γίνει περαιτέρω ανάλυση. Ακολουθεί μια τυπική εικόνα της μορφής των δεδομένων που έχουν εξαχθεί σε φόρμα του Ms Excel, στην εικόνα 6.7.2.1.1.

Κλάδος	Ημερομηνία	Ομάδα Κράτησης	Αιτιολογία Κράτησης	Χρόνος Κράτησης	Έναρξη Κράτησης	Λήξη Κράτησης	Κατάσταση Λειτουργίας
A1	01-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Προς Αποφυγή Έμφραξης (E-A/ΕΟΚ)	18	1	1,18	0
A1	01-Ιαν-05	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ	Εκτός Χωρίς Ενδειξη (ΗΟΚ)	30	1,2	1,5	0
A1	01-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Προς Αποφυγή Έμφραξης (E-A/ΕΟΚ)	8	2,44	2,52	0
A1	01-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Προς Αποφυγή Έμφραξης (E-A/ΕΟΚ)	16	5,04	5,2	0
A1	01-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Προς Αποφυγή Έμφραξης (E-A/ΕΟΚ)	4	5,24	5,28	0
A1	02-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Έμφραξη Λεκάνης Τ.Παραλαβής (Α/ΕΟΚ)	6	9,42	9,48	0
A1	02-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΙΜΑΝΤΕΣ	Κοπή Σύρματος Τ.Παραλαβής (Α/ΙΜΑ)	22	11,26	11,48	0
A1	02-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Έμφραξη Λεκάνης Τ.Παραλαβής (Α/ΕΟΚ)	12	13,04	13,16	0
A1	02-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Έμφραξη Λεκάνης Τ.Παραλαβής (Α/ΕΟΚ)	4	14,26	14,3	0
A1	02-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Έμφραξη Λεκάνης Τ.Παραλαβής (Α/ΕΟΚ)	14	14,3	14,44	0
A1	02-Ιαν-05	ΤΑΙΝΙΟΔΡΩΜΟΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ	Επανάση Ραούλου-ων Κυλίσεως (Τ/Δ-ΜΟΚ)	14	18,06	18,2	0
A1	02-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Καθαρισμός Μηχανήματος (E-A/ΕΟΚ)	10	18,2	18,3	0
A1	03-Ιαν-05	ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ, ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Αλλαγή Θέσεως Καλωδίου Συνόχιας (E-A/ΕΟΚ)	18	0,54	1,12	0
A1	03-Ιαν-05	ΑΠΟΘΕΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ	Έμφραξη Λεκάνης Τ.Παραλαβής (Α/ΕΟΚ)	20	5,16	5,36	0

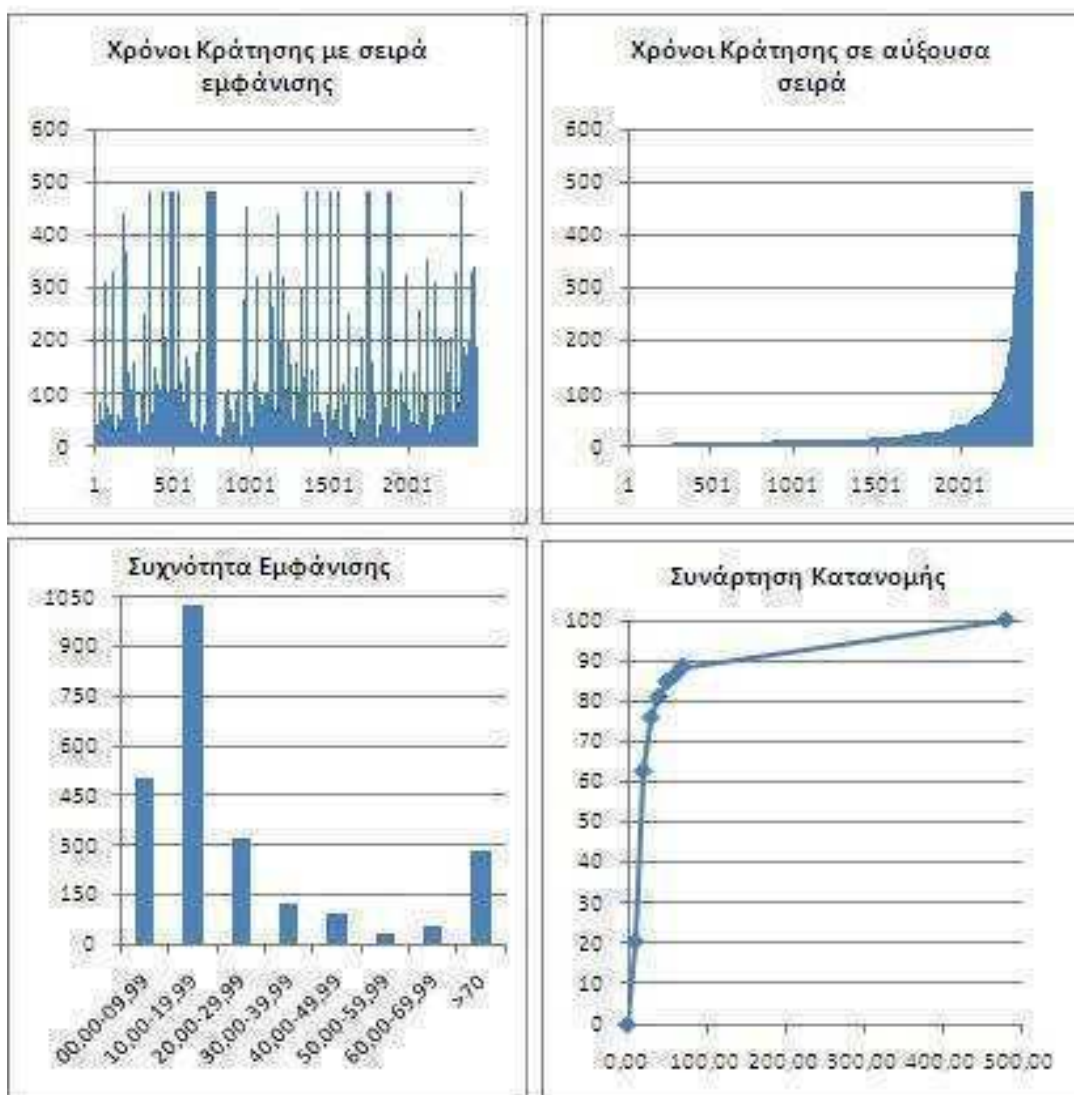
Εικόνα 6.7.2.1.1: Φόρμα Ms Excel μετά από ‘Export’ δεδομένων από query Ms Access

