



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

**Σύστημα παρακολούθησης περιβαλλοντικών
δεικτών σε ζώνες αποκατάστασης ορυχείων.**

Γκολώνης Χρυσάνθος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Μπιλάλης Δημήτριος**

Μαΐος, 2015

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Σύστημα παρακολούθησης περιβαλλοντικών
δεικτών σε ζώνες αποκατάστασης ορυχείων.**

Γκολώνης Χρύσανθος

Επιβλέπων Καθηγητής
Μπιλάλης Δημήτριος

Μάιος, 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	vi
Ελληνική Περίληψη	vii
Αγγλική Περίληψη.....	viii
Πίνακες/ Εικόνες / Διαγράμματα.....	ix

Κεφάλαιο Πρώτο

Η εξόρυξη φυσικών πόρων σε σχέση με την αειφορία και το περιβάλλον.

1.1 Εισαγωγή.....	σελ 13
1.2 Ιστορική αναδρομή του κλάδου	σελ.15
1.3 Παραγωγή υλικών από την εξορυκτική διαδικασία	σελ.17
1.3.1 Αδρανή υλικά	σελ .17
1.3.1.1 Υφιστάμενη παραγωγική δυνατότητα	σελ. 18
1.3.2 Μάρμαρο	σελ. 20
1.3.3 Βιομηχανικά ορυκτά	σελ. 21
1.3.4 Μεταλλεύματα	σελ. 21
1.4 Η φυσιογνωμία του κλάδου στην Ελλάδα	σελ. 21
1.5 Κατηγορίες εκμετάλλευσης ορυχείων	σελ. 25
1.5.1. Υπαιθριες εκμεταλλεύσεις	σελ. 25
1.5.1.1 Τύποι υπαιθρίων εκμεταλλεύσεων	σελ. 27
1.5.2 Υπόγειες εκμεταλλεύσεις	σελ. 28
1.5.2.1. Μορφές εκμετάλλευσης υπόγειων ορυχείων	σελ. 30
1.6 Εξορυκτικός κλάδος και βιώσιμη ανάπτυξη	σελ. 31
1.7 Νομοθετικό πλαίσιο	σελ. 32
1.9 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη λατομική εκμετάλλευση	σελ. 33
1.9.1 Οπτικές επιπτώσεις των ορυχείων στο περιβάλλον	σελ. 34
1.9.2 Οικολογικές επιπτώσεις των ορυχείων	σελ. 36
1.9.3. Κοινωνικές επιπτώσεις	σελ. 38
1.10 Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης στον εξορυκτικό κλάδο	σελ. 38
1.10.1 Διεθνές πρότυπο ISO 14000.....	σελ. 39
1.10.2 Δομή ISO 14000.....	σελ. 39
1.10.3 Πλεονεκτήματα του ISO 14001.....	σελ. 39
1.10.4 Κοινωνικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου – EMAS.....	σελ. 40
1.10.5 Τα οφέλη του EMAS	σελ. 41
1.10.6 Δομή του EMAS	σελ. 41
1.10.7 Σύγκριση ISO 14001 και EMAS	σελ. 42

Κεφάλαιο Δεύτερο

Το έδαφος και οι ιδιότητές του – Περιβαλλοντική αποκατάσταση

2.1 Γενικά.....	σελ. 44
2.2 Ιδιότητες εδάφους	σελ. 45
2.2.1 Φυσικές ιδιότητες εδάφους	σελ. 46
2.2.1.2 Υγρασία του εδάφους	σελ. 50
2.2.1.3 Εδαφική θερμοκρασία	σελ. 50
2.2.1.4 Χρώμα του εδάφους	σελ. 51
2.2.1.5 Πραγματική πυκνότητα	σελ. 51
2.2.2 Χημικές ιδιότητες εδάφους	σελ. 51
2.2.2.1 Η ορυκτολογική σύσταση	σελ. 52
2.2.2.2 Εναλλακτική ικανότητα	σελ. 52
2.2.2.3 Αντίδραση του εδάφους.....	σελ. 53
2.2.3 Οργανική ουσία του εδάφους	σελ. 54
2.2.4 Θρεπτικά συστατικά του εδάφους	σελ. 55
2.3 Βιοποικιλότητα.....	σελ. 57
2.3.1 Γενετική ποικιλότητα είδους	σελ. 59
2.3.1.1 Ποικιλότητα ειδών.....	σελ. 59
2.3.1.2 Ποικιλότητα οικοσυστημάτων.....	σελ. 59
2.3.1.3 Ποικιλότητα τοπίων.....	σελ. 59
2.3.1.4 Πολιτισμική ποικιλότητα.....	σελ. 59
2.3.2 Η αξία της βιοποικιλότητας	σελ. 60
2.4 Υποβάθμιση του εδάφους.....	σελ. 60
2.4.1 Διάβρωση του εδάφους	σελ. 61
2.4.2 Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης	σελ. 63
2.5 Ρύπανση του εδάφους	σελ. 64
2.5.1 Τρόποι έκθεσης των βαρέων μετάλλων	σελ. 65
2.6 Απομείωση οργανικής ουσίας	σελ. 65
2.7 Ερημοποίηση του εδάφους	σελ. 66
2.8 Αποκατάσταση ορυχείου.....	σελ. 67
2.8.1 Επιτυχία της οικολογικής αποκατάστασης	σελ. 69
2.8.2 Στόχοι αποκατάστασης	σελ. 70
2.8.3 Τεχνολογίες αποκατάστασης χημικώς υποβαθμισμένων εδαφών	σελ. 70
2.8.4 Διαμόρφωση χώρου κατά την αποκατάσταση ενός τοπίου	σελ. 72
2.8.5 Μέθοδοι αποκατάστασης της βλάστησης	σελ. 73
2.8.5.1 Υδροσπορά, γεωϋφάσματα & πλαστικά δίκτυα	σελ. 74
2.8.6 Φύτευση	σελ. 76
2.8.6.1 Οι τεχνητοί υγρότοποι ως μέσο διατήρησης της εδαφικής ποιότητας	σελ.76
2.9 Οικολογική Διαδοχή και οικολογική αποκατάσταση	σελ. 78
2.10 Παρακολούθηση ποιότητας εδαφών	σελ. 79
2.10.1 Γενικές αρχές παρακολούθησης	σελ. 79
2.11 Χρήση των δεικτών.....	σελ. 80
2.11.1 Το Πλαίσιο Πίεσης-Κατάστασης-Ανταπόκρισης.....	σελ. 80
2.11.2 Μέτρηση της βιοποικιλότητας	σελ. 81
2.12 Σκοπός της έρευνας	σελ. 84

Κεφάλαιο Τρίτο

Μεθοδολογία εργασίας

3.1 Εισαγωγή.....	σελ. 86
3.1.1 Κλιματολογικά στοιχεία.....	σελ. 87
3.1.2 Τοπιολογικά στοιχεία.....	σελ. 88
3.1.3 Βλάστηση.....	σελ. 88
3.1.4 Υδρογεωλογικά – υδρολογικά στοιχεία.....	σελ. 89
3.1.5 Πανίδα.....	σελ. 89
3.2 Πειραματικό μέρος.....	σελ. 90
3.2.1 Μέθοδοι υλικά	σελ. 90
3.2.2 Μετρήσεις Βιοποικιλότητας	σελ. 90

Κεφάλαιο Τέταρτο

Αποτελέσματα

4.1 Σύγκριση φυσικοχημικών Ιδιοτήτων εδάφους.....	σελ. 95
4.2 Αξιολόγηση Δεικτών.....	σελ. 97
4.2.1 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Brillouin.....	σελ. 98
4.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Shannon Wiener.....	σελ. 99
4.2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Simpson.....	σελ. 100
4.3 Στατιστική επεξεργασία Δεικτών.....	σελ. 101
4.3.1 Στατιστική επεξεργασία δείκτη Brillouin.....	σελ. 101
4.3.2 Στατιστική επεξεργασία δείκτη Shannon-Wainner.....	σελ. 102
4.3.3 Στατιστική επεξεργασία δείκτη Simpson.....	σελ. 102

Κεφάλαιο Πέμπτο

Συζήτηση-Συμπεράσματα –Εισηγήσεις

5.1 Συμπεράσματα	σελ. 103
5.2 Προτάσεις.....	σελ. 105

Βιβλιογραφία	σελ 106
---------------------------	---------

Παράρτημα Ι	σελ. 111
--------------------------	----------

➤ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1.1: Ποσοστιαία παραγωγή αδρανών υλικών στην επικράτεια.....	σελ.19
Διάγραμμα 4.1 : Τιμές pH του εδάφους.....	σελ. 95
Διάγραμμα 4.2 Τιμές CaCO ₃	σελ. 96
Διάγραμμα 4.3 Τιμές N	σελ. 96
Διάγραμμα 4.4 Τιμές CO ₂	σελ. 97
Διάγραμμα 4.5 Τιμές Οργανικής Ουσίας.....	σελ. 97
Διάγραμμα 4.6: Τιμές δείκτη Brillouin.....	σελ. 98
Διάγραμμα 4.7: Τιμές δείκτη Shannon.....	σελ. 100
Διάγραμμα 4.8: Τιμές δείκτη Simpson.....	σελ. 100

➤ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Κατανομή της παραγωγής αδρανών στην Ευρώπη ανά πηγή προέλευσης	σελ 17
Εικόνα 1.2: Μάρμαρα	σελ. 20
Εικόνα 1.3: Λευκόλιθος	σελ 21
Εικόνα 1.4: Εποπτικός γεωλογικός χάρτης Ελλάδος 1:1.000.000, με τις θέσεις των λατομείων αδρανών υλικών	σελ. 22
Εικόνα 1.5: Περλίτης	σελ. 24
Εικόνα 1.6: Μπετονίτης	σελ. 24
Εικόνα 1.7: Κίσηρης	σελ. 24
Εικόνα 1.8 : Μέθοδος ορθών βαθμίδων	σελ. 25
Εικόνα 1.9 . Υπολογισμός κλίσης πρανούς εκμετάλλευσης	σελ. 26
Εικόνα 1.10 : Σχηματική παράσταση υπόγειας εκμετάλλευσης που λειτουργεί με κατακρήμνιση οροφής κάτω από εξοφλημένη επιφανειακή εκμετάλλευση	σελ. 29
Εικόνα 1.11: Μεταβολή του κόστους εκμετάλλευσης συναρτήσει της μεταβολής του βάθους	σελ 29
Εικόνα 1.12: Μέθοδοι ορύξεως υπόγειων ορυχείων για την όρυξη αδρανών υλικών	σελ. 30
Εικόνα 1.13: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά βαθμίδας	σελ. 35
Εικόνα 1.14: Εγκαταλελημένα λατομεία	σελ.35
Εικόνα 2.1 Διάφοροι τύποι εδαφών	σελ. 44
Εικόνα 2.2 : Δείγμα εδαφικού ορίζοντα	σελ. 46
Εικόνα 2.3: Τριγωνικό σύστημα για την κατάταξη των εδαφών	σελ. 48
Εικόνα 2.4: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη εδαφικού σχηματισμού	σελ. 49
Εικόνα 2.5: Τύποι διάταξης σφαιρικών κόκκων	σελ. 50
Εικόνα 2.6 : Χημική μετατροπή των ορυκτών	σελ. 52
Εικόνα 2.7 : Διάβρωση εδαφών	σελ. 61
Εικόνα 2.8: Απορροή του βρόχινου νερού	σελ. 62
Εικόνα 2.9 : Ερημοποίηση του εδάφους	σελ. 66
Εικόνα 2.10: Η δομή και η λειτουργία είναι δύο χαρακτηριστικά, που έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση και στην επανάκαμψη σε ένα οικοσύστημα	σελ. 69
Εικόνα 2.11 : Μέθοδος υδροσποράς	σελ. 75
Εικόνα 3.1: Ψηφιακός Χάρτης Αντίπαρου	σελ. 86
Εικόνα 3.2 : Λατομείο Αντιπάρου	σελ. 87
Εικόνα 3.3: Βλάστηση Αντιπάρου	σελ 88
Εικόνα 3.4: Μέτρηση ειδών με τη χρήση του “quadrat”	σελ. 91
Εικόνα 4.1: Λογισμικό Ecosim	σελ. 98
Εικόνα 4.2: Λογισμικό Bio-dap	σελ. 98
Εικόνα 4.3: Λογισμικό ezANOVA	σελ. 101

➤ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Μέση χημική σύσταση κατά βάρος του φλοιού της γης	σελ.14
Πίνακας 1.2 : Υφιστάμενη παραγωγή αδρανών υλικών	σελ.18
Πίνακας 1.3: Συνολική ετήσια παραγωγή αδρανών υλικών	σελ. 20
Πίνακας 1.4. Ασφαλείς γωνίες πρανών βαθμίδων διαφόρων πετρωμάτων	σελ. 35
Πίνακας 1.5: Περιεχόμενα ISO 14000	σελ. 39

Πίνακας 1.6: Περιεχόμενα EMAS	σελ. 41
Πίνακας 1.7: Συγκριτική παρουσίαση EMAS –ISO 14001.....	σελ. 42
Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την κοκκομετρία	σελ. 47
Πίνακας 2.2: Χαρακτηρισμός των εδαφών ανάλογα με την τιμή του pH.....	σελ. 53
Πίνακας 2.3. Διεργασίες μείωσης ρυπαντικού φορτίου στους τεχνητούς Υγροτόπους	σελ. 77
Πίνακας 2.4: Δείκτης διάβρωσης	σελ. 83
Πίνακας 2.5: Δείκτης βροχόπτωσης	σελ. 83
Πίνακας 2.6: Δείκτης ξηρασίας	σελ. 84
Πίνακας 2.7: Δείκτης διαβρωτικής ικανότητας βροχής.....	σελ. 84
Πίνακας 3.1: Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού ΕΜΥ Πάρου	σελ. 87
Πίνακας 3.2 : Χρήση γης της Αντιπάρου.....	σελ. 89
Πίνακας 3.3: Εδαφικά χαρακτηριστικά λατομείου	σελ. 90
Πίνακας 3.4.1: Φυσική βλάστηση λατομείου	σελ. 91
Πίνακας 3.4.2 : Πυκνότητα βλάστησης Λατομείου ανά m ²	σελ. 91
Πίνακας 3.4.3 : Πυκνότητα βλάστησης όμορου εδάφους ανά m ²	σελ. 92
Πίνακας 4.1 : Δείκτης Brillouin.....	σελ. 98
Πίνακας 4.2: Δείκτης Shannon.....	σελ. 99
Πίνακας 4.3: Δείκτης Simpson.....	σελ. 100
Πίνακας 4.4: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Brillouin.....	σελ. 101
Πίνακας 4.5: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Shannon-Wainner.....	σελ. 102
Πίνακας 4.6: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Simpson.....	σελ. 102

Ευχαριστίες

Από την θέση αυτή θα ήθελα να εκφράσω ολόψυχα τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον Αν. Καθηγητή κ. Μπιλάλη Δημήτριο, τόσο για την ανάθεση του θέματος παρότι οι προπτυχιακές μου σπουδές δεν βοηθούσαν καθόλου στη μελέτη και στην εκτέλεση του συγκεκριμένου θέματος, όσο και για τη συνεχή καθοδήγηση, την κριτική επίβλεψη και τις εύστοχες διορθώσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής. Η ουσιαστική και συνεχή συνεργασία του ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση της ερευνητικής αυτής εργασίας. Η στήριξη του τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ανθρώπινο επίπεδο ήταν αναντικατάστατη. Ακόμη ευχαριστώ θερμά το Διδακτικό Προσωπικό του ΑΠΚΥ για την αρωγή που έδειξε καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον Δήμαρχο Αντιπάρου, κο Φαρούπο Αναστάσιο για τη βοήθεια του και τις πληροφορίες του, ώστε να εκπληρωθεί η συγκεκριμένη διατριβή. Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας του ΓΠΑ, και συγκεκριμένα τους καθηγητές κο Τραυλό Ηλία και τον κο Τσιώρο Στυλιανό που συνέβαλαν καθοριστικά στη διεκπεραίωση της εργασίας.

Τελειώνοντας θέλω να εκφράσω της ευχαριστίες μου στη σύζυγο μου Σταυρούλα και στον ιό μου Σπύρο, για την υπομονή τους που έδειξαν και την συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μελέτης.

Αθήνα, Μάιος 2015

Γκολώνης Χρυσανθος

Περίληψη

Το έδαφος είναι ένας πολύ σημαντικός φυσικός πόρος, από το οποίο εξαρτάται η οικονομία σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, όπως και η διατήρηση της χερσαίας ζωής στον πλανήτη μας.

Ο φλοιός της γης αποτελείται από 98 στοιχεία. Από τα συγκεκριμένα στοιχεία, μόνο οκτώ απαντούν σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη του 1% (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg, K). Τα συγκεκριμένα στοιχεία συνιστούν το 99% του στερεού φλοιού ενώ τα υπόλοιπα 90 στοιχεία το 1%. Τα στοιχεία Si και Al αποτελούν κατά κύριο λόγο τα ορυκτά του εδάφους.

Ο χώρος από τον οποίο εξάγονται τα χρήσιμα ορυκτά από τον επιφανειακό τόπο ή την εσωτερική γη ονομάζεται **Ορυχείο** (Καλαβρουζιώτης, 2010). Με το ίδιο όνομα φέρεται γενικά κάθε τόπος από όπου εξορύσσονται υλικά χρήσιμα κυρίως για τη λειτουργία της βιομηχανίας. Όταν τα εξορυσσόμενα υλικά είναι μέταλλα τότε ο τόπος αυτός ονομάζεται **μεταλλείο**, ενώ όταν πρόκειται για αδρανή υλικά (οικοδομικά υλικά) ονομάζεται **λατομείο** (Μενεγάκη, 2010).

Οι εκμεταλλεύσεις ορυχείων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της πρωτογενούς ανάπτυξης και έχει ιδιαίτερες θετικές επιπτώσεις, οι οποίες συμβάλλουν στην ικανοποίηση τόσο των κοινωνικών (εργασία, ασφάλεια κλπ) όσο και των οικονομικών αναγκών (αύξηση ΑΕΠ, συνάλλαγμα, εμπόριο κλπ) μιας χώρας.

Εκτός από τις θετικές επιπτώσεις που έχουν οι μεταλλευτικές δραστηριότητες, δυστυχώς έχουν και αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως η δημιουργία έντονων αλλαγών στο περιβάλλον και στο τοπίο των πλούσιων περιοχών σε ορυκτά και μεταλλευτικά περιοχών.

Τα τελευταία έτη τα περιβαλλοντικά προβλήματα από τις μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις είναι πιο έντονα και σε αυτό συνέβαλε η βελτίωση των εργαλείων, των μέσων και των τεχνικών που είχε σαν αποτέλεσμα ο άνθρωπος να μπορεί να επέμβει στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις τη θεαματική ένταση, έκταση και ρυθμό μεταβολή και συχνά καταστροφή του τοπίου.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, θα γίνει προσπάθεια να γίνουν προσιτές βασικές γνώσεις για τις **περιοχές εξόρυξης**, τα βασικά τους στοιχεία και τη διαδικασία αποκατάστασης εφαρμόζοντας δείκτες βιοπικαιότητας, στις περιοχές όπου υπάρχει εξορυκτική δραστηριότητα.

Τα στοιχεία της έρευνας αφορούν τις μεταβολές που έχει υποστεί το φυσικό περιβάλλον και ειδικότερα οι φυσικοχημικές ιδιότητες και η χλωρίδα του εδάφους της περιοχής, τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης των ορυχείων.

Η περιοχή μελέτης είναι ένα λατομείο αδρανών υλικών στην περιοχή της Αντιπάρου που βρίσκεται στο νομό Κυκλάδων. Στο συγκεκριμένο λατομείο γινόταν εξωτερική εξόρυξη πετρωμάτων, τα οποία τα χρησιμοποιούσαν για το κτίσιμο σπιτιών στην περιοχή των Κυκλάδων κυρίως στην Αντίπαρο ή για υλικά οικοδομικών κατασκευών. Το λατομείο είναι ανενεργό τα τελευταία είκοσι πέντε έτη.

Για τη μελέτη του θέματος, εξετάστηκε πώς επηρεάζονται οι χημικές και οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, από την εξορυκτική δράση στην περιοχή του λατομείου της Αντιπάρου. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, πάρθηκε τυχαίο στρωματοποιημένο δείγμα από πέντε διαφορετικά σημεία μέσα στο λατομείο και στη συνέχεια το χώμα ομογενοποιήθηκε και αποξηράνθηκε στους 110°C. Κατόπιν έγιναν μετρήσεις των χημικών και των βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι φυσικό-χημικές ιδιότητες του συγκεκριμένου λατομείου μελετούνται τα τελευταία είκοσι πέντε έτη, από το Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και ένα μέρος από τις χημικές αναλύσεις εδάφους στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας.

Στη συνέχεια με τη χρήση του πλαισίου "quadrat" το οποίο ήταν το $\frac{1}{4} \text{ m}^2$, έγιναν πέντε δειγματοληψίες εντός του λατομείου και μία εκτός του λατομείου με τη μέθοδο της επανάληψης.

Στη συνέχεια αναγνωρίστηκαν τα γένη της χλωρίδας από το Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Από τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων δημιουργήθηκαν κάποιοι δείκτες, οι οποίοι στη συνέχεια βοήθησαν να βγουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του

εδάφους με την πάροδο των ετών (υπάρχουν στοιχεία είκοσι πέντε ετών). Ακόμα πάρθηκαν στοιχεία από όμορα εδάφη της περιοχής, ώστε να υπάρξει μια συσχέτιση μεταξύ μέτρησης κάποιας περιόδου (οι κατηγορίες στα διαγράμματα είναι ανά πέντε έτη) σε σχέση με τα όμορα εδάφη.

Στη συνέχεια έγινε αξιολόγηση και εκτίμηση με τη χρήση του προγράμματος **biodap** (Anne Magurran, 1988) & Ecosim οι δείκτες Shannon, Simpson & Brillouin.

Το γενικό συμπέρασμα από τη μελέτη των παραπάνω δεικτών που αναλύθηκαν είναι, ότι οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους στο χώρο του λατομείου με την πάροδο των ετών συνεχώς βελτιώνονται. Συγκρίνοντας όμως τις ιδιότητες του εδάφους του λατομείου σε βάθος είκοσι πέντε ετών (παίρνοντας τη μέση τιμή τους), σε σχέση με τις ιδιότητες του όμορου εδάφους υπάρχει σημαντική απόκλιση.

Ακόμα η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που εφαρμόστηκε ήταν η ανάλυση διασποράς ANOVA (**Analysis of Variance**,) για επίπεδο 5%. Από τη στατιστική επεξεργασία των τριών δεικτών που παρατηρήθηκε ότι μόνο οι δύο δείκτες (Shannon- Wainner & Brillouin) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρακολούθηση αποκατάστασης ορυχείων. Ο δείκτης Simpson από τις μετρήσεις που έγιναν, παρατηρήθηκε ότι δεν μπορεί να δώσει ασφαλής συμπεράσματα.

Λέξεις κλειδιά: Ορυχεία, Περιβαλλοντική αποκατάσταση, Δείκτες βιοποικιλότητας, Αποκατάσταση, Εξόρυξη, Έδαφος, οργανική ουσία, διάβρωση, ρύπανση εδάφους.

SUMMARY

Soil is an important natural resource, which determines the economy at local and global scale, such as the preservation of terrestrial life on our planet. The earth's crust consists of 98 items. Of these elements, only eight found content greater than 1% (*O, Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg, K*). These elements constitute 99% of the crust and the remaining 90 elements to 1%. The elements *Si* and *Al* are mainly mineral soil.

The place from which useful minerals are exported from the surface location or internal earth is called Mine (Kalavrouziotis, 2010). Every place from where mined materials which are useful primarily for the operation of the industry has the same name. When extracted materials are metals then this place is called mine, while for other inert materials (building materials) it is called quarry (Menegaki, 2010).

Mining is a very important part of primary development and has specific positive impacts that contribute to the satisfaction of both social (labor, security, etc.) and economic needs (growth GDP, foreign exchange, trade, etc.) of a country.

Apart from the positive impact of mining activities, unfortunately there are negative environmental effects such as creating dramatic shifts in the environment and landscape of the areas rich in minerals and mining areas.

In recent years environmental problems from Mining is more intense and this has helped to improve the tools, instruments and techniques resulted man can intervene in the environment, resulting in many cases the dramatic intensity, extent and rate changes and often destruction of the landscape

In this dissertation, we try to make affordable basic knowledge of the mining areas, their key elements, and the recovery process by implementing biodiversity action indicators in areas where there is mining activity.

Survey data regarding the changes suffered by the natural environment and particularly the physicochemical properties and soil fauna in the area, both during and after the exploitation of mines.

The study area is an aggregates quarry in the area of Antiparos located in the prefecture of Cyclades. In this quarry the mining of rocks was external and were used for building houses in the Cyclades region mainly in Antiparos or building construction materials. The quarry is inactive for the last twenty five years.

For the study of the issue, it was examined how chemical and biological soil properties are affected by the mining activity in the quarry area of Antiparos. For achieving this purpose, stratified random sample was taken from five different points in the quarry and then the soil was homogenized and dried at 110°C. Then measurements of chemical and biological soil properties were made. The physico-chemical properties of the particular quarry are studied in the last twenty five years, from the Agriculture Laboratory of the Agricultural University of Athens and a part of the chemical soil analyzes in Agricultural Chemistry.

Then using the framework "quadrat" which was the $\frac{1}{4}$ m², five sampling procedures took places within the quarry and one outside the quarry with the method of repetition. Genera of the flora of the Agriculture Laboratory of the Agricultural University of Athens, was then recognized.

From the results of physicochemical properties some indicators were created, which then helped out firm conclusions about the behavior of the soil over the years (twenty-five year data). Even elements from neighboring territories in the region were taken, so that there is a correlation between the measurement of a period (the categories in charts are every five years) and in neighboring territories.

An evaluation and estimation using biodap program (Anne Magurran, 1988) & Ecosim the Shanon indicators, Simpson & Brillouin took place.

The overall conclusion from the study of the above indicators analyzed is that the physicochemical properties of the soil at the quarry over the years is constantly improving. Comparing but the properties of the ground quarry depth of twenty-five years (assuming the average value) with respect to the properties of the adjacent land there is no significant deviation. Even the statistical analysis of the results which was implemented was analysis dispersion ANOVA (Analysis of Variance,) for the 5% level. From the statistical processing of the three markers it was observed that only two markers (Shannon- Wainner & Brillouin) can be used in mining recovery monitoring. From the measurement made, it was observed that the Simpson Index cannot give safe conclusions.

Keywords: Mining, Environmental restoration, biodiversity indicators, Restoration, Extraction, Soil, organic matter, erosion, soil pollution.

Κεφάλαιο Πρώτο

Η εξόρυξη φυσικών πόρων σε σχέση με την αειφορία και το περιβάλλον.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Ο στερεός φλοιός της γης αποτελείται από γεωλογικά υλικά που χαρακτηρίζονται και ως πετρώματα. Με τον όρο αυτό, συγκαταλέγονται τόσο τα χαλαρά και ασύνδετα υλικά, όσο και τα καλά συγκολλημένα (Tsiambaos, Sabatakakis, 2011). Από τεχνική όμως άποψη τα πετρώματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- **Έδαφος:** Είναι ένα φυσικό συσσωμάτωμα κόκκων που μπορεί να διαχωριστεί με απλή μηχανική δράση (π.χ ανακίνηση σε νερό) (Tsiambaos, Sabatakakis, 2011) .
- **Βράχος:** Είναι ένα συσσωμάτωμα ορυκτών που συνδέονται μεταξύ τους με φυσική συγκολλητική ύλη (Tsiambaos, 2011) .

Το έδαφος είναι ένας πολύ σημαντικός φυσικός πόρος, από το οποίο εξαρτάται η οικονομία σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, όπως και η διατήρηση της χερσαίας ζωής στον πλανήτη μας. Για το έδαφος ως φυσικός σχηματισμός της επιφάνειας έχουν δοθεί πάρα πολλοί ορισμοί, επειδή χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο με ποικίλους τρόπους. Δηλαδή το έδαφος ορίζεται ανάλογα με τις εκάστοτε χρήσεις του από τον άνθρωπο. Για παράδειγμα οι μεταλλειολόγοι αντιλαμβάνονται το έδαφος ως αδρανές υλικό που πρέπει να απομακρυνθεί, ώστε να γίνει εξόρυξη στα επιθυμητά μεταλλεύματα. Αντίθετα ένας πολιτικός μηχανικός αντιλαμβάνεται το έδαφος ως υπόστρωμα των δομικών δραστηριοτήτων του και τον ενδιαφέρουν οι ιδιότητες του εδάφους που σχετίζονται με τη συνοχή, συνάφεια και σταθερότητα αυτού του υποστρώματος στα διάφορα δομικά φορτία. Οι γεωπόνοι αντιλαμβάνονται το έδαφος ως υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών και τους ενδιαφέρουν κυρίως οι ιδιότητες που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους την άρδευση κλπ.

Ο φλοιός της γης αποτελείται από 98 στοιχεία. Από τα συγκεκριμένα στοιχεία, μόνο οκτώ απαντούν σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη του 1% (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, Mg, K). Τα συγκεκριμένα στοιχεία συνιστούν το 99% του στερεού φλοιού ενώ τα υπόλοιπα 90 στοιχεία το 1%. Τα στοιχεία Si και Al αποτελούν κατά κύριο λόγο τα ορυκτά του εδάφους. Ο Πίνακας 1.1 περιγράφει αναλυτικά την επί τοις εκατό αναλογία των στοιχείων στα ανόργανα συστατικά του εδάφους.

Η μέση περιεκτικότητα του στερεού φλοιού σε μεταλλικά στοιχεία είναι αρκετά μικρή. Παρόλα αυτά μέσω διαφόρων γεωλογικών διεργασιών έχουν δημιουργηθεί στο παρελθόν τοπικές συγκεντρώσεις, στις οποίες η περιεκτικότητα σε ένα ή περισσότερα μεταλλικά στοιχεία είναι πολλαπλάσια της μέσης σύστασης του στερεού φλοιού. Όταν κάποια συγκέντρωση μπορεί να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή χρήσιμων πρώτων υλών αποφέροντας κάποιο σημαντικό κέρδος (οικονομικά συμφέρουσα/βιώσιμη εκμετάλλευση) τότε ονομάζεται **κοίτασμα (ore/mineral deposit)** (Καλαβρουζιώτης, 2010) . Στην περίπτωση όμως που η εκμετάλλευση, υπό τις δεδομένες συνθήκες, δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί γιατί δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, τότε η συγκέντρωση αυτή χαρακτηρίζεται ως **εμφάνιση (occurrence)** (Brofas, 2000).

Ο χώρος από τον οποίο εξάγονται τα χρήσιμα ορυκτά από τον επιφανειακό τόπο ή την εσωτερική γη ονομάζεται **Ορυχείο** (Καλαβρουζιώτης, 2010) . Με το ίδιο όνομα φέρεται γενικά κάθε τόπος από όπου εξορύσσονται υλικά χρήσιμα κυρίως για τη λειτουργία της βιομηχανίας. Όταν τα εξορυσσόμενα υλικά είναι μέταλλα τότε ο τόπος αυτός ονομάζεται **μεταλλείο**, ενώ όταν πρόκειται για αδρανή υλικά (οικοδομικά υλικά) ονομάζεται **λατομείο** (Μενεγάκη, 2010).

1.1.1. Καταγραφή του προβλήματος

Οι εκμεταλλεύσεις ορυχείων είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της πρωτογενούς ανάπτυξης και έχει ιδιαίτερες θετικές επιπτώσεις, οι οποίες συμβάλλουν στην ικανοποίηση τόσο των κοινωνικών (εργασία, ασφάλεια κλπ) όσο και των οικονομικών αναγκών (αύξηση ΑΕΠ, συνάλλαγμα, εμπόριο κλπ) μιας χώρας.

Εκτός από τις θετικές επιπτώσεις που έχουν οι μεταλλευτικές δραστηριότητες, δυστυχώς έχουν και αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως η δημιουργία έντονων αλλαγών στο περιβάλλον και στο τοπίο των πλούσιων περιοχών σε ορυκτά και μεταλλευτικά περιοχών. Οι συγκεκριμένες αλλαγές προέρχονται κυρίως από το γεγονός, ότι η εκμετάλλευση γινόταν ως τώρα χωρίς σχεδιασμό και επίβλεψη εκ μέρους της πολιτείας, έτσι ώστε η προστασία του τοπίου να αφήνεται κυριολεκτικά <<στην καλή διάθεση>> του εκάστοτε επιχειρηματία.

Πίνακας 1.1. Μέση χημική σύσταση κατά βάρος του φλοιού της γης (λάβετε υπόψη ότι είναι 95% πυριγενή, 4% σιτιστόλιθοι, 0.75% ψαμίτες και 0.25% ασβεστόλιθοι).

Στοιχείο	Ποσοστιαία αναλογία κατά βάρος, %
O	46.5
Si	27.6
Al	8.1
Fe	5.1
Ca	3.6
Mg	2.1
Na	2.8
K	2.6
Άλλα*	1.4

*: Εδώ μπαίνουν τα λεγόμενα ιχνοστοιχεία, τα οποία αν και δεν 'χωράνε' σε τέτοιους Πίνακες είναι τις περισσότερες φορές σημαντικότερα από τα υπόλοιπα στοιχεία για τους επιστήμονες του περιβάλλοντος.

Τα τελευταία έτη τα περιβαλλοντικά προβλήματα από τις μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις είναι πιο έντονα και σε αυτό συνέβαλε η βελτίωση των εργαλείων, των μέσων και των τεχνικών που είχε σαν αποτέλεσμα ο άνθρωπος να μπορεί να επέμβει στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις τη θεαματική ένταση, έκταση και ρυθμό μεταβολή και συχνά καταστροφή του τοπίου (Μπρόφας, 2000).

Η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου σε μια χώρα δεν τίθεται σε αμφισβήτηση, δεδομένου ότι αποτελεί μια σύγχρονη κοινωνική και οικονομική αναγκαιότητα. Ιεραρχώντας τις ανάγκες παρατηρούμε ότι πολύ σημαντική ανάγκη αποτελεί και η προστασία του περιβάλλοντος, δεδομένης της προσφοράς του σε αναντικατάστατα προϊόντα και υπηρεσίες και μάλιστα στο διηνεκές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι οποιεσδήποτε επεμβάσεις του ανθρώπου θα πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή και σεβασμό προς το περιβάλλον. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, η εταιρεία που θα εκμεταλλεύεται ένα ορυχείο, θα πρέπει να εκπονεί τις παρακάτω μελέτες και τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης όπως:

- Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Μελέτες αποκατάστασης της περιοχής.
- Εφαρμόζει συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης (ISO 14000 & EMAS)

Στις παραπάνω μελέτες θα πρέπει να περιλαμβάνεται η περιοχή προς εκμετάλλευση, η σωστή χωροθέτηση, η ελαχιστοποίηση της επιφάνειας που θα καταλαμβάνει η εκμετάλλευση, τον περιορισμό των επιπτώσεων, τη βελτίωση των δυσμενών συνθηκών, την χρησιμοποίηση των κατάλληλων υλικών και μεθόδων αποκατάστασης, καθώς και την καλύτερη επιλογή των φυτικών ειδών, ώστε η περιβαλλοντική αποκατάσταση να όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη με αποτέλεσμα η αλλοίωση του περιβάλλοντος να είναι η μικρότερη δυνατή. (Ζορπάς, 2011)

1.1.2 Παράγοντες εκμετάλλευσης ορυχείου

Η εκμεταλλευσιμότητα ενός κοιτάσματος είναι συνάρτηση πάρα πολλών παραγόντων, όπως:

1. **Η περιεκτικότητά του σε χρήσιμα συστατικά:** Η περιεκτικότητα του κοιτάσματος η είναι μετρούμενη σε ποσοστό επί % ή ppm πρέπει να υπερβαίνει το κατώτερο όριο εκμεταλλευσιμότητας (cut-off grade), ένα όριο που τίθεται, κυρίως, από τεχνολογικούς και οικονομικούς περιορισμούς.

2. **Ο τρόπος εμφάνισης του μεταλλεύματος:** Ο ιστός, τα υποπροϊόντα και τα σύνδρομα ορυκτά παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο.

3. **Τα αποθέματά του:** Ένα απόθεμα, ανάλογα με το βαθμό βεβαιότητας διακρίνονται σε βέβαια, δυνατά και πιθανά . **Βέβαιο** απόθεμα χαρακτηρίζεται το απόθεμα που έχει εξακριβωθεί με βάση συστηματική δειγματοληψία, εκτεταμένη γεωτρητική έρευνα και γεωφυσικές, γεωχημικές διασκοπήσεις. Στην περίπτωση όμως που η παραπάνω έρευνα δεν είναι πλήρως εμπειριστατωμένη, τότε ένα απόθεμα χαρακτηρίζεται ως **πιθανό**. Ενώ λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή έκτασή του κοιτάσματος, τη γεωμετρία του, και τους τεκτονικούς και τους στρωματογραφικούς παράγοντες, υπολογίζονται τα **δυνατά** αποθέματα.

4. **Ο τρόπος εξόρυξης:** Ο τρόπος εξόρυξης ενός αποθέματος είναι υπαίθριος ή υπόγειος.

5. **Ανάγκη για έργα υποδομής:** οδικά, κτιριακά έργα κ.λπ.

6. **Κόστος μεταφοράς μεταλλεύματος:** οδική, μεταφορά με πλοία σιδηροδρομική μεταφορά.

7. **Η δυνατότητα απόληψής του:** Η δυνατότητα απόληψης ενός αποθέματος εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Η γεωγραφική θέση.
- Οι υδρολογικές συνθήκες της περιοχής.
- Οι Γεωμορφολογικές συνθήκες της περιοχής .
- Η εγγύτητα σε κατοικημένη περιοχή.

Οι χώροι με ιστορικό, αρχαιολογικό ενδιαφέρον κ.λπ.

8. **Το επίπεδο της τεχνολογίας:** Το επίπεδο της τεχνολογίας στις λατομικές εργασίες είναι πάρα πολύ σημαντικό τόσο σε θέματα εξόρυξης και εμπλουτισμού, όσο και σε θέματα αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις εργασίες της εξόρυξης.

9. **Η τιμή των ορυκτών:** Η διακύμανση της τιμής των ορυκτών είναι δυνατόν να επιτρέψει την εκμετάλλευση φτωχών κοιτασμάτων ή κοιτασμάτων με μεγάλο κόστος εξόρυξης και αντίστοιχα να οδηγήσει σε κλείσιμο μεταλλεία με μεγαλύτερο κόστος.

10. **Η πολιτική κατάσταση της χώρας:** δικτατορίες, πόλεμοι κ.λπ.

11. **Της επέμβασης των cartel:** διαμόρφωση των τιμών των προϊόντων.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά γίνεται φανερό ότι είναι δυνατό μια συγκέντρωση να μπορεί υπό προϋποθέσεις να αποτελεί κοιτάσμα σε μια περιοχή και εμφάνιση σε μια άλλη. Ομοίως ένα κοιτάσμα, το οποίο σήμερα θεωρείται ασύμφορο προς εκμετάλλευση, στο μέλλον ίσως να μπορεί να καταστεί εκμεταλλεύσιμο. Η δυναμική αυτή κατάσταση είναι παρούσα σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός μεταλλείου, τα όρια του κοιτάσματος συρρικνώνονται ή διευρύνονται με κάθε αλλαγή στην τιμή πώλησης, στο κόστος παραγωγής ή τη διαθεσιμότητα νέων ερευνητικών στοιχείων.

1.2 Ιστορική αναδρομή του κλάδου

Η ιστορία της μεταλλευτικής ξεκινά ταυτόχρονα την ίδια χρονική περίοδο με την ιστορία της γεωργίας. Για την καλλιέργεια της γης ο άνθρωπος χρειάστηκε εργαλεία, με αποτέλεσμα να στραφεί προς την γη για να βρει τις κατάλληλες πέτρες που θα χρησιμοποιούσε είτε για μύτες στα βέλη του είτε για να αλέσει το σιτάρι.

Με την ανακάλυψη αυτοφυών μετάλλων, όπως ο χρυσός, ο χαλκός, και ο άργυρος, ο άνθρωπος πέρασε από την λίθινη περίοδο στην περίοδο των μετάλλων. Από το 5000 π.Χ. περίπου αρχίζει η Εποχή του Χαλκού και στη συνέχεια ακολουθεί η Εποχή του Σιδήρου (1500 π.Χ. έως 1780 μ.Χ. περίπου), η Βιομηχανική Επανάσταση (ή «Εποχή του Χάλυβα»: 1780–1945) και η Πυρηνική Εποχή (1945 έως σήμερα).

Αρκετά σημαντικά σημεία στην ανθρώπινη ιστορία συνδέονται με την έρευνα για ορυκτά ή με την ανακάλυψη νέων εφαρμογών χρήσης αυτών των ορυκτών, από το ταξίδι του Μάρκο Πόλο στην Κίνα και την ανακάλυψη του Νέου Κόσμου τον 16ο αιώνα, έως την εποίκηση της Αυστραλίας και τον Πυρετό του Χρυσού που έφερε χιλιάδες χρυσοθήρες στο Γιούκον του Καναδά.

Στις αρχές του 19ου αιώνα, εμφανίστηκε η επιστήμη της γεωλογίας. Σχεδόν ταυτόχρονα δημιουργήθηκαν και οι πρώτες σχολές μηχανικών μεταλλείων για να καλυφθούν οι ανάγκες της βιομηχανικής επανάστασης σε ειδικευμένους επιστήμονες: το 1716 η Σχολή Μεταλλείων στο Γιοακίμσταλ, της Βοημίας (Γιάχιμοφ της σημερινής Τσεχίας), το 1765 η Ακαδημία Μεταλλείων της Φραϊβέργης στην Σαξονία, το 1777 η Ακαδημία Μεταλλείων της Ισπανίας, το 1783 η Σχολή Μεταλλείων του Παρισιού, το 1792 το Βασιλικό Κολέγιο Μεταλλευτικής της Πόλης του Μεξικού, κ.ά

Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, η εκμετάλλευση ορυκτών πρώτων υλών πήρε τεράστιες διαστάσεις, χάρη στην ανακάλυψη της δυναμίτιδας (1866) και της μηχανοποίησης της εξόρυξης, καθώς και από την κατακόρυφη αύξηση της κατανάλωσης από τον άνθρωπο. Πολλές μεταλλευτικές επιχειρήσεις — κυρίως ευρωπαϊκών και αμερικανικών συμφερόντων απέκτησαν μεγάλη οικονομική ισχύ και αναπτύχθηκαν σε όλα τα μέρη του κόσμου. Η μεγάλη εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου χωρών του Τρίτου Κόσμου από αυτές τις εταιρείες οδήγησε σε εκρηκτικές καταστάσεις με δραματικές συνέπειες. Τέτοιες καταστάσεις ήταν, για παράδειγμα, το ρατσιστικό καθεστώς απαρτχάντ στην Νότιο Αφρική, οι αδιάκοπες ταραχές στο Ζαΐρ για τα μεταλλεία της Κατάνγκα, η δικτατορία στην Χιλή το 1973 μετά την εθνικοποίηση των χαλκωρυχείων, και οι μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις στην δεκαετία του 1970 μετά την ραγδαία αύξηση των τιμών του αργού πετρελαίου από το καρτέλ του ΟΠΕΚ.

Η αλόγιστη χρήση πρώτων υλών οδήγησε επίσης σε εξάντληση πολλών αποθεμάτων. Τα μεταλλεύματα προς εκμετάλλευση άρχισαν να μειώνονται. Ήδη ο ορίζοντας της πλήρους εξάντλησης των κοιτασμάτων πετρελαίου τοποθετείται γύρω στο 2100. Αναγκαστικά ο άνθρωπος στρέφεται προς την ανακύκλωση και τη χρήση τεχνολογιών λιγότερο ενεργοβόρων. Παρ' όλα αυτά, η μεταλλευτική δραστηριότητα θα εξακολουθήσει να έχει σημαντικό ρόλο στην ζωή του ανθρώπου, γιατί σχεδόν όλα τα ανθρώπινα δημιουργήματα προέρχονται από τη γη.

Στην Ελλάδα από την εποχή της αρχαιότητας η λατομική δραστηριότητα στα λατομεία είχαν πάντα σημαντική θέση στην οικονομική ζωή. Σήμερα οι πάσης φύσεως δραστηριότητες αυτές, είτε είναι επιφανειακές, είτε υπόγειες, διέπονται από τον Μεταλλευτικό Κώδικα, αποτελώντας ιδιαίτερο είδος Δικαίου, το λεγόμενο Μεταλλευτικό Δίκαιο. Στην αρχαία Αθήνα χρησιμοποιήθηκε ο άργυρος από τα μεταλλεία του Λαυρίου και τα μάρμαρα της Πεντέλης για την κατασκευή του Παρθενώνα. Ομοίως και ο Μέγας Αλέξανδρος στηρίχθηκε στον χρυσό του Παγγαίου για να χρηματοδοτήσει την εκστρατεία του κατά των Περσών.

Στα νεότερα ιστορία, τα μεταλλεία του Λαυρίου αποτέλεσαν τον πρώτο βιομηχανικό χώρο της Ελλάδας. Η σμύριδα στην Νάξο, τα σιδηρομεταλλεύματα στην Θάσο και στην Σέριφο, τα αργυρομεταλλεύματα και η βαρυτίνη στην Μύκονο, ο λευκόλιθος στο Μαντούδι, και ο χρωμίτης και ο αμιάντος στην Κοζάνη αποτέλεσαν σημαντική πηγή εισοδημάτων για την χώρα για πολλές δεκαετίες, αλλά και αφορμή σημαντικών κοινωνικών αλλαγών.

Το 1950 στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ιδρύεται η Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών και το 1989 λειτούργησε και το Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Σήμερα η Ελλάδα συγκαταλέγεται στους σημαντικούς Ευρωπαίους παραγωγούς βωξίτη, μικτών θειούχων μεταλλευμάτων, σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων, λευκόλιθου, μπεντονίτη, ελαφρόπετρας (θηραϊκή γη), μαρμάρων και άλλων μεταλλικών και μη μεταλλικών (βιομηχανικών) ορυκτών. Η μεταλλευτική εργασία συμβάλλει και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γνωστό ότι το 56% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ελλάδα προέρχεται από την καύση λιγνίτη, ο οποίος εξορύσσεται σε λιγνιτωρυχεία της Βορείου Ελλάδας και της Πελοποννήσου.