6.7.2.2 Επεξεργασία Δεδομένων

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα το πρώτο φύλλο της αναφοράς είναι τα δεδομένα που έχουν εξαχθεί από την Ms Access. Όλη η αναφορά περιλαμβάνει τέσσερα φύλλα, το 1^ο είναι τα δεδομένα, το 2^ο είναι το τελικό φύλλο της αναφοράς με όλα τα στατιστικά στοιχεία και τις καμπύλες δεδομένων και το 3^ο και το 4^ο είναι για την επεξεργασία των δεδομένων του πρώτου φύλλου.

Reports							
Κιόδος	Δ1		Κλίση	Μακ Κλίσης	Count	Sum Count	%
Κατηγορία Κρατήσεων	Εκτός Λειτουργίας		0	0,00	0	0	0
Ημερομηνία Κράτησης Από/Έως	01-Ιαν-05	31-Δεκ-05	00,00-09,99	9,99	499	499	20,55189458
Count	3428		10,00-19,99	19,99	1023	1622	62,68533773
Min	2		20,00-29,99	29,99	320	1842	75,86490939
Max	480		30,00-39,99	39,99	127	1969	81,09555189
Average	43,53553196		40,00-49,99	49,99	90	2059	84,80230643
Median	14		50,00-59,99	59,99	36	2095	86,28500624
Mode	10		60,00-69,99	69,99	52	2147	88,42683883
StDev	92,20726434		>70	480,00	261	2428	100
CI95%	3,667655466						
Avg-CI	39,86817349						
Avg+CI	47,20349045						
CV	2,117952611						

Οι τιμές των χρόνων κρατήσεων είναι σε λεπτά (min)



Εικόνα 6.7.2.2.1: 2^ο Φύλλο Ms Excel «Φύλλο Αναφοράς»

Στο φύλλο της αναφοράς, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.7.2.2.1 υπάρχουν τα εξής στατιστικά στοιχεία:

- Κλάδος
- Τύπος Λειτουργίας
- Περίοδος Κρατήσεων
- Πλήθος Κρατήσεων
- Ελάχιστη τιμή
- Μέγιστη τιμή
- Μέση τιμή
- Διάμεσο
- Δεσπόζουσα Τιμή
- Τυπική απόκλιση
- Διάστημα εμπιστοσύνης 95% για την μέση τιμή
- Συντελεστής Μεταβλητότητας

Καθώς και 4 διαγράμματα τα οποία είναι:

- Χρόνος Κράτησης με σειρά εμφάνισης
- Χρόνος Κράτησης σε αύξουσα σειρά
- Συχνότητα εμφάνισης
- Αθροιστική Συνάρτηση Κατανομής

Και τέλος έναν πίνακα με κλάσεις τιμών κράτησης, το σύνολο των τιμών της κλάσης και μετά τα επιμέρους αθροίσματα των κλάσεων και το επί της εκατό ποσοστό τους στο σύνολο.