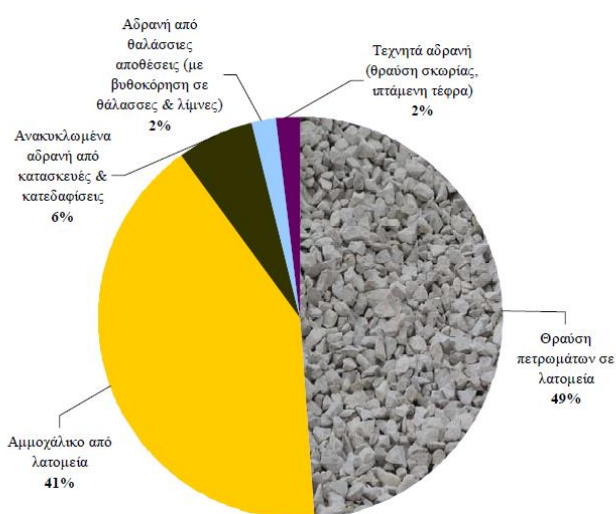
1.3 Παραγωγή υλικών από την εξορυκτική διαδικασία

Τα υλικά που παράγονται από την εξορυκτική διαδικασία είναι τα παρακάτω:

- **Αδρανή υλικά.**
- **Λιγνίτες.**
- **Μάρμαρα.**
- **Βιομηχανικά ορυκτά.**
- **Μεταλλεύματα.**

1.3.1 Αδρανή υλικά

Ως *αδρανή* ορίζονται τα λεπτομερή ή κοκκώδη υλικά, τα οποία είτε έχουν φυσική προέλευση (χαλίκι και άμμος) είτε προέρχονται από τη θραύση πετρωμάτων με τη βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού, τα οποία αφού συνδεθούν με τσιμέντο, πίσσα, ασβέστη ή ακόμη και ως έχουν, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κτιρίων ή δομικού έργου. Ονομάζονται αδρανή γιατί η πλειονότητα τους δεν αντιδρά χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες (Κατσούλη, 2011). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως «αδρανή κατασκευών» και χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή σκυροδέματος, κυβόλιθων για δρόμους κονιαμάτων, καναλιών απορροών, ή ακόμη ως πληρωτικό υλικό σε κατασκευές και έρμα σε σιδηροδρομικές γραμμές.



Εικόνα 1.1 Κατανομή της παραγωγής αδρανών στην Ευρώπη ανά πηγή προέλευσης (Κατσούλη, 2011).

Επίσης στη βιβλιογραφία έχουν εμφανιστεί τελευταία νέοι όροι, όπως *ανακυκλωμένα αδρανή* και *τεχνητά αδρανή*, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν προϊόντα που έχουν διαφορετική προέλευση από τα συμβατικά αδρανή υλικά. Τα *ανακυκλωμένα αδρανή* υλικά προέρχονται από ανακύκλωση Αποβλήτων Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (ΑΚΚ), και περιλαμβάνουν για παράδειγμα σπασμένο σκυρόδεμα, κατεστραμμένα τούβλα, τοιχοποιίες και πλινθοδομές, ενώ τα *τεχνητά αδρανή* παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες κατά τη διάρκεια επεξεργασίας ή επανεπεξεργασίας αποβλήτων, παραπροϊόντων και υπολειμμάτων (Κατσούλη, 2011). Τα *τεχνητά αδρανή* σε αρκετές περιπτώσεις στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως *δευτερογενή αδρανή*. Επιπρόσθετα, *εξορυκτικά* (ή μεταλλευτικά) *απόβλητα*, προερχόμενα αντίστοιχα από τις εργασίες εξόρυξης, έρευνας, επεξεργασίας και αποθήκευσης ορυκτών πόρων ή και την εν γένει δραστηριότητα σε λατομεία/ορυχεία, μπορούν να επεξεργαστούν για την παραγωγή αδρανών.

Το 65% των αδρανών που καταναλώνονται ετησίως στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται για τις κατασκευές κτιριακών εγκαταστάσεων. Η χρήση των αδρανών υλικών στα κτήρια εφαρμόζεται κυρίως στις χώρες με υψηλή σεισμικότητα, όπου τα κτίρια θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά και το σκυρόδεμα είναι το βασικό κατασκευαστικό υλικό. Για παράδειγμα, για την κατασκευή ενός ελληνικού σπιτιού με εμβαδόν 120m² σε περιοχή που έχει υψηλή σεισμικότητα χρειάζονται 180 m³ (ή περισσότεροι από 400 τόνοι) σκυροδέματος. Σημειώνεται ότι το 70-80% του σκυροδέματος αποτελείται από αδρανή υλικά. Δημόσια κτίρια όπως νοσοκομεία, σχολεία, και αθλητικές εγκαταστάσεις απαιτούν επίσης σημαντικές ποσότητες αδρανών. Σύμφωνα με δεδομένα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αδρανών (2010), για κάθε νέο σχολείο απαιτούνται περίπου 3.000 τόνοι αδρανών, ενώ ένα νέο στάδιο μπορεί να χρειαστεί έως και 300.000 τόνους αδρανών. Για αυτές τις ειδικές εφαρμογές (π.χ. κατασκευές κτιρίων), τα αδρανή χρησιμοποιούνται είτε έμμεσα υπό μορφή τσιμέντου και ασβέστη (παράγονται από πύρωση του ασβεστόλιθου) είτε άμεσα, ως έχουν, στο σκυρόδεμα και στα κονιάματα. [Πηγή: *Annual Review 2010-2011*, UEPG, <http://www.uepg.eu/>].

Τα αδρανή υλικά είναι ιδιαίτερος σημαντικά και στις εργασίες υποδομών, όπως για παράδειγμα στην κατασκευή των δρόμων. Για παράδειγμα στην κατασκευή ενός χιλιομέτρου εθνικής οδού, χρειάζονται περίπου 30.000 τόνοι αδρανών υλικών, τα οποία τοποθετούνται στη βάση του δρόμου ή στα μίγματα πίσσας ή σκυροδέματος στην επιφάνεια. Ποσότητες που αντιστοιχούν στο 20% της ετήσιας Ευρωπαϊκής κατανάλωσης αδρανών χρησιμοποιούνται σε κατασκευές δρόμων, αεροδιαδρόμων, σιδηροδρομικών γραμμών και πορθμείων.

Εκτός των παραπάνω χρήσεων, συγκεκριμένες ποιότητες ασβεστολιθικών θραυσμένων αδρανών υλικών χρησιμοποιούνται σε σκόνη ή σε κοκκώδη μορφή σε πολλές άλλες εφαρμογές όπως:

- Ζωοτροφές.
- Χημική βιομηχανία (χρώματα, πλαστικά) κλπ.
- Βιομηχανία υάλου και ζάχαρης.

Η ζήτηση των αδρανών είναι άμεσα συνδεδεμένη με το βαθμό επισκευής και συντήρησης των υφιστάμενων κτιρίων και το μέγεθος των έργων υποδομών.

Τα αδρανή υλικά επειδή είναι αρκετά ογκώδης και βαριά, χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες, το κόστος τους επιβαρύνεται σημαντικά από το κόστος μεταφοράς τους. Γι' αυτό, οι περισσότερες αγορές είναι περιφερειακές ή τοπικές ενώ το διεθνές εμπόριο είναι σχετικά περιορισμένο. Για την εξυπηρέτηση των αναγκών των τοπικών και περιφερειακών αγορών, ώστε να μειωθούν τα κόστη μεταφοράς και οι σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, π.χ. εκπομπές CO₂, απαιτείται η δημιουργία ενός επαρκούς δικτύου λατομείων.

Η συνολική ζήτηση για αδρανή υλικά στην Ευρώπη, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία που έχουν δημοσιευθεί στην ετήσια έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Αδρανών για την περίοδο 2010-2011, είναι περίπου 3 δισεκατομμύρια τόνοι ετησίως. Ο τομέας των αδρανών παρουσιάζει κύκλο εργασιών περίπου 20 δισ. ευρώ και μέση κατανάλωση 5,5 τόνους ανά κάτοικο ετησίως. Επίσης σύμφωνα με την ίδια πηγή, στην βιομηχανία των αδρανών υλικών

περιλαμβάνονται περίπου 16.000 επιχειρήσεις (κυρίως μικρομεσαίες) που λειτουργούν 24.000 λατομεία σε όλη την Ευρώπη και απασχολούν άμεσα ή έμμεσα 300.000 ανθρώπους. Όλα αυτά καθιστούν τον κλάδο των αδρανών υλικών με διαφορά τον μεγαλύτερο ανάμεσα στις μη ενεργειακές εξορυκτικές βιομηχανίες.

Εμπειρικά δεδομένα δηλώνουν ότι σε μερικές αναπτυγμένες ευρωπαϊκές χώρες, η ετήσια ζήτηση αδρανών μπορεί να φτάσει μέχρι και 12 τόνους/κάτοικο. Ωστόσο και ο κλάδος υποφέρει σε μεγάλο βαθμό από την παγκόσμια οικονομική κρίση, έχοντας υποστεί το 2013 συρρίκνωση περίπου 30% σε σύγκριση με το 2008. Σε αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η μείωση της παραγωγής συνεχίστηκε λόγω της ύφεσης και το 2014.

Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται ότι η ζήτηση για αδρανή υλικά θα ανακάμψει σύντομα στα επίπεδα του 2008 (3,5 δισ. τόνους), και θα πλησιάσει μεσοπρόθεσμα τους 4 δισ. τόνους, κυρίως λόγω της οικονομικής ανάπτυξης στην Κεντρική και Ν.Α Ευρώπη. Αυτή η αυξανόμενη ζήτηση πρέπει να αποτυπωθεί στις εθνικές πολιτικές για την αξιοποίηση του ορυκτού πλούτου, όπως επίσης και στο χωροταξικό σχεδιασμό. [Πηγή: *Planning policies and permitting procedures to ensure the sustainable supply of aggregates in Europe, University of Leoben (2010)*]

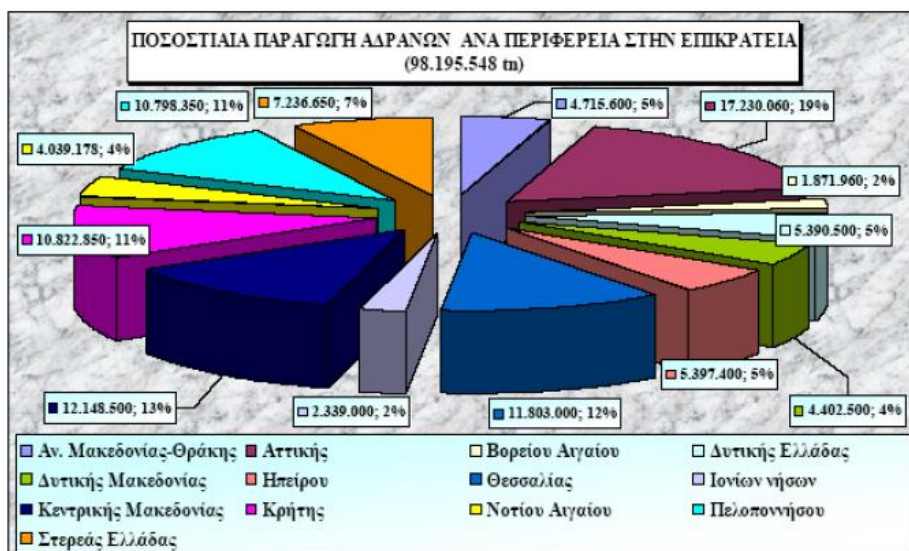
1.3.1.1 Υφιστάμενη παραγωγική δυνατότητα

Στην Ελλάδα η ετήσια παραγωγή των θραυστών αδρανών υλικών, με βάση τα απογραφικά τα απογραφικά στοιχεία έχουν συγκεντρωθεί από τις εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διετία 2007-2008 στα πλαίσια της εκπόνησης του Άτλαντα των λατομείων της χώρας, ανήλθε στο ποσό των 98.195.548 τόνων, που προήλθε από τις παρακάτω περιφέρειες:

Πίνακας 1.2 : Υφιστάμενη παραγωγή αδρανών υλικών (Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

α.α	Περιφέρεια	Τόνοι	ποσοστό
1	Αττικής	17.230.060	19%
2	Κεντρικής Μακεδονίας	12.148.500	13%
3	Θεσσαλίας	11.803.000	12%
4	Κρήτης	10.822.850	11%
5	Πελοποννήσου	10.789.350	11%
6	Στερεά Ελλάδα	7.236.650	7%
7	Ηπείρου	5.397.400	5%
8	Δυτικής Ελλάδας	5.390.500	5%
9	Αν. Μακεδονίας Θράκης	4.715.600	5%
10	Δυτικής Μακεδονίας	4.402.500	4%
11	Νοτίου Αιγαίου	4.039.178	4%
12	Ιονίων νήσων	2.339.000	2%
13	Βορείου Αιγαίου	1.871.960	2%
	Σύνολο	98.195.548	

Τα ποσοστά των παραπάνω αδρανών υλικών ανά περιφέρεια παρουσιάζονται αναλυτικά στο γράφημα 1.1.



Γράφημα 1.1: Ποσοστιαία παραγωγή αδρανών υλικών στην επικράτεια (Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

Η συνολική ετήσια παραγωγή, κατανέμεται στα διάφορα κλάσματα των παραγόμενων λατομικών υλικών σύμφωνα με τον πίνακα 1.3

Πίνακας 1.3: Συνολική ετήσια παραγωγή αδρανών υλικών (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

α.α	Υλικό	Τόνοι	Ποσοστό
1	Άμμος	35.565.679	35%
2	Χαλίκι	22.114.402	23%
3	Ψηφίδα-γαρμπίλι	13.760.932	14%
4	Σκύρα/ Πέτρα	13.290.664	14%
5	3Α	13.463.871	14%
	Σύνολο	98.195.548	

1.3.2 Μάρμαρο

Το μάρμαρο είναι ένα από τα βασικότερα προϊόντα του υπεδάφους της χώρας. Από άποψη της συνολικής αξίας παραγωγής, του συνολικού αριθμού του εργατικού δυναμικού που απασχολεί ο κλάδος καθώς και των εξαγωγών, το μάρμαρο συναγωνίζεται ορυκτές ύλες που παράγονται στην Ελλάδα, όπως είναι ο βωξίτης, ο λευκόλιθος, ο χρωμίτης, κλπ.

Ο κλάδος του μαρμάρου παρουσιάζει τα παρακάτω δυο ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

1. Τη μεγάλη εξάπλωση που εμφανίζεται στη λατομική και τη βιομηχανική δραστηριότητα στον τομέα του μαρμάρου σε όλο σχεδόν τον Ελληνικό χώρο, καθώς και τα σημαντικά αποθέματα.

2. Ο δυναμισμός του κλάδου, που γίνεται φανερός από την εξέλιξη που παρουσίασε ειδικά τα τελευταία 20 χρόνια. Παρόλο ότι πρόκειται για ένα υλικό του οποίου η εκμετάλλευση και η ύπαρξη στη χώρα πραγματοποιείται από την αρχαιότητα, η παραγωγή έχει σημειώσει μια αλματώδη αύξηση τα τελευταία 20 χρόνια, καθώς έχει αυξηθεί σχεδόν κατά πέντε φορές.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις το 3-4% ότι καλύπτουν τις ανάγκες της εγχώριας μεταλλευτικής δραστηριότητας.

Πρόκειται για έναν ιδιαίτερα σημαντικό κλάδο της ελληνικής οικονομίας, με σαφή εξαγωγικό προσανατολισμό (25% περίπου της παραγωγής). Κρίσιμες παράμετροι για τον προσδιορισμό του βαθμού απόληξης αλλά και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι ο τεκτονισμός του κοιτάσματος και οι δυνατότητες αξιοποίησης των εξαιρετικά μεγάλων ποσοτήτων στείρων υλικών.



Μάρμαρα

Βρίσκεται: Διάσπαρτα σ' όλη τη χώρα
Χρήσεις: διακόσμηση, τέχνη, οικοδομή,
κατασκευές

Εικόνα 1.2: Μάρμαρα (Πηγή: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Σ.Μ.Ε.)

1.3.5 Βιομηχανικά ορυκτά

Στην κατηγορία των βιομηχανικών ορυκτών και των διαφόρων σπάνιων πετρωμάτων συμπεριλαμβάνονται όλα τα λατομικά ορυκτά εκτός από τα αδρανή υλικά και τα μάρμαρα, τα οποία παρουσιάζουν έντονο οικονομικό ενδιαφέρον και δεν ανήκουν στα μεταλλικά ορυκτά ή στις ενεργειακές πρώτες ύλες.

Στην Ελλάδα παράγονται αρκετά βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα, όπως μπεντονίτης, καολίνη, βαρύτης, αστρίους, γύψος, χουντίτης, κιμωλία, περλίτης, ποζολάνη, κίσηρης, χαλαζιακή άμμο, χαλαζία, αργίλους και μάργες πλινθοποιίας, κεραμοποιίας και τσιμεντοβιομηχανίας, κ.ά. Μεγάλες ποσότητες από αυτές εξάγονται, κυρίως σε επεξεργασμένη μορφή.

Τα βιομηχανικά ορυκτά καλύπτουν το 3%, περίπου, της μεταλλευτικής δραστηριότητας και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι η χρησιμότητά τους δεν βασίζεται από μία και μόνο παράμετρο αλλά στηρίζεται στο σύνολο των φυσικών και μηχανικών τους ιδιοτήτων. Βασική παράμετρος για την αξιοποίησή τους σε διάφορες χρήσεις είναι ο βαθμός κατεργασίας, που πρέπει να υποστεί η πρώτη ύλη, ο οποίος είναι συνάρτηση του βαθμού της χημικής και ορυκτολογικής καθαρότητας που απαιτείται, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται η πρώτη ύλη.

1.3.6 Μεταλλεύματα

Η παραγωγή μεταλλικών ορυκτών στην Ελλάδα σήμερα συνίσταται στην εξόρυξη βωξίτη, νικελίου, μεικτών θειούχων και χρωμίτη. Ακόμα, έχουν ανακαλυφθεί σημαντικά κοιτάσματα χρυσού, κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα, η εκμετάλλευση των οποίων δεν έχει καταστεί μέχρι σήμερα δυνατή, κυρίως για περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς λόγους. Καλύπτουν το 1,5-2%, περίπου, της ελληνικής μεταλλευτικής δραστηριότητας. Κρίσιμη παράμετρος είναι η περιεκτικότητα του κοιτάσματος.

1.4 Η φυσιognωμία του κλάδου στην Ελλάδα

Η ελληνική φύση έχει δώσει σημαντικό ορυκτό πλούτο ο οποίος συνίσταται από μεγάλη ποικιλία ορυκτών και μεταλλευμάτων, με σημαντικά βιομηχανικό ενδιαφέρον και πολλαπλές εφαρμογές.

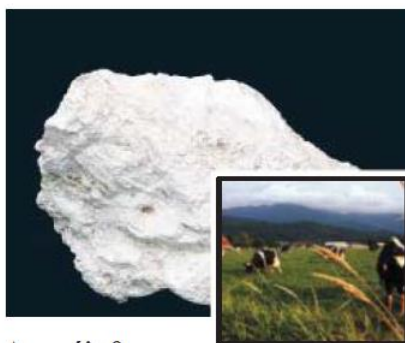
Στο ελληνικό υπέδαφος υπάρχουν και άλλα υλικά που περιμένουν να «ανακαλυφθούν» και να αξιοποιηθούν όπως επίσης αποτελεί ανοικτό αντικείμενο η καλύτερη αξιοποίηση (νέες εφαρμογές) των ήδη γνωστών ορυκτών πόρων.

Ο ελληνικός εξορυκτικός - μεταλλουργικός κλάδος τον οποίο εκπροσωπεί ο Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων αποτελεί σημαντικό τομέα οικονομικής δραστηριότητας της Ελλάδας, ο οποίος είναι τροφοδότης με τα απαραίτητα υλικά – πρώτες ύλες μία σειρά σημαντικών κλάδων όπως την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την τσιμεντοβιομηχανία, τις κατασκευές, τη βιομηχανία αλουμινίου κ.ά. Παράλληλα, έχει έντονο εξωστρεφή χαρακτήρα, αφού οι εξαγωγές αντιπροσωπεύουν πάνω από το 65% των πωλήσεών του, κατέχοντας ηγετικές θέσεις στην Ευρωπαϊκή αλλά και στην παγκόσμια αγορά, ενώ η μεγάλη εμπειρία και η προηγμένη τεχνολογία των ελληνικών μεταλλευτικών - εξορυκτικών επιχειρήσεων έχει οδηγήσει αρκετές από αυτές στην επέκταση της παραγωγικής τους δραστηριότητας και εκτός Ελλάδος, από Αμερική μέχρι Ασία.

Η Ελληνική Μεταλλευτική εργασία, χάρη στη σημαντική δραστηριότητα που έχει αναπτύξει σε σχέση με το μέγεθος και την οικονομία της χώρας, έχει κερδίσει την ευρωπαϊκή αναγνώριση και έχει κατορθώσει να έχει ισχυρή παρουσία και επιρροή στους συνδέσμους του κλάδου, σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα που περιγράφουν τη δυναμική παρουσία του κλάδου της εξορυκτικής δραστηριότητας είναι:

- **Λευκόλιθος - Μαγνησίο:** Η παραγωγή λευκόλιθου και μαγνησίου στην Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση σε εξαγωγές στην Ε.Ε. καλύπτοντας ευρύτατο φάσμα βιομηχανικών και άλλων εφαρμογών. (Σ.Μ.Ε,2011)

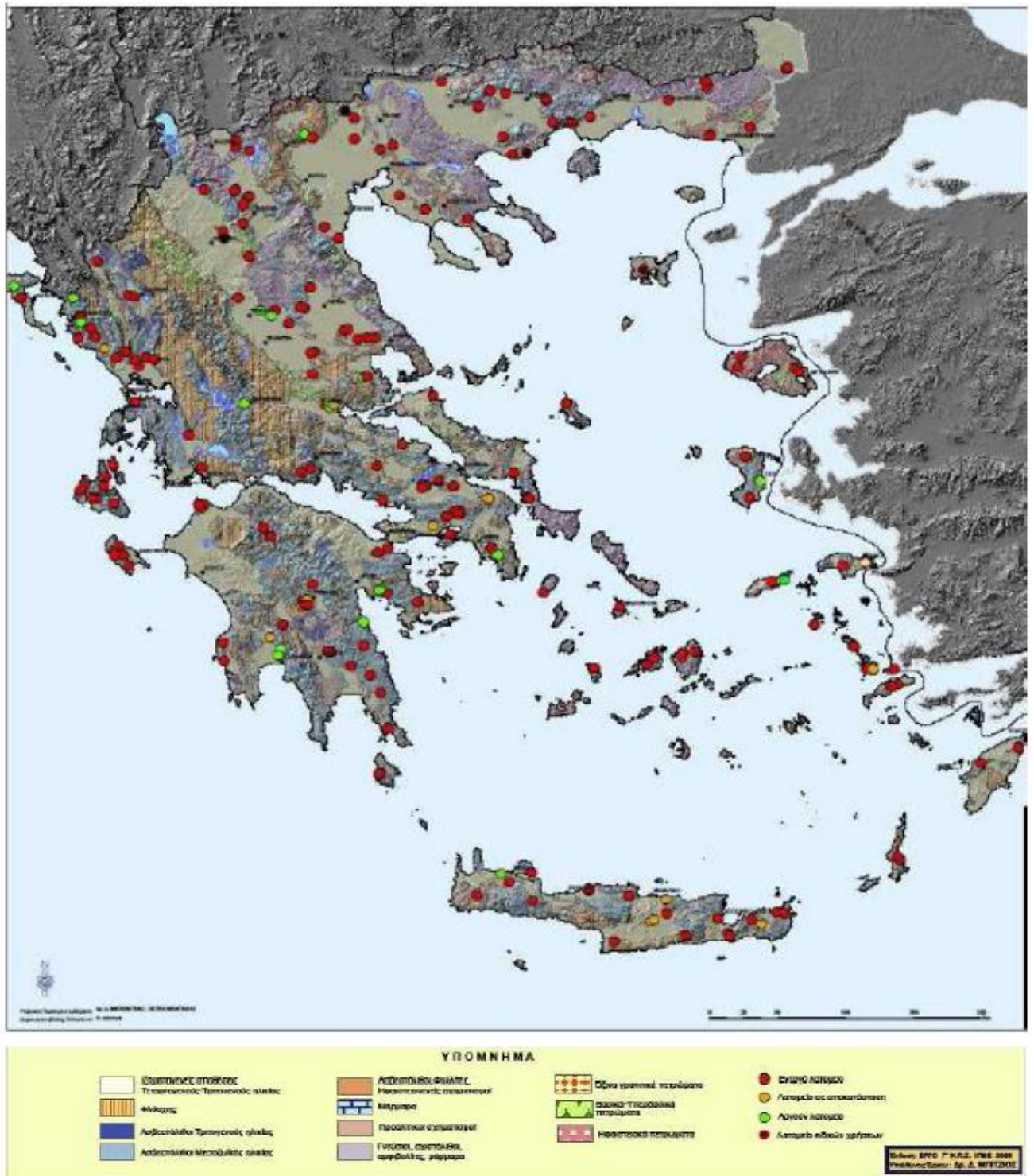


Λευκόλιθος

Βρίσκεται: Γερακινή Χαλκιδικής, Εύβοια
Χρήσεις: ζωοτροφές, λιπάσματα, φάρμακα, χάλυβας

Εικόνα 1.3: Λευκόλιθος (Πηγή: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Σ.Μ.Ε.)

- **Μικτά θειούχα:** Σημαντική εξορυκτική δράση υπάρχει και σε μικτά θειούχα. Η ιστορική παραγωγή της περιοχής της Χαλκιδικής όπου συνεχίζεται με ιδιαίτερες αξιώσεις, υποστηρίζοντας σημαντικότερης αξίας εξαγωγές μεταλλευτικών συμπυκνωμάτων. (Σ.Μ.Ε,2011)



Εικόνα 1.4: Εποπτικός γεωλογικός χάρτης Ελλάδος 1:1.000.000, με τις θέσεις των λατομείων αδρανών υλικών, βασισμένος στον ψηφιοποιημένο χάρτη του ΙΓΜΑ από Γ. Ματαράγκα, με ενοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών στις απαιτήσεις του θεματικού αντικειμένου. Η επεξεργασία των γεωλογικών δεδομένων έγινε από τον Δρ. Χατζηπαναγή Ι. Επιμέλεια σχεδίασης-ψηφιοποίηση από Μιχαλέου Φ.

- **Περλίτης:** Η Ελλάδα στην εξόρυξη του περλίτη είναι μια από τις μεγαλύτερες παραγωγικές χώρες παγκοσμίως, συμμετέχοντας κατά 25% στο συνολικό, διεθνώς παραχθέν προϊόν. (Σ.Μ.Ε, 2011)



Περλίτης

Βρίσκεται: Μήλος, Νησί Γυαλί στα Δωδεκάνησα

Χρήσεις: μονωτικά οικοδομών, φιλτράρισμα λαδιών

Εικόνα 1.5: Περλίτης (Πηγή: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Σ.Μ.Ε.)

- **Μπεντονίτης:** Στην παραγωγή μπεντονίτη η χώρα μας, είναι πρώτη σε μέγεθος πανευρωπαϊκά και δεύτερη παγκόσμια, με ευρύτατες βιομηχανικές χρήσεις. (Σ.Μ.Ε,2011)



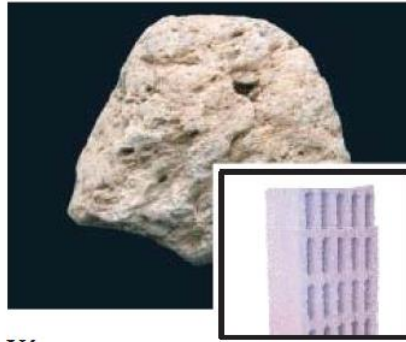
Μπεντονίτης

Βρίσκεται: Μήλος

Χρήσεις: χύτευση μεταλλικών εξαρτημάτων αυτοκινήτων, γεωτρήσεις πετρελαίου, άμμος υγιεινής κατοικίδιων ζώων

Εικόνα 1.6: Μπεντονίτης (Πηγή: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Σ.Μ.Ε.)

- **Κίσσηρις:** Στην Ελλάδα υπάρχουν μεγάλες ποσότητες παραγωγής σε κίσσηρις. Το συγκεκριμένο υλικό χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό, του οποίου η σημαντικού ύψους παραγωγή του διοχετεύεται στην διεθνή και ελληνική αγορά. (Σ.Μ.Ε,2011)



Κίσσηρης

Βρίσκεται: Νησί Γυαλί στα Δωδεκάνησα

Χρήσεις: μονωτικό υλικό

Εικόνα 1.7: Κίσσηρης (Πηγή: Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Σ.Μ.Ε.)

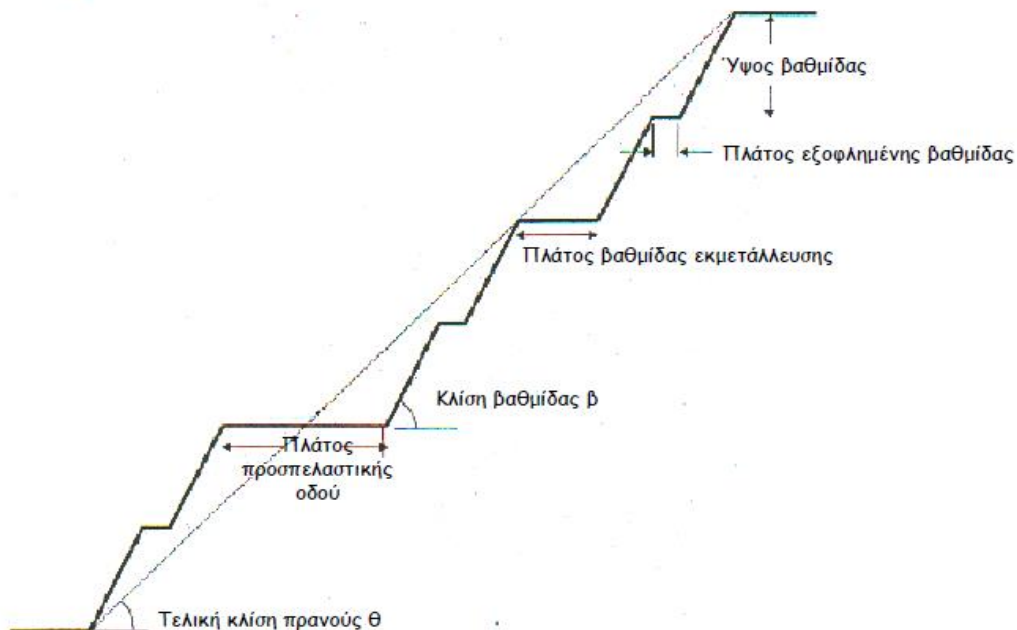
1.5 Κατηγορίες εκμετάλλευσης ορυχείων

Οι κατηγορίες εκμετάλλευσης ενός κοιτάσματος ορυκτού υλικού σε ένα ορυχείο είναι οι παρακάτω:

- Υπαίθριες εκμεταλλεύσεις
- Υπόγειες εκμεταλλεύσεις.

1.5.1. Υπαίθριες εκμεταλλεύσεις

Υπαίθριες είναι οι εκμεταλλεύσεις που γίνονται σε εξωτερικούς χώρους με τη "μέθοδο των ορθών βαθμίδων", κατά την οποία αποκαλύπτεται το κοίτασμα, διαμορφώνονται κάθετα ή κλιμακωτά μέτωπα εξόρυξης μέχρι την επιφάνεια του κοιτάσματος και ταυτόχρονα απομακρύνονται τα "στείρα" υλικά (Mertzanis, Papadopoulos, Pantera, 2004)



Εικόνα 1.8 : Μέθοδος ορθών βαθμίδων (Πηγή: Μενεγάκη, 2010)

Πολύ σημαντικό στοιχείο στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις για την ασφάλεια της περιοχής είναι ο υπολογισμός της **κλίσης πρηνούς εκμετάλλευσης**. Η κλίση του πρηνούς εκμετάλλευσης,

είναι αυτή που έχουν τα πρανή προς το οριζόντιο επίπεδο οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης (Μενεγάκη, 2010). Μέγιστη, τελική ή οριακή κλίση είναι η κλίση στην οποία μπορεί να φθάσει με ασφάλεια η εκμετάλλευση κατά την τελική φάση (Μενεγάκη, 2010). Στον πίνακα 1.4 αναφέρονται οι ασφαλείς κλίσεις πρανών βαθμίδων (σε μοίρες) οι οποίες είναι σε συνάρτηση με το είδος του πετρώματος. Οι παραπάνω κλίσεις πρέπει να εφαρμόζονται για λόγους ασφαλείας, ώστε να μην παρουσιάζονται φαινόμενα κατολίσθησης.

Πίνακας 1.4. Ασφαλείς γωνίες πρανών βαθμίδων διαφόρων πετρωμάτων (Πηγή: Μενεγάκη, 2010)

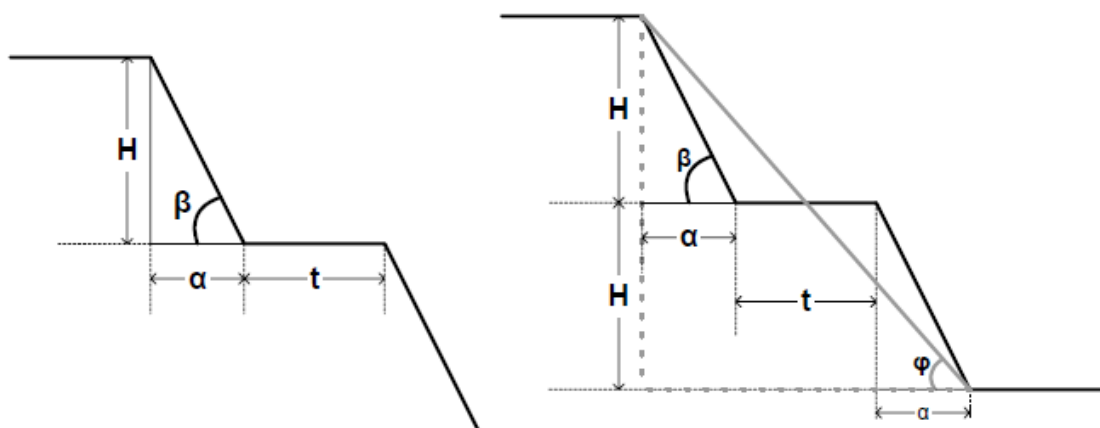
Είδος πετρώματος	Γωνία (μοίρες)
Μαλακή άργιλος	25 - 35
Συνεκτική άργιλος	30 - 40
Σκληρή αργιλόχυος μάργα, ψαμμίτης, ασβεστόλιθος	40 - 45
Σκληρός ψαμμίτης, σκληρός ασβεστόλιθος, δολομίτης, εξαλλοιωμένα εκρηξιγενή πετρώματα	40 - 50
Πολύ σκληρός ψαμμίτης, ασβεστόλιθος, δολομίτης, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή πετρώματα	50 - 65
Χαλαζίτες και πολύ σκληρά εκρηξιγενή πετρώματα	60 - 70

Η κλίση ενός πρανού (σχήμα 1.9) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\tan\varphi = \frac{2H}{t + 2\alpha} \Leftrightarrow \varphi = \tan^{-1} \frac{2H}{t + 2\alpha}, \text{ όπου: } \alpha = \frac{H}{\tan\beta}$$

Όπου :

- β: Η κλίση βαθμίδας.
- H: Το ύψος βαθμίδας.
- t: Το πλάτος βαθμίδας.



Εικόνα 1.9 . Υπολογισμός κλίσης πρανού εκμετάλλευσης (Πηγή: Μενεγάκη, 2010)

Στα ορυχεία με υπαίθρια εκμετάλλευση (Kennedy, 1990) τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή της μεθόδου είναι τα παρακάτω:

- **Η σχέση αποκάλυψης:** Ορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων όγκου ή βάρους αγόνων (είναι τα χαμηλής ποιότητας τμήματα του κοιτάσματος των οποίων η επεξεργασία μετά την εξόρυξη είναι ασύμφορη) που πρέπει να απομακρυνθούν για να αποκαλυφθεί μία μονάδα χρήσιμου προϊόντος και δίνεται από τη σχέση (Μενεγάκη, 2010) :

$$\Sigma A = \frac{\text{Άγωνα}(m^3)}{\text{Χρήσιμο υλικό}(ton)}$$

- **Η τελική γωνία των πρανών (φ).** Η κλίση που έχουν τα πρανή της εκμετάλλευσης προς το οριζόντιο επίπεδο οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης. Μέγιστη, τελική ή οριακή κλίση είναι η κλίση στην οποία μπορεί να φθάσει με ασφάλεια η εκμετάλλευση κατά την τελική φάση. (Μεναγάκη, 2010)

Σε ένα οριζόντιο κοίτασμα με επίπεδο τοπογραφικό ανάγλυφο, ο λόγος ΣA είναι πάντα σταθερός και δεν αλλάζει. Αντίθετα σε κεκλιμένα κοιτάσματα, ο λόγος ΣA συνεχώς αυξάνεται με την πρόοδο της εκμετάλλευσης και συνεπώς πέρα από μια κρίσιμη τιμή, η εκμετάλλευση γίνεται οικονομικά ασύμφορη. Τότε ο μηχανικός μεταλλείων πρέπει να αποφασίσει εάν είναι πιο συμφέρουσα μια υπόγεια εκμετάλλευση.

Όταν μια εκσκαφή φτάνει στα όρια της άδειας εκμετάλλευσης ή της ιδιοκτησίας, τότε το βάθος της εκσκαφής καθορίζεται από την τελική γωνία των πρανών φ . Η γωνία φ είναι η μέγιστη επιτρεπτή γωνία εκσκαφής με βάση την αντοχή των πετρωμάτων ή είναι η μέγιστη επιτρεπτή γωνία εκσκαφής σύμφωνα με τον νόμο.

1.5.1.1 Τύποι υπαιθρίων εκμεταλλεύσεων

Οι υπαίθριες ή επιφανειακές εκμεταλλεύσεις σε ορυχεία διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους:

- **Επιφανειακή εκμετάλλευση κοιτασμάτων κατά λωρίδες (Strip mining).** Η επιφανειακή εκμετάλλευση κοιτασμάτων κατά λωρίδες χρησιμοποιείται συνήθως σε κοιτάσματα γαιανθράκων και διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες:

1. **Περιφερειακή εκμετάλλευση (Contour Mining)** Η συγκεκριμένη τεχνική εκμετάλλευσης αναπτύσσεται σε λοφώδες περιοχές όταν τα κοιτάσματα είναι οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια, όπου ένα απότομο πρανές οριοθετεί το εύρος που μπορεί να είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο. Η εκμετάλλευση συχνά γίνεται από πλευρική εξόρυξη τμήματος του εναπομένοντος κοιτάσματος που έχει εγκαταλειφθεί στο πρανές της εκσκαφής, με συστήματα ατέρμωνων κοχλιών (augering). Μικροί ερπυστριοφόροι (crawler-mounted) εκσκαφείς με συρόμενο κάδο (draglines) και μηχανικά πτύα (shovels) χρησιμοποιούνται για την αποκάλυψη και εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Επίσης χρησιμοποιούνται ειδικοί προωθητήρες (bulldozers), ελαστικοφόροι φορτωτές (rubbertyred loaders), μηχανικά άροτρα (rippers) και αποξεστήρες (scrapers).

2. **Εκμετάλλευση ευρείας περιοχής (Area Mining)** Η συγκεκριμένη τεχνική εκμετάλλευσης εφαρμόζεται όταν το κοίτασμα και η επιφάνεια του εδάφους είναι σχετικά οριζόντια, έτσι ώστε η ευρύτερη περιοχή να μπορεί να εκμεταλλεύεται από μία διαδοχή λωρίδων (strips). Τα μεγάλα αποθέματα υφίστανται εκμετάλλευση με μία 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 την χρήση μεγάλων μηχανημάτων.

Η μέθοδος **strip mining** εφαρμόζεται συνήθως σε πολυστρωματικά κοιτάσματα, λόγω του ότι τα μικρού βάθους μονοστρωματικά κοιτάσματα τείνουν προς εξάντληση. 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 μία διαδικασία λογικής επιλογής όπως στην περίπτωση των μονοστρωματικών κοιτασμάτων.

- **Επιφανειακή εκμετάλλευση με βαθμίδες για κοιτάσματα μεγάλης οριζόντιας εξάπλωσης (Terrace mining).** Στην περίπτωση που το μέταλλευμα ή και τα υπερκείμενα έχουν πολύ μεγάλο πάχος, τότε δεν είναι δυνατόν να γίνει άμεση απόθεση των στείρων εγκάρσια προς την τάφρο εκμετάλλευσης ακόμα και αν χρησιμοποιούνται μεγάλα σκαπτικά μηχανήματα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα υπερκείμενα στείρα πρέπει να μεταφέρονται περιφερειακά γύρω από

την τάφρο εκμετάλλευσης με τραίνα ή φορτηγά αυτοκίνητα, ταινιόδρομους και να αποτίθενται στον κενό εξοφλημένο χώρο του ορυχείου. Στα ορυχεία αυτά πρέπει σχεδόν πάντα να επιτυγχάνονται οικονομίες μεγάλης κλίμακας.

Αποτελεί την κύρια μορφή εκμετάλλευσης των λιγνιτικών κοιτασμάτων της χώρας με την εφαρμογή της καλούμενης «γερμανικής μεθόδου», στην οποία χρησιμοποιείται ως κύριος εξοπλισμός ένα σύστημα συνεχούς λειτουργίας αποτελούμενο από ταινιόδρομους, ηλεκτροκίνητους καδοφόρους εκσκαφείς και αποθέτες.

Εκτός από το συγκεκριμένο εξοπλισμό χρησιμοποιούνται εκρηκτικές ύλες σε συγκεκριμένες θέσεις, οι οποίες θα συμβάλουν στη χαλάρωση κάποιων σκληρών σχηματισμών, οι οποίοι στη συνέχεια εκσκάπτονται με τη βοήθεια μηχανικών πτύων (shovels) και διακινούνται με μεγάλα χωματουργικά αυτοκίνητα (dumpers).

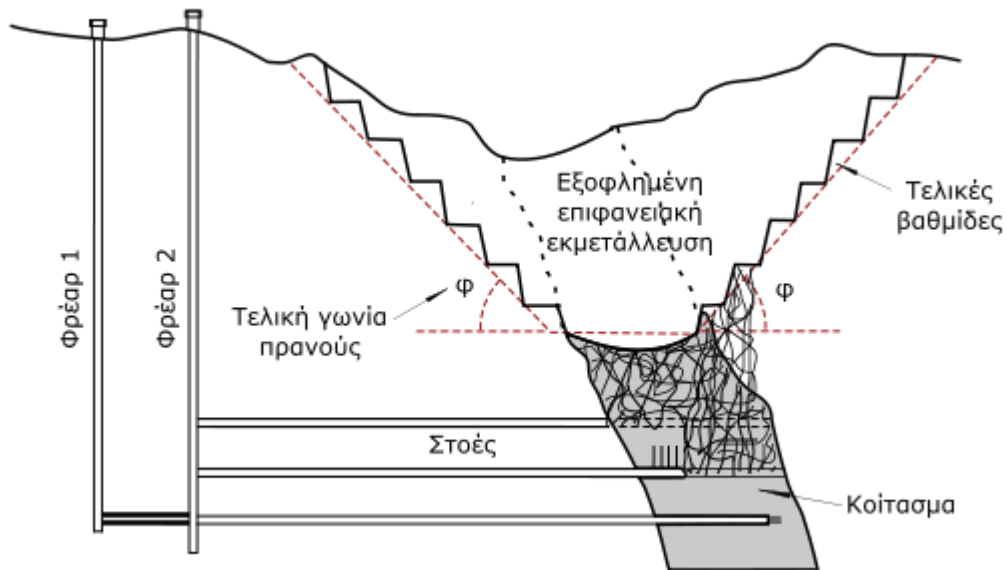
- **Επιφανειακή εκμετάλλευση με κλειστές βαθμίδες (χοανοειδής εκμετάλλευση - Conical pit).** Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση έντονα κεκλιμένων στρωσιγενών κοιτασμάτων καθώς και ακανόνιστου σχήματος (σωληνοειδή, stockworks) κοιτάσματα. Παρά την ονομασία της, η μορφή του ορυχείου πολλές φορές αποκλίνει σημαντικά από το σχήμα της χοάνης (ανεστραμμένου κώνου) διότι προσαρμόζεται κάθε φορά στις γεωμετρικές ανωμαλίες και στις διακυμάνσεις της ποιότητας του κοιτάσματος.

Η τρόπος εξόρυξης συνήθως γίνεται με μηχανικά μέσα για τα σχετικά μαλακά πετρώματα, ενώ σε περιπτώσεις σκληρών σχηματισμών χρησιμοποιούνται εκρηκτικές ύλες.

- **Επιφανειακή εκμετάλλευση με ανοιχτές βαθμίδες.** Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκμετάλλευσης κοιτασμάτων (Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται σε πάρα πολλές περιπτώσεις), ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εξόρυξης μαρμάρων και αδρανών υλικών. Η μορφή του ορυχείου προσαρμόζεται στις εκάστοτε γεωμορφολογικές συνθήκες και στις ιδιαιτερότητες του κοιτάσματος. Η εξόρυξη γίνεται με συνήθως με τη χρήση εκρηκτικών υλών για τις εκμεταλλεύσεις αδρανών υλικών που απαντούν σε σκληρούς σχηματισμούς, ενώ η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων μαρμάρου πραγματοποιείται ειδικά τα τελευταία χρόνια σχεδόν αποκλειστικά με μηχανική εξόρυξη (κυρίως συρματοκοπή).

1.5.2 Υπόγειες εκμεταλλεύσεις.

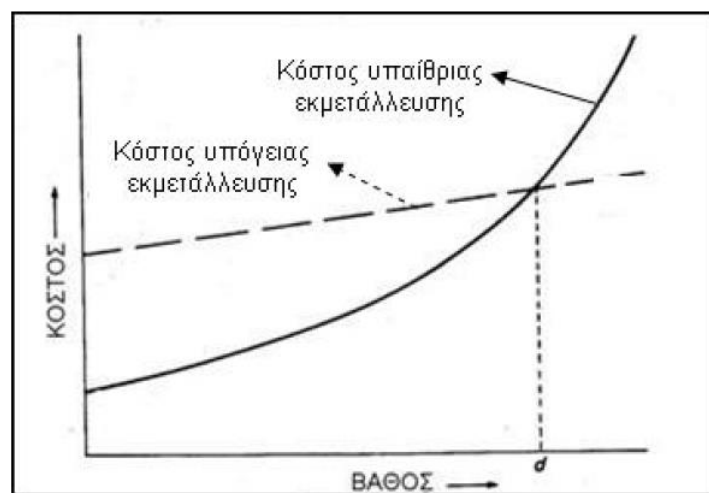
Υπόγειες είναι οι εκμεταλλεύσεις που γίνονται στο εσωτερικό της γης (εικόνα 1.10). Όπως στην περίπτωση των επιφανειακών εκμεταλλεύσεων, έτσι και στα υπόγεια ορυχεία, η επιλογή της μεθόδου εκμετάλλευσης εξαρτάται από την γεωμετρία, την αντοχή και τα άλλα φυσικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος και των περιβαλλόντων πετρωμάτων, καθώς και από τον απαιτούμενο ρυθμό παραγωγής (Λουλούδης, 1991). Όταν οι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις καθίστανται οικονομικά ασύμφορες (όταν η σχέση εκμετάλλευσης αυξάνεται με την αύξηση του βάθους εκσκαφής, οπότε αυξάνεται και το συνολικό κόστος) τότε υιοθετούνται μέθοδοι υπόγειας εκμετάλλευσης, όπως π.χ. στην περίπτωση φλεβικών, σωληνοειδών, έντονα κεκλιμένων στρωσιγενών κοιτασμάτων κλπ. Το κόστος ενός υπόγειου έργου είναι εξαρχής υψηλό χωρίς όμως να παρουσιάζει σημαντική αύξηση με τη μεταβολή του βάθους.



Εικόνα 1.10 : Σχηματική παράσταση υπόγειας εκμετάλλευσης που λειτουργεί με κατακρήμνιση οροφής κάτω από εξοφλημένη επιφανειακή εκμετάλλευση. (Πηγή: Wikipedia)

Στην εικόνα 1.11 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μεταβολή του κόστους εκμετάλλευσης για επιφανειακή και υπόγεια εκσκαφή συναρτήσει της μεταβολής του βάθους. Το σημείο τομής των δύο καμπυλών καθορίζει το βάθος πέρα από το οποίο η επιφανειακή εκμετάλλευση καθίσταται ασύμφορη και θα πρέπει να προτιμηθεί η υπόγεια. Το σημείο αυτό προσδιορίζει την οριακή τιμή της σχέσης εκμετάλλευσης R_E , η οποία ονομάζεται *μέγιστη οικονομική σχέση εκμετάλλευσης* και καθορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$R_E = \frac{\text{Κόστος/τον}_\text{υπόγειας}_\text{εκμετάλλευσης} - \text{Κόστος/τον}_\text{υπαίθριας}_\text{εκμετάλλευσης}}{\text{Κόστος}_\text{αποκάλυψης/τον}_\text{αγώνων}}$$



Εικόνα 1.11: Μεταβολή του κόστους εκμετάλλευσης συναρτήσει της μεταβολής του βάθους. (Πηγή: Μενεγάκη, 2010)

Οι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις σε σχέση με τις υπόγειες θεωρείται ότι παρουσιάζουν τα κάτωθι πλεονεκτήματα:

- Υψηλός συντελεστής απόληψης.
- Δυνατότητα εκλεκτικής εκμετάλλευσης (υπό προϋποθέσεις).
- Μικρό κόστος εξόρυξης.
- Δυνατότητα παραγωγής μεγάλων διαστάσεων όγκων κατάλληλων για ειδικές χρήσεις.
- Ευελιξία κατά την διάρκεια της παραγωγής.

Τα κύρια μειονεκτήματα των υπαιθρίων έναντι των υπογείων εκμεταλλεύσεων είναι τα παρακάτω:

- Άμεση επίδραση καιρικών συνθηκών.
- Καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος τόσο από την εξόρυξη όσο και από την απόθεση των άγονων υλικών.

Ο δεύτερος παράγοντας είναι καθοριστικής σημασίας και μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμη κριτήριο, σε συνδυασμό με το οικονομικό κριτήριο, για την επιλογή υπόγειας εκμετάλλευσης.

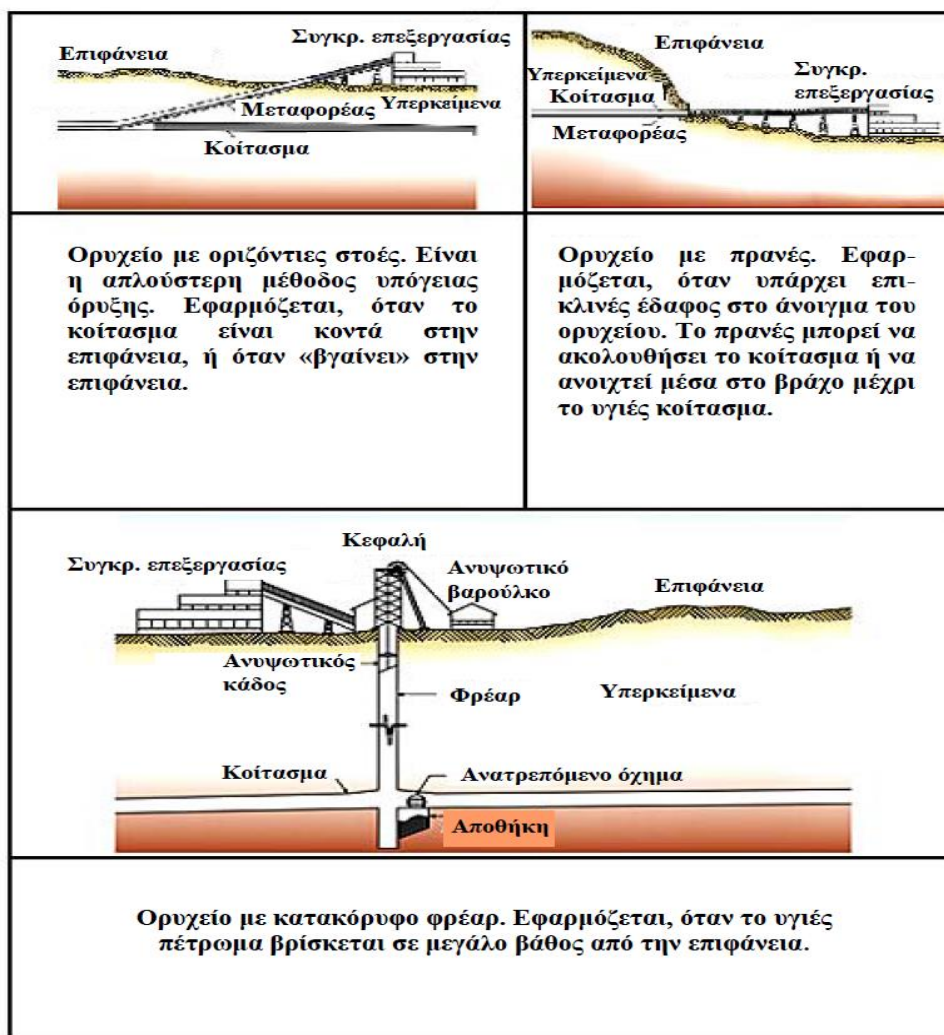
1.5.2.1. Μορφές εκμετάλλευσης υπόγειων ορυχείων

Οι μορφές εκμετάλλευσης των υπόγειων ορυχείων διακρίνονται στις παρακάτω τρεις περιπτώσεις:

- **Ορυχεία με κατακόρυφο φρέαρ.** Η θέση του κοιτάσματος καθορίζεται από τη θέση του κοιτάσματος σχετικά με την ασφάλεια και την επιφάνεια του ορυχείου, τις προδιαγραφές της υγειονομικής υπηρεσίας κλπ. Το βάθος των συγκεκριμένων λατομείων είναι κατά κανόνα μεγαλύτερα σε σχέση με τα άλλα, λόγω του μεγαλύτερου υπερκείμενου χωμάτινου στρώματος πάνω από το κείτασμα σε σύγκριση με τις άλλες δύο μορφές. Το φρέαρ συνήθως είναι κατακόρυφο από την επιφάνεια μέχρι τη στάθμη του κοιτάσματος. Η επιλογή των παραπάνω μορφών σε ένα λατομείο γίνεται σε συνάρτηση από τη μορφολογία του εδάφους, τις συνθήκες μεταφοράς στην επιφάνεια και τη θέση του κοιτάσματος. Η διακίνηση του υλικού συνήθως γίνεται με ειδικά ανυψωτικά μηχανήματα κατακόρυφης μεταφοράς, όπως αυτά των ανθρακωρυχείων.

- **Ορυχεία με επικλινές έδαφος.** Τα συγκεκριμένα λατομεία διαφέρουν ως προς την επιφάνεια στη στάθμη του κοιτάσματος, η οποία γίνεται με τη βοήθεια μιας ράμπας. Η ράμπα χρησιμεύει και για την εγκατάσταση ταινιοδρόμου για τη μεταφορά των πετρωμάτων στην επιφάνεια, έναντι των αργών και βαρέων ανυψωτικών μηχανισμών που χρησιμοποιούνται στα λατομεία κατακόρυφων φρεάτων.

- **Ορυχεία με οριζόντιες στοές.** Η συγκεκριμένη μορφή χρησιμοποιείται όταν το κείτασμα είναι κοντά στην επιφάνεια, ή ακόμη και όταν προεξέχει. Στην τυπική του μορφή η στοά είναι οριζόντια και η διαστασιολόγηση των εισόδων προσπελάσεως στο λατομείο εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού που μεταφέρεται. Για τη μεταφορά των πετρωμάτων χρησιμοποιούνται συνήθως ταινιόδρομοι ή αυτοκίνητα.



Εικόνα 1.12: Μέθοδοι ορύξεως υπόγειων ορυχείων για την όρυξη αδρανών υλικών (Πηγή:Aggregates Manager)

1.6 Εξορυκτικός κλάδος και βιώσιμη ανάπτυξη

Η δραστηριότητα της εξορυκτικής βιομηχανίας είναι από τη φύση της άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης. Στην έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (Επιτροπή Brundland, 1987), σαν βιώσιμη ανάπτυξη (sustainable development) <<...ορίστηκε ως η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της σημερινής γενιάς χωρίς περιορισμό της δυνατότητας των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους στο μέλλον.. >>(Cowell et al. 1999, Callens and Tyteca 1999).

Παρατηρώντας τον παραπάνω ορισμό, συμπεραίνουμε ότι η εξορυκτική δράση και η βιώσιμη ανάπτυξη είναι άμεσα συνδεδεμένα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εξορυκτική δράση αφ' ενός εκμεταλλεύεται τους ανανεώσιμους φυσικούς πόρους και αφ' ετέρου πρέπει να εξασφαλίσει την προμήθεια αναγκαίων υλικών προς την κοινωνία σε βάθος χρόνου, με κατάλληλη διασφάλιση αποθεμάτων για την κάλυψη των σημερινών αλλά και των μελλοντικών αναγκών της.

Σύμφωνα με τις τάσεις της διεθνούς κοινότητας που διαμορφώνονται οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη για να καταλήξει να είναι βιώσιμη, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή και μεγάλη προσπάθεια. Η συνεχής αύξηση της ζήτησης των προϊόντων εξόρυξης, η συνεχόμενη αύξηση της κατανάλωσης, οι παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές και οι συνεχόμενες αυξανόμενες πηγές ρύπανσης, είναι μόνο μερικοί παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη σε κάθε προσπάθεια χάραξης πολιτικής προστασίας και αποκατάστασης των φυσικών πόρων και του τοπίου. Για το συγκεκριμένο λόγω και ο όρος 'Διαχείριση', στην περίπτωση της αποκατάστασης

φυσικών πόρων όταν αναφέρεται, κατά κανόνα συνοδεύεται από επιθετικούς προσδιορισμούς του τύπου ‘ορθολογική’, ‘βέλτιστη’, αιεφόρος κλπ., ανάλογα με τον ‘Διαχειριστή’ και τη χρονική περίοδο, δηλαδή ανάλογα με το κριτήριο που δεσπόζει κατά την διαχείριση (Καλέργης, 2000). Ως αποτέλεσμα ένας συγκερασμός των παραπάνω επιθετικών προσδιορισμών που αναφέρθηκαν, εισάγεται το 1986 από τον Driscoll με τον όρο ‘σοφή χρήση’ (wise use).

Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος απαιτεί ορθολογική διαχείριση των υπαρχόντων αποθεμάτων αλλά και έρευνα και ανάπτυξη της τεχνολογίας με στόχο αποδοτικότερους τρόπους εξόρυξης και επεξεργασίας, ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων αλλά και νέων ορυκτών προϊόντων που σταδιακά θα αντικαθιστούν παλαιότερα ή νέων χρήσεων στα ήδη γνωστά προϊόντα.

Εκτός αυτού για να είναι οι επιχειρήσεις του κλάδου οικονομικά βιώσιμες σε βάθος χρόνου, πρέπει να αγωνίζονται ώστε να εξασφαλίζουν την «κοινωνική άδεια» που θα τους επιτρέπει να λειτουργούν. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να περιφρουρούν περιβάλλον, ελαχιστοποιώντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των δραστηριοτήτων τους και με τις τοπικές κοινωνίες να αναπτύσσουν σχέσεις βασισμένες στο αμοιβαίο και συλλογικό συμφέρον.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις για να είναι βιώσιμες, θα πρέπει να δεσμευτούν και να υιοθετήσουν τις αρχές *Αρχές της Βιώσιμης Ανάπτυξης*, που προβλέπει τη συνεχή βελτίωση των επιδόσεών τους στον οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό τομέα, απεικονίζοντας την εφαρμογή τους με αντίστοιχους /μετρήσιμους δείκτες αιεφορίας.

1.7 Νομοθετικό πλαίσιο

Τα τελευταία έτη οι αλλαγές στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες (στην περίπτωση μας και από μεταλλευτικές δραστηριότητες) γίνονται ολοένα και πιο αισθητές, με πάρα πολλές αρνητικές επιπτώσεις, που σε αρκετές περιπτώσεις χαρακτηρίζονται και ως μη αναστρέψιμες. Η ανάγκη για μέριμνα και ουσιαστική προστασία του περιβάλλοντος έχει αναγκάσει όλες τις κυβερνήσεις να επανεξετάσουν πληθώρα θεμάτων και να θεσπίσουν νόμους και αποφάσεις, κάνοντας μια προσπάθεια να προλάβουν και να ανακόψουν την αλόγιστη δράση του σύγχρονου ανθρώπου.

Τόσο η εθνική όσο και η κοινοτική νομοθεσία απαιτούν την υποβολή ενός σχεδίου αποκατάστασης στις αρμόδιες αρχές πριν από την έναρξη της εξόρυξης. Σχεδόν όλες οι χώρες /ης Ευρωπαϊκής κοινότητας έχουν εκδώσει οδηγίες, οι οποίες επιβάλουν μετά τη λήξη των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων, την αποκατάσταση των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων σύμφωνα με την αρχική τους κατάσταση.

Σε πολλές χώρες της Ε.Ε. όπως και στην Ελλάδα, δυστυχώς δεν υπάρχουν ξεκάθαρες πολιτικές οι οποίες θα καλύπτουν τις δραστηριότητες τόσο πριν όσο και μετά την εκμετάλλευση ενός ορυχείου. Οι διατάξεις που ισχύουν στην υφιστάμενη νομοθεσία (άρθρο 13 του Ν. 335/2005) είναι ιδιαίτερα περίπλοκες, παράτυπες ή ακόμα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν και ανίκανες να επιλύσουν προβλήματα που σχετίζονται με τον προγραμματισμό μετώπων επιφανειακής εξόρυξης και κατόπιν της αποκατάστασής τους. Ακόμα η Ελληνική νομοθεσία περιλαμβάνει:

- Τη νομοθεσία διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων:
 1. ΚΥΑ 13588/725/2006 Γενικό πλαίσιο.
 2. ΚΥΑ 24944/1159/2006 Τεχνικές προδιαγραφές.
 3. ΚΥΑ 8668/2007 Εθνικός Σχεδιασμός.
- Τη νομοθεσία διαχείρισης μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων:
 1. ΚΥΑ 50910/2727/2003 Γενικό πλαίσιο.
 2. ΚΥΑ 114218/1997 Τεχνικές προδιαγραφές.
- Τη νομοθεσία υγειονομικής ταφής αποβλήτων (ΚΥΑ 29407/3508/2002)
- Τη νομοθεσία προστασίας και διαχείρισης των υπόγειων υδάτων:
 1. ΚΥΑ 26857/533/1988
- Τη νομοθεσία εναρμόνισης με οδηγία –πλαίσιο 2000/60/ΕΚ:

Νόμος 3199/2003.

Π.Δ 51/2007.

- Τη νομοθεσία περιβαλλοντικής αδειοδότησης δραστηριοτήτων:
ΚΥΑ 15393/2332/2002
ΚΥΑ 11014/703/Φ104/200.
- Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης, λαμβάνοντας υπ' όψη την:
 1. Την οδηγία 1999/31/ΕΚ (Υγειονομική ταφή αποβλήτων).
 2. Την οδηγία 2000/60/ΕΚ (Πλαίσιο δράσης στον τομέα πολιτικής των υδάτων).
 3. Την οδηγία 2006/18//ΕΚ (Προστασία των υπόγειων υδάτων).
 4. Την οδηγία 2004/35/ΕΚ (Περιβαλλοντική ευθύνη).
 5. Την πρόταση της επιτροπής (Ε.Ε αρθμ. C 169 της 9.7.1980).
 6. Τη γνώμη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, (Ε.Ε αρθμ. C 66 της 15.3.1982).
 7. Τη γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής, (Ε.Ε αρθμ. C 185 της 27.7.1981).
 8. Το πρόγραμμα δράσης του 1973 στον τομέα του περιβάλλοντος, (Ε.Ε αρθμ. C 169 της 9.7.1980).
 9. Το πρόγραμμα δράσης του 1977 στον τομέα του περιβάλλοντος, (Ε.Ε αρθμ. C 139 της 13.6.1977).
 10. Το πρόγραμμα δράσης του 1983 στον τομέα του περιβάλλοντος, (Ε.Ε αρθμ. C 46 της 17.2.1983), υιοθέτησε την οδηγία 2006/21/ΕΚ (διαχείριση εξορυκτικών αποβλήτων) του Συμβουλίου, για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον. Συμφωνά με την συγκεκριμένη οδηγία έργα όπως:
- Η εξόρυξη ορυκτών, εκτός των ορυκτών και μεταλλευμάτων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενέργειας, όπως είναι το μάρμαρο, ο σχιστόλιθος, το χαλίκι, η ποτάσα και τα φωσφορικά άλατα.
- Η εξόρυξη του λιγνίτη και άνθρακα, από επιφανειακή και υπόγεια εξόρυξη.
- Η εξόρυξη των μεταλλευμάτων.
- Οι επιφανειακές βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την μετάλλευση του άνθρακα, του φυσικού αερίου, των μεταλλευμάτων, των ασφαλτωδών σχιστόλιθων και του πετρελαίου θα πρέπει να υπόκεινται σε εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα κράτη – μέλη της Ε.Ε θα πρέπει να λάβουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να μπορούν να διασφαλίσουν ότι ο κύριος του έργου θα παρέχει σε κατάλληλη μορφή τις πληροφορίες που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙΙ της συγκεκριμένης οδηγίας του Συμβουλίου. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες που θα παρέχονται από τον κύριο του έργου, θα πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον τα εξής:
 1. Τα στοιχεία που απαιτούνται για την εξακρίβωση και την εκτίμηση των σημαντικών επιπτώσεων που το σχέδιο προβλέπεται ότι θα έχει στο περιβάλλον.
 2. Η περιγραφή του έργου στην οποία θα πρέπει να περιλαμβάνονται πληροφορίες ως προς τη θέση, το μέγεθος και το σχεδιασμό.
 3. Η περιγραφή των μέτρων που μελετώνται προκειμένου να μειωθούν, να αποφευχθούν και εάν είναι δυνατόν, να αντιμετωπιστούν οι σημαντικότερες δυσμενείς επιπτώσεις.

1.9 Επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη λατομική εκμετάλλευση

Οι εργασίες κατά την περίοδο της εκμετάλλευσης εκμετάλλευσης, καθώς και κατά την περίοδο της παύσης της εκμετάλλευσης του ορυκτού πλούτου έχει πολύπλευρες και σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Γενικότερα υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή του εργασιακού χώρου οπτικές επιπτώσεις, που οφείλονται στην αλλοίωσης βασικών χαρακτηριστικών του τοπίου όπως:

1. **Μορφή.**
2. **Σχήμα.**
3. **Χρώμα.**
4. **Υφή.**

Εξίσου ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι επιπτώσεις που παρατηρούνται στα οικοσυστήματα, που οφείλονται στους παρακάτω λόγους:

1. Από την αιολική και υδατική διάβρωση του εδάφους.
2. Από τη ρύπανση των υδάτων (υπόγεια και επιφανειακά).
3. Από την ρύπανση του εδάφους με στοιχεία βαρέων μετάλλων.
4. Από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και τη συνεισφορά στα αέρια του θερμοκηπίου.
5. Καταστροφή καλλιεργήσιμων και δασικών εκτάσεων.

Το πρόβλημα της υποβαθμισμένης γης από τις εξορυκτικές δραστηριότητες, τα τελευταία έτη είναι ιδιαίτερα έντονο, με πολλαπλές προεκτάσεις στην ανθρώπινη ζωή, στο περιβάλλον και στη βιόσφαιρα (π.χ στη χλωρίδα, στην πανίδα και στο έδαφος), γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη για άμεση αποκατάσταση με σκοπό την επωφελή χρήση και σε κατάσταση όπου η βιολογική ισορροπία να επανέλθει. (Bradshaw & Chadwick, 1980)

Γενικότερα όπως θα αναφερθούν και παρακάτω αναλυτικότερα, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις μεταλλευτικές δραστηριότητες θα είναι οι παρακάτω:

- **Οπτικές.**
- **Οικολογικές.**
- **Κοινωνικές.**

1.9.1 Οπτικές επιπτώσεις των ορυχείων στο περιβάλλον

Όπως είναι γνωστό, με την επιφανειακή εκμετάλλευση σε ένα λατομείο, μεταβάλλονται όλοι οι οπτικοί χαρακτήρες του χώρου. Οπότε οι επεμβάσεις που γίνονται σε ένα τοπίο είναι οι παρακάτω:

- ✓ Η αλλοίωση των ακανόνιστων μορφών του φυσικού ανάγλυφου και η δημιουργία κανονικών γεωμετρικών μορφών.
- ✓ Η εμφάνιση των έντονων και ανοικτών χρωμάτων των εκσκαφών και των αποθέσεων σε αντίθεση με τα σκούρα χρώματα των φυσικών στοιχείων.
- ✓ Την αλλαγή στην υφή του φυσικού τοπίου.
- ✓ Την δημιουργία άκαμπτων ευθύγραμμων τμημάτων σε αντίθεση με τις φυσικές γραμμές του τοπίου.

Γενικότερα από την εκμετάλλευση των λατομείων προκύπτουν σύνθετες αντιθέσεις χρώματος, γεωμετρικής μορφής, υφής και γραμμής, οι οποίες είναι ορατές, με αποτέλεσμα να προσελκύουν το βλέμμα, με αρνητική επίπτωση να γίνονται αμέσως αντιληπτές, ακόμα και από μεγάλη απόσταση. Οι συγκεκριμένες αλλαγές υπογραμμίζουν το είδος και την ένταση που έχει πραγματοποιηθεί στο συγκεκριμένο χώρο, γεγονός που η γύρω αδιατάρακτη επιφάνεια γίνεται χώρος αναφοράς και σύγκρισης (Μπρόφας, 1989)

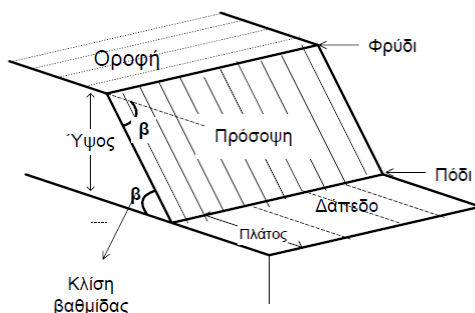
Οι παράμετροι που αναφέρθηκαν αποκαλύπτουν την ύπαρξη των εκμεταλλεύσεων μέσα σε ένα τοπίο. Ωστόσο, η οπτική εντύπωση που προκαλούν οι αλλαγές είναι συνάρτηση της επέμβασης και της έντασης. Σε ότι αφορά την ένταση, οι βαθμοί επέμβασης που διακρίνονται είναι τέσσερις:

1. Η έντονη μεταβολή του τοπίου, που οφείλεται από την δημιουργία μεγάλων εκσκαφών και αποθέσεων, οι οποίες γίνονται κυρίαρχα στοιχεία σε ένα τοπίο.
2. Η περίπτωση που δεν υπάρχει καμία ουσιαστική μεταβολή ή σημειακή αλλαγή, γεγονός που οφείλεται στην υπόγεια εκμετάλλευση του εδάφους.
3. Η περίπτωση που υπάρχει μερική αλλοίωση του τοπίου και είναι εύκολη η αποκατάσταση. Η συγκεκριμένη μορφή παρατηρείται στην εκμετάλλευση αβαθών επιφανειακών κοιτασμάτων.
4. Η τελευταία μορφή ένταση επέμβασης είναι η περίπτωση της πλήρους αλλαγής του φυσικού τοπίου, όπως συμβαίνει με την ισοπέδωση μιας σειράς εξάρσεων.

Εκτός από την ένταση, την έκταση της επέμβασης και τις αλλαγές αυτές, η οπτική αντίληψη που υπάρχει για τις αλλαγές που έλαβαν χώρα, εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων που καθορίζουν την **οπτική απορροφητική ικανότητα** του τοπίου. Ως **οπτική απορροφητική ικανότητα**, ορίζεται η ικανότητα ενός χώρου να δέχεται επεμβάσεις και αλλαγές, χωρίς να μεταβάλλεται η οπτική του ακεραιότητα (Μπρόφας, 2000). Η εκτίμηση της συγκεκριμένης ικανότητας είναι πολύ χρήσιμη, γιατί μας επιτρέπει κάνουμε εκτίμηση στο βαθμό δυσκολίας της

μεταλλευτικής εκμετάλλευσης μιας συγκεκριμένης επιφάνειας. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η οπτική απορροφητική ικανότητα σε ένα τοπίο είναι οι παρακάτω:

- ✓ **Η κλίση:** Όσο αυξάνεται η κλίση σε ένα τοπίο, τόσο μειώνεται η οπτική απορροφητική ικανότητα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όσο αυξάνεται η κλίση, μεγαλώνει η γωνία παρατήρησης (Εικόνα 1.13), με αποτέλεσμα τα οπτικά εμπόδια να ελαχιστοποιούνται και να ελευθερώνουν το οπτικό πεδίο.



Εικόνα 1.13: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά βαθμίδας

(Πηγή: Μενεγάκη, 2010)

- ✓ **Η ποικιλότητα της βλάστησης, ο αριθμός των φυσικών στοιχείων (π.χ βραχώδεις σχηματισμοί, υδάτινες επιφάνειες κλπ) και ο αριθμός των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.** Με την αύξηση των παραπάνω στοιχείων, τόσο πιο εύκολη γίνεται μια αλλαγή σε ένα τοπίο, όπως αυτή που φέρει η εκμετάλλευση.
- ✓ **Η απόσταση της επιφάνειας επέμβασης από το σημείο παρατήρησης (αναφοράς),** που όσο αυξάνει, τόσο μεγαλώνει η οπτική απορροφητική ικανότητα ενός τοπίου.
- ✓ **Η θέση των εκμεταλλεύσεων σε σχέση με τα σημεία αναφοράς** και ο προσανατολισμός της επιφάνειας στην οποία είναι τοποθετημένη η εκμετάλλευση, είναι βασικοί παράγοντες στον επηρεασμό της οπτικής απορροφητικής ικανότητας ενός.
- ✓ **Η εγκατάλειψη των ορυχείων.** Ένα πάρα πολύ σημαντικό στοιχείο που επιβαρύνει τις οπτικές επιπτώσεις στο τοπίο, είναι η εικόνα εγκατάλειψης που παρουσιάζει η εκμετάλλευση μετά το πέρας των μεταλλευτικών εργασιών (κατεστραμμένα μηχανήματα, ερειπωμένες κατασκευές, σκουπίδια, ελαστικά οχημάτων κλπ)



Εικόνα 1.14: Εγκαταλελημένα λατομεία (Πηγή: Γκολώνης, Χ.)

Κατόπιν των παραπάνω αναφορών, συμπεραίνουμε ότι οι μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις προκαλούν έντονες οπτικές αλλαγές σε ένα τοπίο. Επειδή όμως συχνά έχει μεγαλύτερη σημασία αυτό που βλέπει ο παρατηρητής, οι παραπάνω οπτικοί χαρακτήρες και παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη, τόσο κατά την διάρκεια του σχεδιασμού μιας εκμετάλλευσης, όσο και κατά την διάρκεια της αποκατάστασης ενός τοπίου, έτσι ώστε να μπορούν να ελαχιστοποιηθούν οι οπτικές επιπτώσεις.

1.9.2 Οικολογικές επιπτώσεις των ορυχείων

Οι μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις στις περιοχές που αναπτύσσονται, προκαλούν σημαντικές αλλοιώσεις αναστρέψιμες ή μη και σαφή διατάραξη της οικολογίας. Έτσι καταγράφονται οι παρακάτω περιβαλλοντικές επιπτώσεις:

- **Δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης για μεγάλα χρονικά διαστήματα.** Η μεταλλευτική δραστηριότητα, τόσο για στην εργασία της εξόρυξης, όσο και για την παραγωγή των υλικών, δεσμεύει μεγάλες εκτάσεις γης. Η συγκεκριμένη γη αλλάζει χρήση και από παραγωγική που ήταν πλέον αδρανοποιείται. Εκτός από τη δέσμευση της γης, τα ορυχεία προκαλούν και την καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για να προχωρήσει η διαδικασία της εξόρυξης σε ένα ορυχείο, θα πρέπει απαραίτητα να προβούν σε αποψιλώσεις και εκχερσώσεις όλης της χλωρίδας της περιοχής. Εκτός από τις μεγάλες καταστροφές που προκαλεί η εξόρυξη στη γη, εξίσου μεγάλες καταστροφές προκαλεί και η διαδικασία της απόθεσης στείρων υλικών. Συγκεκριμένα προκαλεί την καταστροφή της βλάστησης των περιοχών που χρησιμοποιούνται ως θέσεις απόθεσης. (Βαβίζος και Μερτζάνης 2003).

- **Διατάραξη της χλωρίδας, της πανίδας και των φυσικών οικοσυστημάτων.** Στις περιοχές των ορυχείων, λόγω των εκμεταλλεύσεων παρατηρείται έντονη μεταβολή της χλωρίδας, της πανίδας και των φυσικών οικοσυστημάτων με σημαντικότερη τη συρρίκνωση ή ακόμα και την εξαφάνιση τμημάτων βλάστησης, δασών και δασικών εκτάσεων, λόγω της δημιουργίας διαδοχικών κενών βλάστησης, από τη λειτουργία ορυχείων και την εναπόθεση των στείρων και των υποπροϊόντων, καθώς επίσης και τη δημιουργία, σε ορισμένες περιπτώσεις, δευτερογενών φυτικών συνενώσεων με μικρότερη ποικιλότητα ειδών. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί, ο περιορισμός των πολλαπλών λειτουργιών που ασκούσε το δάσος, το οποίο αποψιλώθηκε (παραγωγή ξύλου και δευτερογενών καρπώσεων, αντιδιαβρωτική προστασία του εδάφους και ρύθμιση της υδατικής οικονομίας, παροχή τροφής και καταφυγίου στα άγρια ζώα και πτηνά, κλιματική ρύθμιση και αισθητική).

Επίσης με την καταστροφή της χλωρίδας επηρεάζεται άμεσα και η πανίδα, διότι πλέον η περιοχή δεν ενδύκνεται ως καταφύγιο και πηγή τροφής για τα άγρια ζώα και τα πτηνά του ευρύτερου χώρου. (Megahan & Kidd, 1992)

- **Δημιουργία ρύπων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.** Κατά την διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά την λειτουργία ενός ορυχείου δημιουργούνται ατμοσφαιρική ρύποι (αιωρούμενα σωματίδια, σκόνη κλπ), υγρά και στερεά απόβλητα (από τα μηχανήματα μεταφοράς, εξόρυξης και απόθεσης υλικού, από εκρήξεις κλπ). Οι συγκεκριμένοι ρύποι συμβάλλουν στο φαινόμενο των αερίων του θερμοκηπίου.

Αναλυτικότερα με την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχει υπολογισθεί από την ανάπτυξη του νέου μεταλλείου στις Σκουριές ότι θα εκπέμπονται μέχρι ~430 t/y PM10 (ανάλογα με το έτος λειτουργίας) μόνο από την επιφανειακή εξόρυξη του μεταλλεύματος και των στείρων. Οι εκπομπές αυτές είναι πολύ μεγάλες, συγκρίσιμες σε μέγεθος με τις εκπομπές PM10 από τις οδικές μεταφορές για όλες τις κατηγορίες οχημάτων (IX, φορτηγά, λεωφορεία, δίκυκλα), από έρευνα του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου που έγινε στην Θεσσαλονίκη και τις εκπομπές PM10 από την εξόρυξη λιγνίτη στα μεγάλα ορυχεία της ΔΕΗ στην κοιλάδα της Εορδαίας (π.χ. Πεδίο Καρδίας). Το μεταλλεύματα που εξορύσσονται, αλλά και τα στείρα, παρουσιάζουν μια σημαντική περιεκτικότητα και σε κάποια βαρέα μέταλλα, οπότε εκτιμάται ότι οι εκπομπές βαρέων μετάλλων, ιδιαίτερα As, από την εξόρυξη, την κατεργασία αλλά και τα τέλματα, θα είναι πολύ υψηλές. Αξίζει να σημειωθεί, ότι σύμφωνα με παλαιότερες μετρήσεις της TVX Hellas, η ποιότητα του αέρα στην περιοχή είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένη σε As, με υπερεπίπεδα μέσες τιμές οι οποίες ξεπερνούν, κατά τόπους, την προτεινόμενη τιμή-στόχο κατά 1-2 τάξεις μεγέθους. Τα επίπεδα As εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές κοντά στις περιοχές μεταλλευτικών δραστηριοτήτων και στα τέλματα αλλά παραμένουν σε υψηλά επίπεδα στο σύνολο της περιοχής, λόγω κυρίως μεταφοράς από τον άνεμο.

Ακόμα από τη μεταλλουργική διαδικασία της ακαριαίας τήξης για την τελική απόληψη του χρυσού, παράγονται αρσενικούχα διαλύματα (βιομηχανικό νερό που προκύπτει από την έκπλυση των απαερίων της μεταλλουργικής διαδικασίας).

Αναλυτικότερα σε ένα ορυχείο οι ρύποι που εκπέμπονται είναι το SO₂ (διοξείδιο του θείου, με ανώτατοι οριακή τιμή τα 5ppm), NO₂ (διοξείδιο του αζώτου με ανώτατη οριακή τιμή τα 40ng/m³), NOx (οξείδια του αζώτου, με ανώτατη οριακή τιμή 30 ng/m³, σωματίδια RM₁₀ (με ανώτατα επιτρεπτά όρια 5μg/m³), Pb (μόλυβδος με ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή στην ατμόσφαιρα 0,5 μg/m³) και CO με ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή στην ατμόσφαιρα 10mg/m³ και C₆H₆ (βενζόλιο με ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή τα 5μg/m³). (Crounse, 2003)

Η σκόνη που δημιουργείται στα ορυχεία είναι ασβεστολιθική (με ανώτατο επιτρεπόμενο όριο 5μg/m³). Οι βασικότερες αιτίες παραγωγής σκόνης κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας είναι οι εξής:

1. Εξορυκτική διαδικασία (ανατινάξεις).
2. Φόρτωση, εκφόρτωση και μεταφορά υλικών.
3. Πτώση υλικού στον τροφοδότη του συγκροτήματος.
4. Θραύση του υλικού στο μηχανολογικό εξοπλισμό (σπαστήρες).
5. Κοσκίνηση του υλικού.
6. Μεταφορά του μεταλλευτικού υλικού με βαρέως τύπου οχήματα.

• **Διατάραξη της ισορροπίας των υδάτων (υπόγειων και επιφανειακών)** Κατά την διάρκεια μιας μεταλλευτικής δραστηριότητας παρουσιάζεται έντονη μόλυνση των υδάτων (υπόγεια και επιφανειακά) (Λουλούδης,1991). Το παραπάνω γεγονός οφείλεται από την παραγωγή υγρών αποβλήτων όσο και από την φυσική μόλυνση η οποία προκαλείται από τον κατιονισμό του νερού λόγω της διαβροχής (δημιουργία λάσπης) και την απορροή των προϊόντων του ορυχείου από το νερό της βροχής (βροχοπτώσεις).

• **Μεταβολές στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα**, που αντιστοιχούν στη διαφοροποίηση της πορείας ή κατεύθυνσης κίνησής τους, της ποσότητάς και της ποιότητάς τους, καθώς και στις αλλαγές που θα προέλθουν στο ρυθμό απορρόφησης των επιφανειακών υδάτων και των οδών αποστράγγισης ή του ρυθμού και της ποσότητας έκπλυσης του εδάφους.

Επίσης από την απόθεση των "στείων" υλικών εντός της κοίτης ροής των χειμάρρων, διακόπτει την φυσιολογική απορροή των υδάτων και σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί σε καταστροφικά φαινόμενα της αγροτικής παραγωγής από πλημμυρικά φαινόμενα ή τη δημιουργία μικρών περιστασιακών λιμνών.

• **Πρόκληση θορύβου και δονήσεων**, κατά την διάρκεια των εκρήξεων και της εξορυκτικής διαδικασίας.

• **Μεταβολές στα γεωλογικά - υδρογεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής** εξαιτίας της δημιουργίας τεχνητών κοιλοτήτων, εξάρσεων από την εναπόθεση των "στείων" υλικών και από την διάνοιξη πυκνού οδικού δικτύου προσπέλασης, οι οποίες αντιπροσωπεύονται κυρίως από τη διαταραχή της μορφολογίας του αναγλύφου, τις αλλαγές στο καθεστώς διάβρωσης-απόθεσης του εδάφους, τη δημιουργία επίκτητων ασταθών καταστάσεων εδάφους ή αλλαγών στη γεωλογική διάταξη των πετρωμάτων, καθώς και τις διασπάσεις, μετατοπίσεις, συμπίεσεις, ή υπερκαλύψεις του επιφανειακού στρώματος του εδάφους και των γεωλογικών σχηματισμών (Βαβίζος και Μερτζάνης 2003).

• **Μεταβολές στο μικροκλίμα**. Οι συγκεκριμένες αλλαγές οφείλονται στις ακάλυπτες επιφάνειες των μετώπων εξόρυξης και των αποθέσεων των στείων υλικών, οι οποίες λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών, ιδιαίτερα κατά τις μεσημβρινές ώρες της θερινής περιόδου. Στο συγκεκριμένο φαινόμενο αποδίδεται και η ξήρανση φυτών ή δέντρων. (Μπρόφας 1989).

• **Υπερεκμετάλλευση υδάτινων πόρων**. Η μεταλλευτική δραστηριότητα δημιουργεί πολλά προβλήματα από την υπερεκμετάλλευση στους υδατικούς πόρους της περιοχής. Στα μεταλλεία χρυσού στην περιοχή της Ολυμπιάδας, η άντληση υδάτων για τις ανάγκες των μεταλλείων

ανέρχεται σε 480 m³/h δηλαδή 4200000 m³ τον χρόνο. Η συγκεκριμένη παροχή αυτή αντιστοιχεί σε ανάγκες ύδρευσης 40.000 κατοίκων περίπου.

Η υπεράντληση του νερού για τις ανάγκες των ορυχείων από μεγάλα βάθη (π.χ. σε βάθος μέχρι και 1000m), μπορεί να προκαλέσει φαινόμενα υφαλμύρισης, καθώς οι διάφοροι υδροφορείς των περιοχών, μπορεί να έχουν μεγάλη σεισμικότητα και να μην είναι πλήρως απομονωμένοι (Μελάς, Σαμαράς, Τσαλικίδης, Χατζησπύρου,2011)

1.9.3. Κοινωνικές επιπτώσεις

Με τη λειτουργία ενός ορυχείου σε μια περιοχή, εκτός από δημιουργία περιβαλλοντικών και οπτικών επιπτώσεων, επιφέρει και σημαντικές κοινωνικές επιπτώσεις. Μερικές από τις κοινωνικές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Οι οριοθετημένες περιοχές με τα κοιτάσματα του εκάστοτε ορυκτού, δεσμεύονται από τον οργανισμό εκμετάλλευσης του έργου. Αυτό πολλές φορές συνεπάγεται με αναγκαστική απαλλοτρίωση χωραφιών, οικοπέδων αλλά και ολόκληρων οικισμών. Αφού γίνει η οικονομική εκτίμηση των περιοχών, δίνονται οι κατάλληλες αποζημιώσεις στους ιδιοκτήτες, είτε ως χρηματικά ποσά είτε ως νέες κατοικίες σε άλλες περιοχές.

- **Αύξηση του αριθμού της θνησιμότητας των κατοίκων της περιοχής.** Το παραπάνω γεγονός οφείλεται από τη ρύπανση του περιβάλλοντος και των υδάτων της περιοχής. Σε περιοχές με έντονη μεταλλευτική δραστηριότητα υπάρχει μεγάλη θνησιμότητα από την ασθένεια του καρκίνου. Επίσης σε περιοχές με ορυχεία έχουν παρουσιαστεί θανατηφόρα ατυχήματα από κατολίσθηση στείρων υλικών όπως στην περίπτωση στο Aberfan της Ουαλίας το 1966, που σκοτώθηκαν 28 άτομα και 116 μαθητές σχολείου (Barr,1966).

- **Παρουσίαση μεγάλων μεταναστευτικών κυμάτων πληθυσμού από μια περιοχή σε μια άλλη.** Το μεταναστευτικό κύμα παρουσιάζεται έντονα από φαινόμενα όπως, της έλλειψης τροφής, που θα οφείλεται στην εγκατάλειψη της αγροτικής και της κτηνοτροφικής εργασίας και του νερού από την υπεράντληση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων. Επίσης η αίσθηση της «θλίψης για το χαμένο σπιτικό» είναι παγκόσμιο φαινόμενο και μπορεί να καταλήξει σε αύξηση του φαινομένου της θνησιμότητας και της νοσηρότητας, ιδιαίτερα στις ομάδες ηλικίας των ηλικιωμένων.

1.10 Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης στον εξορυκτικό κλάδο

Στον εξορυκτικό κλάδο εφαρμόζονται διεθνή Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (ΣΠΔ). **Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης** ορίζεται το τμήμα του συνολικού συστήματος διαχείρισης ενός οργανισμού που περιλαμβάνει την αναγκαία οργανωτική δομή, δραστηριότητες, διαδικασίες, ρόλους και υπευθυνότητες, κατάλληλες πρακτικές, διεργασίες και πόρους με στόχο την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων, υπηρεσιών ή λειτουργιών του (Morrow 2002, Jackson, Μανδαράκα 2004, Europa web site)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα προδιαγραφών για ΣΠΔ αποτελούν το διεθνές πρότυπο ISO 14001 και το κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης & Οικολογικού Ελέγχου EMAS.

1.10.1 Διεθνές πρότυπο ISO 14000.

Ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης ιδρύθηκε το 1946 στη Γενεύη της Ελβετίας, με σκοπό να δημιουργεί και να προάγει κοινά διεθνή πρότυπα για την παραγωγή και το εμπόριο. Στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του, πρόσφατα (το 1996), άρχισε την έκδοση της σειράς προτύπων για την περιβαλλοντική διαχείριση ISO 14000.

Τα πρότυπα ISO 14000 δημιουργήθηκαν από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization). Η οργάνωση αυτή είχε υιοθετήσει την ονομασία

ISO σε όλα της τα πρότυπα.. Η σειρά των προτύπων ISO 14000 είναι μια σειρά εθελοντικών προτύπων που αναπτύχθηκαν από τον Οργανισμό και παρέχει στη διοίκηση των επιχειρήσεων την κατάλληλη δομή για την διαχείριση των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

Η σειρά των προτύπων ISO 14000 αποτελείται από δύο ομάδες:

- Σειρά με κατευθυντήριες οδηγίες.
- Σειρά με προδιαγραφές.

Στην πρώτη σειρά ανήκουν το ISO 14001 & ISO 14004 τα οποία έχουν ως αντικείμενο τον καθορισμό οδηγιών και αρχών για την διαχείριση περιβαλλοντικών θεμάτων από τις επιχειρήσεις μέσα από την εγκατάσταση και την λειτουργία συστημάτων διαχείρισης του περιβάλλοντος.

Στη δεύτερη σειρά ανήκουν τα πρότυπα ISO 14010, 14011, 14012 και είναι οδηγίες για περιβαλλοντική επιθεώρηση.

Τα πρότυπα της σειράς ISO 14000 μπορούν να τεθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το σε τι επικεντρώνονται. Έτσι μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Τα επιχειρησιακά ή πρότυπα διαδικασιών – συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, περιβαλλοντικοί έλεγχοι, εκτιμήσεις περιβαλλοντικής απόδοσης.
2. Τα πρότυπα για τα προϊόντα – εκτίμηση κύκλου ζωής, οικολογική σήμανση, περιβαλλοντικές θεωρήσεις στην παραγωγή προϊόντων.

1.10.2 Δομή ISO 14000.

Η οικογένεια των προτύπων ISO 14000 περιλαμβάνει τα ακόλουθα πρότυπα:

Πίνακας 1.5: Περιεχόμενα ISO 14000

ISO 14001	Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης – Προδιαγραφές με οδηγίες για χρήση.
ISO 14004	Σ.Δ.Π. – Γενικές κατευθυντήριες γραμμές για τις αρχές, τα συστήματα και τις υποστηρικτικές δομές.
ISO 14010	Κατευθυντήριες γραμμές για διενέργεια περιβαλλοντικής επιθεώρησης – γενικές αρχές.
ISO 14011	Κατευθυντήριες γραμμές για διενέργεια περιβαλλοντικής επιθεώρησης – διαδικασίες επιθεώρησης – διενέργεια επιθεώρησης συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης.
ISO 14012	Κατευθυντήριες γραμμές για διενέργεια περιβαλλοντικής επιθεώρησης – Κριτήρια αξιολόγησης καταλληλότητας για περιβαλλοντικούς επιθεωρητές.
ISO 14015	Περιβαλλοντικές αξιολογήσεις οργανισμών και χωρών.
ISO 14020	Περιβαλλοντικές σημάνσεις και διακηρύξεις – Γενικές αρχές.
ISO 14021	Περιβαλλοντικές σημάνσεις και διακηρύξεις – Αξιώσεις αυτοδιακήρυξης: ορολογία, σύμβολα, έλεγχοι και επαληθεύσεις.
ISO 14024	Περιβαλλοντικές σημάνσεις και διακηρύξεις. Περιβαλλοντική σήμανση τύπου I.
ISO 14025	Περιβαλλοντικές σημάνσεις και διακηρύξεις. Περιβαλλοντική σήμανση τύπου III.
ISO 14031	Αξιολογήσεις περιβαλλοντικής απόδοσης.
ISO 14032	Αξιολογήσεις περιβαλλοντικής απόδοσης. – Μελέτες περιπτώσεων.
ISO 14040	Εκτιμήσεις κύκλου ζωής – Αρχές και κατευθυντήριες γραμμές.
ISO 14041	Εκτιμήσεις κύκλου ζωής – Ανάλυση κύκλου ζωής.
ISO 14042	Εκτιμήσεις κύκλου ζωής – Εκτιμήσεις περιβαλλοντικών

	επιπτώσεων.
ISO 14043	Εκτίμηση κύκλου ζωής – Ερμηνεία.
ISO 14049	Περιβαλλοντική διαχείριση – Εκτίμηση Κύκλου Ζωής – Παραδείγματα εφαρμογής του ISO 14041 για τον καθορισμό των σκοπών και του πεδίου εφαρμογής και ανάλυση.
ISO 14050	Λεξιλόγιο περιβαλλοντικής διαχείρισης.
ISO 14061	Αναφορά περιγράφουσα πληροφορίες και υλικό αναφοράς για την εφαρμογή του ISO 14001 και τη χρήση του ISO 14004 από δασικούς οργανισμούς.
Οδηγός 64	Οδηγός για τον συνυπολογισμό των περιβαλλοντικών πλευρών στα πρότυπα προϊόντων.