Η σειρά με την οποία εξάγονται τα δεδομένα είναι η εξής. Όταν εισαχθούν τα δεδομένα από την Ms Access στην φόρμα του Ms Excel από την στήλη του “Χρόνου Κρατήσεων” βγαίνουν απευθείας όλα τα στατιστικά στοιχεία που αναφέρθηκαν πιο πάνω καθώς και το 1^ο διάγραμμα. Η στήλη αυτή επίσης μεταφέρεται στο 4^ο φύλλο όπου φιλτράρεται κατά αύξουσα σειρά και δημιουργείται το 2^ο διάγραμμα. Με βάση αυτό, καθορίζονται οι κλάσεις όπως κρίνεται κατάλληλο και από εκεί βγαίνουν αυτόματα τα διαγράμματα 3 και 4.

Στο παράρτημα περιλαμβάνονται αναφορές για κάθε κλάδο και λειτουργία για τα έτη '05, '06 και '07.

6.8 Ταξινόμηση Κρατήσεων

Τα δεδομένα που καταγράφονται στο σεντόνι αφορούν κλάδους του συστήματος και όχι το κάθε στοιχείο ξεχωριστά (π.χ. Εκσκαφείς, Ταινιοδρόμους, Αποθέτες). Στόχος, εκτός από την εύρεση κάποιων μεγεθών για τον κάθε κλάδο, είναι και η ταξινόμηση των κρατήσεων για την εύρεση αντίστοιχων μεγεθών ανά μηχανήμα ανά κλάδο.

Οι κατηγορίες εγγραφών ανά κλάδο είναι αρκετά μεγάλες σε αριθμό και αυτό αποτελεί ένα πρόβλημα ως προς την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Πολλές κατηγορίες κρατήσεων, κρίνοντας εκ του αποτελέσματος, είναι παρόμοιες. Παρόλα αυτά παρουσιάζονται σωστά ως άλλα γεγονότα. Θα πρέπει να γίνει ομαδοποίηση των κρατήσεων λαμβάνοντας υπ'όψιν ποιό μηχανήμα είναι υπό εξέταση.

Παραδείγματος χάριν ο κλάδος E1 περιλαμβάνει τα εξής υποσυστήματα. Έναν εκσκαφέα, ο οποίος συνδέεται με τον κλάδο ταινιοδρόμου T/Δ 1, ο οποίος αποτελείται ουσιαστικά από 3 τμήματα, πριν φτάσει στο κόμβο ταινιοδρόμων. Από εκεί το υλικό που εξορύσσεται κατευθύνεται στον αντίστοιχο ταινιοδρόμο που οδηγεί στον ΑΗΣ ή σε αποθέτη, και μόνο σε αποθέτη στην συγκεκριμένη περίπτωση μιας και ο συγκεκριμένος είναι εκσκαφέας υπερκειμένων.

Έχουν τεθεί οι 3 καταστάσεις λειτουργίας, Operation, Stand-By και Malfunction. Ο κλάδος E1 είναι εν σειρά συνδεδεμένος οπότε για να λειτουργεί όλο το σύστημα πρέπει να λειτουργούν όλα τα υποσυστήματά του. Άρα για να εξαχθεί η διαθεσιμότητα του κάθε υποσυστήματος πρέπει να γίνει η εξής παραδοχή.

Οι καταστάσεις λειτουργίας του κάθε υποσυστήματος περιλαμβάνουν τις εξής κρατήσεις:

- Λειτουργία (Operation): Περιλαμβάνει όλες τις κρατήσεις τύπου 1 του κλάδου και επίσης όλες τις κρατήσεις τύπου 0 και 2 όλων των υπολοίπων υποσυστημάτων. Δηλαδή εάν εξετάζεται ο Εκσκαφέας 1 του κλάδου E1 οι κρατήσεις, που οφείλονται σε αναμονές ή βλάβες των άλλων υποσυστημάτων, που παρεμποδίζουν την λειτουργία του ενώ δυνητικά μπορεί να επιτελέσει έργο, λαμβάνονται υπ'όψιν σαν ο εκσκαφέας να είναι σε λειτουργία.
- Αναμονή (Stand By): Περιλαμβάνει όλες τις κρατήσεις τύπου 2 του κλάδου.
- Βλάβη (Malfunction): Περιλαμβάνει όλες τις κρατήσεις τύπου 0 του κλάδου.

Οπότε ουσιαστικά η αλλαγή παρουσιάζεται στις κρατήσεις λειτουργίας του υποσυστήματος.

Η σημασία αυτής της ενέργειας έγκειται στην προσπάθειά εύρεσης των αδυναμιών του κλάδου. Μέσω των συγκεντρωτικών στοιχεία για τον κάθε κλάδο ανιχνεύεται ποιό υποσύστημα προκαλεί τις μεγαλύτερες καθυστερήσεις ούτως ώστε να προβούμε στις κατάλληλες ενέργειες.