Το πλέον διαδεδομένο διεθνώς πρότυπο συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι το ISO 14001, το οποίο ολοκληρώθηκε και κυκλοφόρησε στην πρώτη του έκδοση το Σεπτέμβριο του 1996. Σε αυτό καθορίζονται οι απαιτήσεις ενός ΣΔΠ έτσι ώστε η κάθε επιχείρηση να καταφέρει να μειώσει την περιβαλλοντική της επίδραση και να βελτιώνει συνεχώς την περιβαλλοντική της απόδοση.

Στις 15 Νοεμβρίου του 2004, δημοσιεύθηκε από τον Οργανισμό ISO η αναθεωρημένη έκδοση του προτύπου, το ISO 14001:2004.

1.10.3 Πλεονεκτήματα του ISO 14001.

Η εφαρμογή ενός Σ.Δ.Π. σύμφωνα με το ISO 14001 έχει τα παρακάτω σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Η απαίτηση του προτύπου για τήρηση αρχείου και διατήρηση επικοινωνίας με τους οργανισμούς που πιστοποιούνται με αυτό, παρέχουν μια ολοκληρωμένη παρακολούθηση, την καταγραφή και την τήρηση αρχείων, την εγκατάσταση γενικώς ενός καλά δομημένου μηχανισμού αναφοράς.

- Το ISO 14001 είναι επαληθεύσιμο. Παρότι ένας οργανισμός έχει την δυνατότητα να κάνει αυτοδήλωση σχετικά με τη συμμόρφωσή του με τις απαιτήσεις του προτύπου, η πιστοποίηση από ένα εξωτερικό φορέα θα παρέχει στα ενδιαφερόμενα μέρη ένα επίπεδο ασφαλείας.

- Η δέσμευση ενός οργανισμού με τις αρχές του ISO 14001 συνοδεύεται με την απαίτηση να στοχεύει στη πρόληψη της ρύπανσης, με αποτέλεσμα να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή της ρύπανσης.

- Το ISO 14001 συμβάλλει στην ολοκλήρωση εθελοντικών προγραμμάτων όπως το EPA 's 33/50 (πρόγραμμα περιορισμού ρύπανσης του environmental protection agency των Η.Π.Α.) ή πρωτοβουλιών σε συγκεκριμένους κλάδους όπως το πρόγραμμα Responsible Care της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Χημικών Βιομηχανιών, σε ένα συνεκτικό πλαίσιο.

1.10.4 Κοινωνικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου – EMAS.

Ο κανονισμός της ΕΟΚ 1836/93 <<για την εκούσια προσχώρηση των επιχειρήσεων του βιομηχανικού τομέα σε Κοινωνικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου>>, για συντομία αναφέρεται EMAS (Eco- Management and Audit Scheme), δημοσιεύτηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων το 1993 (L 168/10-7-93). Ο κανονισμός αυτός θέσπισε ένα Ευρωπαϊκό εθελοντικό Σ.Π.Δ με την επωνυμία [EMAS], του οποίου η εφαρμογή άρχισε από τον Απρίλιο του 1995.

Συνολικός στόχος του συστήματος είναι να προωθήσει τη συνεχή περιβαλλοντική βελτίωση δεσμεύοντας τους οργανισμούς να αξιολογούν τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις και να παρέχουν σχετική πληροφόρηση στο κοινό.

Σκοπός του EMAS είναι να λειτουργήσει ως κίνητρο στις επιχειρήσεις και τους λοιπούς οργανισμούς προκειμένου να εισάγουν την περιβαλλοντική διαχείριση στο πρόγραμμά τους ή να βελτιώσουν την περιβαλλοντική τους πρακτική σε μόνιμη βάση. Στην αρχική του έκδοση ο συγκεκριμένος κανονισμός έδινε το δικαίωμα συμμετοχής μόνο σε επιχειρήσεις της βιομηχανίας. Με την τροποποίηση του κανονισμού ΕΚ 761/2001 που έγινε στις 19/03/2001, δίνεται το δικαίωμα εφαρμογής και σε άλλους τομείς εκτός της βιομηχανίας.

1.10.5 Τα οφέλη του EMAS.

Η εγκαθίδρυση ενός Σ.Π.Δ. EMAS έχει συνήθως σημαντικά οφέλη για την επιχείρηση που θα το οργανώσει, τόσο για την εσωτερική της λειτουργία όσο και ως προς τις σχέσεις με τρίτους. Μερικά από τα οφέλη είναι όπως:

- Εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας.
- Ενίσχυση της εταιρικής εικόνας τόσο προς το προσωπικό όσο και ως προς τρίτους (κοινωνία, προμηθευτές, πελάτες).
- Ενδυνάμωση του προσωπικού της εταιρείας, μέσω της δημιουργίας κινήτρων για μεγαλύτερη συμμετοχή και υπευθυνότητα.
- Καλύτερη διαχείριση του ρίσκου που σχεδιάζεται με περιβαλλοντικά θέματα, μέσω της θεσμοθέτησης και ελέγχου των διαδικασιών.

1.10.6 Δομή του EMAS.

Το κείμενο του νέου κανονισμού 761/2001 με ημερομηνία 19/03/2001, αποτελείται από ένα δισέλιδο προοίμιο, 18 άρθρα, 8 παραρτήματα και την αιτιολογική έκθεση του συμβουλίου.

Προοίμιο.

Στο προοίμιο αναφέρεται τι έλαβε υπόψη το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την έκδοση αυτού του κανονισμού.

Πίνακας 1.6: Περιεχόμενα EMAS.

Άρθρο 1	Το σύστημα οικολογικής διαχείρισης και οικολογικού ελέγχου και οι σκοποί του.
Άρθρο 2	Ορισμοί εννοιών, λέξεων ή φράσεων που χρησιμοποιούνται συνεχώς στο κείμενο του κανονισμού κατά την περιγραφή του συστήματος και των σχετικών με αυτό διαδικασιών.
Άρθρο 3	Απαιτήσεις για την καταχώρηση ενός οργανισμού στο EMAS και για τη διατήρηση αυτής της καταχώρησης.
Άρθρο 4	Σύστημα διαπίστευσης.
Άρθρο 5	Αρμόδιοι φορείς και τα καθήκοντά τους.
Άρθρο 6	Καταχώρηση των οργανισμών.
Άρθρο 7	Μητρώο καταχωρημένων οργανισμών και διαπιστευμένων επιθεωρητών περιβάλλοντος.
Άρθρο 8	Λογότυπο του EMAS και χρήση του.
Άρθρο 9	Σχέσεις με τα ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα.
Άρθρο 10	Σχέση με τη λοιπή περιβαλλοντική νομοθεσία στην κοινότητα.
Άρθρο 11	Προώθηση της συμμετοχής των οργανισμών και ιδίως των μικρομεσαίων επιχειρήσεων.
Άρθρο 12	Πληροφόρηση σχετικά με το EMAS.
Άρθρο 13	Παραβάσεις.
Άρθρο 14	Επιτροπή.

Άρθρο 15	Επανεξέταση.
Άρθρο 16	Δαπάνες και τέλη.
Άρθρο 17	Κατάργηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθμ. 1836/93.
Άρθρο 18	Έναρξη ισχύος νέου κανονισμού.
Παράρτημα I	A. Απαιτήσεις για το σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης. B. Θέματα που πρέπει να εξετάζονται από τους οργανισμούς
Παράρτημα II	Απαιτήσεις αναφορικά με το εσωτερικό περιβαλλοντικό έλεγχο.
Παράρτημα III	Περιβαλλοντική δήλωση.
Παράρτημα IV	Λογότυπο.
Παράρτημα V	Διαπίστευση, εποπτεία και καθήκοντα των επιθεωρητών περιβάλλοντος.
Παράρτημα VI	Περιβαλλοντικές πτυχές.
Παράρτημα VII	Περιβαλλοντική επισκόπηση.
Παράρτημα VIII	Πληροφορίες για την καταχώριση.

1.10.7 Σύγκριση ISO 14001 και EMAS.

Η συγκριτική παρουσίαση του ISO 14001 και του EMAS κάνει εμφανείς τις ομοιότητες αλλά και τις διαφορές τους ως προς τους βασικούς στόχους, τη δομή και τις απαιτήσεις.

Πίνακας 1.7: Συγκριτική παρουσίαση EMAS –ISO 14001.

Απαιτήσεις EMAS	Απαιτήσεις ISO 14001
Μέρος της νομοθεσίας της Ε.Ε. (εθελοντικός κανονισμός)	Διεθνές πρότυπο.
Εφαρμόζεται σε όλη την Ε.Ε.	Εφαρμόζεται παγκοσμίως.
Δικαίωμα συμμετοχής όλοι οι οργανισμοί.	Δικαίωμα συμμετοχής όλοι οι οργανισμοί.
Επικεντρώνεται στη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης του οργανισμού και στην παροχή ενημέρωσης στο κοινό (προστασία περιβάλλοντος στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης)	Επικεντρώνεται στη συνεχή βελτίωση του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης που εφαρμόζει ο οργανισμός – η βελτίωση της επίδοσης προκύπτει από το σύστημα.
Η περιβαλλοντική επισκόπηση είναι απαραίτητη και επιβάλλεται.	Δεν επιβάλλεται γραπτή περιβαλλοντική επισκόπηση, αλλά μόνο αναγνώριση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών.
Ο οργανισμός φροντίζει ώστε προμηθευτές και υπεργολάβοι του να συμμορφούνται με την περιβαλλοντική πολιτική του.	Δεν υπάρχει αντίστοιχη απαίτηση στο πρότυπο – σοβαρές ενδείξεις ότι θα ισχύσει από απαιτήσεις της αγοράς.
Δέσμευση στην περιβαλλοντική πολιτική για συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης, συμμόρφωση με τη σχετική νομοθεσία και πρόληψη της ρύπανσης.	Ομοίως και στο EMAS.
Είναι απαραίτητη μια δημόσια και ετήσια περιβαλλοντική δήλωση που να	Δεν απαιτείται.

περιλαμβάνει πραγματικά δεδομένα για την περιβαλλοντική επίδοση	
Απαιτείται ενεργή συμμετοχή των εργαζομένων.	Δεν απαιτείται.
Χρήση του λογότυπου του EMAS.	Δεν απαιτείται.

Κεφάλαιο 2

Το έδαφος και οι ιδιότητές του – Περαιβαλλοντική αποκατάσταση

2.1 Γενικά

Το έδαφος όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο ένα, είναι πολύ σημαντικός φυσικός πόρος και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ορίζεται ως ο ανώτερος επιφανειακός ορίζοντας του φλοιού της γης (Strahler et al, 1985). Αποτελεί το διαχωριστικό στρώμα ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και τη λιθόσφαιρα.

Η δημιουργία του εδάφους προέρχεται από την **αποσάθρωση** (weathering) των πετρωμάτων (Αντωνόπουλος, 2001). Η αποσάθρωση είναι μια διαδοχή φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών. (Monti & Zatta, 2009) Οι φυσικές διεργασίες δρουν πρώτα, οι οποίες συντελούν στην κατάτμηση του πετρώματος του φλοιού της γης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής επιφάνειας του πετρώματος. Κατόπιν δρουν οι χημικοί παράγοντες, όπως υδρόλυση, διαλυτοποίηση κτλ., οι οποίοι αλλοιώνουν τα πρωτογενή ορυκτά και οδηγούν στη δημιουργία των ορυκτών του εδάφους ή καλύτερα των **ορυκτών της αργίλου** (clay minerals). Οι βιολογικοί παράγοντες είναι βοηθητικοί και στα δύο αυτά στάδια.

Η σύσταση του εδάφους αποτελείται από οργανικά και ανόργανα συστατικά, νερό, αέρα και ζώντες οργανισμούς (Εικόνα 2.1). Το έδαφος αποτελεί το υπόβαθρο για μεγάλο αριθμό λειτουργιών του οικοσυστήματος του πλανήτη και εξαιτίας του πολύ αργού μηχανισμού δημιουργίας του, είναι πρακτικά μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος (Camp, 1998). Αποτελεί το υπόβαθρο ή το ενδιαίτημα ανάπτυξης των ζωντανών οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των φυτικών ειδών (καλλιέργειες, φυσική βλάστηση, δάση). Ακόμα έχει πρωτεύοντα ρόλο σε οικολογικές λειτουργίες ζωτικές για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, όπως ο κύκλος του νερού, οι κύκλοι των θρεπτικών στοιχείων, οι κύκλοι του άνθρακα καθώς έχει ιδιαίτερη συμμετοχή και στη δημιουργία των αερίων του θερμοκηπίου. Το έδαφος ακόμα αποτελεί το υπόβαθρο για πλήθος δραστηριοτήτων του ανθρώπου, καθώς είναι και από τα κύρια συστατικά του τοπίου που μας περιβάλλει.



Εικόνα 2.1 Διάφοροι τύποι εδαφών.

Το έδαφος θεωρείται ως ένα ανοικτό σύστημα διότι δέχεται συνέχεια μεταβολές από ανθρώπινες παρεμβάσεις. Οι μεγάλες διαφορές που εντοπίζονται στον τύπο του εδάφους προέρχονται από το κλίμα (Ollier 1969) και την τοπογραφία (Leopold, L.B. 1977) και τη σύσταση του μητρικού πετρώματος.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι το έδαφος αποτελεί ένα σύνθετο "ζωντανό" σύστημα, το οποίο νεκρά φυτά, ζώα και άλλα οργανικά απόβλητα αποικοδομούνται και σε συνδυασμό με ανόργανα συστατικά που είτε βρίσκονται στο έδαφος, είτε έχουν δεσμευτεί από την ατμόσφαιρα, είτε μεταφέρονται με άλλους τρόπους, τροφοδοτούν το μηχανισμό

επαναδημιουργίας φυτικής μάζας και συντήρησης της ζωής (Camp,1998). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε κάθε m^3 γόνιμου εδάφους περιέχονται δισεκατομμύρια μικροοργανισμοί, κυρίως βακτήρια, ενώ περιέχονται και εκατοντάδες χιλιόμετρα μυκηλιακής υφής, χιλιάδες νηματώδεις, δεκάδες χιλιάδες πρωτόζωα, αρκετές εκατοντάδες εντόμων και εκατοντάδες μέτρα ριζών (Torsvik and Onreas, 2002). Οι ζωντανοί οργανισμοί του εδάφους (biota) παίρνουν μέρος στις λειτουργίες αποικοδόμησης, δέσμευσης, και ανασύνθεσης των οργανικών και ανόργανων συστατικών (Marcelle,2012).

Ο οργανικός κόσμος στο έδαφος είναι από τους σημαντικότερους λόγους που επηρεάζονται οι φυσικές του ιδιότητες και η περιεκτικότητα σε φυτικά συστατικά και έτσι θεωρείται ως ένας καθοριστικός παράγοντας για την γονιμότητα και τη ποιότητα του εδάφους. Αρκετές έρευνες και πειράματα έχουν γίνει για να μελετηθεί η επιρροή των λιπασμάτων και των μεθόδων καλλιέργειας στη σύσταση του εδάφους σε οργανικά υλικά (Schulten & Leinweber, 1991; Paustian et al, 1992; Aref & wander, 1998; Ellmer et al. 2002; Hermanz et al. 2002).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το έδαφος είναι ανοιχτό σύστημα και λόγω της δυναμικότητάς που διαθέτει, συνεχώς μεταβάλλει τις ιδιότητές του και κατά συνέπεια τα δομικά του χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό το έδαφος μπορεί να "περιγραφεί" με την ακόλουθη μαθηματική συνάρτηση:

$$s = f (p . c . o . r . t)$$

Όπου:

s = Η εδαφική ιδιότητα.

p = Το μητρικό υλικό.

c = Το κλίμα.

o = Οι οργανισμοί.

r = Η τοπογραφία.

t = Ο χρόνος.

Στην περίπτωση που ένας από τους παράγοντες εδαφογένεσης διαφοροποιηθεί, προκύπτει διαφορετικός τύπος εδάφους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία για καθένα από τους παράγοντες εδαφογένεσης και για αυτό δημιουργούνται άπειροι αριθμοί διαφορετικών τύπων εδάφους.

2.2 Ιδιότητες εδάφους

Το έδαφος όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως αποτελείται από τρεις "φάσεις", δηλαδή τη στερεά, την υγρή και την αέρια φάση.

Η στερεή φάση αποτελείται κυρίως από ανόργανα συστατικά που είναι προϊόντα της αποσάθρωσης, αλλά και από οργανικά. Τα οργανικά συστατικά προέρχονται από την καλή αποσύνθεση της νεκρής ύλης των ζωικών και φυτικών ιστών που διαβιούν στο έδαφος. Η υγρή φάση του εδάφους αναφέρεται στο εδαφικό διάλυμα, από όπου τρέφονται τα ανώτερα φυτά, και η αέρια φάση στο διαχυμένο αέρα του εδάφους που συμβάλουν στην ανάπτυξη κατάλληλων συνθηκών για την επιβίωση των ζωικών και φυτικών οργανισμών του εδάφους. (Αντωνιάδης, 2012)

Η υγρή φάση προέρχεται κυρίως από το νερό. Το νερό του εδάφους έχει πρωταγωνιστικό ρόλο σε δύο βασικά 'κεφάλαια' της δυναμικής ολότητας που λέγεται έδαφος.

Πρώτον στην αποσάθρωση των πρωτογενών ορυκτών. Το νερό δρα με δύο τρόπους:

- Ως χημικός διαλύτης.
- Ως μέσο μεταφοράς των αποσαθρωμένων στοιχείων.

Δεύτερον στη θρέψη των φυτών, δηλαδή σε ένα σύνολο φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους έχει σημαντικό ρόλο. (Αντωνιάδης, 2012)

Όπως είναι γνωστό με το ρεύμα της διαπνοής των φυτών οι ρίζες τους έχουν την δυνατότητα να απορροφούν νερό από το έδαφος, και συγχρόνως μαζί με το νερό απορροφούν οτιδήποτε στοιχείο είναι διαλυμένο μέσα σε αυτό, ανεξαιρείτως εάν είναι θρεπτικό για τα φυτά.

Ο αέρας εμπεριέχεται στους πόρους του εδάφους όπως ακριβώς και το εδαφικό διάλυμα. Λόγω της αναπνοής των ριζών ο εδαφικός αέρας εμπλουτίζεται πολύ σε CO₂, πράγμα που σημαίνει ότι εκτοπίζεται το O₂. Το έδαφος είναι απαραίτητο να αερίζεται ικανοποιητικά, δηλαδή να είναι σε ισορροπία με τον ατμοσφαιρικό αέρα, γιατί αλλιώς μπορεί να δημιουργηθούν τοξικά φαινόμενα για τα φυτά. Όσο μεγαλύτερη η διάμετρος των πόρων τόσο καλύτερος ο αερισμός του εδάφους. Το ποσοστό του αέρα μειώνεται όσο μεγαλώνει το βάθος. Συνήθως σε βάθος μεγαλύτερο των 1- 2 m δεν υπάρχει εδαφικός αέρας. (Αντωνιάδης, 2012)

Ο όγκος που καταλαμβάνει η καθεμία από αυτές τις υλικές φάσεις στο συνολικό όγκο του εδάφους μεταβάλλεται από έδαφος σε έδαφος, ανάλογα με τις φυσικές, τις χημικές και τις βιολογικές ιδιότητες. Σε γενικές γραμμές ο όγκος που καταλαμβάνει η στερεά φάση ανέρχεται στο 50%. Τον υπόλοιπο όγκο καταλαμβάνουν η υγρή και αέρια φάση, δηλαδή το νερό και ο εδαφικός αέρας.

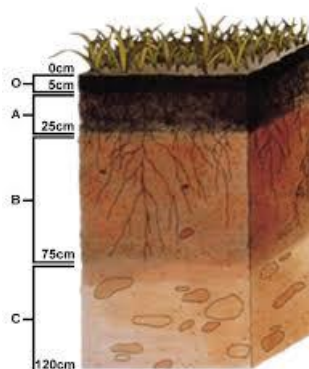
Η σημασία των ιδιοτήτων του εδάφους είναι πολύ μεγάλη, επειδή βάσει αυτών επιτυγχάνεται η κατανόηση της φύσης και συγκρότησής του εδάφους, με αποτέλεσμα τον καθορισμό εκείνων των χρήσεων γης που μεγιστοποιούν το κέρδος και ελαχιστοποιούν την υποβάθμιση του εδαφικού περιβάλλοντος.

2.2.1 Φυσικές ιδιότητες εδάφους

Φυσικές ιδιότητες του εδάφους θεωρούνται οι ιδιότητες εκείνες που σχετίζονται με την φυσική κατάσταση του εδάφους, ενώ διέπονται και διερευνώνται από τους νόμους της φυσικής. Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι η κοκκομετρική σύσταση, η δομή, το εδαφικό πορώδες, η εδαφική θερμοκρασία, οι ορίζοντες των εδαφών και το χρώμα του εδάφους.

Οι κάθετες και οριζόντιες κινήσεις των υλικών στα εδαφικά συστήματα, οδηγούν σε διακεκριμένη στρωμάτωση, ή εδαφικό προφίλ, το οποίο χωρίζεται σε ζώνες ή εδαφικούς ορίζοντες. Οι περισσότεροι απ' αυτούς είναι διακριτοί βάσει των διαφορετικών χρωμάτων και της σύστασης.

Οι βασικότεροι εδαφικοί ορίζοντες συμβολίζονται διεθνώς A-B-C (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 : Δείγμα εδαφικού ορίζοντα (Πηγή:Αντωνιάδης,2009)

Ο ορίζοντας **A** όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2είναι ο ανώτερος ορίζοντας, ο οποίος είναι και ο πιο πλούσιος σε οργανικές ουσίες, οι οποίες είναι και αυτές που του προσδίδουν τη σκουρόχρωμη όψη. Τα αργιλικά υλικά του συγκεκριμένου ορίζοντα, καθώς και άλλα ευκίνητα υλικά αποπλένονται και μεταφέρονται στους βαθύτερους ορίζοντες.

Ο ορίζοντας **B** είναι ο ενδιάμεσος ορίζοντας και λειτουργεί ως φίλτρο, διότι σε αυτόν συγκρατούνται διάφορες χημικές ουσίες που προέρχονται από την απόπλυση του ορίζοντα A (αργιλικά ορυκτά, οξείδια του σιδήρου, κ.ά.).

Ο ορίζοντας C είναι ο κατώτερος εδαφικός ορίζοντας, που αποτελείται από μητρικό υλικό, το οποίο σχεδόν έχει αποσαθρωθεί. Ο συγκεκριμένος ορίζοντας μπορεί να είναι οξειδωμένος (C_{ox}) ή να περιέχει $CaCO_3$ (C_{ca}). Κάτω από τον ορίζοντα C υπάρχει το μητρικό πέτρωμα.

Η σύσταση της οργανικής ύλης περιλαμβάνεται από τμήματα φυτών (φύλλα, κλαδιά, κορμούς), άμορφα υπολείμματα και οργανικά λείψανα, γνωστά και ως *humus*. Η ανάπτυξη του humus συνοδεύεται από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο έχει σαν συνέπεια τη μείωση του pH και τη δημιουργία όξινου περιβάλλοντος. Επιπλέον η παρουσία του αυξάνει την προσρόφηση νερού, καθώς και τις διεργασίες ιοντοανταλλαγής (M.S.U, 2012).

Το χρώμα του εδάφους συνήθως καθορίζει τις συνθήκες αποστράγγισης. Εδάφη που είναι φτωγά σε αποστράγγιση έχουν κίτρινο χρώμα, ενώ τα εδάφη που είναι καλά αποστραγγισμένα και αερίζονται καλά και έχουν χρώμα κόκκινο, λόγω της οξείδωσης που υφίσταται ο σίδηρος.

Οι κατηγορίες ταξινόμησης του εδάφους σύμφωνα με το Ενοποιημένο Σύστημα Ταξινόμησης γίνεται με βάση τη διάμετρο των κόκκων και είναι οι παρακάτω:

- Ογκόλιθοι ή και λίθοι (>300 mm)
- Κροκάλες (75-300 mm)
- Χάλικες (4,5-75 mm)
- Άμμος (0,075-4,75 mm)
- Ιλύς (0,002-0,075 mm)
- Αργίλος (<0,002 mm)

Στον κατωτέρω Πίνακα 2.1 τα εδάφη ταξινομούνται σύμφωνα με την κοκκομετρία (Morris-Johnson, 1967). Στη διαδικτυακή διεύθυνση <http://eussoils.jrc.it> υπάρχουν χάρτες ταξινόμησης των εδαφών της Ελλάδας και των άλλων χωρών της Ευρώπης.

Η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την αποθηκευτική ικανότητα σε νερό, την θερμοκρασία του εδάφους, τη διάβρωση, την γονιμότητα και την παραγωγικότητα.

Στα λεπτόκοκκα εδάφη το μέγεθος των κόκκων είναι <0,075 mm. Τα χονδρόκοκκα εδάφη το μέγεθος κόκκων συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0,075 mm και 76,2 mm. Ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν τα οργανικά εδάφη και η τύρφη.

Τα εδάφη διαχωρίζονται σε:

1) Συνεκτικά (λεπτόκοκκα, fine grained).

2) Μη συνεκτικά (κοκκώδη, coarse grained).

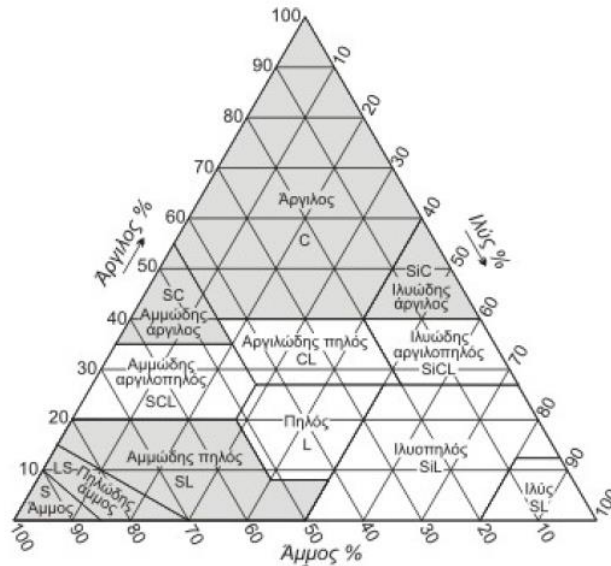
Τα συνεκτικά εδάφη χαρακτηρίζονται για την παρουσία ελκτικών δυνάμεων μεταξύ των εδαφικών κόκκων που έχει σαν αποτέλεσμα να αναπτύσσονται δυνάμεις συνοχής. **Τα μη συνεκτικά εδάφη** χαρακτηρίζονται από την απουσία ελκτικών δυνάμεων μεταξύ των κόκκων τους.

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση των εδαφών με βάση την κοκκομετρία (Moris-Johnson, 1967).

Υλικό	Μέγεθος κόκκων σε mm
Άργιλος	<0,004
Ιλύς	0,004-0,062
Πολύ λεπτόκοκκη άμμος	0,062-0,125
Λεπτόκοκκη άμμος	0,125-0,25
Μεσόκοκκη άμμος	0,25-0,5
Χονδρόκοκκη άμμος	0,5-1,0
Πολύ χονδρόκοκκη άμμος	1,0-2,0
Πολύ μικρά χαλίκια	2,0-4,0
Μικρά χαλίκια	4,0-8,0
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	8,0-16,0
Χαλίκια μεγάλου μεγέθους	16,0-32,0
Χαλίκια πολύ μεγάλου μεγέθους	32,0-64,0

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο του εδάφους είναι η **υφή** (texture) του, η οποία καθορίζεται από τις αναλογίες αργίλου, ιλύος και άμμου. Η εκτίμηση της υφής γίνεται στην ύπαιθρο και χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των διεργασιών σχηματισμού των εδαφών. Η διάκριση των υφών του εδάφους βασίζεται κυρίως στην αναλογία των μορίων της άμμου, του πηλού και της ιλύος εκφραζόμενα σε ποσοστά. Τα μόρια αργίλου έχουν διάμετρο μικρότερη από 0.002mm, η ιλύς αποτελείται από μόρια διαμέτρου που κυμαίνεται από 0.002 έως 0.05mm και η άμμος από μόρια διαμέτρου από 0.05 έως 2mm.

Συχνά θεωρείται σκόπιμος και πρακτικός ο διαχωρισμός των εδαφών σε ευρύτερες κατηγορίες: Αργιλώδη, Πηλώδη, Αμμώδη με αντίστοιχες υποδιαίρεσεις (Εικόνα . 2.3).



Εικόνα 2.3: Τριγωνικό σύστημα για την κατάταξη των εδαφών.

Στο τριγωνικό διάγραμμα του σχήματος 2.3 φαίνεται το βασικό σύστημα ταξινόμησης υφών του U.S. Department of Agriculture.

Ως Ενεργό μέγεθος (effective size) των κόκκων χαρακτηρίζεται η διάμετρος εκείνη, η οποία είναι ίση με τη διάμετρο ενός κόσκινου που συγκρατεί το 90% του υλικού που κοσκινίσθηκε ή που επιτρέπει να περάσει το 10%. Η ενεργή διάμετρος (d_{ev}) αντιστοιχεί στο λεπτόκοκκο υλικό που πληρώνει τα διάκενα και καθορίζει την τιμή του ολικού πορώδους. Υπολογίζεται από την αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη (Σχ. 2.4).

Από την ενεργή διάμετρο (d_{ev}) μπορεί να υπολογιστεί εμπειρικά ο συντελεστής υδροπερατότητας ή υδραυλικής αγωγιμότητας (k) με διάφορους τύπους.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται ευρύτατα είναι ο τύπος του Hazen: k (cm/s)= $c d_{ev}$. Η σταθερά c παίρνει τιμές από 40 (πολύ λεπτή άμμος) έως 150 (αδρομερής άμμος), αλλά για πρακτικούς λόγους λαμβάνεται ίση με 100, αν η d_{ev} μετράται σε cm. Άλλοι εμπειρικοί τύποι είναι: Biallas: k (m/s)= $0,0036 d_{20}^{2,3}$ και Seelheim: k (m/s)= $0,00357 d_{50}^2$.

Ακόμα υπάρχουν οι τύποι των Masch-Denny, Kozeny-Carmen, Fair-Hatch, Zunker, Slichter, Shepherd κ.ά (Καλλέργης, 1999).

Ο λόγος $U=d_{60}/d_{10}$, όπου d_{60} , d_{10} είναι οι διαμέτροι που αντιστοιχούν στο 60% και 10% του διερχόμενου βάρους, αντίστοιχα, λέγεται **συντελεστής ομοιομορφίας** (uniformity coefficient). Αν $U < 2$ τότε το υλικό στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ομοιόμορφο. Αν $U > 2$ το υλικό τότε είναι ανομοιόμορφο. Τα ομοιόμορφα υλικά εμφανίζουν συγκριτικά μεγάλο ολικό πορώδες.

Από την κοκκομετρική καμπύλη υπολογίζεται και ο **συντελεστής διαβάθμισης** του εδαφικού υλικού, που δίνεται από τη σχέση (Χρηστάρας κ.ά, 1998):

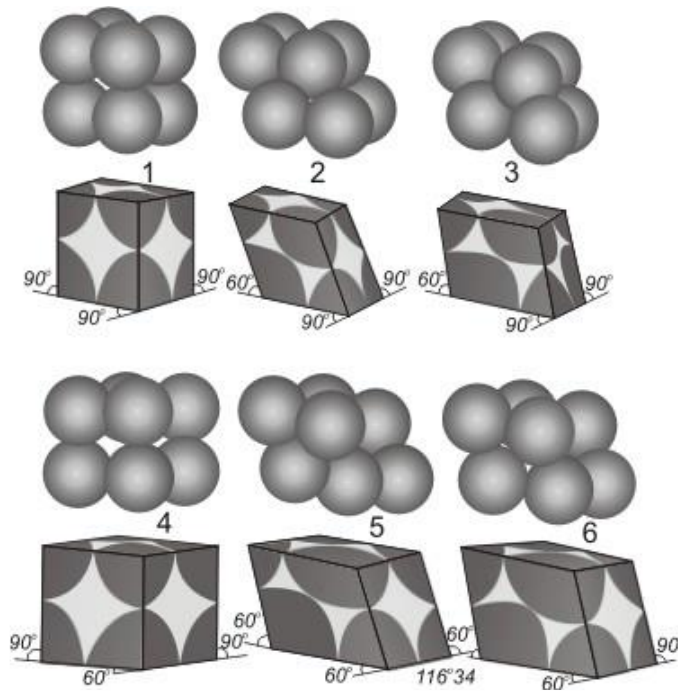
$$C_c = d_{30}^2 / (d_{60} \cdot d_{10})$$

Η καλή διαβάθμιση υποδηλώνει σχετική σταθερότητα, αντίσταση στη διάβρωση και μεγάλη αντοχή στη διάτμηση.



Εικόνα 2.4: Αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη εδαφικού σχηματισμού.

Η διάταξη των κόκκων παίζει ιδιαίτερο ρόλο στον καθορισμό της τιμής του ολικού πορώδους. Στο σχήμα 2.5 παρουσιάζονται έξι διαφορετικοί τρόποι διάταξης σφαιρικών κόκκων με την ίδια διάμετρο. Το ολικό πορώδες για κάθε τύπο διάταξης είναι 47.6%, 39.5%, 26%, 39.5%, 30.2% και 26%, αντίστοιχα.



Εικόνα 2.5: Τύποι διάταξης σφαιρικών κόκκων (Σούλιος, 2013).

2.2.1.2 Υγρασία του εδάφους

Ένα μέρος του νερού που φθάνει στην επιφάνεια της γης από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις κινείται στην επιφάνεια του εδάφους και ένα άλλο διηθείται στο έδαφος.

Το νερό που περιέχει το έδαφος ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και της οργανικής ύλης μέσω της υγρασίας, παράγοντες οι οποίοι είναι σημαντικοί στη βελτίωση της εδαφικής δομής.

Υγρασία του εδάφους (moisture content) είναι το σύνολο του νερού που βρίσκεται στο έδαφος και εκφράζεται με το λόγο (%) του βάρους του νερού που περιέχεται προς το ξηρό βάρος του εδαφικού δείγματος (Αγγελόπουλος, 2001):

$$m = (W_w / W_s) \times 100$$

Όπου:

W_w = Η απώλεια βάρους μετά την ξήρανση στους 110 °C

W_s = Το βάρος ξηρού δείγματος.

Η υγρασία έχει σημαντικό ρόλο στην κατεΐσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Με την παρουσία της υγρασίας τα κολλοειδή στο έδαφος διογκώνονται, με αποτέλεσμα να εμποδίζουν την κατεΐσδυση στην αρχή της βροχόπτωσης (Chiew, 2001).

Η μέθοδος προσδιορισμού της υγρασίας γίνεται με πάρα πολλούς τρόπους όπως σταθμική, ηλεκτρομετρική, νετρονίων κ.ά..

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας είναι χρήσιμα και τα παρακάτω μεγέθη:

- **Περιεκτικότητα κατ' όγκο σε νερό:** Κατά την διάρκεια εργαστηριακών μετρήσεων είναι πιο χρήσιμη και εκφράζεται με το λόγο του όγκου του νερού (V_w) προς τον ολικό όγκο (V_t): $\theta = V_w / V_t$. Ισούται επίσης και με: $\theta = m (\rho_b / \rho_w)$

Όπου:

m = Η υγρασία.

ρ_b = Η πυκνότητα του ξηρού δείγματος (M_s / V_t).

$\rho_w = 1$ Η πυκνότητα του νερού (1 g/cm³).

- **Νερό κορεσμού:** Είναι το μεγαλύτερο ποσοστό νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένας εδαφικός σχηματισμός.

- **Υδατοϊκανότητα εδάφους:** Είναι η περιεκτικότητα σε νερό, που παραμένει μετά τη στράγγιση ενός κορεσμένου εδάφους για αρκετές ημέρες. Συνδέεται στενά με τη φυσικοχημική κατάσταση του εδάφους. Πρακτικά ταυτίζεται με την ισοδύναμη υγρασία.

Η τιμή της ποικίλλει από 7% για τα αμμώδη εδάφη έως 40% στα αργιλώδη.

- **Σημείο μόνιμου μαρασμού:** Είναι η υγρασία ενός εδάφους στην οποία το φυτό πέφτει σε κατάσταση μόνιμου μαρασμού. Η διαφορά μεταξύ της υδατοϊκανότητας ενός εδάφους και του σημείου μαρασμού ονομάζεται **διαθέσιμη υγρασία** ή ικανότητα διαθέσιμου νερού.

2.2.1.3 Εδαφική θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας τόσο για την εξέλιξη του, όσο και για την συμπεριφορά του ως μέσου ανάπτυξης των φυτών.

Η Εδαφική θερμοκρασία είναι το αποτέλεσμα μεταφοράς της θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον και σε καμιά περίπτωση δεν αποτελεί ιδιότητα των σωμάτων (Κοσμάς, 2003).

Η εδαφική θερμοκρασία καθορίζει το ρυθμό εκδήλωσης διαφόρων φαινομένων όπως, αποσάθρωση, βιολογικές διεργασίες, χημικές αντιδράσεις, τον εξαερισμό, την φυσική αποσάθρωση, τη γένεση και εξέλιξη των εδαφών κ.ά. Άμεσα επηρεάζει και την επιλογή των καλλιεργειών και γενικότερα των χρήσεων γης. Εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα, τη θερμική αγωγιμότητα και το χρώμα του εδάφους. Οι απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσουν ακόμα και θραύση των πετρωμάτων. Από τα ανώτερα προς τα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους διακρίνονται δύο θερμικές ζώνες:

- **Η ζώνη της ετεροθερμίας:** Περιλαμβάνει μια λεπτή ζώνη 1-2 m, η οποία επηρεάζεται από τις ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα και μια ζώνη πάχους 10~20 m, που επηρεάζεται από τις ετήσιες διακυμάνσεις.

- **Η ζώνη της ομοιοθερμίας:** Η θερμότητα προέρχεται από το εσωτερικό της γης και η θερμοκρασία συνδέεται με τη γεωθερμική βαθμίδα (αύξηση κατά 1 °C ανά 33 m).

Βρίσκεται σε βάθος 10 m (τροπικές περιοχές) και αυξάνει σε 20 m (πολικές περιοχές).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του εδάφους διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες :

1. Στους παράγοντες που αναφέρονται στο εξωτερικό περιβάλλον (βροχή, ακτινοβολία, εξάτμιση, πήξη νερού, διαβροχή αργιλικών ορυκτών, βλάστηση, συμπύκνωση υδρατμών κλπ) .

2. Σε εκείνους που αναφέρονται στο εσωτερικό εδαφικό περιβάλλον (Ειδική θερμότητα του εδάφους, μέση εδαφική θερμοαγωγιμότητα, εδαφική θερμική ακτινοβολία).

2.2.1.4 Χρώμα του εδάφους

Το χρώμα του εδάφους είναι μία από τις σπουδαιότερες ιδιότητές του και σε αρκετές περιπτώσεις δηλώνει τη γονιμότητα του και την φυσική του κατάσταση. Στα εδάφη υπάρχουν όλα τα χρώματα της ίριδος. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως το χρώμα του εδάφους δεν είναι ένα αλλά μείγμα πολλών χρωμάτων και κυρίως του κίτρινου, τεφρού, ερυθρού και καστανού. Το καθένα από τα συστατικά του εδάφους έχει ιδιαίτερο χρώμα και η επίδρασή τους στο χρώμα είναι ανάλογη της ολικής του επιφάνειας. Έτσι τα λεπτόκοκκα συστατικά επηρεάζουν το χρώμα του εδάφους περισσότερο από ότι τα χονδρόκοκκα συστατικά. Κολλοειδή υδροξείδια του τρισθενούς σιδήρου και οξείδια του μαγγανίου δίνουν κίτρινες, καστανές, ερυθροκαστανές και ερυθρές αποχρώσεις στο έδαφος. Οξείδια του δισθενούς σιδήρου έχουν κυανοπράσινες αποχρώσεις. Ο

εδαφικός χούμος έχει μαύρο ή καστανό χρώμα. Ο χαλαζίας είναι συνήθως λευκός. Τα ορυκτά της αργίλλου είναι λευκά ή τεφρόχρα.

Το χρώμα του εδάφους είναι αποτέλεσμα εδαφογενετικών διεργασιών. Έτσι τα εδάφη των ηπειρωτικών υγρών περιοχών έχουν καστανότεφρα χρώματα. Εδάφη τροπικών περιοχών είναι κιτρινέρυθρα ή ερυθρά. Τα εδάφη των κοιλωμάτων είναι σκουρότερα από τα εδάφη των κυρτών περιοχών.

2.2.1.5 Πραγματική πυκνότητα

Πραγματική πυκνότητα του εδάφους ορίζεται το βάρος του ξηρού εδάφους προς τον όγκο του, δίχως να λαμβάνεται υπόψιν ο όγκος των πόρων (Σακαλής,2011) . Οι διακυμάνσεις της πραγματική πυκνότητα είναι μικρότερες από ότι της φαινομενικής πυκνότητας. Στα περισσότερα εδάφη η πραγματική πυκνότητα είναι ίση με 2,6~2,7 g/cm³, εκτός εάν είναι πολύ πλούσια σε οργανική ουσία ή σε οξειδία του σιδήρου.

2.2.2 Χημικές ιδιότητες εδάφους

Τα βασικά στοιχεία που απασχολείται η χημεία του εδάφους είναι με τη φύση, τη χημική σύσταση, τις ιδιότητες και αντιδράσεις που συμβαίνουν στο έδαφος. Οι χημικές μετατρέπουν τις φυσικές ιδιότητες και η χημική φύση του εδάφους επηρεάζει άμεσα τον εφοδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία. Οι σημαντικότερες χημικές ιδιότητες του εδάφους που θα εξετασθούν είναι οι παρακάτω:

- **Η ορυκτολογική σύσταση.**
- **Η εναλλακτική ικανότητα.**
- **Η αντίδραση του εδάφους.**

2.2.2.1 Η ορυκτολογική σύσταση

Οι περισσότερες από τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους καθορίζονται, σε μεγάλο βαθμό, από την ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος ή του ορυκτού από το οποίο σχηματίζεται το έδαφος.

Τα εδαφικά υλικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη προέλευση και την σύσταση τους:

- Ορυκτά συστατικά που είναι τα τελικά προϊόντα της αποσάθρωσης των πετρωμάτων και αποτελούν το 90-99% του εδάφους.
- Οργανικά συστατικά που είναι τα τελικά προϊόντα αποσύνθεσης των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων και αποτελούν το 1-10% του εδάφους.

Τα ορυκτά συστατικά του εδάφους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. **Πρωτογενή ορυκτά συστατικά.** Προέρχονται από θραύσματα των πυριγενών πετρωμάτων χωρίς να έχουν υποστεί χημικές αλλοιώσεις ή μεταβολές. Αποτελούν το κύριο συστατικό της άμμου και της ιλύος.

2. **Δευτερογενή ορυκτά συστατικά.** Είναι προϊόντα της μετατροπής και της αποσύνθεσης των πρωτογενών ορυκτών. Έχουν υποστεί χημικές και φυσικές μεταβολές λόγω της επίδρασης των παραγόντων της εδαφογένεσης:



Εικόνα 2.6 : Χημική μετατροπή των ορυκτών (Πηγή: Βούτσινος, Κοσμάς, Καλκάνης , Σούτσας , 2009)

Όπως φαίνεται και στο σχήμα τα δευτερογενή ορυκτά προέρχονται από την μερική αποσάθρωση ή ανακρυστάλλωση των προϊόντων αποσάθρωσης των πρωτογενών ορυκτών και έχουν πολύ μεγάλη σημασία για το έδαφος. Τα δευτερογενή ορυκτά αποτελούν και την σημαντικότερη πηγή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.

Τα σπουδαιότερα ορυκτά είναι ο δολομίτης, ο ασβεστίτης, τα οξείδια του αργιλίου και σιδήρου και τα αργιλλοπυριτικά ορυκτά. Τα βασικότερα από τα αργιλλοπυριτικά ορυκτά είναι οι βερμικουλίτες, οι μοντοριλλονίτες και οι καολινίτες.

2.2.2.2 Εναλλακτική ικανότητα

Σε περίπτωση που σε όλα τα διαλυτά στοιχεία του εδάφους υπήρχε η δυνατότητα να βρίσκονταν στα εδαφικά διαλύματα με απλή μοριακή μορφή, τα συγκεκριμένα στοιχεία θα μπορούσαν να εκπληθούν και να απομακρυνθούν εντελώς κατά τη μεγάλη χρονική διάρκεια σχηματισμού των εδαφών, αφήνοντας μόνο το αδιάλυτο μέρος του εδάφους, το οποίο δεν ενδείκνυται στη θρέψη των φυτών. Τα κολλοειδή του εδάφους είναι συνήθως αρνητικά φορτισμένα και μπορεί να θεωρηθούν ως πολύ μεγάλα αδιάλυτα ανιόντα.

Επειδή τα κολλοειδή είναι αρνητικά φορτισμένα, έχουν την δυνατότητα να έλκουν και να συγκρατούν τα κατιόντα που υπάρχουν στο εδαφικό διάλυμα. Η συγκεκριμένη ικανότητα των κολλοειδών να μπορούν προσροφούν και να συγκρατούν τα κατιόντα σε ανταλλάξιμη μορφή ονομάζεται **εναλλακτική ικανότητα κατιόντων (ΙΑΚ)** (Φιλλιπίδης, 2006). Η εναλλακτική ικανότητα κατιόντων εκφράζεται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά 100 gr. ξηρού εδάφους. (Φιλλιπίδης, 2006)

Μελετώντας τη φυσική σημασία της ΙΑΚ έγκειται στο ότι μας δίνει το μέτρο που δύναται να ανταλλάξει κατιόντα το φυτό με το έδαφος. Δηλαδή να δώσει το φυτό H^+ στο έδαφος και να προσλάβει στη θέση του άλλα κατιόντα όπως Ca^{2+} , Mg^{2+} κα, που είναι απαραίτητα για τη θρέψη του. Η παρουσία της ΙΑΚ οφείλεται στα αρνητικά φορτία που βρίσκονται στην επιφάνεια των ορυκτών του εδάφους και την οργανική ουσία.

Η εναλλακτική ικανότητα κατιόντων (ΙΑΚ) αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- **Τη μηχανική σύσταση του εδάφους.** Ανάλογα με την αναλογία των μηχανικών κλασμάτων στο έδαφος έχουμε περισσότερα ή λιγότερα αρνητικά φορτία.
- **Την ισόμορφη αντικατάσταση.**
- **Το pH.** Το pH του εδαφικού διαλύματος είναι μια από τις σημαντικότερες χημικές ιδιότητες του εδάφους. Από αυτό εξαρτάται η ισορροπία των κατιόντων μεταξύ των προσροφημένων και των διαλυμένων συγκεντρώσεων. Γενικά ισχύει ότι: Όσο χαμηλότερο το pH από την ουδετερότητα (pH 7) τόσο η συγκέντρωση των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα αυξάνεται (M.S.U.,2012).
- **Την ορυκτολογική σύσταση του εδάφους.**

Τα διαστελλόμενα ορυκτά έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, επειδή κατά τη διαστολή τους μπορούν να προσροφήσουν κατιόντα. Στα μη διαστελλόμενα ορυκτά η μηχανική σύσταση του εδάφους είναι σχετικά μικρή.

2.2.2.3 Αντίδραση του εδάφους

Ένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του εδάφους και του εδαφικού διαλύματος είναι η χημική αντίδρασή του. Ως αντίδραση του εδάφους χαρακτηρίζεται ο βαθμός οξύτητας ή αλκαλικότητάς του, ή η σχέση μεταξύ των ποσοστών των ιόντων H^+ και OH^- του εδάφους (Φιλλιπίδης, 2006). Η αντίδραση του εδάφους συνήθως εκφράζεται με το pH, που ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων του H^+ μέσα σε ένα διάλυμα.

$$pH = -\log_a[H^+]$$

Όπου

a: είναι η ενεργότητα των ιόντων.

Όσον αφορά την αντίδραση του εδάφους, όπως φαίνεται και στο πίνακα 2.2, μπορούν να διακριθούν τα όξινα εδάφη, στην περίπτωση που στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν τα ιόντα H^+ , τα αλκαλικά, στην περίπτωση που στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν τα ιόντα OH^- , και τα ουδέτερα, όταν στο εδαφικό διάλυμα επικρατούν ιόντα H^+ και OH^- .

Πίνακας 2.2: Χαρακτηρισμός των εδαφών ανάλογα με την τιμή του pH.

Χαρακτηρισμός του εδάφους	pH
Ισχυρώς όξινα	<5.5
Μετρίως όξινα	5.5-6.5
Ουδέτερα	6.5-7.5
Αλκαλικά	7.5-8.5
Νατρικά (με Na)	8.5-9.5

Το pH όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι πολύ σημαντική εδαφική ιδιότητα γιατί επηρεάζει άμεσα την γονιμότητα των εδαφίων. Η οξύτητα του εδάφους εξαρτάται από τα συστατικά του εδάφους και τις αντιδράσεις τους. Στην περίπτωση που το pH έχει μικρές τιμές (πολύ όξινα εδάφη) υπερισχύει η ιοντική μορφή των στοιχείων Al, Mn, Zn κ.λπ. με αποτέλεσμα την εμφάνιση τοξικοτήτων στα φυτά.

Στην περίπτωση που pH έχει μεγάλες τιμές τα ιχνοστοιχεία δεσμεύονται ισχυρά στο έδαφος με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να προσληφθούν από τα φυτά με αποτέλεσμα να εμφανίζεται τροφοπενία στα φυτά.

Οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που μπορεί να προσλάβει ένα φυτό από το έδαφος εξαρτώνται από την τιμή του pH. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το άζωτο να αφομοιώνεται καλύτερα από τα φυτά που έχουν $pH = 6-8$, ο φώσφορος όταν το pH είναι 6.5 - 7.5, κ.λπ.

Γενικά τα περισσότερα φυτά μπορούν να αφομοιώσουν καλύτερα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι διαλυμένα στο εδαφικό νερό στην ελαφρά όξινη περιοχή ($pH 6.5-7$). Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι η γνώση του pH ενός εδάφους συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίηση του και στην καλλιέργεια των καταλληλότερων για αυτό φυτών. Επίσης συμβάλλει στη χρήση των καταλληλότερων λιπασμάτων.

2.2.3 Οργανική ουσία του εδάφους

Στα οικοσυστήματα, το περιεχόμενο της οργανικής ύλης στον Α ορίζοντα συνήθως κυμαίνεται στο ποσοστό των 15 έως 20%. Στην περίπτωση που η ανθρώπινη παρέμβαση απουσιάζει, η περιεχόμενη στο έδαφος οργανική ύλη συνήθως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κάλυψη της βλάστησης και το κλίμα. Στις περιπτώσεις των υγρών και ψυχρών κλιμάτων, η ποσότητα της οργανικής ύλης είναι μεγαλύτερη. Επίσης, είναι γνωστό ότι υπάρχει μια στενή συσχέτιση μεταξύ του εδάφους, της ποσότητας της οργανικής ύλης και των περιεχομένων στο

έδαφος αζώτου και οξυγόνου. Μια προσεγγιστική εκτίμηση της περιεχόμενης στο έδαφος οργανικής ύλης μπορεί να επιτευχθεί, είτε με το πολλαπλασιασμό της ολικής περιεκτικότητας σε άνθρακα επί 2, είτε του συνολικού αζώτου επί 20.

Η σύσταση της εδαφικής οργανικής ύλης αποτελείται από διάφορα, ετερογενή συστατικά. Η ζώσα ύλη της περιλαμβάνει την χλωρίδα (π.χ τις ρίζες των φυτών), τους μικροοργανισμούς και την πανίδα του εδάφους. Στα αβιοτικά υλικά περιλαμβάνονται οι νεκρές ρίζες, οι μικροβιακοί μεταβολίτες ο ξηροτάπητας και οι χουμικές ουσίες. Τα μη βιοτικά συστατικά βρίσκονται κατά πολύ σε μεγαλύτερη αναλογία. Μεταξύ των βιοτικών και των αβιοτικών συστατικών της οργανικής ύλης επικρατεί μια συνεχής αντίδραση. Οι πολύπλοκες ανθρακικές ενώσεις του φυτικού ξηροτάπητα μεταβολίζονται ή αποσυντίθενται γρήγορα, μέσα από τη διαδικασία της **χουμοποίησης**, η οποία ακολούθως προσδίδει ένα σκοτεινότερο χρώμα στο έδαφος, καθώς από αυτή παράγονται χουμικά υπολείμματα ή χούμος (Marcelle,2012). Τα χουμικά υπολείμματα αποτελούνται από συμπαγή αρωματικά πολυμερή, τα οποία κανονικά εμφανίζουν μια σχετική αντίσταση σε περαιτέρω διάσπαση και κανονικά είναι ικανά να σταθεροποιηθούν στο έδαφος. Το τμήμα της οργανικής ύλης που σταθεροποιείται, κατόπιν διέρχεται την διαδικασία της **μεταλλοποίησης**, απελευθερώνοντας θρεπτικά συστατικά, τα οποία τα προσλαμβάνουν οι ρίζες των φυτών. Μεταξύ της μεταλλοποίησης και της χουμοποίησης υπάρχει μια ισορροπία, η οποία όμως, υπόκειται σε μεταβολές, ανάλογα με τη εφαρμοζόμενη γεωργική πρακτική. (Marcelle,2012)

Κατά τη διάρκεια της ζωής της στο έδαφος, η οργανική ύλη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Εκτός από την παροχή της πηγής των θρεπτικών στοιχείων για την αύξηση των φυτών, η οργανική ύλη προστατεύει, δομεί, διατηρεί και προωθεί το εδαφικό οικοσύστημα. Συνεπώς η οργανική ύλη του εδάφους είναι το συστατικό – κλειδί μιας καλής εδαφικής δομής, είναι η πηγή της τροφής για τους μικροοργανισμούς του εδάφους, αυξάνει την συγκράτηση νερού και θρεπτικών στοιχείων, και παρέχει μια σημαντική μηχανική προστασία στην επιφάνεια του εδάφους.

Οι συγκεκριμένοι χαρακτήρες αναλόγως με τις εφαρμοζόμενες γεωργικές πρακτικές μπορεί να αλλοιωθούν θετικά είτε αρνητικά. Απ' όλα τα εδαφικά χαρακτηριστικά, ο παράγοντας τον οποίο εμείς μπορούμε να χειριστούμε καλύτερα είναι η οργανική ύλη.

Στην περίπτωση που το έδαφος τεθεί υπό καλλιέργεια, τα επίπεδα της οργανικής ύλης συνήθως μειώνονται, εκτός από την περίπτωση που ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα για την διατήρησή τους. Στην περίπτωση που υπάρξει απώλεια της οργανικής ύλης, στο έδαφος συμβαίνουν αρκετά είδη μεταβολών. Μερικές από τις συνέπειες της απώλειας της οργανικής ουσίας, είναι η μεταβολή της κοκκιώδης δομής, αρχίζει να ανέρχεται η πυκνότητα, υποφέρει το πορώδες του εδάφους και υποχωρεί η βιολογική δραστηριότητα. Προβλήματα ωσαύτως μπορεί να αποτελέσουν η συμπίεση του εδάφους και η ανάπτυξη ενός συμπιεσμένου στρώματος στο μέσο καλλιεργητικό βάθος (Andersen,2009).

Υπό το καθεστώς της καλλιέργειας, η έκταση στην οποία μπορεί να φτάσει η μείωση της περιεχόμενης στο έδαφος οργανικής ουσίας εξαρτάται από τις εφαρμοζόμενες πρακτικές των φυτών καλλιέργειας.

Σύμφωνα με μια μελέτη που έγινε στη παράκτια κεντρική California , η περιεχόμενη οργανική ύλη στα ανώτερα 25 εκατοστόμετρα του εδάφους δύο αγροοικοσυστημάτων που χρησιμοποιούνταν για την εντατική παραγωγή λαχανικών, συγκρίθηκε τόσο μεταξύ αυτών όσο και με ένα μη καλλιεργούμενο ποολίβαδο, που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Το ένα σύστημα καλλιεργήθηκε για 25 έτη με τη χρήση βιολογικών γεωργικών πρακτικών και το άλλο για 40 έτη με τη χρήση συμβατικής γεωργίας. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι, η περιεχόμενη οργανική ύλη ελαττώθηκε από τα 9.869 χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο στα 8.705 χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο στο σύστημα της βιολογικής καλλιέργειας και στα 9.088 χιλιόγραμμα ανά κυβικό μέτρο στο σύστημα της συμβατικής καλλιέργειας (Waldon 1994). Ακόμα παρατηρήθηκε, ότι η καλλιέργεια μείωσε σημαντικά την οργανική ύλη του εδάφους περισσότερο από το συμβατικό σύστημα, ακόμη και με τις υψηλές εισροές της οργανικής ύλης με τη μορφή της κομπόστας και των χειμερινών καλλιεργειών κάλυψης στο βιολογικό σύστημα.

Σε άλλη περίπτωση, μετά από 15 έτη συνεχούς παραγωγής σποροδοτικών φυτών, όπως αυτών του ρυζιού και του αραβόσιτου, η οργανική ύλη στα ανώτερα 15 εκατοστόμετρα ενός βαρέως αλλουβιακού αργιλώδους εδάφους στις υγρές χαμηλές περιοχές του τροπικού Tabasco, στο Μεξικό, ήταν λιγότερο από 2%, συγκρινόμενη με την περιεχόμενη οργανική ύλη σε ποσοστό πάνω από 4% σε γειτονική περιοχή ανυλοτόμητου τροπικού δάσους (Gliessman & Amador 1980). Σ' ένα αντίστοιχου τύπου έδαφος, μια φυτεία κακάο ήταν ικανή να διατηρήσει στα ίδια επίπεδα περίπου (3,5%), την περιεχόμενη στο έδαφος οργανική ύλη, αποδεικνύοντας την αρνητική επίδραση στην διαταραχή του ρόλου της βλαστητικής κάλυψης στη διατήρησή της και της οργανικής ύλης του εδάφους των καλλιεργητικών συστημάτων.

Σε μια άλλη μελέτη που έγινε στην Ανατολική Washington, η οποία συνέκρινε εδάφη μετά από 75 έτη βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας για την παραγωγή σιταριού, βρέθηκε ότι η οργανική ύλη όχι μόνο διατηρήθηκε στο βιολογικό σύστημα, αλλά αυξήθηκε με την πάροδο των ετών, ενώ τα επίπεδα παραγωγής για την βιολογικό σύστημα ήταν παραπλήσια με αυτά του συμβατικού συστήματος (Reganold *et al.* 1987).

Από τα παραπάνω τρία παραδείγματα προκύπτει ότι η διαχείριση των εισροών, το τοπικό περιβάλλον, ο τύπος του φυτού καλλιέργειας και οι καλλιεργητικές πρακτικές, όλα συνέτειναν, ώστε να καθοριστούν οι μακροχρόνιες επιδράσεις της καλλιέργειας στην οργανική ύλη του εδάφους.

2.2.4 Θρεπτικά συστατικά του εδάφους

Για την επιβίωση και την ανάπτυξη των φυτών, χρειάζεται το έδαφος να έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και το νερό, ώστε να μπορούν να διατηρηθούν και να αναπτυχθούν. Το έδαφος αποτελείται περίπου 82% (κατά βάρος) από οξυγόνο, πυρίτιο και αργίλιο. Τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν ασκούν άμεση επίδραση στη θρέψη του φυτού. Το οξυγόνο που χρειάζεται το φυτό το προσλαμβάνει από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το νερό, ενώ το αργίλιο και το πυρίτιο δεν θεωρούνται απαραίτητα για το φυτό στοιχεία. Ο σίδηρος που καταλαμβάνει το 5% του εδάφους χρησιμοποιείται σε πολύ μικρές ποσότητες (ίχνη) από το φυτό. Επομένως μόνο το 13% του εδάφους, κατά βάρος, περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία για τη θρέψη του φυτού.

Τα στοιχεία του εδάφους που χρησιμεύουν στη θρέψη του φυτού χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, οι οποίες διακρίνονται ανάλογα με την ποσότητα που κατέχουν στους φυτικούς ιστούς:

- **Μακροστοιχεία:** C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg

Τα συγκεκριμένα στοιχεία που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς σε μεγάλες ποσότητες.

- **Ιχνοστοιχεία:** Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl

Τα παραπάνω στοιχεία που βρίσκονται στους φυτικούς ιστούς συνήθως σε μικρές ποσότητες (ίχνη).

Από τα παραπάνω στοιχεία τα βασικότερα τρία θρεπτικά στοιχεία τα οποία απαιτούνται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες και τα οποία έχουν παίξει ένα τόσο σημαντικό ρόλο ως ανόργανα λιπάσματα στη γεωργία είναι το **άζωτο**, ο **φωσφόρος** και το **κάλιο**.

Το κάθε ένα από τα θρεπτικά αυτά στοιχεία αποτελεί τμήμα ενός διαφορετικού βιογεωχημικού κύκλου και η σχέση του με τη διαχείριση του εδάφους είναι μοναδική.

Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε τα βασικότερα μακροστοιχεία που διαθέτει το έδαφος:

- **Άζωτο:** Τα φυτά για την ανάπτυξή τους χρειάζονται μεγάλες ποσότητες αζώτου, ενώ ταυτόχρονα αυτό, παγκοσμίως, είναι το πιο ελλειμματικό θρεπτικό στοιχείο. Το άζωτο υπάρχει σε κάθε αμινοξύ και ως εκ τούτου είναι το μείζον συστατικό των πρωτεϊνών. Το άζωτο περιέχεται, σε ποσοστό πάνω από το 50% της ξηρής βιομάζας του φυτού. Επίσης είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των ενζύμων και στην περίπτωση που το έδαφος έχει έλλειψη, τότε επηρεάζει κάθε ενζυματική αντίδραση. Το άζωτο σχηματίζει ένα ιδιαίτερα σημαντικό τμήμα της χλωροφύλλης και συνεπώς είναι άκρως απαραίτητο για τη σύνθεσή της. Μεγάλες ποσότητες αζώτου απαιτούνται επίσης, για την άνθηση, όπως και για τη δημιουργία καρπών σε όλα τα είδη των φυτών. Η

ποσότητα του αζώτου στα φυτά, αποτελεί το 1-2% του ξηρού του βάρους, αλλά ποσοστά που φτάνουν το 5% δεν είναι ασυνήθη.

Τα περισσότερα φυτά εκτός από το άζωτο το οποίο συλλαμβάνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα από τους συμβιωτικούς μικροοργανισμούς που συμβιώνουν στις ρίζες των περισσότερων μελών της οικογένειας των ψυχανθών, αλλά και λίγων άλλων οικογενειών, και μεταφέρεται στα φυτά ξενιστές σε άμεσα διαθέσιμη μορφή, προσλαμβάνουν μέσα από την ανταλλαγή ιόντων με το εδαφικό διάλυμα ως NO_3^- ή από την αμμωνία (NH_4) που απορροφάται στο χούμο ή τον άργιλο, το απαραίτητο για τις ανάγκες τους άζωτο. Οι διαθέσιμες στο έδαφος μορφές του αζώτου γενικά διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, επειδή αυτός, είτε προσλαμβάνεται ταχύτατα όταν είναι διαθέσιμος, είτε παρουσιάζει υψηλό δυναμικό απώλειας μέσω της απόπλυσης με τη βροχόπτωση ή της απόσπασης με την άρδευση.

- **Ο φωσφόρος:** αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα συστατικά των νουκλεϊνικών οξέων, της φυτίνης, του ATP, των νουκλεοπρωτεϊνών, των φωσφολιπιδίων, και αρκετών άλλων τύπων φωσφορικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων κάποιων σακχάρων. Ο φωσφόρος δομείται στο DNA των χρωμοσωμάτων και το RNA του πυρήνα και των ριβοσωμάτων. Οι κυτταρικές μεμβράνες εξαρτώνται από τα φωσφολιπίδια για τη ρύθμιση της κίνησης των υλικών έξω και μέσα από τα κύτταρα και τα οργανίδια. Ο φώσφορος με τη μορφή των φωσφορικών εμφανίζεται σε κάποια ένζυμα που καταλύουν μεταβολικές αντιδράσεις. Υπάρχει επίσης, στα πρωταρχικά κυτταρικά τοιχώματα με τη μορφή ενζύμων και επηρεάζει την περατότητα του κυτταρικού τοιχώματος. Οι αρχικές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης εμπλέκουν τον φωσφόρο καθώς αυτός ανευρίσκεται στο σάκχαρο με 5 άνθρακες με το οποίο το CO_2 αρχικά αντιδρά.

Σε αντίθεση με τον άνθρακα και το άζωτο, των οποίων οι κυριότεροι ταμειυτήρες βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, ο βασικός ταμειυτήρας του φωσφόρου βρίσκεται στο έδαφος. Βρίσκεται σε αρκετά χαμηλό επίπεδο, αν εξαιρέσουμε φυσικά, εκείνα τα εδάφη που έχουν προέλθει από μητρικό πέτρωμα με υψηλή περιεκτικότητα σε φωσφόρο ή όπου τα επίπεδα του φωσφόρου έχουν σχηματιστεί μέσα στο χρόνο, ως αποτέλεσμα μακροχρόνιας λίπανσης. Η βασικότερη πηγή του φωσφόρου είναι η αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος. Τα ιόντα ανόργανου διαλυτού φωσφόρου απορροφούνται από τις ρίζες των φυτών και ενσωματώνονται στη βιομάζα του φυτού. Όταν ο φωσφόρος είναι άμεσα διαθέσιμος, τότε τα φυτά, ευκαιριακά, προσλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες του στοιχείου αυτού, οι οποίες φτάνουν μέχρι και το 0,25% του ξηρού βάρους, αλλά γρήγορα εμφανίζουν φαινόμενα έλλειψης όταν αυτός βρίσκεται σε επίπεδα ανεπάρκειας. Τα φύλλα σχηματίζουν μια κυανόχροη κρούστα ή παραμένουν έντονα βαθιά πράσινα και, στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, τα αγγεία και τις άκρες των φύλλων πορφυρές χρωστικές (ανθοκυανίνες) κάνουν την έντονη εμφάνισή τους. Στην περίπτωση που υπάρχει έλλειψη φωσφόρου στο έδαφος, η ανάπτυξη των ριζών και η δημιουργία καρπών εμποδίζεται σε σοβαρό βαθμό.

- **Το κάλιο.** Το κάλιο δεν αποτελεί δομικό συστατικό του φυτού, ούτε συστατικό των πρωτεϊνών ή των ενζύμων διότι η λειτουργία του είναι ρυθμιστική. Συνήθως εμπλέκεται, στη ρύθμιση της ώσμωσης (κίνηση των στομάτων) και είναι συμπληρωματικός παράγοντας για πολλά ενζυμικά συστήματα. Στο μεταβολισμό της πρωτεΐνης, φαίνεται καλύτερα ότι το κάλιο ενεργοποιεί κάποια ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση των πεπτιδικών δεσμών και την ενσωμάτωση των αμινοξέων στην πρωτεΐνη.

Το κάλιο απαιτείται να είναι παρόν στο σχηματισμό των σακχάρων και του αμύλου, καθώς επίσης και στην εκ των υστέρων μεταφορά τους μέσα στο φυτό. Το συγκεκριμένο θρεπτικό στοιχείο έχει αποδειχθεί ότι είναι απαραίτητο για την κυτταρική διαίρεση και αύξηση, και τρόπον τινά συνδέεται με την διαπερατότητα του κυττάρου και την ενυδάτωση. Στην περίπτωση που οι ποσότητες του καλίου είναι επαρκείς, τα φυτά επιδεικνύουν μεγαλύτερη αντίσταση στις ασθένειες.

Ο τρόπος πρόσληψης του καλίου από τα φυτά γίνεται με την μορφή του κατιόντος K^+ από τις ρίζες, ως ανταλλάξιμο ιόν, είτε από τις θέσεις απορρόφησης από το ορυκτό έδαφος, είτε από το εδαφικό διάλυμα σε μια διαλυτή μορφή. Στην περίπτωση που η ποσότητα του καλίου είναι ανεπαρκής, τότε τα φυτά αρχικά παρουσιάζουν ασυνέχειες στο υδατικό ισοζύγιο, φαινόμενο που εμφανίζεται δίκην ξηρών κορυφών ή κατσαρώματος των άκρων των φύλλων και σε αρκετές

περιπτώσεις, με μια υψηλότερη επικράτηση σάπιων ριζών. Η ποσότητα του καλίου είναι συνήθως άφθονο στο έδαφος, και στους ιστούς των φυτών, σε άριστες συνθήκες, συνιστά το 1-2% της ξηρής ουσίας. Όμως, μια υπερβολική απομάκρυνση του καλίου με τη συγκομιδή, το οδηγεί σε κατάσταση ανεπάρκειας.

2.3 Βιοποικιλότητα

Η «βιολογική ποικιλότητα» ή «βιοποικιλότητα» είναι η επιστήμη που αναφέρεται στην ποικιλία όλων των ζωντανών οργανισμών και των οικοσυστημάτων όπου αυτά απαντώνται. Συγκεκριμένα, ως Βιοποικιλότητα ορίζεται η ποικιλία της ζωής σε όλες τις μορφές (π.χ. φυτά, ασπόνδυλα και σπονδυλωτά ζώα, μύκητες, βακτήρια κ.λ.π.) και σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης. (Gaston, 1996)

Ο όρος «βιολογική ποικιλότητα», όρος που αποδίδεται στον αμερικανό βιολόγο Dr. Thomas Eugene Lovejoy, προτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80 και αφορά στην ποικιλία της ζωής σε όλες τις μορφές, τα επίπεδα και τους συνδυασμούς τους. Ως βιολογική ποικιλότητα ή βιοποικιλότητα ορίζεται ειδικότερα η ποικιλία των ζωντανών οργανισμών (χερσαίων, θαλάσσιων και άλλων υδατικών) και των οικολογικών συμπλεγμάτων που σχηματίζουν (Πρόγραμμα Περιβάλλοντος Ηνωμένων Εθνών, Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα, Ρίο 1992).

Με τη βιοποικιλότητα στηρίζεται η επιβίωση του ανθρώπινου γένους, με την παροχή αγαθών (τρόφιμα, ρουχισμός, καύσιμα κτλ), την παροχή οικολογικών υπηρεσιών (καθαρό νερό, κλιματολογική ρύθμιση, επικονίαση, γονιμότητα εδάφους κτλ), την παροχή φαρμάκων, τη στήριξη της οικονομίας (βιομηχανίας, γεωργία κλπ), της ψυχαγωγίας και του τουρισμού, όπως επίσης και την παροχή επιστημονικής γνώσης (Balmford, 2012). Η βιοποικιλότητα έχει επιπλέον εγγενή αξία. Πέρα από τα ανθρωποκεντρικά κριτήρια, κάθε είδος που υφίσταται στη Γη έχει δικαίωμα ύπαρξης, ανεξάρτητα από τη χρηστική του αξία προς εμάς. Τα είδη συνδέονται μεταξύ τους με πολύπλοκα τροφικά πλέγματα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με τις αβιοτικές παραμέτρους του οικοσυστήματος με τρόπους που δεν είναι παρά ελάχιστα γνωστοί στην επιστήμη. Η απώλεια ενός είδους επομένως μπορεί να έχει ουδέτερες έως καταστροφικές συνέπειες για μια αλυσίδα άλλων αλληλεξαρτώμενων ειδών. Όπως θα δούμε και παρακάτω η βιοποικιλότητα είναι άμεσα εξαρτημένη και με την αειφορία (Bazzaz, 1975).

Για να εκφραστεί η βιοποικιλότητα σε γεωγραφική κλίμακα και για να αναδειχθούν οι διαφορές από περιοχή σε περιοχή χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι της:

- **Ο τύπος ποικιλότητας «άλφα»** («alpha» diversity) ή η ποικιλότητα μέσα σε μια περιοχή καθορισμένης έκτασης ή ένα οικοτόπο (within-habitat diversity). Η ποικιλότητα «άλφα» αποδίδει τη συνύπαρξη διαφόρων οργανισμών μέσα στο ίδιο περιβάλλον και εκφράζεται απλά με τον αριθμό των ειδών που συνυπάρχουν στην περιοχή ή τον οικοτόπο αυτό. Χρησιμοποιείται συνήθως για τη σύγκριση της αφθονίας των ειδών σε διαφορετικούς οικοτόπους.

- **Ο τύπος ποικιλότητας «βήτα»** («beta» diversity) ή η ποικιλότητα μεταξύ διαφορετικών οικοτόπων (between-habitat diversity). Η ποικιλότητα βήτα Χρησιμοποιείται για τη σύγκριση της σύνθεσης των ειδών σε διαφορετικούς οικοτόπους και αποδίδει τον τρόπο με τον οποίο οι οργανισμοί αντιδρούν στην περιβαλλοντική ετερογένεια. Εξαρτάται από τα διαφορετικά είδη που υφίστανται μεταξύ διαφορετικών οικοτόπων και συνήθως εκφράζεται με ένα δείκτη ομοιότητας ο οποίος συσχετίζεται με τον αριθμό αυτών των διαφορετικών ειδών. Όσο μικρότερη είναι η ομοιότητα στη σύνθεση των ειδών. Όσο μικρότερη είναι η ομοιότητα στη σύνθεση των ειδών στους διαφορετικούς οικοτόπους, τόσο μεγαλύτερη είναι η βήτα ποικιλότητα.

- **Ο τύπος ποικιλότητας «γάμμα»** («gamma» diversity) ή η γεωγραφική ποικιλότητα (geographical diversity). Ο τύπος αυτός αναφέρεται στην ποικιλότητα που υπάρχει σε μια ευρύτερη περιοχή που περιλαμβάνει πολλούς και διαφορετικούς οικοτόπους. Εκφράζεται, όπως και η άλφα, ως ο αριθμός των ειδών που υπάρχουν μέσα στην περιοχή αυτή. Για να αποδίδει καλύτερα την εξελικτική πορεία των ειδών μέσα στην ευρύτερη περιοχή, η γάμμα ποικιλότητα πρέπει να δίνεται σε συνάρτηση τόσο με την απόσταση των παρόμοιων οικοτόπων μέσα στην ευρύτερη περιοχή όσο και

με τις ταξινομικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ ομάδων οικολογικά όμοιων ειδών (Finkeldey, 2004).

Η Ελλάδα λόγω της γεωγραφικής της θέσης, του πολυποίκιλου ανάγλυφου, των παραδοσιακών γεωργικών δραστηριοτήτων και της περιορισμένης σε γενικές γραμμές μακροχρόνιας όχλησης από τις παραγωγικές δραστηριότητες, είναι από τις πλουσιότερες χώρες σε όλα τα συστατικά που συνθέτουν την βιοποικιλότητα.

Σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει, έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν περί τα 50.000 είδη ζώων, ενώ είναι ήδη γνωστά περί τα 15.000, με έναν ενδημισμό που φτάνει το 25% περίπου. Αντίστοιχα, υπάρχουν περισσότερα από 5.500 είδη φυτών, από τα οποία τα ενδημικά είναι πάνω από 1.000. (Finkeldey & Zielhe, 2004)

Τα προστατευόμενα από τη νομοθεσία είδη είναι συγκριτικά λίγα (περί τα 700 είδη ζώων και 900 είδη φυτών) και για ελάχιστα από αυτά έχουν στην πράξη ληφθεί μέτρα προστασίας.

Για τους υπόλοιπους οργανισμούς (μικροοργανισμούς, μύκητες, κλπ.) δεν υπάρχουν αξιόπιστα συγκεντρωτικά στοιχεία, αν και από τις ενδείξεις είναι σαφές ότι υπάρχει τεράστια ποικιλία. Θα πρέπει να τονισθεί, ότι εξαιτίας του υψηλού ενδημισμού της και επειδή είναι από τα τελευταία καταφύγια πολλών απειλούμενων και σπάνιων στην υπόλοιπη Ευρώπη ειδών, η Ελλάδα αποτελεί σημαντική περιοχή για την ευρωπαϊκή και μεσογειακή πανίδα και χλωρίδα.

Προσεγγίζοντας αναλυτικότερα την έννοια της βιοποικιλότητας μπορούν να διακριθούν πέντε επίπεδα μελέτης της:

- **Γενετική ποικιλότητα είδους.**
- **Ποικιλότητα ειδών.**
- **Ποικιλότητα οικοσυστημάτων.**
- **Ποικιλότητα τοπίου**
- **Πολιτισμική ποικιλότητα, που περιγράφουν και αναλύουν διαφορετικές, αν και αλληλοεξαρτώμενες, πλευρές των ζωντανών συστημάτων.**

2.3.1 Γενετική ποικιλότητα είδους

Η γενετική ποικιλότητα είδους δραστηριοποιείται με τη διαφοροποίηση του γενετικού υλικού μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους, στο εύρος δηλαδή των κληρονομήσιμων χαρακτηριστικών και αντιστοιχεί στη γενετική ποικιλία μεταξύ των πληθυσμών του ίδιου είδους (διαφοροποίηση στη συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων γονιδιακών αλληλομόρφων) ή και στη γενετική ποικιλία μεταξύ των ατόμων του ίδιου πληθυσμού (ποικιλία στους συνδυασμούς γονιδιακών αλληλομόρφων) (Dyer, R.J., 2002). Η αυξημένη γενετική ποικιλότητα είδους αντιστοιχεί σε αυξημένες πιθανότητες διαχρονικής επιβίωσης του είδους.

2.3.1.1 Ποικιλότητα ειδών

Πάρα πολλά είδη που έζησαν στη Γη έχουν εξαφανιστεί, σε ποσοστό που υπερβαίνει το 99%. Ωστόσο ο αριθμός των σύγχρονων ειδών είναι μεγαλύτερος συγκρινόμενος με αυτόν σε οποιοδήποτε άλλη εποχή της ιστορίας του πλανήτη μας. Μέσω των διαδικασιών της βιολογικής εξέλιξης νέα είδη δημιουργούνται συνεχώς από προϋπάρχοντα που μπορεί να εκλείπουν.

Σύμφωνα με συγκρατημένες εκτιμήσεις στον πλανήτη μας υπάρχουν 10 εκατομμύρια διαφορετικά είδη. Από αυτά μόνο τα 1,8 εκατομμύρια όμως από αυτά έχουν μέχρι σήμερα καταγραφεί και ταξινομηθεί.

2.3.1.2 Ποικιλότητα οικοσυστημάτων

Ως οικοσύστημα ορίζεται μία οργανωμένη ενότητα αβιοτικών στοιχείων και έμβιων όντων μέσα από την οποία ανταλλάσσονται υλικά και ενέργεια με κινητήρια δύναμη μια πηγή ενέργειας (Dobson, 1995). Η έννοια ενός οικοσυστήματος αφορά όχι μόνο στους ζωντανούς οργανισμούς ενός τόπου αλλά και κάθε τι που τους περιβάλλει και τους επηρεάζει, που ουσιαστικά συνθέτει το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. (Longcore,2003)

Ακόμα περιλαμβάνει τις σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς και ανάμεσα σ' αυτούς και τα επιμέρους στοιχεία του φυσικού τους περιβάλλοντος.

Μελετώντας τη βιοποικιλότητα στο επίπεδο της ποικιλότητας των οικοσυστημάτων, περιγράφονται και διερευνούνται οι διαφορετικοί τύποι οικοσυστημάτων καθώς και η ποικιλία των ενδιαιτημάτων και των οικολογικών διεργασιών που χαρακτηρίζουν το καθένα από αυτά. Η εκτίμηση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων έχει μεγαλύτερες ιδιαιτερότητες σε σχέση με αυτή της γενετικής ποικιλότητας και της ποικιλότητας των ειδών αφού τα όρια, σύνορα των βιοκοινοτήτων και των οικοσυστημάτων είναι συχνά απροσδιόριστα ή δυσδιάκριτα και ο ορισμός τους σε κάθε περίπτωση είναι υποκειμενικός.

Για πρακτικούς λόγους στην προσπάθεια ταξινόμησης των οικοσυστημάτων πολλές φορές παραβλέπονται ιδιαιτερότητες στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων τους. Σε πολλές περιπτώσεις ομαδοποιούμε παρόμοιες βιοκοινότητες που αναπτύσσονται σε "συγγενικά" οικοσυστήματα (όπως στα οικοσυστήματα των τροπικών δασών ή σ' αυτά των κοραλλιογενών υφάλων). Εξάλλου, αν και μοναδικό στο σύνολό του το κάθε θεωρούμενο οικοσύστημα, οι βασικές οικολογικές διεργασίες, όπως η ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, η ροή της ενέργειας, κ.ά., παραμένουν κοινές για όλα τα οικοσυστήματα. (Lord,2010)

2.3.1.3 Ποικιλότητα τοπίων

Στην ποικιλότητα τοπίου εκφράζεται το πλήθος διαφορετικών τύπων τοπίων που εμφανίζονται σε μια γεωγραφική έκταση (Hattemer & Gillet, 2000). Ο αριθμός των τύπων τοπίων, όπως των φυσικών, των τεχνητών και των ανθρωπογενών, η κατανομή τους στο χώρο και η αναλογία συμμετοχής τους, προσδιορίζουν το χαρακτήρα και τη φυσιολογία ενός τοπίου.

2.3.1.4 Πολιτισμική ποικιλότητα

Με το πέρασμα των αιώνων, παρατηρήθηκε ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρέασαν ιδιαίτερα το σύνολο της βιοποικιλότητας του πλανήτη μας, σε όλες τις μορφές με τις οποίες εμφανίζεται, καθώς και όλα τα επίπεδα στα οποία διακρίνεται. Διερευνώντας την έννοια της βιοποικιλότητας κρίνεται απαραίτητη η αναφορά στην ποικιλία που παρουσιάζουν οι ανθρώπινοι πολιτισμοί (προγενέστεροι και σύγχρονοι) και στη σημαντική επίδρασή της στα πληθυσμιακά μεγέθη άλλων ειδών, συνεπώς και στην ποικιλία των ειδών, στη γενετική τους ποικιλότητα, καθώς και στα είδη των οικοσυστημάτων και των τοπίων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Με τον όρο πολιτισμικά επιτεύγματα θεωρούνται οι ανθρωπογενείς "λύσεις" σε προβλήματα επιβίωσης, παρουσιάζουν δηλαδή αναλογίες με τις βιολογικές προσαρμογές που ευνοούν την επιβίωση και την αναπαραγωγή των ατόμων σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα και στις εξελικτικές αλλαγές τους. Ωστόσο, ο μηχανισμός της πολιτισμικής εξέλιξης δεν ταυτίζεται με αυτόν της βιολογικής. Η πολιτισμική εξέλιξη ακολουθεί *λαμαρκιανά* πρότυπα και ο ρυθμός της είναι ταχύτερος από αυτόν της βιολογικής.

2.3.2 Η αξία της βιοποικιλότητας

Η σημασία της βιοποικιλότητας στη διατήρηση της ανθρώπινης ζωής είναι πάρα πολύ σημαντική. Οι βιολογικοί πόροι και η ποικιλία τους με τα «αγαθά» που εξασφαλίζουν (όπως την τροφή, φαρμακευτικές ουσίες, οικοδομικά υλικά, καύσιμα, κ.ά.) και οι «υπηρεσίες» των φυσικών οικοσυστημάτων (καθαρισμός του αέρα και του νερού, μερική σταθεροποίηση του κλίματος, αποδόμηση αποβλήτων, ανακύκλωση θρεπτικών συστατικών, τις πλημμύρες και την ξηρασία, δημιουργία εδάφους και αύξηση της γονιμότητάς του, επικονίαση καλλιεργούμενων φυτών και έλεγχος των ζιζανίων, προστασία από τη διάβρωση, δυνατότητες ανάπτυξης της βιοτεχνολογίας και του τουρισμού, δυνατότητες βελτίωσης των οικονομικά εκμεταλλεύσιμων ποικιλιών και αύξηση της απόδοσης των αγροτικών δραστηριοτήτων, αισθητική απόλαυση κ.ά. συνιστούν παράγοντες πρωταρχικής σημασίας για την επιβίωση του είδους μας και την ανάπτυξη των πολιτισμών μας (Vrijenhoek 1989, Primack 1993, Langer & Curtis, 1994).

Σύμφωνα με εκτιμήσεις προκύπτει ότι το 40% της παγκόσμιας οικονομίας βασίζεται σε βιολογικά προϊόντα και διεργασίες (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2004).

Σε συνδυασμό με τα όσα αναφέρθηκαν η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα αναγνωρίζει σε κάθε είδος μια αυθύπαρκτη, εγγενή αξία ανεξάρτητα από την ενδεχόμενη αξιοποίησή του από τον άνθρωπο, και ανεξάρτητα από τον οικολογικό του ρόλο.

2.4 Υποβάθμιση του εδάφους

Η υποβάθμιση των εδαφών συνήθως οφείλεται τόσο σε ανθρωπογενείς όσο και σε φυσικούς παράγοντες, ή σε συνδυασμό αυτών. Οι κυριότερες διεργασίες που συντελούν στην υποβάθμιση των εδαφών είναι οι εξής:

- Διάβρωση.
- Απομείωση οργανικής ουσίας και μείωση της βιοποικιλότητας .
- Ρύπανση του εδάφους.
- Ερημοποίηση του εδάφους.

2.4.1 Διάβρωση του εδάφους.

Η διάβρωση του εδάφους είναι μία φυσιολογική διαδικασία. Στη βιβλιογραφία ως διάβρωση του εδάφους ορίζεται η απομάκρυνση της επιφανειακής στρώσης της γης ως αποτέλεσμα της δράσης του νερού ή του αέρα και μπορεί να οφείλεται σε φυσικά αίτια ή σε ανθρωπογενείς επιδράσεις δηλαδή σε ακατάλληλες πρακτικές διαχείρισης. (Camp,1998).

Η διάβρωση είναι μέρος μιας φυσικής διαδικασίας που οδηγεί στην ομαλοποίηση του αναγλύφου σε αντίθεση με τις διαδικασίες ορογένεσης. Η διάβρωση αυτή ονομάζεται γεωλογική ή φυσική σε αντιδιαστολή με την "επιταχυνόμενη" ή ανθρωπογενή διάβρωση, που οφείλεται στις παρεμβάσεις του ανθρώπου στο έδαφος. Η διάβρωση έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος, οι οποίες οφείλονται στην απώλεια της πιο γόνιμης επιφανειακής στρώσης του εδάφους, στην οποία υπάρχει η υψηλότερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της γονιμότητας των εδαφών (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 : Διάβρωση εδαφών.

Η διάβρωση του εδάφους προέρχεται από δύο βασικούς παράγοντες (το νερό και τον άνεμο) να διακρίνεται στους παρακάτω τύπους:

- **Σε αιολική.** Ο συγκεκριμένος τύπος διάβρωσης προκαλείται με την βοήθεια των ανέμων (Camp, 1998). Ο άνεμος, όπως και το νερό προκαλεί τη διάβρωση μέσα από δύο βασικούς τρόπους δράσης. Πρώτον ο άνεμος έχει την τάση να στεγνώνει και να ξηραίνει το έδαφος και κατόπιν να απομακρύνει τα εδαφικά σωματίδια. Δεύτερον, ο άνεμος κινεί τα εδαφικά σωματίδια μακριά από την αρχική τους θέση. Ιδιαίτερα στις περιοχές που είναι ξηρές και σε περιοχές όπου η γη είναι σχετικά επίπεδη με ελάχιστη βλάστηση και ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχουν δέντρα, ώστε να καθυστερούν τους επιφανειακούς ανέμους, η διάβρωση από τους ανέμους προκαλούν ιδιαίτερα προβλήματα.

Το αποτέλεσμα της αιολικής διάβρωσης από τις ριπές των ανέμων, είναι να δημιουργείται σύννεφο σκόνης που αποτελείται από λεπτή άμμο και σωματίδια ιλύος, τα οποία είναι πολύ σημαντικά διότι είναι από τα πιο παραγωγικά και υγιή τμήματα του εδάφους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το έδαφος να χάνει την παραγωγικότητά του.

- **Μηχανική διάβρωση.** Σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες (Lobb, 1995 & Quin, 1996) η μετακίνηση του εδάφους λόγω της μηχανικής κατεργασίας του, ιδιαίτερα σε λοφώδες περιοχές ονομάζεται μηχανική διάβρωση και υπερβίνει τη μετακίνηση που προκαλεί το νερό και ο άνεμος. Η μηχανική κατεργασία του εδάφους έχει καθιερωθεί διότι αποβλέπει στη δημιουργία ενός κατάλληλου και ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη των φυτών. Η μηχανική κατεργασία εκτός από τα πλεονεκτήματά της έχει και σημαντικά μειονεκτήματα όπως τη μηχανική διάβρωση. Υπολογίζεται ότι το 8% των γεωργικών εδαφών στην Ελλάδα έχει εγκαταλειφθεί ή θα εγκαταλειφθεί άμεσα λόγω της μειωμένης παραγωγικότητας που προκαλείται από τη μηχανική διάβρωση.

- **Σε υδατική.** Ο συγκεκριμένος τύπος διάβρωσης προκαλείται από τις βροχοπτώσεις και κυρίως σε περιοχές με γυμνό έδαφος (Camp, 1998). Το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι σε περιοχές που διαθέτουν βλάστηση οι βροχοπτώσεις πέφτουν πάνω στο φύλλο, με αποτέλεσμα να ανακόπτεται η έντασή τους και να διασπώνται σε μικρότερες σταγόνες, οι οποίες όταν πέφτουν στο έδαφος θα το βρέχουν χωρίς να το βλάπτουν, καθώς και το ριζικό σύστημα των φυτών έχει τη συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού. Αντίθετα στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει βλάστηση στο έδαφος, το νερό από τις βροχοπτώσεις αμέσως στο έδαφος με δύναμη η οποία απορροφάται από εδαφικά σωματίδια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται διάρρηξη της επιφανείας του εδάφους. Τα σωματίδια κατόπιν διαχωρίζονται και διασπώνται. Μερικά σωματίδια αιωρούνται στο νερό και στη συνέχεια παρασύρονται από την απορροή του νερού. Αλλά μικρότερα σωματίδια διηθούνται στον επιφανειακό ορίζοντα του εδάφους, με αποτέλεσμα να γεμίζουν τα κενά των εδαφικών πόρων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καθίσταται η επιφάνεια του εδάφους λιγότερο διαπερατή και να αναγκάζει το βρόχινο νερό σε απορροή.



Εικόνα 2.8: Απορροή του βρόχινου νερού Πηγή: www.rodiaiki.gr

Η διάβρωση περιλαμβάνει ένα σύνολο από φυσικές και μηχανικές διεργασίες, κατά τις οποίες εξαιτίας της δράσης του αέρα ή του νερού, έχει σαν αποτέλεσμα να αποσπώνται τμήματα εδάφους ή πετρωμάτων από το επιφανειακό φλοιό της γης και μεταφέρονται και αποτίθενται σε νέες θέσεις. Το αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι η απώλεια υλικού από κάποια περιοχή και η συσσώρευση του σε κάποια άλλη. Με την έννοια αυτή είναι δυνατό να συμβεί απώλεια εδάφους, άρα απώλεια γονιμότητας, σε μία τοποθεσία και συγκέντρωση εδάφους και αύξηση της γονιμότητας στην περιοχή απόθεσης. Η διάβρωση των εδαφών είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα και προκαλεί αλληπάλληγες οικονομικές, κοινωνικές και οικολογικές επιπτώσεις. Από τα πιο εμφανή προβλήματα που προκύπτουν άμεσα, είναι η μείωση της παραγωγικότητας και η επιτάχυνση της ερημοποίησης, ενώ στις έμμεσες επιπτώσεις συγκαταλέγονται η εγκατάλειψη της υπαίθρου εξαιτίας της μειωμένης οικονομικής απόδοσης της γης και η καταστροφή των υποδομών από τις πλημμύρες και τα φερτά υλικά.

Ο ρυθμός της διάβρωσης του εδάφους επηρεάζεται ισχυρά από παράγοντες όπως το κλίμα και ιδιαίτερα η δίατα των κατακρημνισμάτων, η κλίση, η φυτοκάλυψη, η περιεχόμενη οργανική ουσία του εδάφους, οι χρήσεις γης, η μηχανική σύσταση και οι πρακτικές διαχείρισης της γης κυρίως στις αγροτικές εκτάσεις.

Μερικές από τις αιτίες της διάβρωσης είναι όπως η καταστροφή των δασών, οι εκχερσώσεις, η υπερβολική υλοτόμηση, η υπερβόσκηση, οι δασικές πυρκαγιές και η όξινη βροχή.

Σύμφωνα με μελέτη που έχει γίνει στην Αμερική (Huber et al., 2008) η καταστροφή των δασών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των απορροών, όπου παρατηρήθηκε αυξημένη διάβρωση κυρίως στις ορεινές περιοχές και οι πλημμύρες στις πεδινές. Με δεδομένη την πολύ αργή διαδικασία αναγέννησης ή δημιουργίας του εδάφους, οποιαδήποτε απώλεια εδάφους με ρυθμό μεγαλύτερο από 1 ton/ha/yr θεωρείται μη αναστρέψιμη για ένα διάστημα 50-100 ετών.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση είναι:

- Η τοπογραφία, δηλαδή κλίση το εδάφους και το μήκος της κλίσης.
- Η ποσότητα και η ένταση της βροχής.
- Η φυτοκάλυψη (είδος βλάστησης και ποσοστό φυτοκάλυψης).
- Η ικανότητα του εδάφους να μπορεί να απορροφήσει και να συγκρατήσει νερό (όσο μικρότερη είναι η ικανότητα αυτή τόσο αυξάνεται η επιφανειακή απορροή).
- Οι γεωργικές πρακτικές, όπως η κατεργασία του εδάφους, η κάλυψη του γυμνού εδάφους με φυτικά υπολείμματα κλπ.

2.4.2 Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης

Από το 1930 έχει ξεκινήσει η έρευνα για την εκτίμηση της διάβρωσης των καλλιεργούμενων εδαφών και τις επιπτώσεις που έχει στην παραγωγικότητα των αγρών. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του '40 και του '50 δημιουργήθηκαν οι πρώτες μαθηματικές σχέσεις με στόχο την ποσοτική εκτίμηση της απώλειας εδάφους στην ζώνη παραγωγής καλαμποκιού (Corn-Belt) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Σε αυτά τα πρώιμα στάδια, οι βασικότεροι παράγοντες που λαμβάνονταν υπόψη ήταν οι πρακτικές καλλιέργειας και η κλίση του εδάφους.