ONO_K	ONO_KR	ΠλήθοςΤουΟΝΟ_ΚΡ	ΆθροισμαΤουΧΡΟ_ΚΡ	AvgΟΪΧΡΟ_ΚΡ	Τυπική_απόκλισηΤουΧΡΟ_ΚΡ
A1	Αργία (Ε-Α/ΕΟΚ)	5	1590	318	222,081066279861
A1	Αλλαγή θέσεως Καλωδίου Συν/σίας(Ε-Α/ΕΟΚ)	1	10	10	
A1	Αλλαγή θέσεως Τ.Απόθεσης (Α/ΕΟΚ)	1	12	12	
A1	Αναμονή για Αντ/ση Τμήμ.Ιμάντα (Τ/Δ-ΙΜΑ)	2	630	315	233,345237791561
A1	Αναμονή Συγκολλητών (ΙΜΑ)	2	690	345	190,918830920368
A1	Αναμονή-Ελελιψη Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	9	2940	326,666666666667	213,658606192215
A1	Αναμονή-Λειτουργία εν Κενώ (Α/ΕΟΚ)	4	74	18,5	4,43471156521669
A1	Αναμονή-Ξένα Αίτια (Ε-Α/ΕΟΚ)	695	21442	30,8517985611511	44,2454467813532
A1	Αντ/ση Μεταλλικής Ξύστρας (Τ/Δ-ΜΟΚ)	1	30	30	
A1	Αντ/ση Πλαστικής Ξύστρας (Τ/Δ-ΜΟΚ)	3	74	24,6666666666667	17,4737898961082
A1	Αντ/ση Ραούλου-ων Επιστροφής (Τ/Δ-ΜΟΚ)	3	58	19,3333333333333	17,925772879665
A1	Αντ/ση Ραούλου-ων Κυλίσεως (Τ/Δ-ΜΟΚ)	3	76	25,3333333333333	9,23760430703401
A1	Αντ/ση Τμήματος Ιμάντα (Τ/Δ-ΙΜΑ)	2	940	470	14,142135623731
A1	Αντ/ση-Επαν/ση Ραούλου Στήριξης(Τ/Δ-ΜΟΚ)	1	30	30	
A1	Αντικατάσταση Προσωπικού (Ε-Α/ΕΟΚ)	3	90	30	0
A1	Απόθεση Στεφρών (Α/ΕΟΚ)	1403	146330	104,297933000713	105,93311843141
A1	Απομάκρυνση Ξένων Αντικειμένων (ΕΟΚ)	1	30	30	
A1	Αφαίρεση-Αντ/ση ΓυλάνδαςΤ.Απόθεσ(Α/ΜΟΚ)	11	204	18,5454545454545	10,1623189908961
A1	Αφαίρεση-Αντ/ση ΓυλάνδαςΤ.Παραλ.(Α/ΜΟΚ)	21	632	30,0952380952381	27,9390493072058
A1	ΑΦΑΙΡΕΣΗ-ΕΠΑΝΑΤ/ΣΗ ΦΟΡΕΙΟΥ Τ/Δ (Τ/Δ-ΜΟΚ)	3	164	54,6666666666667	21,5715862498179
A1	Βλάβη Ηλεκτρολογική (ΗΟΚ)	37	1538	41,5675675675676	32,16670167575
A1	Βλάβη Μηχανολογική (ΜΟΚ)	4	468	117	165,8151518132985
A1	Διακοπή Ρεύματος (ΗΟΚ)	8	514	64,25	22,2309308332846
A1	Διακοπή Ρεύματος (Ε-Α/ΗΟΚ)	6	586	97,6666666666667	129,679091092846
A1	Διακόπτες 380 V Εκτός (ΗΟΚ)	2	90	45	24,0416305603426
A1	Διαμόρφωση Τραύματος (Τ/Δ-ΙΜΑ)	1	6	6	
A1	Διαμόρφωση Τραύματος Τ.Παραλαβής (Α/ΙΜΑ)	1	8	8	
A1	Διαφυγή Κεφαλής (Τ/Δ-ΕΟΚ)	1	110	110	

Εικόνα 6.8.1: Query Ταξινόμησης

7. Ανάλυση Αποτελεσμάτων/Συμπεράσματα

7.1 Εισαγωγή

Με την δημιουργία των ερωτημάτων είναι δυνατό να εξαχθούν κάποια χρήσιμα στοιχεία από μια βάση δεδομένων με τεράστιο όγκο πληροφοριών, όπως αυτή που αναλύεται επί του παρόντος. Αυτό διαπιστώθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο όπου υπάρχει μια πληθώρα αποτελεσμάτων όπως η διαθεσιμότητα, ή μεγέθη όπως οι μέσες τιμές με τις διασπορές τους ανά κλάδο κ.τ.λ.