Επισημαίνεται το γεγονός ότι για τη διάβρωση των καλλιεργούμενων εδαφών μόνο μία εκτίμηση τάξης μεγέθους της απώλειας εδάφους ανά εκτάριο, ανά έτος (ton/ha/year) είναι δυνατή, καθώς η εκτίμηση ενός στατιστικού μέσου όρου από μετρήσεις είναι πρακτικά αδύνατη (Hudson, 1993). Η μέτρηση της διάβρωσης του εδάφους, πρακτικά είναι πολύ δύσκολη για καλλιεργούμενα εδάφη, καθώς το επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους επηρεάζεται από τη μηχανική κατεργασία, την υγρασιακή κατάσταση και τη συμπίεση του.

Η πρώτη μέθοδος εκτίμησης της απώλειας ή Universal Soil Loss Equation (USLE) , είναι βασισμένη σε εκτενή δεδομένα από περιοχές των ΗΠΑ (National Runoff and Soil Loss Data Center, Purdue University, 1954) και σε προηγούμενες μελέτες. Ένα Αγροτικό Εγχειρίδιο (US Department of Agriculture, Agricultural Handbook No 537) το οποίο περιέγραφε την μέθοδο USLE κυκλοφόρησε το 1965 και αναθεωρήθηκε το 1978. Η μέθοδος USLE έχει γίνει ευρέως αποδεκτή ως το βασικό εργαλείο προγραμματισμού και συντήρησης των καλλιεργουμένων εδαφών.

Η εξίσωση USLE είναι τη μορφής:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Όπου:

A: Η μέση ετήσια απώλεια εδάφους σε ton/hectare.

R: Ο παράγοντας της διαβρωτικότητας της βροχής και της απορροής. Είναι το μέσο άθροισμα των τιμών (EI) της κανονικής ετήσια βροχόπτωσης. Ο δείκτης διαβρωτικότητας μιας καταιγίδας είναι ευθέως ανάλογος της συνολικής κινητικής ενέργειας της βροχής (E) και της μέγιστης έντασης βροχής διάρκειας 30 λεπτών. Ο παράγοντας R αφορά στα δύο πιο σημαντικά χαρακτηριστικά μιας καταιγίδας που σχετίζονται με τη διαβρωτικότητα, το συνολικό ποσό της βροχής και τη μέγιστη ένταση που συντηρείται για ορισμένο χρόνο.

K: Ο παράγοντας της διαβρωσιμότητας του εδάφους.

L: Ο παράγοντας μήκους (της κλίσης), ο οποίος εκφράζει την επίδραση του μήκους της κλίσης στην διάβρωση.

S: Είναι ο παράγοντας κλίσης, ο οποίος εκφράζει την επίδραση του βαθμού κλίσης στη διάβρωση.

C: Ο παράγοντας διαχείρισης κάλυψης του εδάφους.

P: Ο παράγοντας καλλιεργητικών πρακτικών διατήρησης του εδάφους.

Η συνεχής βελτίωση και εξέλιξη της μεθόδου USLE, μετά από την προσθήκη μελετών, γνώσης και δεδομένων, οδήγησε στην ανάπτυξη της μεθόδου RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) που αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια ένα εργαλείο εκτίμησης της απώλειας εδάφους από τμήματα καλλιεργούμενης γης, κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές. Το (R)USLE έχει ένα συγκεκριμένο στόχο: δίνει μία εκτίμηση της μακροπρόθεσμης μέσης ετήσιας απώλειας εδάφους, από τμήματα καλλιεργούμενης γης, κάτω από διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές (Wischmeier, 1976, 1977) .

2.5 Ρύπανση του εδάφους

Στην σύγχρονη βιομηχανική εποχή η **ρύπανση** του περιβάλλοντος είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα στον πλανήτη. Ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος ορισμός της ρύπανσης είναι η εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας από τον άνθρωπο στο περιβάλλον που ενδέχεται να θέσουν σε

κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία, τα οικολογικά συστήματα, βλάβες στους βιολογικούς πόρους κλπ (Beck, 2011). Οι δραστηριότητες του ανθρώπου παράγουν ένα τεράστιο φορτίο ρύπων και αποβλήτων που κατακλύζουν τον πλανήτη. Η ρύπανση του εδάφους είναι από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα.

Ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος ρύπων καταλήγει στο έδαφος από άμεση απόθεση, ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, βιομηχανικές εκροές και από διάθεση αποβλήτων.

Τα συγκεκριμένα χημικά μπορεί να είναι πτητικά, να έχουν μικρή τοξικότητα και μικρές επιδράσεις στο οικοσύστημα ή αντίθετα να είναι ευρέως φάσματος βιοκτόνα, σταθερά στο περιβάλλον και με ενδεχόμενο βιοσυσσώρευσης στους οργανισμούς και τις τροφικές αλυσίδες. Μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους (Edwards, 2002) :

- **Λιπάσματα και φυτοπροστατευτικά προϊόντα.**
- **Βιομηχανικές εκπομπές.**
- **Αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.**

Το αποτέλεσμα της ρύπανσης είναι η παρουσία βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στον υδροφόρο ορίζοντα, με αποτέλεσμα οι εδαφόβιοι και υδρόβιοι οργανισμοί να επηρεάζονται από τη ρύπανση. Η λίστα των μετάλλων-ρυπαντών της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών περιλαμβάνει 13 μέταλλα (Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn), τα προέρχονται από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές.

Η φυσική προέλευσή τους είναι τα μεταλλικά υλικά και το μητρικό υλικό, ενώ οι ανθρωπογενείς πηγές τους περιλαμβάνουν τη γεωργία, την παραγωγή ενέργειας, τη μεταλλουργία κλπ (Andriano, 2001).

Τα βαρέα μέταλλα από ανθρωπογενείς πηγές, συνήθως υπάρχουν στις επιφάνειες του εδάφους σε υδατοδιαλυτές και ανταλλάξιμες μορφές, συνδεδεμένες με οργανική ύλη, ανθρακικές ρίζες, οξείδια του Fe, Al και Mn και πυριτικά άλατα (Kabata, 2007).

Οι ανθρωπογενής δραστηριότητες, που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μόλυνση του εδάφους είναι οι εξής:

1. **Εξόρυξη των ορυκτών.**
2. **Σύντηξη και εξευγενισμός των μεταλλευμάτων.**
3. **Βιομηχανικές και κατασκευαστικές δραστηριότητες (χημικές βιομηχανίες, βιομηχανίες χρωμάτων, βιομηχανίες λιπασμάτων κλπ).**
4. **Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.**
5. **Εξυγίανση και μεταφορά του πόσιμου νερού (μέσω μεταλλικών αγωγών και εξαρτημάτων).**
6. **Μεταφορικά μέσα (Selinus, 2005)**

2.5.1 Τρόποι έκθεσης των βαρέων μετάλλων

Ο πληθυσμός εκτίθεται σε ιχνοστοιχεία, κυρίως από τα τρόφιμα και το πόσιμο νερό, καθώς και από τον εισπνεόμενο αέρα. Οι ενήλικες σε καθημερινή βάση εισπνέουν περίπου 20 m³ περίπου αέρα και πίνουν 2L νερό.

Ο άνθρωπος προσλαμβάνει ιχνοστοιχεία από διάφορες πηγές, μέσα από τρεις οδούς απορρόφησης:

- Το δέρματος (από το έδαφος, το νερό, τα αέρια κλπ).
- Μέσω του αναπνευστικού συστήματος.
- Μέσω του γαστρεντερολογικού σωλήνα (από το νερό, τρόφιμα, αερολύματα κλπ) (Kabata-Pendias, 2007).

2.6 Απομείωση οργανικής ουσίας

Η οργανική ουσία του εδάφους περιλαμβάνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς του εδάφους μαζί με τα υπολείμματα νεκρών οργανισμών στους διάφορους βαθμούς αποσύνθεσής τους. Η περιεκτικότητα οργανικού άνθρακα στο εδάφους εξαρτάται από την ύπαρξη ετερογενών μειγμάτων τόσο απλών όσο και πολύπλοκων ουσιών που περιέχουν άνθρακα. Μερικές πηγές οργανικής ουσίας είναι τα υπολείμματα συγκομιδής, η χλωρή λίπανση, το κοπρόχωμα, τα λιπάσματα ζωικής προελεύσεως και άλλα οργανικά υλικά. Η μείωση της οργανικής ουσίας προκαλείται από τη μειωμένη παρουσία οργανισμών σε αποσύνθεση ή από τον αυξημένο ρυθμό αποσύνθεσης λόγω των αλλαγών σε φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες. Η οργανική ουσία θεωρείται ζωτικό συστατικό ενός υγιούς εδάφους και η μείωσή της έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους. (Cogliatti, 1998)

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελεί την τροφή για την πανίδα του εδάφους, η οποία συμβάλλει στη βιοποικιλότητα του εδάφους, ενεργώντας ως δεξαμενή θρεπτικών ουσιών όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί τον κύριο συντελεστή γονιμότητας του εδάφους. Ο οργανικός άνθρακας του εδάφους υποστηρίζει τη δομή του εδάφους βελτιώνοντας το φυσικό περιβάλλον των ριζών ώστε να διεισδύσουν μέσα στο έδαφος. (Meehl, 2007)

Η οργανική ουσία απορροφάει νερό και έχει την ικανότητα να συγκρατεί περίπου έξι φορές το βάρος της σε νερό και κατά συνέπεια η σημασία της για τη βλάστηση σε φυσικά ξηρά και αμμώδη εδάφη είναι καθοριστική. Τα πλούσια σε οργανική ουσία εδάφη έχουν καλύτερη δομή πράγμα που βελτιώνει τη διήθηση νερού και μειώνει την ευπάθεια του εδάφους στη συμπύκνωση, στη διάβρωση, στην απερίμωση και στις κατολισθήσεις.

Σε παγκόσμια κλίμακα, τα εδάφη περιέχουν περίπου τη διπλάσια ποσότητα άνθρακα από εκείνη που συγκρατείται στην ατμόσφαιρα και την τριπλάσια ποσότητα από εκείνη στη βλάστηση. Τα εδάφη της Ευρώπης αποτελούν μια πού μεγάλη δεξαμενή άνθρακα, η οποία περιέχει περίπου 75 δισεκατομμύρια τόνους οργανικού άνθρακα. Όταν η οργανική ουσία του εδάφους αποσυντίθεται, απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, ενώ όταν η οργανική ουσία του εδάφους σχηματίζεται CO₂ απορροφάται από την ατμόσφαιρα.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι οι εξής:

- **Το κλίμα.**
- **Η σύνθεση του εδάφους.**
- **Η υδρομορφία.**
- **Η χρήση της γης.**
- **Η βλάστηση.**

2.7 Ερημοποίηση του εδάφους

Η ερημοποίηση, σύμφωνα με την Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του Περιβάλλοντος (1992), είναι η υποβάθμιση της γης στις ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές, η οποία προκύπτει από την δράση πολλών παραγόντων στους οποίους περιλαμβάνονται οι κλιματικές μεταβολές και οι ανθρώπινες δραστηριότητες (Kosmas, 2010). Ο όρος ερημοποίηση δεν πρέπει να συγχέεται με την δημιουργία ερήμων. Η ερημοποίηση είναι η διαδικασία σύμφωνα με την οποία η παραγωγική γη υποβαθμίζεται και σταδιακά μετατρέπεται σε αφιλόξενη για την αναπτυσσόμενη βλάστηση, δημιουργώντας έτσι κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών με την εμφάνιση του μητρικού πετρώματος στην επιφάνεια (Kosmas, 2010).



Εικόνα 2.9 : Ερημοποίηση του εδάφους

Η υποβάθμιση που προκαλείται από την ερημοποίηση αναφέρεται στη μείωση ή απώλεια παραγωγικότητας των γεωργικών και δασικών εκτάσεων. Η σημαντικότερη διεργασία που είναι υπεύθυνη για την ερημοποίηση του εδάφους είναι η διάβρωση, η οποία αποτελεί τον μεγαλύτερο κίνδυνο υποβάθμισης των λοφωδών περιοχών, γεγονός που οφείλεται από τη διάβρωση του εδάφους. Βασικός υπεύθυνος αυτής της διεργασίας θεωρείται ο άνθρωπος που με τις παρεμβάσεις του στο περιβάλλον συχνά επιταχύνει:

- Τους ρυθμούς υδατικής, αιολικής και μηχανικής διάβρωσης των εδαφών.
- Την απώλεια της φυσικής βλάστησης.
- Την υποβάθμιση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων των φυσικών πόρων.

Η ερημοποίηση θεωρείται σήμερα ως μια σημαντική απειλή υποβάθμισης των Μεσογειακών χωρών. Η λεκάνη της Μεσογείου παρόλο που αποτελεί ένα πολύπλοκο μωσαϊκό από διαφορετικά οικοσυστήματα, διαφορετικούς πολιτισμούς και κατά συνέπεια από διαφορετική ιστορία ανθρώπινης παρέμβασης στο περιβάλλον, έχει ως κοινό παρονομαστή μια σειρά παραγόντων που συμβάλλουν στο φαινόμενο της ερημοποίησης. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι κλιματικές συνθήκες με τη μεγάλη διακύμανση και τις συχνές και μεγάλης έντασης βροχοπτώσεις, τις εποχιακές ξηρασίες, το έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο και την γενικά περιορισμένη φυτική κάλυψη. Επίσης η μακρά ιστορία παρέμβασης στο περιβάλλον, αλλά και η πρόσφατη εγκατάλειψη των αγροτικών περιοχών με την ταυτόχρονη μείωση του αγροτικού δυναμικού συνεπικουρούν στη εξάπλωση του φαινομένου (Meehl et al, 2007).

Άλλες σημαντικές διεργασίες ερημοποίησης είναι η αλκαλίωση και η αλάτωση του εδάφους που παρατηρείται ιδιαίτερα στις πεδινές παράκτιες περιοχές όπου συνοδεύεται με υπερεκμετάλλευση και υποβάθμιση των υπογείων υδάτων (Marcelle, 2012). Η ερημοποίηση εκτός από τις σημαντικές επιπτώσεις που έχει στο φυσικό περιβάλλον, επιδρά αρνητικά στην κοινωνία και στην οικονομία μίας περιοχής, αφού υποβαθμίζοντας τους φυσικούς πόρους, μειώνεται συγχρόνως και η παραγωγικότητα ενός τόπου και κατ' επέκταση το αγροτικό εισόδημα, με αποτέλεσμα να προκαλούνται μετακινήσεις πληθυσμού σε άλλες περιοχές με περισσότερες δυνατότητες απασχόλησης. Ανάλογα με την ένταση δράσης των διεργασιών ερημοποίησης, η υποβάθμιση μπορεί να είναι αντιστρεπτή, δηλαδή να υπάρχει δυνατότητα ανάκαμψης, εάν μια ή

περισσότερες από τις διεργασίες ερημοποίησης εξαλειφθούν, ή μη αντιστρεπτή εάν η υποβάθμιση είναι πολύ μεγάλη (μείωση βάθους εδάφους μεγαλύτερη από μια κρίσιμη τιμή).

Η πρόληψη και η αντιμετώπιση της ερημοποίησης επιτυγχάνεται με τη λήψη ορισμένων μέτρων γενικής εφαρμογής που αφορούν σε ολόκληρο τον πληθυσμό της χώρας και τέμνουν πολλούς επί μέρους τομείς δραστηριοτήτων και αφετέρου με ειδικά μέτρα που αφορούν συγκεκριμένα φυσικά, κοινο-οικονομικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά σε τοπικό επίπεδο. Τα γενικά μέτρα όπως αυτά προτείνονται στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης είναι:

1. Προσδιορισμός των απειλούμενων περιοχών.
2. Καθορισμός φορέων εφαρμογής και παρακολούθησης μέτρων.
3. Ορισμός πιλοτικών περιοχών.
4. Σχεδιασμός και εφαρμογή χρήσης των γαιών.
5. Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση κοινωνικών φορέων και φορέων διοίκησης
6. Ανάπτυξη της έρευνας.
7. Αναβάθμιση ερημοποιημένων περιοχών.
8. Σύναψη διεθνών συνεργασιών.
9. Εξεύρεση απαιτούμενων πόρων.

2.8 Αποκατάσταση ορυχείου

Ο χώρος ενός ορυχείου είτε είναι μεγάλος είτε είναι μικρός, μετά την εκμετάλλευση του ορυκτού του πλούτου θα πρέπει να γίνει **περιβαλλοντική αποκατάσταση**. Σύμφωνα με την εταιρεία Οικολογικής Αποκατάστασης (SER,2002) και την IUCN (1986), η οικολογική αποκατάσταση ορίζεται ως « η διαδικασία κατά την οποία ανακτάται η υγεία ενός οικοσυστήματος που έχει υποβαθμιστεί ή καταστραφεί».

Η αποκατάσταση της εδαφικής υγείας κατά ανάλογο τρόπο με την αποκατάσταση της ανθρώπινης υγείας και προϋποθέτει αρχικά την απομάκρυνση των αιτιών της υποβάθμισης και στη συνέχεια τους απαραίτητους χειρισμούς, ώστε να εξαλειφθούν οι επιπτώσεις που προκλήθηκαν. Από πρακτική άποψη, ένα πρόγραμμα αποκατάστασης σε ένα εδαφικό οικοσυστήμα αποσκοπεί στην αποκατάσταση των λειτουργιών εκείνων που είναι απαραίτητες για μία δεδομένη χρήση γης. Επίσης, ειδικά στην περίπτωση των εδαφικών οικοσυστημάτων που είναι χημικά υποβαθμισμένα, ένα ολοκληρωμένο σχέδιο αποκατάστασης των λειτουργιών αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων όχι μόνο της εδαφικής ρύπανσης, αλλά και της μετακίνησης είτε του εδάφους (διάβρωση) είτε των ρύπων (επιφανειακή απορροή και έκπλυση) (Aronson, Milton, Blignaut, 2006).

Ο συγκεκριμένος ορισμός είναι πολύ ευρύς και δείχνει ότι η αποκατάσταση δεν είναι κάτι θεωρητικό αλλά το εφαρμόσιμο, το οποίο εμπλέκει περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες. (van Andel & Aronson, 2005)

Η οικολογική αποκατάσταση είναι μια νέα επιστήμη, ένας νέος κλάδος της οικολογίας που έχει σκοπό τη μελέτη των διαδικασιών κατά τις οποίες ένα υποβαθμισμένο οικοσύστημα αποκτά τις πρότερες λειτουργίες του και την προηγούμενη φυσιογνωμία και δομή του. Είναι λοιπόν, αρκετά ετερογενής διότι απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις από άλλες επιστήμες, όπως της αρχιτεκτονικής τοπίου, οικολογίας και της βοτανικής. Ως όρος, η οικολογική αποκατάσταση διατυπώθηκε αρχικά το 1935, αλλά περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1980 καθορίστηκε η ακριβής έννοιά της (Jordan et al., 1987)

Γενικά με την αποκατάσταση ενός ορυχείου εννοείται η δημιουργία συνθηκών μετά την εκμετάλλευση που θα επιτρέπει την εγκατάσταση κατά προσέγγιση των προϋπαρχόντων ζωικών και φυτικών οργανισμών στο άμεσο ή στο απώτερο μέλλον. Αυτό σημαίνει ότι και άλλα είδη πέραν των προϋπαρχόντων μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Για να μπορέσει όμως η αποκατάσταση ενός ορυχείου να έχει επιτυχή κατάληξη, θα πρέπει να ξεκινάει με τον σωστό σχεδιασμό της εκμετάλλευσης και να αποτελεί λειτουργικό της μέρος. Η

διαμόρφωση του χώρου αλλά και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του εδάφους θα δημιουργούνται σταδιακά ώστε να ανταποκρίνονται λειτουργικά και αισθητικά, στις απαιτήσεις της χρήσης που έχει επιλεγεί (Κυζερίδη, Αλφιέρης, Πέππας, 2002) .

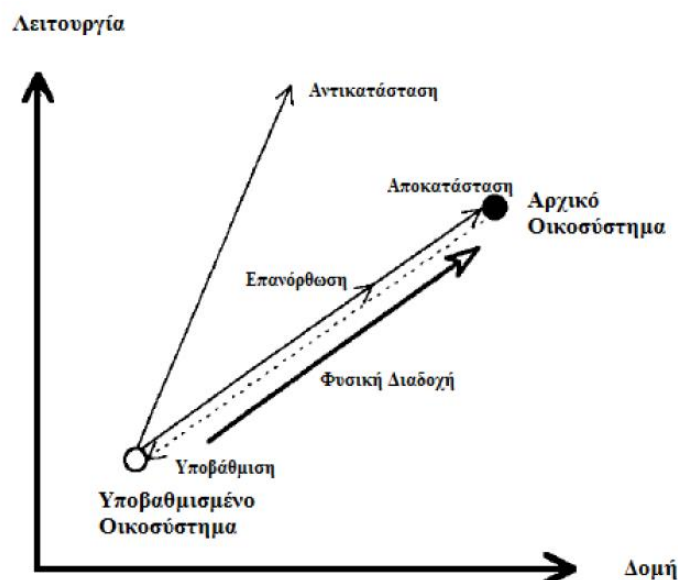
Ανάλογα με τη φύση της εκμετάλλευσης και τις συνθήκες που δημιουργούνται, κάποιες εκμεταλλεύσεις με την αποκατάσταση μπορούν να εξυπηρετήσουν παραγωγικούς σκοπούς, ενώ σε άλλες τα μέτρα αποκατάστασης έχουν προστατευτικό χαρακτήρα, διευκολύνουν την αναψυχή και την εγκατάσταση της άγριας ζωής .

Η ενσωμάτωση της αποκατάστασης στο μεταλλευτικό σχεδιασμό έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή δημιουργίας ακραίων συνθηκών ή φαινομένων, την ταχύτερη αποκατάσταση του χώρου και τη σημαντική ελάττωση του κόστους της. Η ενσωμάτωση αυτή στο σχεδιασμό και την εκμετάλλευση του ορυχείου σημαίνει ότι ο μελετητής της αποκατάστασης θα πρέπει να είναι παρών από τη σύνταξη της τεχνικής μελέτης εκμετάλλευσης και όχι να καλείται να προτείνει έργα αποκατάστασης αφού έχει τελειώσει η συγκεκριμένη μελέτη. Η ενσωμάτωση της αποκατάστασης σημαίνει ακόμη ότι οι εμπλεκόμενοι στην εκμετάλλευση θα πρέπει να γνωρίζουν τους σκοπούς, τις απαιτήσεις και τη διαδικασία της αποκατάστασης, ώστε να μπορούν να προσαρμόζουν καθημερινά τα έργα και να χρησιμοποιούν τα προκύπτοντα υλικά όπως επίσης και τα κάθε φορά διαθέσιμα μηχανήματα για την επιτυχία των σκοπών της αποκατάστασης (Κυζερίδη, Αλφιέρης, Πέππας, 2002) .

Για τις εκμεταλλεύσεις ορυχείων στην Ελλάδα που αναπτύσσονται σε δασικές εκτάσεις η αποκατάσταση είναι συνώνυμη με την αναδάσωση, ενώ μπορεί να περιληφθούν και κάποια μικρά κοινωφελή έργα που ο νόμος 998/79 επιτρέπει. Έτσι κυρίως κοντά στις μεγαλουπόλεις και στα ανενεργά ορυχεία μπορούν να αναπτυχθούν θέατρα, γήπεδα κ.ά. έργα αναψυχής ή κοινοτικά τεχνικά έργα. Βέβαια σε αρκετές εκτάσεις οι οποίες δεν είναι δασικές, η επιλογή της χρήσης δεν είναι δεσμευτική και πρακτικά μπορεί να περιλάβει οποιαδήποτε χρήση (Μπρόφας, 2007).

Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι εκμεταλλεύσεις πέρα από την πρόκληση πολύ δυσμενών επιπτώσεων, σε μερικές περιπτώσεις δημιουργούν συνθήκες που επιτρέπουν νέες και επιθυμητές χρήσεις στη περιοχή, έχουν ιστορική ή εκπαιδευτική αξία κλπ., αποκαλύπτουν γεωλογικά φαινόμενα κλπ. Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι καλό να αξιοποιούνται και να ενσωματώνονται στην αποκατάσταση. Εκτός όμως από την τελική χρήση της έκτασης, αυτή μπορεί να χρησιμεύει για μια περίοδο και για ενδιάμεσες χρήσεις, όπως απόθεση στείων υλικών, απορριμμάτων κλπ (Μπρόφας, 2000).

Πριν διαταραχθεί ένα οικοσύστημα, έχει τυπικά υψηλές τιμές λειτουργίας και δομής. Η υποβάθμιση σε ένα οικοσύστημα οδηγεί τη μία ή ακόμη και τις δύο τιμές στο μηδέν. Εάν η περιοχή αφεθεί στην τύχη μετά τη διατάραξη, ένα οικοσύστημα έχει μεγάλες πιθανότητες να επανέλθει φυσικά (Bradshaw, 2002a). Έτσι συνδέονται μεταξύ τους η διαταραχή, η οικολογική διαδοχή και η αποκατάσταση. Η παραπάνω θεωρία μπορεί να διατυπωθεί και σχηματικά όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 2.10: Η δομή και η λειτουργία είναι δύο χαρακτηριστικά, που έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στην υποβάθμιση και στην επανάκαμψη σε ένα οικοσύστημα. Όταν υποβαθμίζεται το οικοσύστημα και τα δύο χαρακτηριστικά μειώνονται (Bradsaw,1984)

2.8.1 Επιτυχία της οικολογικής αποκατάστασης

Όταν μια περιοχή που έχει υποστεί οικολογική αποκατάσταση επανέρχεται σε μια προηγούμενη κατάσταση (συνήθως είναι καλύτερη). Όταν όμως το εγχείρημα είναι αποτυχημένο, μπορεί κανείς να ερευνήσει τα αίτια της αδυναμίας αποκατάστασης του οικοσυστήματος καθώς και τη λειτουργία του. Το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης της αποκατάστασης σε μια περιοχή είναι εάν η φυσιογνωμία της μοιάζει με αυτή της περιοχής που είναι αδιατάρακτης.

Για την επιτυχία της αποκατάστασης έχουν διατυπωθεί πέντε βασικά κριτήρια (Ewel, 1987)

:

1. Η αειφορικότητα, που έχει σχέση με τη δυνατότητα της φυτοκοινότητας να μπορεί να αναγεννηθεί.
2. Η αντίσταση στην εισβολή ειδών διαφορετικών των αυτοφυών που απαντώνται στην αρχική φυτοκοινότητα.
3. Οι αυτοφυείς φυτικές κοινότητες να έχουν την ικανότητα να αντέχουν στις εισβολές των νέων ειδών.
4. Η παραγωγικότητα που αναφέρεται στην καθαρή παραγωγή καθαρή παραγωγή ενός οικοσυστήματος μετά τη διαταραχή σε σχέση με το αρχικό.
5. Η φυτική κοινότητα που έχει αποκατασταθεί, θα πρέπει να είναι τόσο παραγωγική όσο και η αρχική. Η καθαρή παραγωγικότητα σε ένα οικοσύστημα είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μέτρο αξιολόγησης, λόγω του ότι εμπλέκεται σε πολλές οικολογικές διαδικασίες όπως της **φωτοσύνθεσης** ή της **αναπνοής**. Εξίσου σημαντικά κριτήρια είναι η διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και οι βιοτικές αλληλεπιδράσεις.

Η επιτυχία μιας αποκατάστασης έγκειται στην επιλογή των φυτικών ειδών, στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου φύτευσης και στην σωστή προετοιμασία του εδάφους.

2.8.3 Στόχοι αποκατάστασης

Όταν γίνεται ο σχεδιασμός της μελέτης αποκατάστασης σε μια υποβαθμισμένη περιοχή, όπως στην περίπτωση ενός ορυχείου, το επιθυμητό αποτέλεσμα και η μέθοδος με την οποία θα επιτευχθεί, θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προμελετημένα. Ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο προσδιορισμού του στόχου, θα πρέπει να είναι η επιθυμητή τελική χρήση της περιοχής.

Γνωρίζοντας εκ των προτέρων και τους δύο παράγοντες, αφενός γίνεται εξοικονόμηση των χρημάτων και αφετέρου το αποτέλεσμα γίνεται καλύτερο.

Ο τελικός στόχος μπορεί να αντιστοιχεί σε ένα οικοσύστημα πριν από τη διαταραχή, να βασίζεται σε τωρινά χλωριδικά στοιχεία ή να αναφέρεται σε κοινωνικούς σκοπούς.

Ο σημαντικότερος στόχος αποκατάστασης σε μια περιοχή όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι η επαναφορά του οικοσυστήματος όπως ήταν πριν την υποβάθμιση του προϋπάρχοντος (Egan & Howell, 2001). Για την επίτευξη του στόχου, απαιτούνται στοιχεία για τη βλάστηση που υπήρχε πριν από την διαταραχή του οικοσυστήματος. Μερικά από στοιχεία μπορεί να είναι όπως:

- **Μια χλωριδική μελέτη της περιοχής.**
- **Φωτογραφίες της περιοχής.**
- **Φυτικά δείγματα σε βοτανικά μουσεία.**
- **Αεροφωτογραφίες και μελέτες τις χλωρίδας σε περιοχές με όμοιο τύπο βλάστησης.**
- **Παλαιολογικά στοιχεία (π.χ για θεμτικά πάρκα) σε περιοχές που θα ήταν χρήσιμα.**

Ο πιο πρακτικός στόχος αποκατάστασης είναι αυτός που χρησιμοποιεί τη βλάστηση της περιβάλλουσας περιοχής ως γνώμονα για την επανεγκατάσταση των φυτικών ειδών. Ο συγκεκριμένος στόχος θα έχει ένα αποτέλεσμα που θα εναρμονίζεται με τη γύρω περιοχή διότι θα λαμβάνει χώρα τόσο η φυσική όσο και η τεχνητή αποκατάσταση (μέσω της διαδικασίας της οικολογικής διαδοχής).

Σύμφωνα με τη Διεθνή Κοινότητα για την οικολογική αποκατάσταση μιας περιοχής που έχει υποστεί αποκατάσταση θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ένα οικοσύστημα θεωρείται ότι έχει αποκατασταθεί όταν περιλαμβάνει βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, χωρίς περαιτέρω επίδραση. Άρα το συγκεκριμένο θα δείξει αντοχή τόσο σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και σε διαταράξεις (SER, 2004).

Ο χρόνος αποκατάστασης ενός τοπίου μιας μεταλλευτικής περιοχής διαρκεί περίπου 3 έως 4 έτη και εξαρτάται από την τοπογραφία, το έδαφος και το κλίμα της περιοχής. Η διαδικασία της αποκατάστασης αποτελείται από επτά στάδια και κάθε ένα από αυτά έχει άμεση εξάρτηση από την επιτυχή έκβαση του προηγούμενου σταδίου (Lubke, 1993).

- Ανάπλαση και διαμόρφωση των προς αποκατάσταση επιφανειών.
- Χωματοκαλύψεις με φυτική γη, ιδιαίτερα όπου το υλικό είναι αδρομερές.
- Σπορά των φυτών με μηχανικά μέσα ή χειρωνακτικά
- Φυτεύσεις δέντρων και θάμνων.
- Περιφράξεις των εκτάσεων που είναι αποκατεστημένες για την προστασία της βλάστησης από τη βοσκή.
- Συντήρηση των φυτών (παροχή νερού και εδαφοβελτιωτικών).
- Διαχείριση και παρακολούθηση των εργασιών αποκατάστασης του εδάφους σε συντονισμό με τις παραγωγικές διαδικασίες.

2.8.3 Τεχνολογίες αποκατάστασης χημικώς υποβαθμισμένων εδαφών

Η αποκατάσταση των εδαφών που είναι υποβαθμισμένα αναφέρεται στις ενέργειες, που αποσκοπούν στην ανόρθωση των υποβαθμισμένων λειτουργιών με τη χρήση επικουρικών εισροών

(χημικών, φυσικών, βιολογικών) στο εδαφικό οικοσύστημα. Οι τεχνολογίες αποκατάστασης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

α) **Μηχανικές:** Στις μηχανικές τεχνολογίες αποκατάστασης οι εισροές είναι φυσικές (απομάκρυνση εδαφών) ή χημικές (κινητοποίηση – ακινητοποίηση ρύπων με χρήση χημικών ουσιών).

β) **Βιολογικές:** Ως βιολογική αποκατάσταση ή βιοαποκατάσταση εδάφους ορίζεται η χρήση μικροοργανισμών ή φυτών για την εξυγίανση του εδαφικού οικοσυστήματος, κυρίως με τις διεργασίες μετασχηματισμού και απομάκρυνσης ρύπων (Βούτσινος, Κοσμάς, Καλκάνης, Σούτσας, 2011). Οι βασικότεροι μηχανισμοί της βιολογικής αποκατάστασης εδαφών είναι οι παρακάτω:

1) Η ενίσχυση των ιθαγενών μικροοργανισμών του εδάφους με βελτίωση των συνθηκών διαβίωσής τους.

2) Η εφαρμογή μικροβιακών ενζύμων.

3) Η προσθήκη στο έδαφος μικροοργανισμών ειδικής βιοαποικοδομητικής ικανότητας.

4) Η χρήση φυτών για την απομάκρυνση, τον μετασχηματισμό και τη συγκράτηση των ρύπων.

Οι δύο βασικές τεχνικές βιοαποκατάστασης είναι η βιοαποικοδόμηση, που βασίζεται στους τρεις πρώτους μηχανισμούς και η φυτοεκχύλιση, που βασίζεται στον τέταρτο μηχανισμό.

Τόσο οι μηχανικές όσο και οι βιολογικές τεχνολογίες εφαρμόζονται επί τόπου (in-situ) και εκτός τόπου (ex-situ).

Οι επιτόπου τεχνολογίες αποκατάστασης υποβαθμισμένων εδαφών εφαρμόζονται στο ίδιο το υποβαθμισμένο έδαφος και έχουν σκοπό έχουν να προκαλούν όσο το δυνατό μικρότερη διαταραχή στο εδαφικό οικοσύστημα. Κατά την επιτόπου εφαρμογή των διάφορων τεχνικών αποκατάστασης των υποβαθμισμένων εδαφών θα πρέπει να λαμβάνουμε πάντα υπόψη μας τα εξής (Stief 1981):

1. Οι ρύποι στη ρυπασμένη εδαφική μάζα παρουσιάζουν κατακόρυφη ή οριζόντια κατανομή.

2. Στη ρυπασμένη εδαφική μάζα συνήθως είναι παρούσα ποικιλία ρύπων.

3. Η εφαρμογή των διάφορων τεχνολογιών αποκατάστασης στην επιτόπου τεχνική, σε αρκετές περιπτώσεις απαιτεί την έγχυση διαφόρων ουσιών στο έδαφος, με σκοπό την εκδήλωση κάποιων επιθυμητών αντιδράσεων των ρύπων με τις συγκεκριμένες ουσίες. Το συγκεκριμένο γεγονός, στις περισσότερες περιπτώσεις έχει ως συνέπεια, στην περίπτωση που δεν ληφθεί μέριμνα, οι ουσίες αυτές να χρησιμοποιούνται σε υπερβολική ποσότητα με άμεσο κίνδυνο ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Οι τεχνικές δυσκολίες που προκύπτουν κατά την εφαρμογή των επιτόπου τεχνολογιών αποκατάστασης είναι (Stief 1981):

1. Οι διάφοροι περιορισμοί σχετικά με το βάθος της ρυπασμένης εδαφικής μάζας, μέσα στο οποίο εφαρμόζονται οι διάφορες τεχνολογίες επιτόπου αποκατάστασης. Το βάθος στο οποίο συνήθως γίνεται η έκχυση των διάφορων ουσιών δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 2 m.

2. Οι πιθανές ανεπιθύμητες αντιδράσεις μεταξύ των ρύπων της ρυπασμένης εδαφικής μάζας και των διαφόρων ουσιών που εκχύθηκαν σ' αυτήν.

3. Η απόλυτη βεβαιότητα για την πλήρη επαφή των ρύπων της ρυπασμένης εδαφικής μάζας με τις διάφορες ουσίες, που εκχύνονται σ' αυτήν. Δυο μέθοδοι κυρίως χρησιμοποιούνται προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι οι ουσίες αυτές φτάνουν στον στόχο τους. Η πρώτη αφορά την εφαρμογή πίεσης πάνω στην επιφάνεια του ρυπασμένου εδάφους (π.χ. τοποθέτηση και μετακίνηση εδάφους με γερανούς μεγάλων όγκων τσιμέντου πάνω στην επιφάνεια του ρυπασμένου). Η δεύτερη μέθοδος αφορά τη χρήση της τεχνικής της ηλεκτρο-όσμωσης.

4. Η χημική, φυσική, και η βιολογική ετερογένεια της ρυπασμένης εδαφικής μάζας.

5. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής της επιτόπου τεχνολογίας αποκατάστασης.

Στην περίπτωση που εφαρμόζονται οι εκτός τόπου τεχνολογίες αποκατάστασης, αυτές απαιτούν την άντληση του υπόγειου νερού ή την εκσκαφή του εδάφους, τα οποία κατόπιν υφίστανται επεξεργασία, είτε στην επιφάνεια του εδάφους πάνω ακριβώς από τη ρυπασμένη περιοχή είτε σε κάποια άλλη κατάλληλη για τέτοιες μεταχειρίσεις περιοχή. Οι εκτός τόπου τεχνολογίες αποκατάστασης περιλαμβάνουν την εφαρμογή διάφορων φυσικών, μικροβιακών χημικών, ή και θερμικών τεχνικών στην εκσκαμμένη εδαφική μάζα, με σκοπό τον διαχωρισμό, την καταστροφή, την εξουδετέρωση ή τη σταθεροποίηση των ρύπων της (Liu et al,2007).

Στη συνέχεια κατά την επανατοποθέτηση της απορρυπασμένης πλέον εδαφικής μάζας, λαμβάνεται σοβαρά υπόψη ο κίνδυνος επαναρρύπανσής της από το ήδη υπόγειο νερό που είναι ρυπασμένο. Αποτελούν εξαίρεση οι περιπτώσεις που αυτό έχει ήδη υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ή το ύψος της υπόγειας στάθμης είναι πολύ χαμηλότερο από το βάθος, στο οποίο έφτασε η ρύπανση της εδαφικής μάζας. Η εκσκαφή και η επανατοποθέτηση εφαρμόζεται συνήθως σε εδάφη, που έχουν ρυπανθεί σε μεγάλο βαθμό, αλλά σε μικρή έκταση. Η επανατοποθέτηση του εδάφους γίνεται σε καθορισμένο από πριν χώρο διάθεσης, εφοδιασμένο με προστατευτική επένδυση και του οποίου ελέγχεται η απορροή. Η τεχνική αυτή απομάκρυνσης έχει χρησιμοποιηθεί στο Rotterdam για την απομάκρυνση των ισχυρά ρυπασμένων ιζημάτων του ποταμού Ρήνου (Nijssen 1988).

2.8.4 Διαμόρφωση χώρου κατά την αποκατάσταση ενός τοπίου

Η διαμόρφωση του χώρου κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης ενός ορυχείου εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως:

- Το είδος των πετρωμάτων που υπάρχουν στην περιοχή.
- Το βάθος των εκμεταλλευομένων ορυκτών.
- Η μέθοδος εκμετάλλευσης που εφαρμόστηκε.
- Η ποσότητα και το είδος των παραγομένων υποπροϊόντων.
- Η χρήση για την οποία προορίζεται η έκταση.

Γενικά μια εκμετάλλευση οδηγεί στη δημιουργία μιας εκσκαφής και των αποθέσεων των στείων υλικών.

- **Εκσκαφές.** Η εκσκαφή αποτελείται από ένα λιγότερο ή περισσότερο εκπεφρασμένο κλιμακωτό μέτωπο και την πλατεία που αναπτύσσεται στη βάση του μετώπου. Σε αρκετές περιπτώσεις η εκσκαφή πληρώνεται εν μέρει και σπανιότερα εξολοκλήρου με στείρα υλικά. Συνήθως όμως παραμένει ως έχει, με τα επίπεδα τμήματα των βαθμίδων να διαστρώνονται με έδαφος, το πάχος του οποίου ας σημειωθεί ότι δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από 30 εκ.. Σε αρκετές περιπτώσεις σε σκληρά πετρώματα κατά τη διαμόρφωση των βαθμίδων εφαρμόζεται υποδιάτρηση που ρωγματώνει το δάπεδο της βαθμίδας. Η πλήρωσή των ρωγματώσεων με χώμα αυξάνει το φυσιολογικό βάθος του χώματος που διαστρώνεται, ενώ παράλληλα οι ρωγματώσεις επιτρέπουν την αγκύρωση των φυτών. Σε άλλες περιπτώσεις, όπου δεν υπάρχει επαρκές έδαφος, το δάπεδο διασπάται με εκρήξεις και κατόπιν οι δημιουργούμενοι κρατήρες πληρώνονται με χώμα και φυτεύονται. Σε πετρώματα που είναι μαλακά (περλίτης, σχίστες κλπ) τα δάπεδα των βαθμίδων αναμοχλεύονται και θρυμματίζονται από προωθητήρες με αναμοχλευτή. Τέλος για άμβλυση της χρωματικής αλλαγής εφαρμόζεται η παλαιώση ή τεχνητή γήρανση του χρώματος των βράχων των εκσκαφών με οξείδωση.

- **Αποθέσεις στείων υλικών.** Τα στείρα υλικά αποτελούνται από πέτρωμα θρυμματισμένο, υπερκείμενο του εκμεταλλευομένου ορυκτού, στο οποίο αναμειγνύονται και οι όποιες ποσότητες επιφανειακού χώματος, συνήθως ελάχιστες, με κάποιες εξαιρέσεις όπως στην περίπτωση του λιγνίτη, μπεντονίτη κλπ. Τα συγκεκριμένα υλικά αποτίθενται σε σωρούς, με βαθμίδες ή όχι, το άνω μέρος των οποίων είναι περίπου οριζόντιο, ενώ η κλίση των πρανών καθορίζεται από τη γωνία ισορροπίας των στείων υλικών. Γενικά εφόσον η αποκατάσταση αποτελεί μέρος της

εκμετάλλευσης είναι δυνατή και σχετικά εύκολη η επιθυμητή από άποψη μορφής και κλίσης διαμόρφωση.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις όμως τα πρηνή διαμορφώνονται με ηπιότερες κλίσεις. Η διαμόρφωση βέβαια ηπιότερων κλίσεων δημιουργεί τη συνέχεια της επιφάνειας και διευκολύνει την αφομοίωση των σωρών από το τοπίο, επιτρέπει περισσότερες και αποδοτικότερες χρήσεις και βελτιώνει την ευστάθεια τους. Ακόμα περιορίζει τα φαινόμενα επιφανειακής διάβρωσης, αν και στείρα υλικά με χονδρόκοκκο υλικό μεγαλύτερο από 70%, δεν εμφανίζουν διάβρωση.

Τα συγκεκριμένα υλικά συνήθως όμως παρουσιάζουν προβλήματα σε μία ή περισσότερες από τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Έτσι όσον αφορά στις φυσικές ιδιότητες τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται από μικρές ποσότητες λεπτής γης, σπανιότερα, όπως στην περίπτωση του μπεντονίτη από ύπαρξη πολύ λεπτού υλικού (κολλοειδή υλικά), μικρή ικανότητα υδατοσυγκράτησης στην περίπτωση χονδρόκοκκων υλικών, ενώ στις επίπεδες επιφάνειες παρατηρούνται φαινόμενα συμπίεσης.

Όσον αφορά τις χημικές ιδιότητες παρατηρείται έλλειψη οργανικής ουσίας και θρεπτικών στοιχείων με πλέον συχνή την έλλειψη ή την πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο. Σπάνια υπάρχει διαθέσιμος φώσφορος, ιδιαίτερα στα ασβεστολιθικά υλικά. Σε περιορισμένες συγκεντρώσεις βρίσκεται γενικά και το κάλλιο και κυρίως στα προηγούμενα υλικά. Αντίθετα σπάνια παρατηρείται έλλειψη ασβεστίου και μαγνησίου.

Σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται προβλήματα τοξικότητας (μικτά θειούχα, κ. ά., υπολείμματα επεξεργασίας μετάλλων) και αναφέρονται στην παρουσία βαρέων μετάλλων και σε ακραίες τιμές pH, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πάρα πολύ χαμηλές οι τιμές του. Τα συγκεκριμένα προβλήματα καθιστούν την εγκατάσταση της βλάστησης προβληματική και στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αδύνατη χωρίς την προσθήκη βελτιωτικών επεμβάσεων. Εξαιρεση αποτελούν κάποιες αποθέσεις που περιέχουν μεγάλες ποσότητες λεπτού υλικού και κυρίως επιφανειακού αλλά και από βαθύτερα στρώματα εδάφους.

Γενικά η επίλυση ή ο περιορισμός των προβλημάτων των διαταραγμένων επιφανειών είναι περισσότερο ή λιγότερο εφικτός. Τα προβλήματα περιορίζονται επίσης αν κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης λαμβάνεται πρόνοια ώστε τα χοντρότερα υλικά να διαχωρίζονται και να καταλαμβάνουν τα βαθύτερα στρώματα. Η χρήση βαθύρριζων φυτών βοηθάει στην έμμεση παράκαμψη της ελλειμματικής υγρασίας του εδάφους. Η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων αντιμετωπίζεται με λίπανση. Ιδιαίτερα όσον αφορά στο άζωτο, η λίπανση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να εγκατασταθεί μόνιμη βλάστηση και να δημιουργηθεί ίδιον κεφάλαιο αζώτου στο έδαφος. Εναλλακτική λύση μπορεί να είναι επίσης η εγκατάσταση ψυχανθών. Το χαμηλό pH (<4.5) αντιμετωπίζεται με την προσθήκη ασβεστίου, ενώ το υψηλό pH με προσθήκη οργανικής ουσίας. Η τοξικότητα που προέρχεται από βαρέα μέταλλα είναι περισσότερο πολύπλοκη και κάθε περίπτωση εξετάζεται χωριστά. Μια γενική συνταγή όμως είναι η χρησιμοποίηση ανθεκτικών στα βαρέα μέταλλα φυτών, η κάλυψη τους με εδαφικό υλικό ή η εξουδετέρωση του τοξικού παράγοντα (M.S.U., 2012).

2.8.5 Μέθοδοι αποκατάστασης της βλάστησης

Η επαναφορά της βλάστησης σε μια διαταραγμένη περιοχή, είναι ο σημαντικότερος τρόπος να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση του εδάφους σε περιοχές που έχουν υποστεί ανθρωπογενείς επιδράσεις (Albaladejo & Roldan, 1994). Το αποτέλεσμα θα είναι μόνιμο και θα χρειάζεται πολύ λιγότερη συντήρηση σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μηχανικό τρόπο συγκράτησης του εδάφους. Επιπλέον, θα υπάρξει και ιδιαίτερη βελτίωση της αισθητικής αξίας του τόπου (FAO, 1985).

Για την αποκατάσταση της βλάστησης σε μια διαταραγμένη περιοχή έχουν διατυπωθεί τρεις στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν (Prach, 2003) και αυτές είναι αποκλειστικά βάσει φυσικών διαδικασιών, χρησιμοποιώντας μόνο τεχνητές μεθόδους φυτοκάλυψης και ακολουθώντας συνδυασμό των δύο πρώτων στρατηγικών (τεχνητή και φυσική διαδοχή).