Παρόλα αυτά τα ξερά νούμερα ακόμα και με την γραφική παράσταση, δεν είναι αρκετά για μία πλήρη ανάλυση. Αν αναχθούν αυτά τα αποτελέσματα στο επίπεδο του ορυχείου θα εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση κάποιων στοιχείων που έχουν ενδιαφέρον για τους κλάδους του ορυχείου, είτε από τα ερωτήματα που κατασκευάστηκαν στην Ms Access είτε από τις αναφορές του Ms Excel. Αυτό επιτρέπει να φανούν κάποια χαρακτηριστικά των κλάδων, τυχόν προβλήματα που προκύπτουν και να υπάρξει μια πληρέστερη κατανόηση της λειτουργίας του ορυχείου.

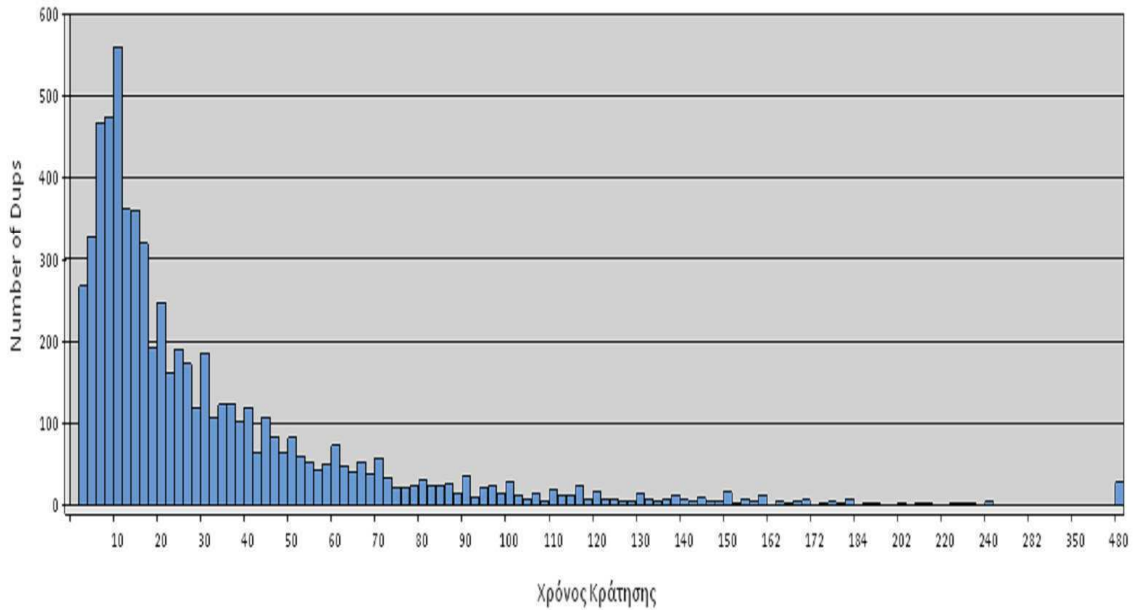
7.2 Κλάδος Εκσκαφέα E1

Η μοναδική λειτουργία του Εκσκαφέα 1 είναι η απομάκρυνση των στείρων από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την επιφάνεια του κοιτάσματος που για το ορυχείο της Πτολεμαΐδας είναι από 12 έως 230 μέτρα. Μετά την εξόρυξη τα στείρα οδηγούνται από τους ταινιόδρομους στον αντίστοιχο αποθέτη, ώστε να γίνει πλήρωση των κενών προηγούμενης εξόρυξης.

Η κατανομή που αναμενότανε για τον Εκσκαφέα E1 δεν θα έπρεπε να είναι παρόμοια με τις κατανομές τιμών των εκσκαφέων που λειτουργούν σε μικτό κύκλο λιγνίτη-στείρων. Αυτό που αναμενόταν είναι μία πιο συνεχή λειτουργία, εφόσον δεν πρέπει να γίνονται τόσες αλλαγές μεταξύ των ταινιόδρομων ανάλογα με το υλικό που εξορύσσεται. Παρόλα αυτά η μορφή της κατανομής είναι παρόμοια με αυτή των υπόλοιπων εκσκαφέων. Εμφανίζεται μεγάλο πλήθος «επαναλήψεων» κρατήσεων τύπου 0 (Malfunction) οι οποίες είναι πολύ μικρής διάρκειας, κάτω των 10 λεπτών και οι οποίες δεν συνιστούν βλάβη. Παρακάτω παρατίθενται τα δύο Γραφήματα 7.2.1 και 7.2.2 με την κατανομή των τιμών στον εκσκαφέα E1 καθώς

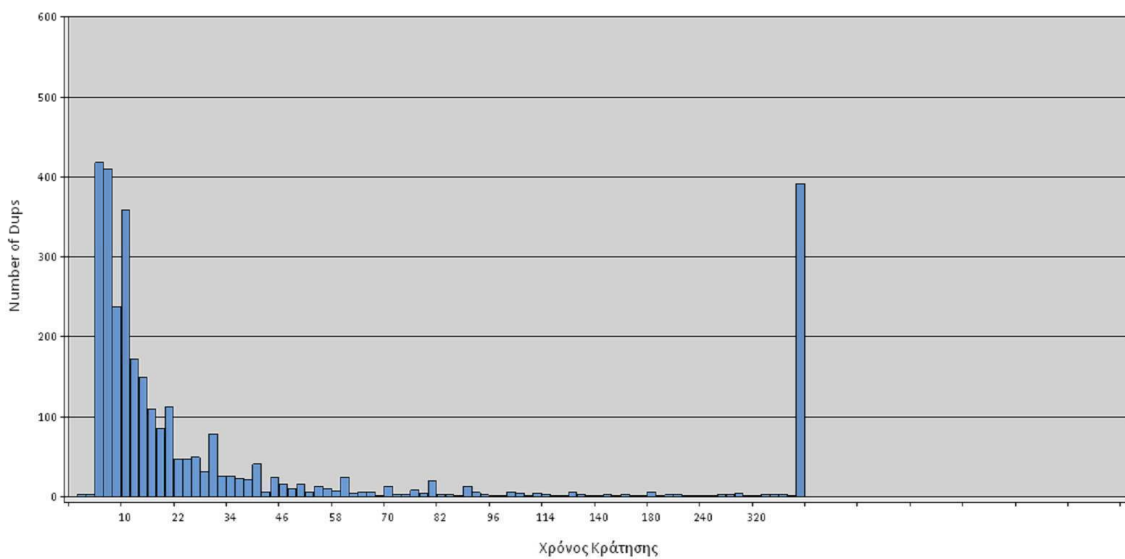
και δύο γραφήματα , 7.2.3 και 7.2.4, από τον εκσκαφέα E3 που εκτός από το ότι είναι εκσκαφέας ενδιαμέσων είναι και ο ίδιος τύπος με τον E1, δηλαδή KRUPP SchRs 2300 και παρατηρούμε ότι είναι σχεδόν όμοια.

ONO_KL Field ▾	LEI_KR Field ▾
E1	Excluding: 0



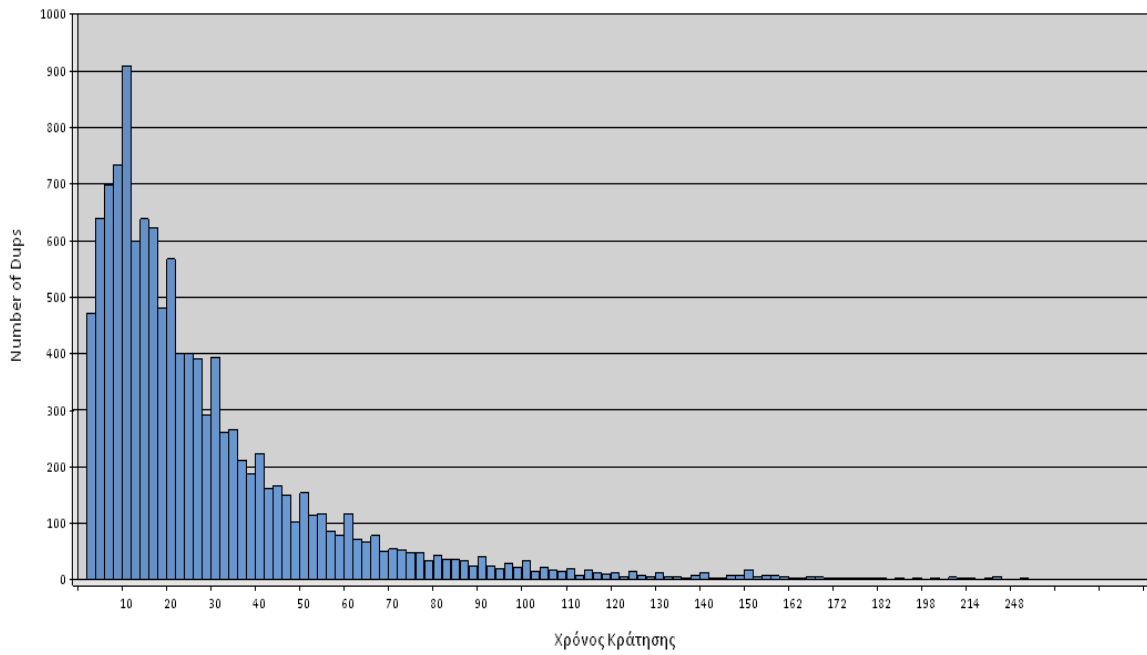
Γράφημα 7.2.1: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E1 για κατάσταση λειτουργίας 1(Operation) και 2(Stand By)