Τα φυτικά είδη που μπορούν να επιλεγθούν κατά την αποκατάσταση σε μια περιοχή, θα πρέπει να τηρούν δύο κανόνες (Arnaud & Khater, 2007) ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Πρώτον, τα είδη που θα επιλεγούν να απαντώνται και στην περιβάλλουσα μη διαταραγμένη περιοχή και δεύτερον, να προσαρμόζονται με ευκολία στις νέες οικολογικές συνθήκες.

Η σπορά και η φύτευση των φυτών που έχουν επιλεγεί πραγματοποιούνται το φθινόπωρο για τα χαμηλά υψόμετρα και τις θερμές περιοχές και την άνοιξη για τα μεγαλύτερα και πιο ψυχρά υψόμετρα, λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών. Πρανή όμως που διαμορφώνονται πριν το φθινόπωρο πρέπει να σπέρνονται το φθινόπωρο ανεξάρτητα υψομέτρου, διότι σε διαφορετική περίπτωση θα παρουσιαστούν έντονα διαβρωτικά φαινόμενα, λόγω των βροχοπτώσεων.

Τα είδη των φυτών που επιλέγονται για την αποκατάσταση του χώρου, θα πρέπει να μπορούν να εκπληρώσουν λειτουργίες όπως παραγωγικό σκοπό, μέτρα αποκατάστασης προστατευτικού χαρακτήρα, αναφυχή και την εγκατάσταση της άγριας ζωής. Εκτός από τις παραπάνω λειτουργίες, παράλληλα θα πρέπει να είναι ικανά να προσαρμοστούν στις συγκεκριμένες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες της περιοχής.

Όσον αφορά την κατηγορία των ποώδη φυτών, τα είδη που χρησιμοποιούνται είναι εισαγωγής. Μερικά από τα είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί και έδωσαν αποτελέσματα όπως στην περιοχή της Γκιώνας είναι τα *Lolium rigidum*, *Trifolium subterraneum* (όξινα εδάφη), *Sanguisorba minor*, *Onobrychis sativa*, *Medicago sativa*, *Phacelia tanacetifolia* (με συνθήκες λίπανσης και επικάλυψης) και σχετικά πρόσφατα το είδος *Anthyllis vulneraria*.

Όσον αφορά τα ξυλώδη είδη, αυτά που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι τα είδη *Pinus nigra*, *Spartium junceum*, *C. arizonica*, *Abies cephalonica*, *P. brutia*, *p. halepensis*, *Acacia cyanophylla*, *Cupressus sempervirens*, *Medicago arborea*, *Robinia pseudoacacia*.

Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα ιθαγενή είδη όπως τα *Inula candida*, *Dittrichia viscosa*, *Centranthus ruber*, *Scrophularia canina*, *Rhus coriaria*, *Epilobium dodonaei*, *Nepeta sibthorpii*, *Melica ciliata*, *Vincetoxicum sp.*, δίνουν πάρα πολύ καλά και μόνιμα αποτελέσματα σε αποθέσεις και πρανή δρόμων, με αποτέλεσμα να συνίσταται η χρησιμοποίησή τους. Ιδιαίτερα το είδος *Dittrichia viscosa* δίνει καλά αποτελέσματα και με μοσχεύματα που φυτεύονται κατευθείαν στην οριστική τους θέση.

Εκτός από τα παραπάνω είδη, σε πολλές περιπτώσεις επιλέγονται και άλλα τοπικά είδη και να σποροπαραχθούν, διότι εκτιμάται ότι μπορούν να παίξουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην αναβλάστηση των επιφανειών αυτών.

Όσον αφορά τις ποσότητες σπόρων που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση των ορυχείων, είναι υψηλότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, προκειμένου να καλυφθούν οι απώλειες που συνδέονται με την έλλειψη προπαρασκευής του εδάφους, την πτωχεία του σε λεπτό υλικό και θρεπτικά συστατικά, την ξήρανση των φυτωρίων, την έκπλυση των σπόρων, τους ζωικούς παράγοντες κ.λ.π. Οι ποσότητες αυτές μπορεί να ανέρχονται και σε 300-400 Kgr/ha.

2.8.5.1 Υδροσπορά, γεωϋφάσματα & πλαστικά δίκτυα

Η υδροσπορά είναι η σημαντικότερη μέθοδος για την κάλυψη με βλάστηση από φυτά, γυμνών κεκλιμένων και απρόσιτων επιφανειών. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εφαρμοστεί κατά κόρον σε διάφορες περιπτώσεις αποκατάστασης του τοπίου (Albaladejo, 2000), ειδικά σε επιφάνειες όπου τα σκαπτικά μηχανήματα δεν έχουν πρόσβαση ή να μπορούν να εργαστούν με ασφάλεια λόγω του ότι η περιοχή έχει μεγάλη κλίση. Η συγκεκριμένη τεχνική, είναι κατάλληλη για τις συγκεκριμένες περιοχές, γιατί οι υδροσπορείς έχουν τη δυνατότητα να ψεκάζουν το υδατικό διάλυμα σε απόσταση που φθάνει τα 60 μέτρα (Bradshaw & Chadwick, 1980). Σε περιοχές που η αποκατάσταση είναι να γίνει σε μεγάλες εκτάσεις γης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και ελικόπτερα.



Εικόνα 2.11 : Μέθοδος υδροσποράς.

Η υδροσπορά είναι μια εξειδικευμένη και βελτιωμένη μέθοδος σποράς. Είναι εξειδικευμένη για κεκλιμένες απρόσιτες επιφάνειες, αλλά και η ιδανική για κάθε επιφάνεια (ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος). Κατά την διάρκεια της υδροσποράς εκτοξεύεται υδατικό διάλυμα που περιέχει σπόρους (σπέρματα) των επιλεγμένων φυτικών ειδών, όπως λιπάσματα και βοηθητικά προϊόντα ιδανικά για τις προς αποκατάσταση περιοχές. Σε περιοχές που η παραγωγικότητα του εδάφους είναι μειωμένη, το υδατικό διάλυμα της υδροσποράς, εκτός από τα σπέρματα και τα λιπάσματα, περιέχει ξερά φύλλα και άχυρα. Τα βοηθητικά προϊόντα ποικίλλουν ανάλογα με την παραλλαγή της μεθόδου και την τεχνολογία των διαφόρων εταιρειών που κατασκευάζουν τους υδροσπορείς. Τα συγκεκριμένα μπορεί να είναι βελτιωτικά υδατικών συνθηκών, χημικοί σταθεροποιητές εδάφους ή προϊόντα επικάλυψης (προστατευτικό στρώμα), όπως είναι τα ξερά φύλλα, η πίσσα, το άχυρο και η κιταρρίνη. Το προστατευτικό στρώμα λοιπόν, επικουρεί στην εγκατάσταση των φυτών επειδή μειώνει τον κίνδυνο της επίδρασης πολύ αυξημένων θερμοκρασιών, αυξάνει τα επίπεδα της υγρασίας του εδάφους (λόγω των επιπέδων εξάτμισης) ώστε να μπορεί να επιτευχθεί το φύτρωμα των σπερμάτων, καθώς επίσης προφυλάσσει τα σπέρματα και το έδαφος από το φαινόμενο της διάβρωσης.

Τα χημικά βελτιωτικά και τα λιπάσματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις ρυπαίνουν το έδαφος και έτσι μόνο μικρές συγκεντρώσεις μπορούν να προστίθενται στο υδατικό μίγμα των σπερμάτων.

Η τεχνική της υδροσποράς διακρίνεται σε τρεις βασικές παραλλαγές:

- Απλή υδροσπορά.
- Υδραυλική υδροσπορά.
- Υδροσπορά με επικάλυψη.

Όταν χρησιμοποιείται η τεχνική της απλής υδροσποράς, το υδατικό διάλυμα περιέχει σπέρματα, λιπάσματα καθώς και κάποιο στερεωτικό υλικό, όπως η κόλλα.

Η υδροσπορά με επικάλυψη διακρίνεται περαιτέρω ανάλογα με τα υλικά επικάλυψης που χρησιμοποιείται άχυρο, γεωϋφάσματα και κυτταρίνη. Κατά την υδροσπορά με επικάλυψη που περιέχει άχυρο, μετά την εκτόξευση των σπερμάτων, ακολουθεί επικάλυψη με άχυρο και κατόπιν στερέωση αυτού με ασφαλτικό γαλάκτωμα το οποίο θα είναι συγκολλητική ουσία. Τα υλικά επικάλυψης εκτοξεύονται ξεχωριστά από ειδικό μηχάνημα. Παράλληλα, για την καλύτερη στερέωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ελαστικά δίκτυα.

Στην περίπτωση της υδροσποράς με επικάλυψη κυτταρίνης, το υδατικό διάλυμα περιέχει σπέρματα, λιπάσματα, κυτταρίνη και σε πολλές περιπτώσεις περιέχει και κάποιο στερεωτικό μέσο.

Η κυτταρίνη μπορεί να αντικατασταθεί από υλικά φυτικής προέλευσης, όπως ίνες ξύλου, συσσωματώματα από επεξεργασμένο άχυρο ή από επεξεργασμένα υπολείμματα βαμβακιού. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιήθηκε κατά την αποκατάσταση των πρανών στην Εγνατία Οδό (Katrizzidakis, 2007).

Στην τεχνική της υδροσποράς με τη χρήση γεωϋφασμάτων, τα υλικά επικάλυψης είναι διαφόρων ειδών γεωϋφάσματα, τα οποία τοποθετούνται πριν ή μετά την εργασία, ανάλογα με την περίπτωση.

Όταν χρησιμοποιείται η υδραυλική υδροσπορά, τα υλικά επικάλυψης περιέχονται εντός του υδατικού διαλύματος.

Η ιδανικότερη μέθοδος είναι η υδροσπορά επικάλυψης, που ως βασικό της συστατικό έχει το άχυρο. Το βασικό μειονέκτημα της είναι ότι εφαρμόζεται δύσκολα και έχει αρκετά υψηλό κόστος. Οπότε η υδροσπορά που χρησιμοποιείται ευρέως είναι αυτή που περιλαμβάνει το διάλυμα της κυτταρίνης ως κύριο συστατικό επικάλυψης για την προς αποκατάσταση επιφάνεια.

Σε μια υδροσπορά η επιτυχία της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (Tilton,1996), όπως είναι:

- Η σωστή επιλογή των φυτικών ειδών.
- Οι ιδιότητες και η συγκέντρωση του κάθε συστατικού στο υδατικό διάλυμα.
- Τα χαρακτηριστικά του τοπίου που είναι να γίνει η αποκατάσταση.
- Η μετακίνηση των σπερμάτων από την βροχή ή τον άνεμο και η βελτίωση των εδαφικών συνθηκών στη φύτευση των σπερμάτων και στην ανάπτυξη των νεαρών φυτών.

Για να είναι σίγουρο το φύτευμα των σπερμάτων και η ανάπτυξη των φυτών, το έδαφος θα έπρεπε να είχε προετοιμαστεί με τη χρήση λιπασμάτων. Η αποτελεσματικότερη μέθοδος είναι η τροποποίηση του υδατικού διαλύματος με οργανικά συστατικά, τα οποία εύκολα μπορούν να αφομοιωθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Με τον συγκεκριμένο τρόπο, ενεργοποιείται η μικροβιακή χλωρίδα του εδάφους και επανέρχεται η δομή του. Μερικά από τα οργανικά συστατικά είναι όπως: το άχυρο, το χουμικό οξύ και τα ξερά φύλλα (Albaladejo, 2000).

Τα γεωϋφάσματα συνήθως το υλικό κατασκευής τους είναι από οργανικά υλικά όπως το άχυρο, τα υπολείμματα ή υποπροϊόντα γεωργικών προϊόντων, και οι ίνες κοκοκάρνου. Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθούν και συνθετικά υλικά με ποικίλο βαθμό βιοδιάσπασης, καθώς και συνδυασμός τόσο οργανικών όσο και συνθετικών υλικών.

Τα γεωϋφάσματα είναι ιδιαίτερα απαιτητικά στην ομαλή διαμόρφωση της επιφανείας, ώστε να έχουν καλή εφαρμογή με το έδαφος. Τα γεωϋφάσματα πρώτα στερεώνονται στο έδαφος και κατόπιν γίνεται η σπορά. Σε μερικές περιπτώσεις γίνεται το αντίθετο. Η στερέωσή τους γίνεται με ειδικές διχάλες, οι οποίες τοποθετούνται βαθιά στο έδαφος. Το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι πολύ ικανοποιητικό, αλλά έχει ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

Τα πλαστικά δίκτυα χρησιμοποιούνται στην υδροσπορά με επικάλυψη αχύρου για την στερέωσή του, όπου στην περίπτωση που υπάρχουν ασταθή πρανή στερεώνονται πάνω στο έδαφος.

2.8.6 Φύτευση

Όταν γίνεται μια αποκατάσταση τοπίου σε ένα εκμεταλλευμένο ορυχείο, η φύτευση δενδρών και θάμνων είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος. Η φύτευση συνήθως είναι η πιο διαδεδομένη πρακτική μετά από μεγάλες πυρκαγιές, εκτός από την αποκατάσταση ορυχείων. Τα φυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι μονοετή με όχι καλά αναπτυγμένο το υπέργειο τμήμα σε αντίθεση με το ριζικό τους σύστημα.

2.8.6.1 Οι τεχνητοί υγρότοποι ως μέσο διατήρησης της εδαφικής ποιότητας

Κατά το στάδιο των εργασιών αποκατάστασης μιας περιοχής, εκτός από τη δημιουργία αγροτικών και δασικών εκτάσεων συγκαταλέγεται και η δημιουργία τεχνητών υγροτόπων. Οι υγρότοποι ή λιμναίες εκτάσεις διαμορφώνονται κατά κανόνα στο τελικό όρυγμα του ορυχείου, με την προϋπόθεση ότι τα στεία υλικά που κάλυπταν τα συγκεκριμένα στοιχεία έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για την πλήρωση και την αποκατάσταση του αμέσως προηγούμενου ορύγματος στη διαδοχική εξέλιξη των εργασιών της εξόρυξης.

Ο σκοπός των τεχνητών υγροτόπων είναι για την διενέργεια της επεξεργασίας των λυμάτων και για την αντιμετώπιση ρύπων που προέρχονται, είτε από σημειακές, είτε από μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Με άλλα λόγια, τα οικοσυστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου που προέρχονται από μεταλλευτική δραστηριότητα ή των νερών απορροής (Lord,2010). Με τη χρήση των τεχνητών υγροτόπων για επεξεργασία λυμάτων εκτός από την επεξεργασία, συγχρόνως προστατεύονται οι εδαφικοί πόροι μιας περιοχής από τη διάθεση στην επιφάνεια του εδάφους λυμάτων που δεν έχουν επεξεργαστεί, με ανόργανους και οργανικούς ρύπους, και άρα διατηρείται η εδαφική υγεία. Σήμερα εκτιμάται ότι πάνω από 1000 συστήματα τεχνητών υγροτόπων για επεξεργασία λυμάτων λειτουργούν παγκοσμίως. Τουλάχιστον τα μισά από αυτά βρίσκονται στις ΗΠΑ (Reed κ.ά. 1995).

Οι υγρότοποι σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για τους παρακάτω λόγους:

- Την επεξεργασία λυμάτων και τη βελτίωση της ποιότητας νερών.
- Την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων και την επαναπλήρωση των υπόγειων υδροφορέων.
- Την εκμετάλλευσή τους για την πρωτογενή παραγωγή.
- Την αναπλήρωση των υγροτόπων που χάνονται από την επέκταση της γεωργίας και των κατοικημένων περιοχών (Kadlec και Knight 1996).

Ιδιαίτερη σημασία για τη διατήρηση της ποιότητας των εδαφικών πόρων έχουν οι υγρότοποι που κατασκευάζονται κυρίως για τους τρεις πρώτους λόγους.

Η κατασκευή και η λειτουργία τους βασίζεται στον κατάλληλο συνδυασμό των δομικών στοιχείων των υγροτόπων δηλαδή του εδάφους, του νερού και της βλάστησης, με βασικό σκοπό τη δημιουργία εκείνων των λειτουργιών, που είναι υπεύθυνες για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού που διέρχεται από τους υγροτόπους (Ζαλίδης κ.ά. 1998). Οι συγκεκριμένες λειτουργίες είναι οι παρακάτω:

1. Η απομάκρυνση και ο μετασχηματισμός των θρεπτικών ουσιών
2. Η συγκράτηση ιζημάτων και τοξικών ουσιών.

Οι συγκεκριμένες λειτουργίες είναι αποτέλεσμα ενός συνόλου επιμέρους φυσικών, βιολογικών και χημικών διεργασιών που συμβαίνουν στους υγροτόπους (Πίνακας 2.3) και είναι υπεύθυνες για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού που διέρχεται από αυτούς και άρα για τη διατήρηση της εδαφικής ποιότητας στην κατάντη του υγροτόπου περιοχή.

Πίνακας 2.3. Διεργασίες μείωσης ρυπαντικού φορτίου στους τεχνητούς Υγροτόπους (Kadlec και Knight 1996)

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ		
Φυσικές	Χημικές	Βιολογικές
Καθίζηση	Κατακρήμνιση	Βακτηριακός μεταβολισμός
Διήθηση	Προσρόφηση	Μεταβολισμός των φυτών
Προσρόφηση	Υδρόλυση	Πρόσληψη από τα φυτά
Εξαέρωση	Οξειδωση - αναγωγή	Αποικοδόμηση φυτών
	Φωτοχημικές αντιδράσεις	

Στην περίπτωση υγροτόπων που κατασκευάζονται για τον πρωτογενή τομέα, τα οφέλη για τα εδάφη της περιοχής προέρχονται τόσο από τη διατήρηση της ποιότητάς τους όσο και από τη βελτίωση αυτής. Οι υγρότοποι μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικό εισόδημα στους κατοίκους της περιοχής (αλιεία, κτηνοτροφία κ.λπ.). Το αποτέλεσμα είναι ευεργετικό για τα εδάφη της περιοχής αφού πλέον το εισόδημα των κατοίκων δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη γεωργική παραγωγή και δεν είναι αναγκασμένοι να εντατικοποιήσουν τις γεωργικές τους πρακτικές έως την τελική εξάντληση και υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών. Συγχρόνως, ένα πιθανό σύστημα διαχείρισης των εδαφών της περιοχής με εναλλαγές των χρήσεων γης, για παράδειγμα καλλιέργεια εδαφών για ορισμένα έτη και κατόπιν εναλλαγή με υγρολίβαδα για κτηνοτροφική χρήση, θα μπορούσε να βελτιώσει την ποιότητα των εδαφών της περιοχής με αύξηση της οργανικής ουσίας και εμπλουτισμό των εδαφών με θρεπτικά στοιχεία.

Η αναπλήρωση των υγροτοπικών εκτάσεων που αποξηράνθηκαν συνήθως αποκαθιστά πολλαπλές λειτουργίες. Αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της αειφορικής διαχείρισης των λεκανών απορροής και βοηθάει στη διατήρηση της εδαφικής ποιότητας σε όλη την έκταση της λεκάνης (Lovei, 1996).

Από τα προηγούμενα είναι προφανές ότι οι τεχνητοί υγρότοποι δίνουν αποτελεσματικές λύσεις σε προβλήματα διαχείρισης όχι μόνο υδάτινων, όπως ήταν γνωστό μέχρι σήμερα, αλλά και εδαφικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Οι λύσεις αυτές δεν είναι ευεργετικές μόνο για το περιβάλλον, αλλά συνοδεύονται και από άμεσα και έμμεσα οικονομικά οφέλη για τους χρήστες, γεγονός που ευνοεί την υιοθέτησή τους σε μελλοντικά σχέδια αειφορικής διαχείρισης των φυσικών πόρων.

2.9 Οικολογική Διαδοχή και οικολογική αποκατάσταση

Η οικολογική διαδοχή είναι μια ιδιαίτερα δυναμική διαδικασία, η οποία στηρίζεται στην εναλλαγή διαφόρων φυτικών ειδών σε σχέση με το χρόνο. Αναλυτικότερα περιλαμβάνει όλες τις μεταβολές που συμβαίνουν σε ένα οικοσύστημα καθώς αυτό ωριμάζει προς την κατάσταση ισορροπίας (UNEP, 2000).

Σύμφωνα με τον Clements (1916), η οικολογική διαδοχή βασίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες που είναι :

- Πρωτογενής.
- Δευτερογενής.

Κατά την πρωτογενή οικολογική διαδοχή, οι φυτικοί οργανισμοί αναπτύσσονται σε υπόστρωμα στο οποίο δεν υπήρχε καθόλου βλάστηση πριν. Η δευτερογενή οικολογική διαδοχή συμβαίνει σε περιοχές όπου ήδη υπάρχουν οικοσυστήματα, αλλά η πορεία τους προς την ωρίμανση ή τη σταθερή κατάσταση έχει παρεμποδιστεί από κάποιον ανασταλτικό παράγοντα, όπως η φωτιά ή οι πυρκαγιά. Εάν ο συγκεκριμένος παράγοντας σταματήσει να υφίσταται, τότε θα λάβει χώρα η δευτερογενής διαδοχή που θα οδηγήσει το σύστημα σε ωριμότητα (Meehl et al, 2007).

Η οικολογική διαδοχή είναι μια ιδιαίτερα χρονοβόρα οικολογική διαδικασία η οποία μπορεί να ξεπεράσει σε χρόνο τον έναν αιώνα. Αποτελείται από τρεις κύριες φάσεις, οι οποίες είναι οι παρακάτω:

1. Η εγκατάσταση των πρόδρομων φυτικών ειδών.
2. Το ενδιάμεσο στάδιο.
3. Η κατάσταση «κλίμαξ».

Το πρώτο στάδιο της οικολογικής διαδοχής περιλαμβάνει την επιτυχή διασπορά των φυτικών σπερμάτων στην περιοχή όπου είναι να εγκατασταθούν οι νέοι φυτικοί οργανισμοί.

Μετά την καταστροφή του οικοσυστήματος από την εκμετάλλευση ενός ορυχείου, αυτό τείνει προς μια κατάσταση ισορροπίας. Τα πρώτα χρόνια μετά τη διαταραχή που θα προκαλέσει το ορυχείο, στην περιοχή εγκαθίστανται μονοετή ποώδη φυτά. Τα συγκεκριμένα φυτά ονομάζονται **πρόδρομα/πρόσκοπα** φυτά. Τα συγκεκριμένα είδη είναι πρόσκαιρα και μικρού μεγέθους με βασικό χαρακτηριστικό τις χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Τα πρόσκαιρα είδη συγκρατούν το έδαφος που δημιουργείται με τις ρίζες τους και κατά την διάρκεια της αποδόμησης δημιουργούν οργανική ύλη, η οποία είναι το βασικό χαρακτηριστικό στην ανάπτυξη των άλλων φυτικών οργανισμών.

Τα πρόδρομα είδη, όντας ηλιόφιλα, αντικαθίστανται σταδιακά από διάφορα θαμνώδη είδη. Τα συγκεκριμένα είναι πολυετή φυτά με πιο εξεζητημένες οικολογικές απαιτήσεις.

Η μελέτη του σχηματισμού και της ανάπτυξης της βλάστησης σε εδάφη που έχουν προκύψει από μεταλλευτικές επιδράσεις είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για τη μελέτη της δυναμικής της βλάστησης και της διατήρησης της βιοποικιλότητας (Rebele, 1992).

Η δευτερογενής οικολογική διαδοχή μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με την ύπαρξη ή μη της ανθρωπογενούς επίδρασης στα οικοσυστήματα. Αυτές περιλαμβάνουν την «ανθρωπογενή διαδοχή» και τη «μη ανθρωπογενή διαδοχή» αντίστοιχα (Grubb, 1987). Σε ένα υπόστρωμα που έχει δημιουργηθεί από μεταλλευτική δραστηριότητα, έχει παρατηρηθεί και η περίπτωση της «ανθρωπογενούς πρωτογενούς οικολογικής διαδοχής», λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Leisman, 1957, Marrs, 1981, Borggard, 1990).

Στην περίπτωση που κατά την διάρκεια της εκμετάλλευσης, γίνει λήψη εδάφους από κατώτερα στρώματα (στα οποία δεν έχει εγκατασταθεί βλάστηση) και επικάλυψη της περιοχής με αυτό (μετά την εκμετάλλευση), μια νέα επιφάνεια δημιουργείται και η οικολογική διαδοχή είναι πρωτογενής. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά της πρωτογενής διαδοχής είναι η έλλειψη σπερμάτων, το φτωχό έδαφος σε άζωτο και η μεγάλη απόσταση που πρέπει να καλυφθεί από τα φυτικά είδη που είναι προς εγκατάσταση (Maarel, 1988). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ανήκουν και τα εδάφη που έχουν προκύψει ύστερα από μεταλλευτική δραστηριότητα. (Maarel, 1985)

Σύμφωνα με το Miles (1979), διατύπωσε ότι η διάκριση μεταξύ της πρωτογενούς και της δευτερογενούς διαδοχής είναι λίγο πολύ αυθαίρετη, διότι σε πάρα πολλές περιπτώσεις δεν αντιστοιχούν σε κανένα από τους παραπάνω τύπους διαδοχής. Αυτό κυρίως συμβαίνει σε ανθρωπογενή ενδιαίτηματα, όπου οι αποθέσεις δημιουργούν νέες επιφάνειες για την εγκατάσταση της βλάστησης και βέβαια δεν είναι σίγουρο εάν κάποια από αυτά μπορούσαν να υποστηρίξουν βλάστηση κατά το παρελθόν.

2.10 Παρακολούθηση ποιότητας εδαφών

Τόσο για τη διατήρηση της εδαφικής ποιότητας όσο και για την αποκατάστασή της πρέπει να σχεδιασθεί ένα σύστημα παρακολούθησης. Με το συγκεκριμένο σύστημα, αφενός μεν διαπιστώνεται η μεταβολή της ποιότητας του εδάφους σε σχέση με τις υφιστάμενες χρήσεις και τις γεωργικές πρακτικές, ώστε να διαγνωσθεί έγκαιρα η όποια υποβάθμιση των εδαφικών λειτουργιών και αφετέρου ελέγχεται η πορεία αποκατάστασης των υποβαθμισμένων λειτουργιών σε σχέση με τους σκοπούς που έχουν τεθεί στην αποκατάσταση .

Η παρακολούθηση της ποιότητας των εδαφικών πόρων περιλαμβάνει τον σχεδιασμό ενός προγράμματος παρακολούθησης στα πλαίσια ενός διαχειριστικού σχεδίου, την υιοθέτηση κατάλληλων δεικτών οι οποίοι δύνανται να διαγνώσουν τη μεταβολή της εδαφικής ποιότητας και να αξιολογήσουν την πορεία ενός σχεδίου αποκατάστασης και τέλος τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας με την οποία η παρακολούθηση της εδαφικής ποιότητας πραγματοποιείται αποτελεσματικότερα και οικονομικότερα (Argyropoulou et al,2005).

2.10.1 Γενικές αρχές παρακολούθησης

Στα σχέδια διαχείρισης του εδαφικού οικοσυστήματος, η διαδικασία της παρακολούθησης (monitoring) είναι ίσως ένα αναπόσπαστο εργαλείο, που συνεχώς τροφοδοτεί με πληροφορίες περιοδικά τον σχεδιασμό της διαχείρισης εδαφών και καθοδηγεί την τροποποίησή του, έτσι ώστε να κατευθύνεται εγγύτερα προς τους ιδανικούς και εφικτούς σκοπούς της διαχείρισης. Είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την επίτευξη κάποιου σκοπού και όχι ένας αυτοσκοπός από μόνη της, η παρακολούθηση μπορεί να καλύπτει μεγάλο φάσμα διαδικασιών. Αυτονόητα παραδεκτή μέσα σε κάθε πρόγραμμα παρακολούθησης είναι η εν δυνάμει μεταβολή. Με το πρόγραμμα παρακολούθησης, γίνεται προσπάθεια να διασφαλιστεί η ανίχνευση αυτής της μεταβολής, της κατεύθυνσής της και να προσδιοριστεί η έκταση ή και η έντασή της (Andersen, 2004). Αυτό ίσως είναι και ποιο εύκολο τμήμα της διαδικασίας παρακολούθησης, αφού συχνά είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η σημασία της μεταβολής που ανιχνεύθηκε (Hellowell 1991). Ως δυσμενή μεταβολή του εδαφικού οικοσυστήματος εννοείται η μεταβολή των λειτουργιών του με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς του και συνεπώς της αξίας του για την ανθρώπινη κοινωνία. Βεβαίως, σε αρκετές περιπτώσεις θα πρέπει να είναι γνωστό ότι η μεταβολή της ποιότητας των εδαφικών πόρων, μπορεί να είναι και θετική, εάν έχει συντελεσθεί βελτίωση κάποιων υποβαθμισμένων λειτουργιών.

Συχνά, μεγάλη είναι και η επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα εδαφικά οικοσυστήματα. Στην περίπτωση αυτή υφίστανται παρακολούθηση οι συνέπειες αυτών των δραστηριοτήτων και η ανάκαμψη των εδαφικών οικοσυστημάτων σε περίπτωση που ληφθούν μέτρα ανόρθωσης ή και αποκατάστασης. Εκτός από τα "ανέγγιχτα" εδαφικά οικοσυστήματα, πολλά από τα διαχειριζόμενα εδάφη έχουν μεγάλη βιολογική, αλλά και άλλες αξίες. Εδώ η παρακολούθηση μπορεί να παρέχει επιβεβαίωση της διατήρησης αυτών των αξιών, καθώς και έγκαιρη προειδοποίηση για τα αποτελέσματα της υπερβολικής ή ακατάλληλης ανθρώπινης επέμβασης (Hellowell 1991).

Είναι φανερό ότι ένα πρόγραμμα παρακολούθησης έχει νόημα μόνον εφόσον έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της διαχείρισης μιας περιοχής. Ιδανικά, η περιοχή ενδιαφέροντος θα πρέπει να υπόκειται σε ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης, το οποίο να προβλέπει τους τρόπους αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης. Εν απουσία ολοκληρωμένου διαχειριστικού σχεδίου, έχει κρίσιμη σημασία το εκάστοτε ειδικό σχέδιο διαχείρισης να προσδιορίζει και να διασφαλίζει τους τρόπους αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης.

2.11 Χρήση των δεικτών

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν δείκτες στην καθημερινή τους ζωή συνήθως για να αντιληφθούν κάποια αλλαγή σε μία «φυσιολογική» ή επιθυμητή κατάσταση. Στην επιστήμη οι δείκτες χρησιμοποιούνται συνήθως για να παράσχουν πληροφορίες στα άτομα που διεξάγουν μία έρευνα σχετικά με προκαθορισμένους στόχους. Η πληροφορία είναι σημαντική τόσο στην καθημερινή ζωή όσο και στην επιστήμη και τη χάραξη πολιτικής, ώστε να μπορεί να γίνει ακριβής και έγκαιρη αξιολόγηση μίας κατάστασης και να ληφθούν οι απαιτούμενες αποφάσεις. (Bossel, 1999)

Το 1993 παρουσιάστηκαν οι πρώτοι δείκτες του ΟΟΣΑ για το περιβάλλον στην έκθεση με τίτλο "OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews" όπου εκτός των άλλων περιλαμβάνεται και ο καθορισμός του θεωρητικού πλαισίου Πίεσης-Κατάστασης-Ανταπόκρισης (*Pressure-State-Response*) που ακολουθήθηκε για τον καθορισμό των δεικτών.

Πιο συγκεκριμένα στην επιστήμη του περιβάλλοντος, οι δείκτες αειφόρου ανάπτυξης, αφορούν πληροφορίες ειδικά με :

- Την κατάσταση του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας, περιγράφουν δηλαδή μία κατάσταση.

- Τις επιδόσεις και την αποτελεσματικότητα δράσεων και μέτρων, δηλαδή είναι εργαλείο αξιολόγησης επιδόσεων (Hardi & Barg, 1997; World Bank, 1997; U.N., 1998) το οποίο ελέγχει κατά πόσο ήταν επιτυχείς αναπτυξιακές επιλογές και κατ' επέκταση ποια είναι οι επίδοση των ανθρώπινων κοινωνιών στην πορεία για την αειφορία.

Τις ελλείψεις, τις αδυναμίες και τα πιθανά προβλήματα, προειδοποιούν δηλαδή για θέματα που πρέπει να υπάρξει αντιμετώπιση.

- Σε σχέση και με τα παραπάνω, οι δείκτες προσφέρουν υποστήριξη στη χάραξη στρατηγικών και πολιτικών, είναι δηλαδή εργαλείο σχεδιασμού (*planning tools*) (Hardi & Barg, 1997) το οποίο βοηθά στη λήψη αποφάσεων και την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών πολιτικών.

2.11.1 Το Πλαίσιο Πίεσης-Κατάστασης-Ανταπόκρισης

«Το πλαίσιο Πίεσης-Κατάστασης-Ανταπόκρισης βασίζεται στην έννοια της αιτιότητας. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν σαν αποτέλεσμα την άσκηση πιέσεων στο περιβάλλον και την πρόκληση μεταβολών στην ποσότητα και την ποιότητα των φυσικών πόρων (στην «κατάσταση»). Η κοινωνία αντιδρά σε αυτές τις αλλαγές με περιβαλλοντικά, οικονομικά και τομεακά μέτρα (η «κοινωνική αντίδραση»). Τα μέτρα αυτά με τη σειρά τους έχουν αναδραστικό αποτέλεσμα στις πιέσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες» (OECD, 1993).

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο πλαίσιο υπάρχουν τρεις τύποι δεικτών:

1. Οι δείκτες περιβαλλοντικών πιέσεων οι οποίοι περιγράφουν τις πιέσεις που ασκούνται στο περιβάλλον από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

2. Οι δείκτες κοινωνικής ανταπόκρισης οι οποίοι περιγράφουν την αντίδραση της κοινωνίας στις περιβαλλοντικές αλλαγές.

3. Οι δείκτες περιβαλλοντικών συνθηκών οι οποίοι περιγράφουν την τρέχουσα κατάσταση – την ποιότητα- του περιβάλλοντος.

Ο καθορισμός των δεικτών βασίστηκε σε μία σειρά περιβαλλοντικών θεμάτων όπως: την αλλαγή του κλίματος, την καταστροφή της στριβάδας του όζοντος, τον ευτροφισμό, την όξινη βροχή, τη μόλυνση από τοξικά, την ποιότητα αστικού περιβάλλοντος, την βιοποικιλότητα, τοπίο, στερεά απόβλητα, δασικοί πόροι, αλιεύματα και υποβάθμιση εδαφών ενώ, υπάρχει και ένα 14ο θέμα κάτω από την ονομασία γενικοί δείκτες (OECD, 1993). Στην αποκατάσταση ορυχείων οι περιβαλλοντικοί δείκτες που χρειάζονται είναι οι παρακάτω.

2.11.2 Μέτρηση της βιοποικιλότητας

Μέσα στο πλήθος των ειδών τα οποία συγκροτούν μια βιοκοινότητα, μερικά από αυτά είναι πολυπληθή και μερικά είναι σπάνια. Το χαρακτηριστικό αυτό μπορούμε εύκολα να το ανακαλύψουμε εάν μετρήσουμε, σε ένα αριθμό τεμαχίων, όλα τα άτομα, είτε των διαφόρων φυτικών ειδών, είτε των άλλων ζωικών οργανισμών, και στη συνέχεια καθορίσουμε την ποσοστιαία αναλογία του καθενός που συνθέτουν το σύνολο ή τη σχετική αφθονία.

- **Δείκτης ποικιλότητας**

Για να αξιολογηθεί ποσοτικά η ποικιλότητα των ειδών, έχουν προταθεί αρκετοί δείκτες ποικιλότητας. Ένας από τους πλέον ευρύτερα χρησιμοποιούμενους δείκτες είναι ο **δείκτης του Shannon- Wiener**, ο οποίος, αφού ήρθε δανεικός από την θεωρία της πληροφόρησης και της επικοινωνίας, στη συνέχεια προσαρμόστηκε στην Οικολογία, και μετράει την κανονικότητα όπως εμφανίζεται στην εξίσωση που ακολουθεί.

$$H = -\sum(\pi_i)(\log_2 \pi_i)$$

Όπου: H = η ποικιλότητα των ειδών.

S= ο αριθμός των ειδών.

p_i = η αναλογία των ατόμων του συνόλου των ειδών που ανήκουν το ίδιο είδος.

Ο συγκεκριμένος δείκτης λαμβάνει υπόψη του τόσο τον αριθμό, όσο και το σχετικό πλήθος των ειδών.

Ο δείκτης του Shannon –Wiener όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως βασίζεται στη μαθηματική θεωρία της πληροφορίας και υπό αυστηρή έννοια μετρά το πληροφοριακό φορτίο ανά σύμβολο ενός κώδικα. Οποιαδήποτε λογαριθμική βάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλά ο δείκτης Shannon – Wiener βασίζεται στο δυαδικό σύστημα παρουσία – απουσία ενός είδους γι’ αυτό και η χρήση του λογάριθμου με βάση το 2 αποδίδει πιστότερα το νόημα της συνάρτησης της αβεβαιότητας. Η μετατροπή του λογαριθμού με βάση το 10 σε λογάριθμο με βάση το 2 γίνεται με βάση τον τύπο $\log_2 = 3.322 \log_{10}$.

• Δείκτης κυριαρχίας Simpson (1949)

Ένας άλλος πολύ κοινός δείκτης είναι αυτός του **Simpson** (1949). Αυτός ξεκινάει από μια διαφορετική προσέγγιση, ήτοι: τον αριθμό των περιπτώσεων που θα μπορούσαμε τυχαία να συναντήσουμε ζεύγη ατόμων, προσπαθώντας όμως να βρεθεί ένα ζεύγος του αυτού είδους.

$$\text{Ποικιλότητα} = \frac{N(N-1)}{\sum n_i(n_i-1)}$$

Όπου:

S: Ο αριθμός του δείγματος.

N = Ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των ειδών.

n_i : Ο αριθμός ατόμων του είδους *i* και *n* ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των ειδών.

Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 μέχρι 1 και μετρά την πιθανότητα δυο τυχαία άτομα ενός δείγματος να ανήκουν στο ίδιο είδος. Μεγάλη πιθανότητα σημαίνει μικρή ποικιλότητα.

Είναι γνωστό ότι και οι δυο παραπάνω δείκτες είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές του αριθμού των ειδών του δείγματος και στις αλλαγές στην κατανομή των ατόμων ανάμεσα στα είδη.

• Δείκτης Brillouin

Ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Margalef για να μετρήσει την οικολογική ποικιλότητα (Karandinos, 2007). Στη βιβλιογραφία είναι γνωστός όμως ως δείκτης του Brillouin. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετρά τη διαφορετικότητα της συλλογής κάνοντας προσέγγιση, σε αντίθεση με το δείκτη Shannon που μετρά ένα δείγμα κάνοντας εκτίμηση.

Οι μονάδες είναι όπως και στο δείκτη Shannon –Wainer και εξαρτώνται από τη βάση των λογαρίθμων που χρησιμοποιούνται. Ο συγκεκριμένος τύπος δείκτη έχει δυσκολία ως προς τη χρήση του, διότι είναι επίπονος ως προς τον υπολογισμό των λογαρίθμων.

Ο δείκτης Brillouin, HB, υπολογίζεται με τη χρήση:

$$HB = \frac{\ln N! - \sum_{i=1}^s \ln n_i!}{N}$$

Όπου:

N: Ο συνολικός αριθμός των ατόμων του δείγματος.

n_i: Ο αριθμός των ατόμων που ανήκουν στην *i*-στο ειδών.

s: Ο αριθμός των ειδών.

• Δείκτης εδαφικής διαβρωσιμότητας

Ο δείκτης εδαφικής διαβρωσιμότητας υπολογίζεται ως το γινόμενο των τριών δεικτών, της κλάσης εδαφικής σύστασης, της κλάσης εδαφικού βάθους και της κλάσης του λιθώδους:

$$\text{Διαβρωσιμότητα Εδάφους} = \text{κλάση εδαφικής σύστασης} \times \text{κλάση βάθους εδάφους} \times \text{κλάση λιθώδους}$$

Πίνακας 2.4: Δείκτης διάβρωσης

Διαβρωσιμότητα του εδάφους		
Δείκτης διαβρωσιμότητας	Περιγραφή	Εύρος
0	Καμία διάβρωση	0
1	Χαμηλός	> 0 έως 3
2	Μέσος	> 3 έως 6
3	Υψηλός	> 6

Ο δείκτης διαβρωσιμότητας μπορεί να μετατοπιστεί σε διαφορετική κλάση (από αυτή που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις κλάσεις μηχανικής σύστασης, το βάθος και το λιθώδες) βάσει άλλων παραγόντων που επηρεάζουν τη διαβρωσιμότητα, όπως της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία, των εμφανίσεων μητρικού υλικού ή πετρωδών στρώσεων. Ο δείκτης εδαφικής διαβρωσιμότητας παίρνει την τιμή 0 (καμία διάβρωση) σε περιοχές χωρίς εδαφική κάλυψη (π.χ. γυμνός βράχος, αστική περιοχή, νερό).

• Δείκτης Fournier

Ο δείκτης Fournier είναι ένας δείκτης που υπολογίζει τη διαβρωτική ικανότητα των βροχοπτώσεων, η οποία εξαρτάται από την ένταση και το μέγεθος (ύψος) των βροχοπτώσεων. Η διαβρωτική ικανότητα των βροχοπτώσεων εκτιμάται η συνολική κινητική ενέργεια κάθε βροχόπτωσης, η οποία πολλαπλασιάζεται με τη μέγιστη 30-λεπτη βροχή και οι τιμές που προκύπτουν αθροίζονται για όλες τις καταγίδες της περιόδου αξιολόγησης.

Ο δείκτης Fournier υπολογίζει:

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{\bar{P}}$$

Όπου:

P_i : Η συνολική βροχόπτωση τον μήνα i .

\bar{P} : Η μέση ετήσια συνολική βροχόπτωση.

Ο δείκτης Fournier (FI), αποτελεί ένα μέτρο της (χρονικής) μεταβλητότητας των βροχοπτώσεων. Όταν ο δείκτης έχει μεγάλες τιμές FI δείχνουν μεγάλη μεταβλητότητα, ενώ όταν έχει χαμηλές τιμές, χαρακτηρίζουν περιοχές με πιο ομαλή κατανομή βροχοπτώσεων.

Πίνακας 2.5: Δείκτης βροχόπτωσης

Δείκτης μεταβλητότητας βροχοπτώσεων - Fournier		
Κλάση	Περιγραφή	Εύρος
1	πολύ χαμηλός	< 60
2	χαμηλός	60 έως 90
3	μέσος	> 90 έως 120
4	υψηλός	> 120 έως 160
5	πολύ υψηλός	> 160

- **Δείκτης ξηρασίας Bagnouls - Gaussen**

Ο δείκτης **Bagnouls - Gaussen**, έχει σκοπό να λαμβάνει υπόψη τη γενική ξηρασία του κλίματος, και επομένως την πιθανότητα έντονων καταιγίδων μικρής περιόδου, κυρίως κατά τη διάρκεια των περιόδων ανομβρίας. Επίσης δεν ενσωματώνει τη μείωση της φυτοκάλυψης που μπορεί να εμφανιστεί εξαιτίας της ξηρασίας και την επακόλουθη αύξηση της πιθανότητας για διάβρωση.

Για να ενισχυθεί η αξιολόγηση της διαβρωτικής ικανότητας της βροχής, συμπεριλήφθηκε ένας δεύτερος κλιματικός δείκτης ο δείκτης ξηρασίας Bagnouls-Gaussen (BGI), ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) k_i$$

Όπου:

t_i : Ημέση θερμοκρασία του μήνα i .

P_i : Η συνολική βροχόπτωση του μήνα i .

k_i : αντιπροσωπεύει το ποσοστό του μήνα i κατά τη διάρκεια του οποίου $2t_i - P_i > 0$.

Ο δείκτης Bagnouls-Gaussen ταξινομείται ως εξής:

Πίνακας 2.6: Δείκτης ξηρασίας

Δείκτης ξηρασίας Bagnouls - Gaussen		
Κλάση	Περιγραφή	Εύρος
1	πολύ υγρό	0
2	υγρό	> 0 έως 50
3	ξηρό	> 50 έως 130
4	πολύ ξηρό	> 130

- **Δείκτης διαβρωτικής ικανότητας βροχής**

Οι δύο κλιματολογικοί δείκτες, ο δείκτης Fournier και ο δείκτης Bagnouls - Gaussen, σε συνδυασμό δίνουν το δείκτη διαβρωτικής ικανότητας της βροχής, ως εξής:

Δείκτης διαβρωτικής ικανότητας της βροχής = Δείκτης Fournier x Δείκτης Bagnouls-Gaussen.

Ο δείκτης διαβρωτικής ικανότητας βροχής ταξινομείται ως εξής:

Πίνακας 2.7: Δείκτης διαβρωτικής ικανότητας βροχής

Δείκτης διαβρωτικής ικανότητας βροχής		
Κλάση	Περιγραφή	Εύρος
1	χαμηλός	< 4
2	Μέσος	4 έως 8
3	υψηλός	> 8

2.12 Σκοπός της έρευνας

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, θα γίνει προσπάθεια να γίνουν προσιτές βασικές γνώσεις για τις **περιοχές εξόρυξης**, τα βασικά τους στοιχεία και τη διαδικασία αποκατάστασης εφαρμόζοντας δείκτες βιοπικιότητας, στις περιοχές όπου υπάρχει εξορυκτική δραστηριότητα.

Τα στοιχεία της έρευνας αφορούν στις μεταβολές που έχει υποστεί το φυσικό περιβάλλον και ειδικότερα οι φυσικοχημικές ιδιότητες και η χλωρίδα του εδάφους της περιοχής, τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης των ορυχείων. Τα σημαντικότερα προβλήματα προκύπτουν από την επιβάρυνση που προκαλείται στο περιβάλλον, με την εφαρμογή της επιφανειακής ή της υπόγειας μεθόδου εξόρυξης, η οποία καταλαμβάνει εκτεταμένα τμήματα δασών και δασικών εκτάσεων και έχει οδηγήσει στην διαμόρφωση πυκνού ιστού εναλλασσόμενων εκσκαφών και εναποθέσεων "στείρων" υλικών, καθώς και πυκνού οδικού δικτύου προσπέλασης των μεταλλείων.