ONO_KL Field ▾	LEI_KR Field ▾
E1	0



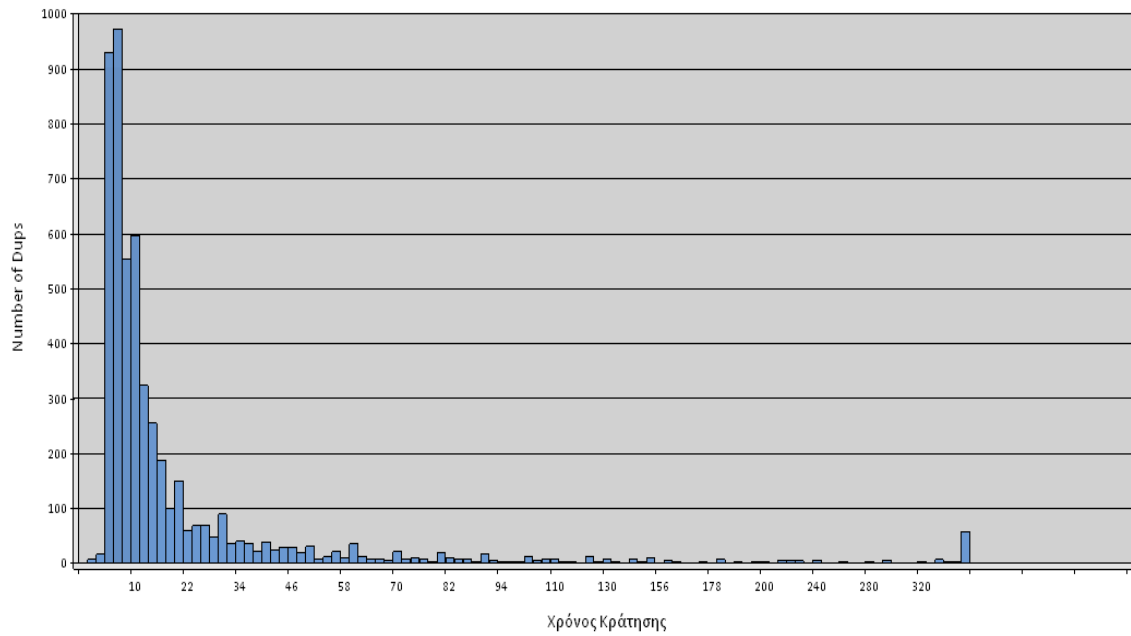
Γράφημα 7.2.2: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E1 για κατάσταση λειτουργίας 0(Malfunction)

ONO_KL Field	LEI_KR Field
E3	Excluding: 0



Γράφημα 7.2.3: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E3 για κατάσταση λειτουργίας 1(Operation) και 2(Stand By)

ONO_KL Field	LEI_KR Field
E3	0



Γράφημα 7.2.4: Κατανομή τιμών του εκσκαφέα E3 για κατάσταση λειτουργίας 0(Malfunction)

Το γεγονός αυτό οφείλεται σε 2 παράγοντες που αναλύονται παρακάτω.

- ο Θέσεις Απόθεσης: Η ρίψη των στείρων δεν γίνεται αυθαίρετα αλλά σε προκαθορισμένα σημεία. Πληρώνονται οι παλαιότερες εκσκαφές και αυτό γίνεται βάση του σχεδίου του ορυχείου. Αυτό σημαίνει ότι όταν χρειαστεί να μετακινηθεί ο αποθέτης για να ξεκινήσει η πλήρωση των κενών της εκσκαφής, για να μην υπάρχει διακοπή λειτουργίας του εκσκαφέα υπερκειμένων, αλλάζει μέσω του κόμβου την παροχή υλικού και αυτή κατευθύνεται σε άλλο αποθέτη. Φυσιολογικά δεν θα έπρεπε να εμφανίζονται τόσο πολλές αλλαγές και αυτό οφείλεται, εν μέρη στο ότι οι υπόλοιποι 6 εκσκαφείς μπορεί να εκσκάπτουν και αυτοί στείρα, ενίοτε, αλλά κυρίως στον ίδιο τον εκσκαφέα. Και αυτό είναι ο 2^{ος} παράγοντας.

- ο Δυναμικό Εκσκαφέα: Ο εκσκαφέας E1 είναι το μοντέλο SchirRs 2300 της KRUPP, ο οποίος έχει θεωρητική απόδοση εκσκαφής 6072 Lm³/h υλικού. Οι αντίστοιχοι αποθέτες της KRUPP έχουν μέγιστη απόδοση απόθεσης 5600 Lm³/h και της TAKRAF 6700 Lm³/h. Εφόσον δεν είναι ο μόνος που τροφοδοτεί με υλικό τους αποθέτες, αλλά κυρίως αυτός, και μόνο ο ένας από αυτούς τους αποθέτες μπορεί να καλύψει πλήρως την απόδοση εκσκαφής του, δημιουργείται πρόβλημα με την διάθεση των αγόνων. Αυτό διότι υπάρχει ένα επιπρόσθετο δυναμικό εκσκαφής 18532 Fm³/h το οποίο εκτός από λιγνίτη εκσκάπτει και ένα μεγάλο ποσοστό ενδιάμεσα και αυτό φαίνεται και από τις εκθέσεις της ΔΕΗ. Παραδείγματος χάριν το πρώτο τρίμηνο του 2008 οι συνολικές ώρες λειτουργίας των εκσκαφών σε υπερκείμενα (όπου εδώ συμβάλει μόνο ο E1) είναι 1030 ώρες, σε ενδιάμεσα 4372 ώρες (όπου συμβάλλουν οι υπόλοιποι 6) καθώς και 889 ώρες σε λιγνίτη. Από αυτό φαίνεται ότι, από τις περίπου 6300 ώρες συνολικής λειτουργίας οι 5300 αφορούν υπερκείμενα και ενδιάμεσα.

Λόγω των δύο παραγόντων που αναφέρθηκαν είναι λογικό να υπάρχει μεγάλη συχνότητα εμφάνισης κρατήσεων μικρής διάρκειας που οφείλονται σε αλλαγή στην παροχή υλικού στους αποθέτες από τον εκσκαφέα E1. Το δυναμικό απόθεσης φαίνεται να είναι γενικά χαμηλό και για αυτό έχει προβλεφθεί και η εγκατάσταση ενός ακόμα αποθέτη στο ορυχείο.

7.3 Ανάλυση Αναφορών Κλάδων Ορυχείου

Στο παράρτημα που ακολουθεί παρατίθενται οι αναφορές των κλάδων του ορυχείου, οι οποίες περιέχουν τα στατιστικά στοιχεία που είχαν αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Μια πιο προσεκτική ματιά στα διαγράμματα της συχνότητας εμφάνισης των κρατήσεων σε κάθε κλάδο μας δείχνει ότι τα περισσότερα είναι εκθετικές κατανομές και έχουμε και ελάχιστες Log Normal.

Μέσω του συντελεστή μεταβλητότητας (CV) μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την ευμεταβλητότητα των κατανομών και πως επηρεάζουν την λειτουργία των κλάδων.

Αυτό που παρατηρείται είναι Υψηλή Μεταβλητότητα ($>1,33$) στις κρατήσεις «Εκτός Λειτουργίας» του συνόλου των κλάδων του ορυχείου. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατόν να προκληθούν μεγάλες καθυστερήσεις, κυρίως εάν οι βλάβες είναι στο κλάδο των αποθετών.

Για να εξηγηθεί καλύτερα αυτό το φαινόμενο πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν ότι βλάβη ενός εκσκαφέα επηρεάζει μόνο τον ρυθμό προχώρησης στο μέτωπο, ενώ βλάβη στον αποθέτη επηρεάζει το δυναμικό απόθεσης και είναι δυνατό να δημιουργηθούν καθυστερήσεις στους κλάδους εκσκαφής.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Βιβλία

1. Ελληνική

- Αναστασία Μανουσάκη-Ορφανουδάκη (2004). *Κοιτασματολογία*, Εκδόσεις Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα.
- Νικόλαος Τερεζόπουλος (2003). *Μέθοδοι Υπαιθρίων Εκμεταλλεύσεων*, Εκδόσεις Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα.
- Γεώργιος Λυμπερόπουλος (2000). *Σχεδιασμός και Προγραμματισμός Παραγωγής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

2. Ξένη

- Elsayed A. Elsayed, Thomas O. Boucher (1985). *Analysis and Control of Production Systems* Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Balbir S.Dhillon (1983) *Reliability Engineering in Systems Design and Operation* Van Nostrand Reinhold Limited, 135 West 50th Street New York, New York.

Μελέτες/Δημοσιεύσεις

- Καβουρίδης Β. (2005). *Λιγνίτης και Φυσικό Αέριο στην Ηλεκτροπαραγωγή της χώρας*. Ψηφιακή βιβλιοθήκη ΤΕΕ.
- R. to Baben. (1997). *Bucket Wheel Excavators for Hard Applications and Discontinuous Transport Systems*. South African Institute of Materials Handling