Μεθοδολογία

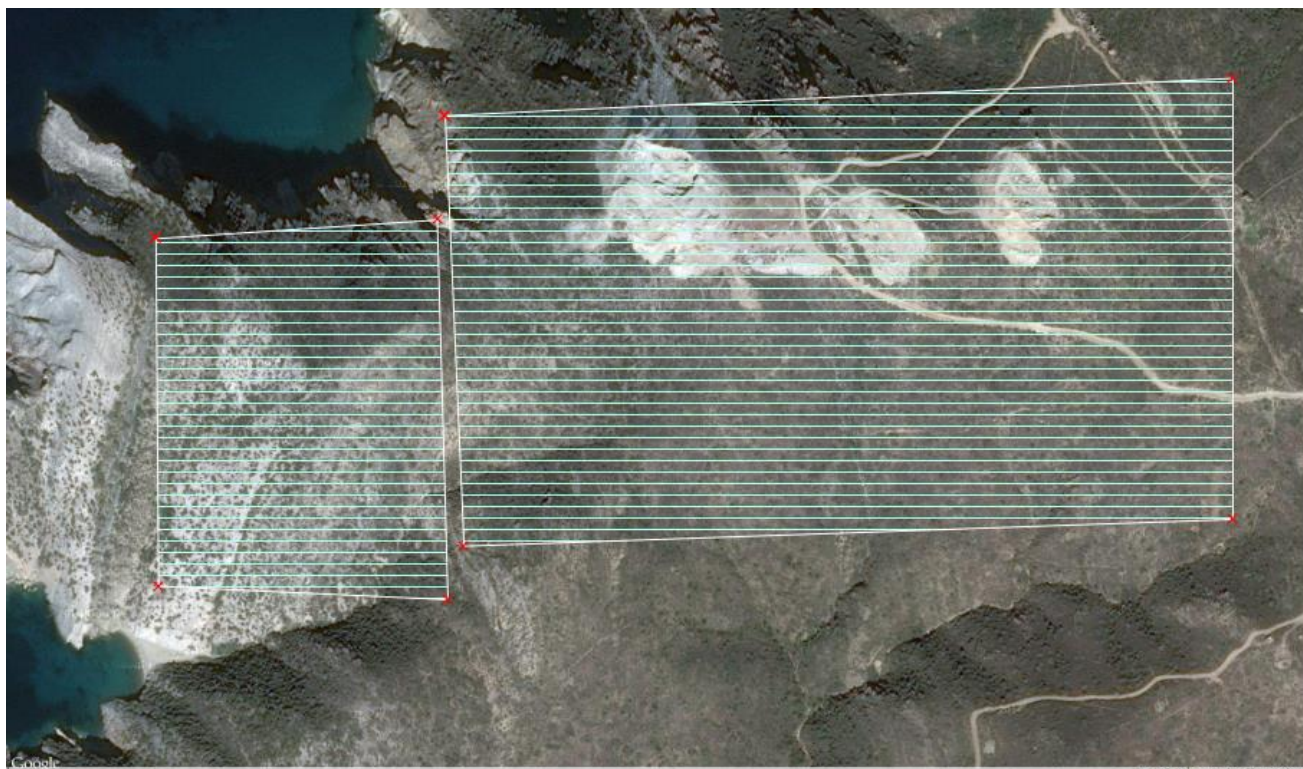
3.1 Εισαγωγή.

Η περιοχή μελέτης είναι ένα λατομείο αδρανών υλικών στην περιοχή της Αντιπάρου που βρίσκεται στο νομό Κυκλάδων. Στο συγκεκριμένο λατομείο γινόταν εξωτερική εξόρυξη πετρωμάτων, τα οποία τα χρησιμοποιήσουν για το κτίσιμο σπιτιών στην περιοχή των Κυκλάδων κυρίως στην Αντίπαρο ή για υλικά οικοδομικών κατασκευών. Το συγκεκριμένο λατομείο είναι ανενεργό τα τελευταία είκοσι πέντε έτη.



Εικόνα 3.1: Ψηφιακός Χάρτης Αντίπαρου (Πηγή: Γκολώνης, X)

Το νησί της Αντιπάρου βρίσκεται στην καρδιά των Κυκλάδων, στο Νότιο Αιγαίο, 0,8 ναυτικά μίλια νοτιοδυτικά της Πάρου. Η Αντίπαρος αποτελείται από ηφαιστειογενές πέτρωμα και ξηρό κλίμα με πολύ υγρασία, ενώ η μορφολογία της χαρακτηρίζεται κατά βάση πεδινή, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη ισχυρών ανέμων, με πολλές μικρές λοφώδεις εξάρσεις. Ψηλότερη κορυφή είναι ο Προφήτης Ηλίας (301 μ.) και καλύπτεται από κέδρους και θάμνους. Δυτικά οι ακτές είναι ομαλές και αμμώδεις και ανατολικά βραχώδεις, με μικρούς όρμους.



Εικόνα 3.2: Ψηφιακός Χάρτης Λατομείου Αντίπαρου (Πηγή: Γκολώνης, X)



Εικόνα 3.3: Ψηφιακός Χάρτης βλάστησης Αντίπαρου (Πηγή: Γκολώνης, X)



Εικόνα 3.4 : Λατομείο Αντιπάρου (Πηγή: Γκολώνης, X)

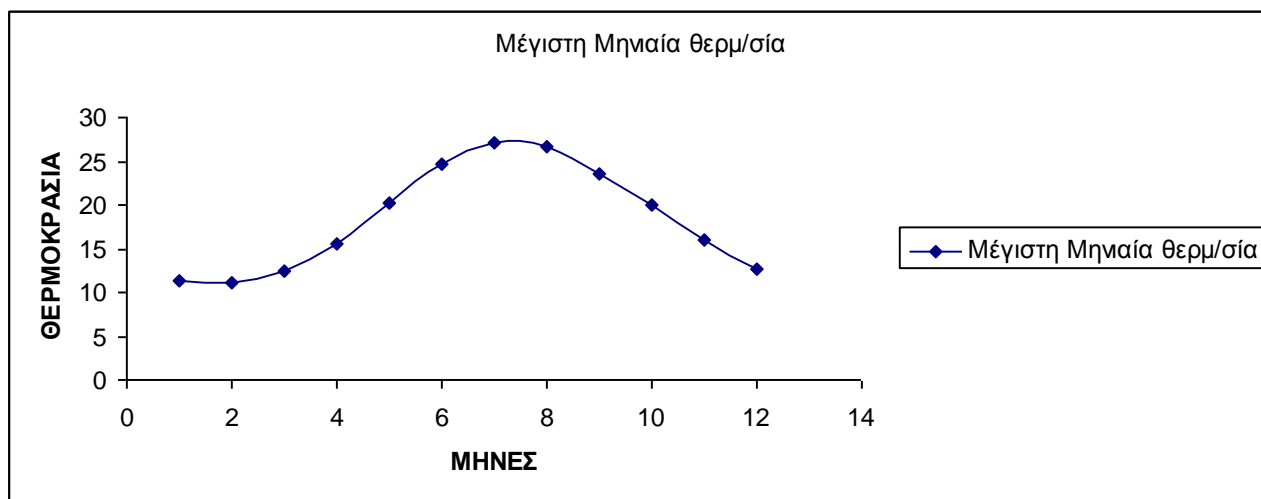
3.1.1 Κλιματολογικά στοιχεία

Η Αντίπαρος κατατάσσεται από άποψη κλίματος στον «εύκρατο» τύπο του «χερσαίου Μεσογειακού». Παγετός, χιόνι και χαλάζι σπανίως παρατηρούνται, ενώ οι καταιγίδες παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα. Η θερμή εποχή, με μέση θερμοκρασία 20 έως 25°C, λόγω των επικρατούντων βόρειων και βορειοανατολικών ανέμων, αφορά την περίοδο από Μάιο έως και Σεπτέμβριο, συμπίπτει δε με την παντελή σχεδόν έλλειψη βροχοπτώσεων (διάγραμμα 3.1 & 3.2). Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται γύρω στους 14°C. Η νέφωση είναι μάλλον περιορισμένη, σε αντίθεση με την ηλιοφάνεια που είναι μεγάλης διάρκειας. Το μέσο ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων ανέρχεται σε 480 χιλιοστά. Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι κυρίως βόρειοι, σε ποσοστό 38.1% και ακολουθούν οι βορειοανατολικοί σε ποσοστό 15.9% και οι βορειοδυτικοί σε ποσοστό 13%.

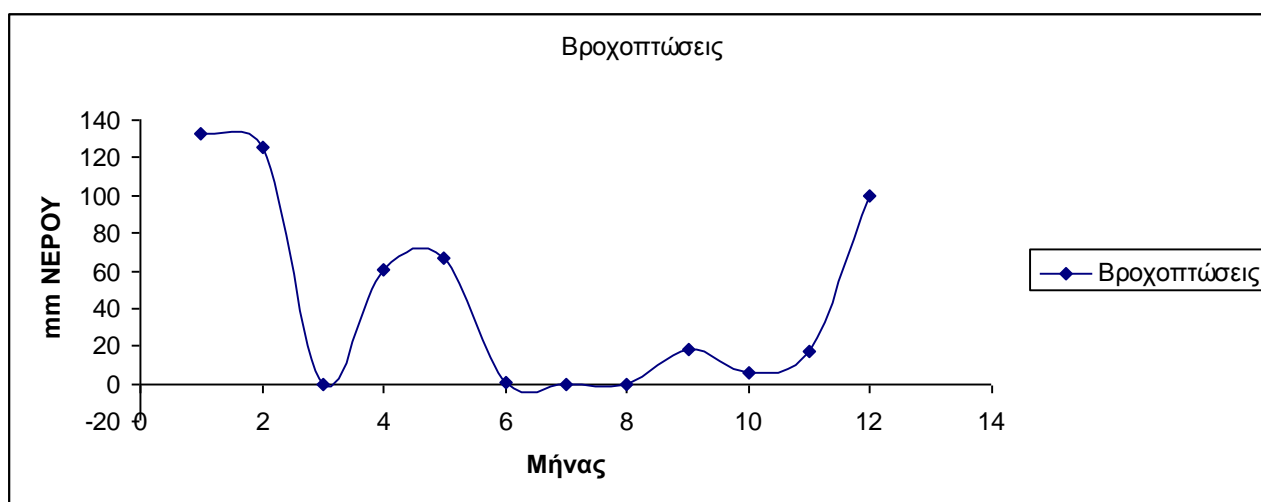
Αναλυτικότερα σύμφωνα με το μετεωρολογικό σταθμό της Πάρου, για το έτος 2014 μετρήθηκαν τα παρακάτω μετεωρολογικά φαινόμενα :

Πίνακας 3.1: Μετεωρολογικά δεδομένα Σταθμού EMY Πάρου (Πηγή: www.meteo.gr Data Search.htm)

	Ιαν	Φεβρ	Μαρτ	Απρ	Μαϊ	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπτ	Οκτωβ	Νοεμ	Δεκ
Μέγιστη Μηνιαία θερμο/σία	11,4	11,22	12,55	15,46	20,17	24,72	27,04	26,68	23,54	19,95	16,09	12,63
Μέση Μέγιστη θερμο/σία	14,04	14,08	15,61	19,08	23,91	28,48	30,36	30,23	27,07	23,41	19,21	15,38
Μέση Ελάχιστη θερμο/σία	8,75	8,41	9,55	11,99	15,49	19,88	22,50	22,58	20,01	16,86	13,02	10,31
Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%)	70,76	69,16	67,61	65,67	60,36	52,44	52,38	57,02	60,71	67,01	70,79	71,85
Μέση Ταχύτητα Ανέμου σε Κόμβους	13,64	13,69	12,78	11,56	10,55	11,62	14,60	11,90	12,02	11,26	12,84	12,60
Βροχοπτώσεις	132,5	125,4	125,7	60,8	66,9	0,4	0,00	0,00	18,6	5,8	16,7	100,2



Διάγραμμα 3.1: Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία Αντιπάρου



Διάγραμμα 3.2: Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση Αντιπάρου

3.1.2 Τοπιολογικά στοιχεία

Το έδαφος της Αντιπάρου αποτελείται από ηφαιστειογενές πέτρωμα και ξηρό κλίμα με πολύ υγρασία, ενώ η μορφολογία της χαρακτηρίζεται κατά βάση πεδινή, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη ισχυρών ανέμων, με πολλές μικρές λοφώδεις εξάρσεις. Στο δυτικό μέρος του νησιού οι ακτές είναι ομαλές και αμμώδεις ενώ ανατολικά βραχώδεις, με μικρούς όρμους.

3.1.3 Βλάστηση

Η χλωρίδα του νησιού είναι ιδιαίτερα πλούσια. Σε παραθαλάσσιες ζώνες συναντάται ο κρίνος της θάλασσας. Στα πεδινά φύονται σχινάρια, ρείκια, φίδες, κέδροι, ασφόδελοι κ.α., ενώ στις ορεινές εκτάσεις συναντάται η ρίγανη, το φασκόμηλο, λαδανιά, δεντρολίβανο, και ανεμώνες. Στη βλάστηση της Αντιπάρου κυριαρχούν τα αμπέλια, οι ελιές τα αρμυρίκια, οι συκιές κ.α. Ένα από τα πιο ιδιαίτερα φυτά των Κυκλάδων που υπάρχει σε αφθονία και στην Αντίπαρο είναι η κάπαρη .

Αναλυτικότερα η συνολική έκταση της Αντιπάρου είναι 45.300 στρέμματα από τις οποίες καλλιεργούνται τα 13.800 στρέμματα, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 30,5%. Τα υπόλοιπα χαρακτηρίζονται ως βοσκότοποι 8.400 στρέμματα ή άγονες εκτάσεις. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις γενικά έχουν μικρό μέγεθος, πράγμα που είναι χαρακτηριστικό όλων των νησιών των Κυκλάδων. Στην Αντίπαρο η φυτική παραγωγή είναι περιορισμένη σε σχέση με την καλλιεργήσιμη γη κυρίως

λόγω της έλλειψης νερού. Γι αυτό οι καλλιέργειες είναι, σχεδόν στο σύνολο τους, αροτριάιες (κτηνοτροφικά σιτηρά και ψυχανθή). Στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται στοιχεία του νησιού και της ευρύτερης περιοχής των Κυκλάδων με καλλιεργήσιμη γη, με βοσκότοπους καθώς και τα δάση, τα οποία είναι χαμηλής βλάστησης (θαμνώδη και φρυγανώδη), τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν στην μελισσοκομία και στην κτηνοτροφία.



Εικόνα 3.5: Βλάστηση Αντιπάρου (Πηγή: Γκολώνης, X)

Πίνακας 3.2 : Χρήση γης της Αντιπάρου

(Πηγή: ΟΠΕΚΕΠΕ, 2013)

Χρήσεις	Ν. Αντίπαρος		Ν. Κυκλάδων	
	Έκταση (στρ.)	Κατανομή (%)	Έκταση (στρ.)	Κατανομή (%)
Γεωργική γη	13.800	30	835.100	32,2
Βοσκότοποι	8.400	19	789.500	30,3
Δάση	21.300	47	690.400	26,5
Λοιπές εκτάσεις	1.800	4	280.400	11
Σύνολο	45.300	100	2.599.400	100

3.1.4 Υδρογεωλογικά – υδρολογικά στοιχεία

Στο νησί υπάρχουν 5 ενεργές γεωτρήσεις για την κάλυψη των αναγκών της ύδρευσης του νησιού, οι οποίες προμηθεύουν δύο μεγάλες δεξαμενές δυναμικότητας 1300 m³. Την τελευταία δεκαετία έχει παρατηρηθεί ότι ο μέσος όρος των υδάτινων εισροών - εκροών συνεχώς φθίνει, η στάθμη του υδροφόρου επίσης μειώνεται και η ποιότητα των γλυκών νερών χειροτερεύει κυρίως κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου. Μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής, αναφέρουν ότι το νερό της μιας γεώτρησης είναι αρκετά αλμυρό καθ' όλη των διάρκεια του έτους.

Τα επιφανειακά ύδατα εξαρτώνται περισσότερο από τις ετήσιες βροχοπτώσεις, οι οποίες στο νησί είναι περιορισμένες υπόγεια ύδατα αντίθετα είναι εκμεταλλεύσιμα σε βάθος χρόνου. Ακόμα για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης, η υπηρεσία διαχείρισης των υδατικών πόρων προσανατολίζεται στη λύση της αφαλάτωσης, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες του νησιού. Ειδικότερα προβλέπεται εγκατάσταση συστημάτων εξυγίανσης νερού δυναμικότητας 600 m³ την ημέρα. Το καθαρό νερό θα μεταφέρεται στις υφιστάμενες δεξαμενές του Δήμου. Επίσης γίνονται μελέτες για την κατασκευή φραγμάτων εμπλουτισμού υδροφόρου ορίζοντα και κατασκευές δεξαμενών συγκέντρωσης βρόχινου νερού.

3.1.5 Πανίδα

Η πανίδα της περιοχής δεν είναι ιδιαίτερα πλούσια και αποτελείται από τα παρακάτω είδη:

- **Μελισσοκομία:** Η μελισσοκομία της Αντιπάρου τα τελευταία χρόνια είναι ασήμαντη, παρ' ότι που η περιοχή ενδείκνυται. Υπάρχουν 4 μελισσοκόμοι με αριθμό μελισσοσμηνών που δεν ξεπερνάει τα 35 και η παραγωγή τους είναι για αυτοκατανάλωση.

- **Ζωική παραγωγή:** Η ζωική παραγωγή του νησιού αποτελείται από αιγοπρόβατα και από βοοειδή. Τα τελευταία έτη στην περιοχή της Αντιπάρου, φαίνεται μια έντονη μείωση του ζωικού κεφαλαίου και κυρίως στην εκτροφή βοοειδών. **Ο αριθμός του ζωικού κεφαλαίου είναι 1.372 ζώα**, εκ των οποίων 308 είναι πρόβατα και 1.064 αίγες (Αγροτικό Κτηνιατρείο Πάρου,2013). Σύμφωνα με τα δεδομένα του νησιού, η δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης της γεωργικής γης και η ύπαρξη μεγάλης έκτασης βοσκοτόπων αποτελούν τα εχέγγυα για τη δημιουργία βιώσιμων μεσαίου μεγέθους ποιμνιοστάσια.

- **Αλιεία:** Η αλιεία αποτελεί ένα από τα παλαιότερα και παραδοσιακά επαγγέλματα της περιοχής. Η αλιευτική δραστηριότητα ήταν πιο έντονη τις προηγούμενες δεκαετίες, που δεν είχαν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό άλλοι τομείς της οικονομίας και η αλιεία ήταν υγιής κλάδος. Η αλιεία είναι ένα επάγγελμα που συντηρείται σε οικογενειακή βάση, ενώ πλέον λίγοι είναι αυτοί που απασχολούνται αποκλειστικά σε αυτή, λόγω εξάντλησης του αλιευτικού πλούτου.

3.2 Πειραματικό μέρος

3.2.1 Μέθοδοι υλικά

Για τη μελέτη του θέματος, θα εξετασθεί πως επηρεάζονται οι χημικές και οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, από την εξορυκτική δράση στην περιοχή του λατομείου της Αντιπάρου. Όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική επισκόπηση που έγινε στο δεύτερο κεφάλαιο, οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους είναι πολύ σημαντικές, γιατί αυτές είναι τα εργαλεία με τα οποία μπορεί να γίνει έρευνα ένα υπάρχει ζωή στο έδαφος μετά τη διαταραχή του από την εξορυκτική δράση. Ακόμα μέσω της έρευνας των φυσικοχημικών ιδιοτήτων, δίνει κατευθύνσεις σε έναν ερευνητή, ποιες τεχνικές θα πρέπει να ακολουθήσει για να ξαναδημιουργήσει ζωή στο έδαφος. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού, πάρθηκε τυχαίο στρωματοποιημένο δείγμα από πέντε διαφορετικά σημεία μέσα στο λατομείο και στη συνέχεια το χόμα ομογενοποιήθηκε και αποξηράνθηκε στους 110°C. Κατόπιν έγιναν μετρήσεις των χημικών και των βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι φυσικό-χημικές ιδιότητες του συγκεκριμένου λατομείου μελετούνται τα τελευταία είκοσι πέντε έτη, από το Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και ένα μέρος από τις χημικές αναλύσεις εδάφους στο Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας.

Για τις ανάγκες της μελέτης χρειάστηκε να γίνουν δύο επισκέψεις στο χώρο του λατομείου (Οκτώβριος 2014 & Μάρτιος 2015). Ακόμα μας δόθηκαν στοιχεία από βάση δεδομένων είκοσι πέντε ετών της συγκεκριμένης περιοχής που διατηρεί το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του εδάφους είναι σύμφωνα με τον πίνακα 3.3

Επίσης μας δόθηκαν στοιχεία και από όμορα εδάφη της περιοχής, ώστε να γίνει σύγκριση στις μεταβολές που έχει υποστεί το έδαφος από την εξορυκτική δράση.

Πίνακας 3.3: Εδαφικά χαρακτηριστικά λατομείου

Έτη	20-25	15- 20 έτη	10-15 έτη	5-10 έτη	0-5 έτη	Όμορα εδάφη-
Τύπος Εδάφους	SLC	SLC	SLC	SLC	SLC	SLC
pH	7,82	7,77	7,71	7,68	7,61	7,38
CaCO ₃ %	28,8	28,7	28,5	28,4	28,3	27,9
Οργανική Ουσία	0,75	0,85	1,02	1,12	1,22	1,43
N total %	0,064	0,078	0,81	0,85	0,89	0,109
CO ₂ mg/100gr	17	18	24	29	32	45

3.2.2 Μετρήσεις Βιοποικιλότητας

Με τη χρήση του πλαισίου “quadrat” το οποίο ήταν το ¼ m² έγιναν πέντε δειγματοληψίες εντός του λατομείου και μία εκτός του λατομείου με τη μέθοδο της επανάληψης.



Εικόνα 3.4: Μέτρηση ειδών με τη χρήση του “quadrat” (Πηγή : Γκολώνης Χ)

Από την παραπάνω δειγματοληψία που έγινε, το τμήμα Έργαστηριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών αναγνώρισε την παρακάτω φυσική βλάστηση η οποία είναι σύμφωνη με τον πίνακα 3.4.1

Πίνακας 3.4.1: Φυσική βλάστηση λατομείου

Γένη των φυτών	
<i>Salicornia</i>	<i>Arthocnemetalia</i>
<i>Ranunculus</i>	<i>Crithmum</i>
<i>Marticaria</i>	
<i>Malva</i>	

Η πυκνότητα βλάστησης στην περιοχή του λατομείου, από τα γένη που αναφέρονται στον πίνακα 3.4.1. για κάθε μονάδα επιφανείας (m²) είναι σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.2

Πίνακας 3.4.2 : Πυκνότητα βλάστησης Λατομείου ανά m²

	site 1	site 2	site 3	site 4	site 5	Γένη
A	3	2	2	0	2	<i>Arthrocnemetalia fruticosae</i>
B	0	1	0	1	1	<i>Salicornia</i>
C	1	0	1	1	0	<i>Ranunculus</i>
D	2	1	1	0	1	<i>Marticaria</i>
E	3	0	2	2	1	<i>Malva</i>
F	0	0	0	0	1	<i>crithmum maritimum</i>

Η πυκνότητα βλάστησης στην περιοχή του όμορου εδάφους, από τα γένη που αναφέρονται στον πίνακα 3.4.1. για κάθε μονάδα επιφανείας (m²) είναι σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.3

Πίνακας 3.4.3 : Πυκνότητα βλάστησης όμορου εδάφους ανά m²

	site 1	site 2	site 3	site 4	site 5	
A	5	3	0	1	2	<i>(Arthrocnemetalia fruticosae)</i>
B	2	2	1	2	5	<i>Salicornia</i>
C	3	2	0	0	1	<i>Ranunculus</i>
D	3	2	0	1	2	<i>Marticaria</i>
E	5	2	0	0	0	<i>Malva</i>
F	3	4	0	2	1	<i>crithmum maritimum</i>

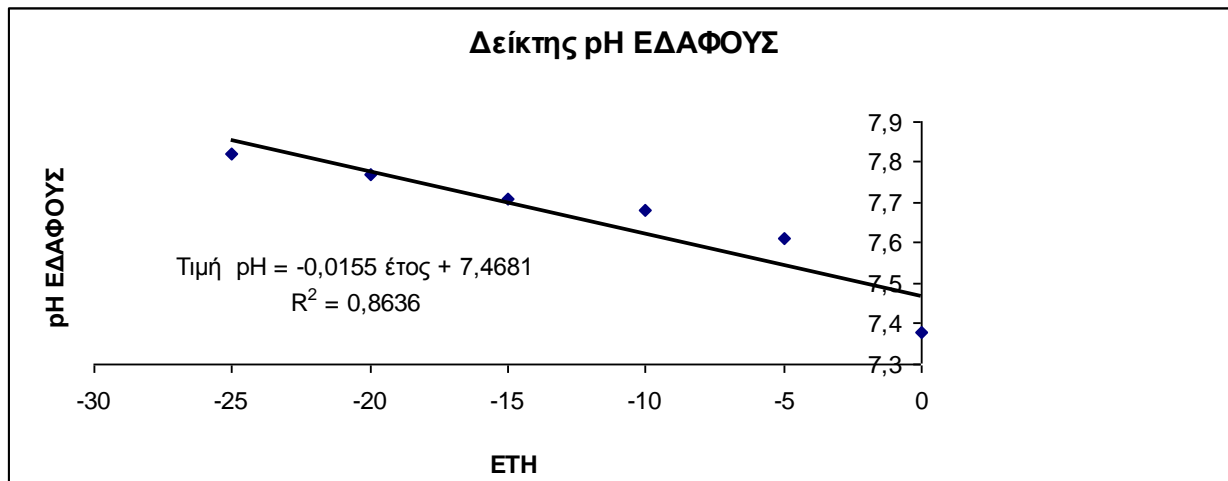
Αποτελέσματα Μετρήσεων

4.1. Σύγκριση φυσικοχημικών Ιδιοτήτων εδάφους

Από τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων θα δημιουργηθούν κάποιοι δείκτες, οι οποίοι στη συνέχεια θα βοηθήσουν να βγουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του εδάφους με την πάροδο των ετών (υπάρχουν στοιχεία είκοσι πέντε ετών). Ακόμα υπάρχουν στοιχεία από όμορα εδάφη της περιοχής, ώστε να υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ μέτρησης κάποιας περιόδου (οι κατηγορίες στα διαγράμματα είναι ανά πέντε έτη) σε σχέση με τα όμορα εδάφη.

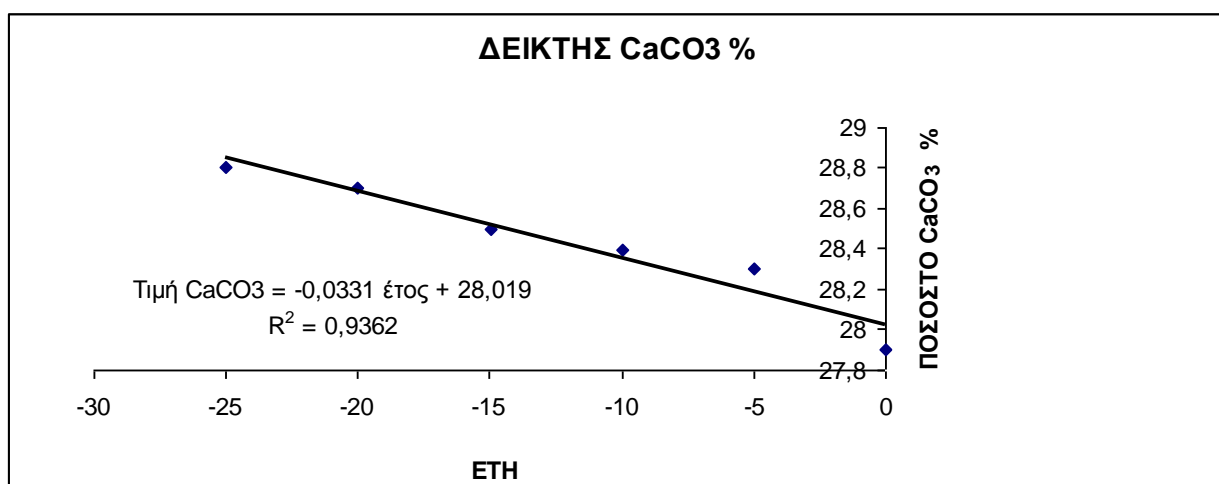
Από την ανάλυση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων (πίνακας 3.3), προκύπτει ότι το έδαφος του λατομείου είναι αργιλοπηλώδης. Παρατηρήθηκε ότι τα τελευταία είκοσι πέντε έτη δεν έχει υποστεί καμία αλλαγή το έδαφος.

Μελετώντας την τιμή του pH του εδάφους, προκύπτει ο δείκτης του διαγράμματος 4.1. Παρατηρείται ότι την τελευταία εικοσιπενταετία, η τιμή του να είναι φθίνουσα της τάξεως του 1,5% ετησίως.



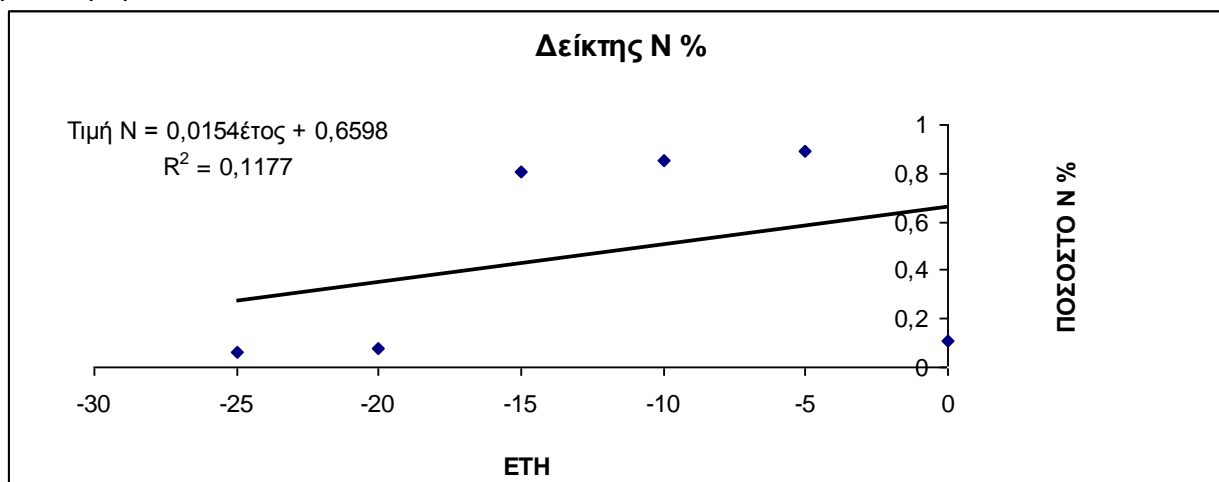
Διάγραμμα 4.1 : Τιμές pH του εδάφους.

Παρατηρώντας την τιμή του pH στο λατομείο, σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 2.2. που υπάρχει στο δεύτερο κεφάλαιο, προκύπτει ότι το έδαφος του λατομείου είναι αλκαλικό. Το δείγμα του όμορου εδάφους σύμφωνα με τον πίνακα 3.3 προκύπτει και αυτό ότι είναι αλκαλικό (η τιμή του pH σε όμορα εδάφη της περιοχής είναι $\text{pH} = 7.38$). Συγκρίνοντας όμως όλες τις μετρήσεις που έχουν γίνει στο λατομείο τα τελευταία είκοσι πέντε έτη, σε σχέση με μέτρηση του όμορου εδάφους, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το έδαφος του νησιού είναι αλκαλικό και είναι δύσκολο να υπάρξουν επιπλέον σημαντικές αλλαγές με το πέρασμα των ετών.



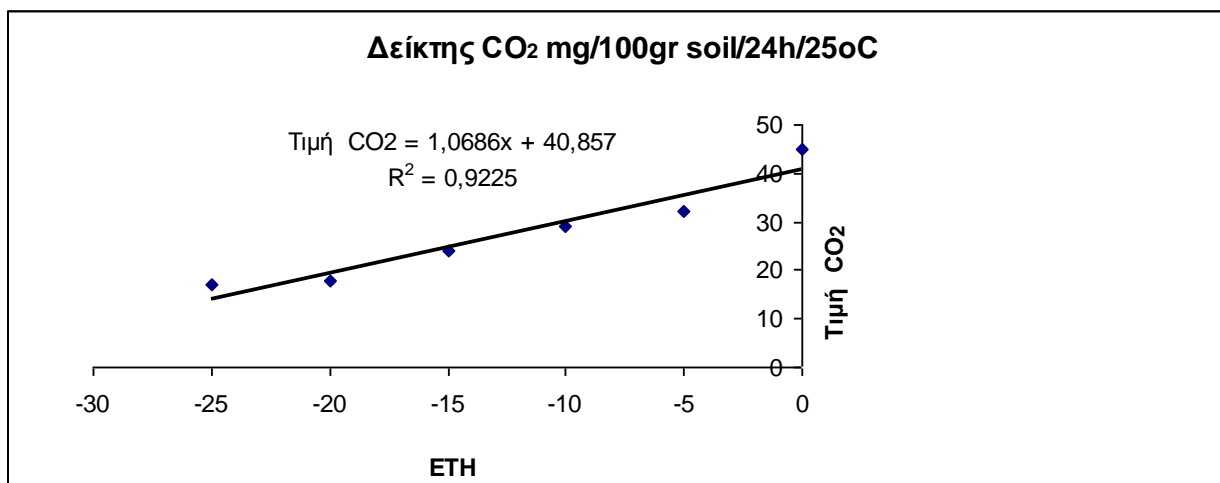
Διάγραμμα 4.2 Τιμές CaCO₃(ενεργού ανθρακικού ασβεστίου)

Μελετώντας την τιμή του CaCO₃ (ενεργού ανθρακικού ασβεστίου) του εδάφους, προκύπτει το διάγραμμα 4.2. Παρατηρώντας το συγκεκριμένο διάγραμμα, παρατηρείται ότι τα τελευταία είκοσι- πέντε έτη, η τιμή του να έχει μια φθίνουσα τιμή της τάξεως του 3,3% ετησίως. Η τιμή του CaCO₃ πριν από είκοσι πέντε έτη, ήταν ιδιαίτερα υψηλή, γεγονός που είχε προέλθει από την εξορυκτική δράση. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει έχει παρατηρηθεί ότι η τιμή του CaCO₃ όταν ξεπερνάει το 10%, επηρεάζει τη γονιμότητα του εδάφους (Keramidas,2007). Συγκρίνοντας όλες τις μετρήσεις σε σχέση με τη μέτρηση του όμορου εδάφους, παρατηρείται ότι το ποσοστό σε CaCO₃ της περιοχής είναι υψηλό (27,9%), εξ ου και ότι το νησί της Αντιπάρου δεν έχει πλούσια βλάστηση.



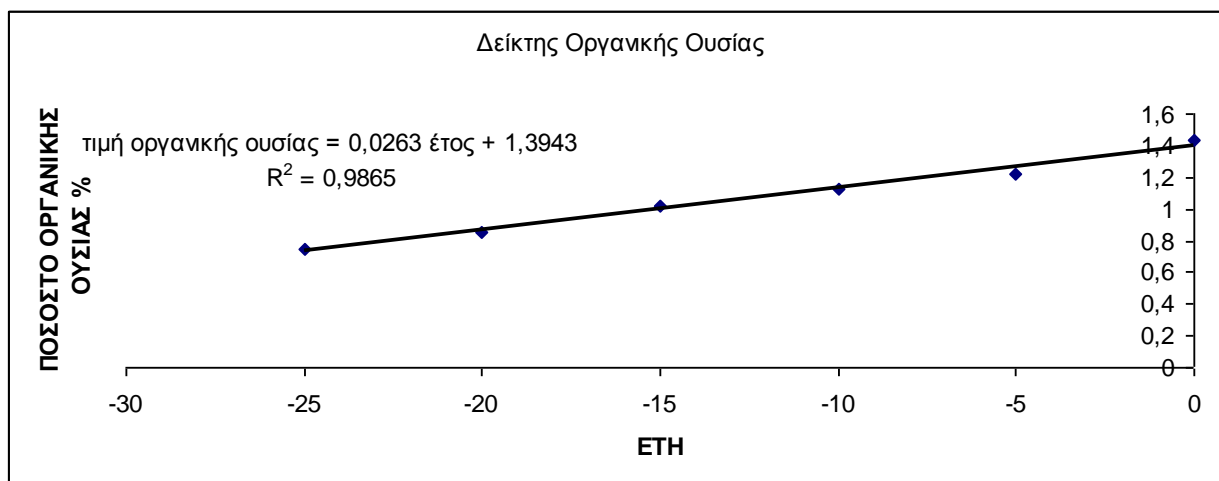
Διάγραμμα 4.3 Τιμές N (Αζώτου)

Μελετώντας την τιμή του N (Αζώτου) του εδάφους, προκύπτει το διάγραμμα 4.3, Παρατηρώντας το συγκεκριμένο διάγραμμα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή N σε κάθε μέτρηση έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 1,5% ετησίως. Η τιμή του N πριν από είκοσι πέντε έτη σε σχέση με την τιμή του όμορου εδάφους, είχε πολύ σημαντική πτώση, γεγονός που είχε προέλθει από την εξορυκτική δράση.



Διάγραμμα 4.4 Τιμές CO₂

Μελετώντας την τιμή του CO₂ (Διοξειδίου του άνθρακα) του εδάφους, προκύπτει το διάγραμμα 4.4, Παρατηρώντας το συγκεκριμένο διάγραμμα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή του CO₂ έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 7 % ετησίως. Η τιμή του CO₂ πριν από είκοσι πέντε έτη, είχε πολύ σημαντική πτώση, γεγονός που είχε προέλθει από την δράση της εξόρυξης. Στα είκοσι πέντε έτη που δεν λειτουργεί παρατηρείται ότι το ποσοστό του CO₂ σχεδόν έχει διπλασιαστεί.



Διάγραμμα 4.5 Τιμές Οργανικής Ουσίας

Μελετώντας την τιμή της οργανικής ουσίας του εδάφους, προκύπτει το διάγραμμα 4.5, Παρατηρώντας το συγκεκριμένο διάγραμμα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή του να έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 2,7 % ετησίως. Κάνοντας σύγκριση μεταξύ της πρώτης μέτρησης και της τελευταίας, παρατηρούμε ότι στην περιοχή του λατομείου υπάρχει μεγάλη βελτίωση στην τιμή της οργανικής ουσίας της τάξεως του 80%. Σε σχέση όμως με την τιμή των όμορων εδαφών υπάρχει μια απόκλιση της τάξεως του 20%.

4.2 Αξιολόγηση Δεικτών

Η αξιολόγηση και η εκτίμηση των δεικτών, έγινε με τη χρήση του προγράμματος **biodap** (Anne Magurran, 1988) & Ecosim και εκτιμήθηκαν οι δείκτες Shanon, Simpson & Brillouin.

EcoSim...E:\ecosim7\Untitled.txt

species	site1	site2	site3	site4	site5
species1	0	0	0	0	0
species2	0	0	0	0	0
species3	0	0	0	0	0
species4	0	0	0	0	0
species5	0	0	0	0	0

Εικόνα 4.1: Λογισμικό Ecosim

BIO-DAP (C:\EX_03.TXT)

Species Names	Site 1
Cladosporium	1509
Drachisles anderseni	1152
Phoma	1042
Epicoecium	994
Alternaria	607
Leptosphaeria	533
Fusicium	224
D. siccans	299
Ascochyta	150
Acremonium	136
Streptomyces	125
Dinemasporium	101
Rhynchosporium	43
Stemphylium	40
Botrytis	24
Septoria	16
Chaetaria	14
Dendryphon	12
Humicola	8
Chrysosporium	7
Gonabotrys	7
Tortula	7
Rhizopus	6
Acremonella	3
Erysiphe	3
Papularpora	3
Puccinia	3
Stachybotrys	3
Athrobolus	1
Chaetomium	1
Colletotrichum	1

Εικόνα 4.2: Λογισμικό Bio-dap

4.2.1 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Brillouin

Για τη μέτρηση της διαφορετικότητας της βιοποικιλότητας θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης Brillouin. Ο συγκεκριμένος δείκτης μετρά τη διαφορετικότητα της συλλογής κάνοντας προσέγγιση. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό είναι:

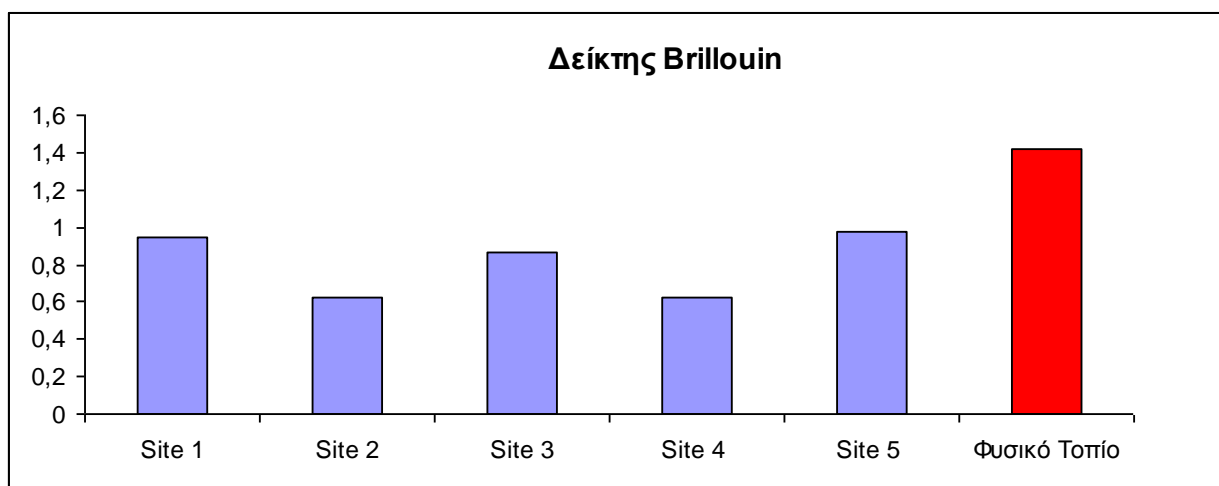
$$HB = \frac{\ln N! - \sum_{i=1}^s \ln n_i!}{N}$$

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, μετά την επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δείκτη Brillouin, τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 :Δείκτης Brillouin

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Φυσικό τοπίο
HB	0,95	0,62	0,87	0,62	0,98	1,42

Παρατηρώντας τον πίνακα 4.1 προκύπτει ότι η μέση τιμή του δείκτη Brillouin είναι 0,81 και έχει ένα εύρος τιμών από 0,62 έως 0,98. Ακόμα μια παρατήρηση που προκύπτει, είναι ότι σε όλες τις μετρήσεις που έχουν γίνει τα τελευταία είκοσι πέντε έτη, η τιμή του δείκτη υστερούσε σε σχέση με τη φυσική βλάστηση – στο όμορο τοπίο (HB= 1,42) . Αναλυτικότερα η υστέρηση φαίνεται στο διάγραμμα 4.6



Διάγραμμα 4.6: Τιμές δείκτη Brillouin

4.2.2 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Shannon Wiener

Για να αξιολογηθεί ποσοτικά η ποικιλότητα των ειδών, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης Shannon Wiener. Ο συγκεκριμένος δείκτης είναι περισσότερο ακριβής και λαμβάνει υπόψη του και τα σπάνια είδη που πιθανόν εμφανίζονται στην περιοχή. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής:

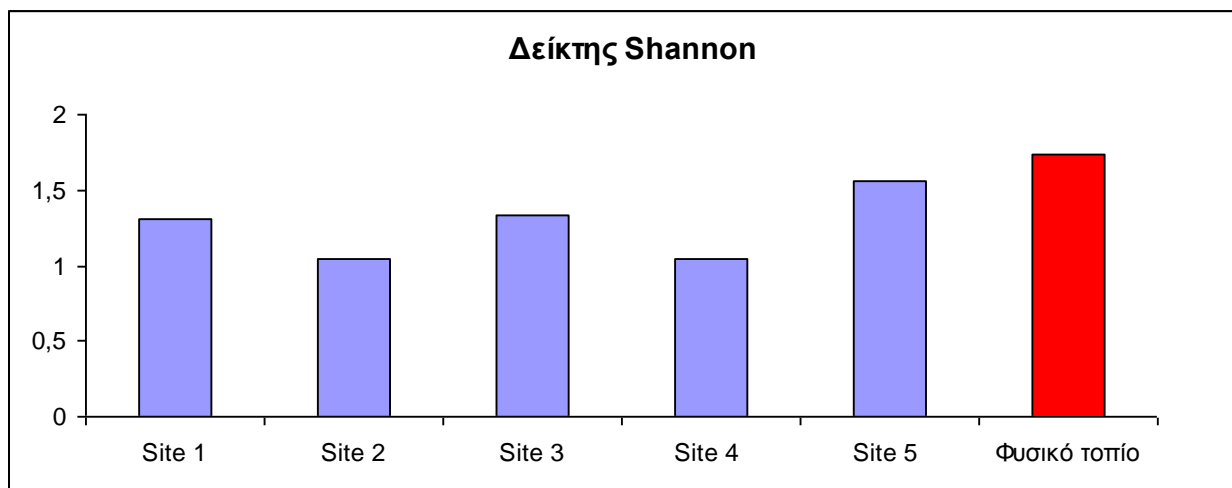
$$H = -\sum(\pi_i)(\log_2 \pi_i)$$

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δείκτη Shannon, τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.2

Πίνακας 4.2: Δείκτης Shannon

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Φυσικό τοπίο
H'	1,31	1,04	1,33	1,04	1,56	1,74

Όσον αφορά το δείκτη ποικιλότητας Shannon, προκύπτει ότι η μέση τιμή του δείκτη είναι 1,26. Το εύρος τιμών του είναι από 1,04 έως 1,56. Σε αυτή την περίπτωση ο δείκτης υστερεί σε σχέση με τη φυσική βλάστηση – στο όμορο τοπίο (H= 1,74) . Αναλυτικότερα η υστέρηση φαίνεται στο διάγραμμα 4.7



Διάγραμμα 4.7: Τιμές δείκτη Shannon

4.2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης δείκτη Simpson

Για τη μέτρηση της διαφορετικότητας της βιοπικιλότητας χρησιμοποιείται από τους οικολόγους ο δείκτης Simpson. Αυτός ξεκινάει από μια διαφορετική προσέγγιση, ήτοι: τον αριθμό των περιπτώσεων που θα μπορέσουμε τυχαία να συναντήσουμε ζεύγη ατόμων, προσπαθώντας όμως να βρεθεί ένα ζεύγος του αυτού είδους. Ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

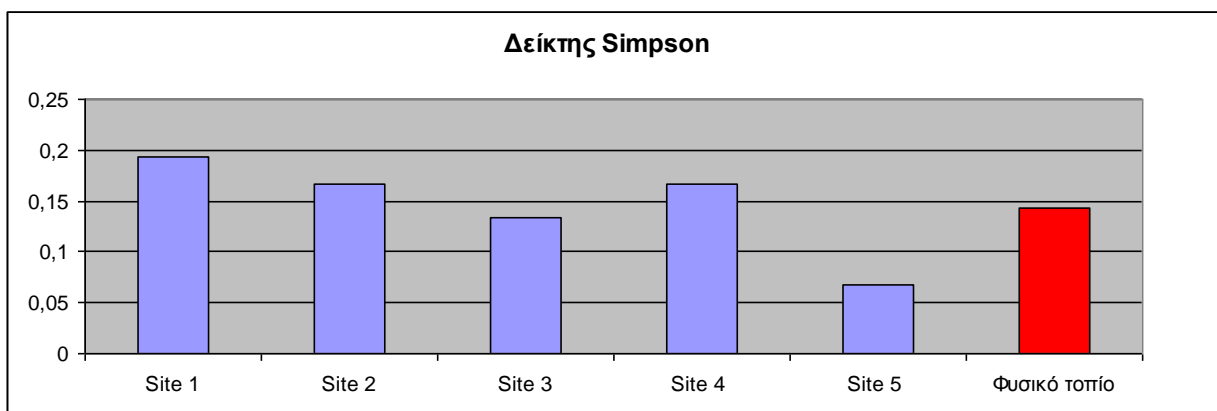
$$\text{Ποικιλότητα} = \frac{N(N-1)}{\sum n_i(n_i-1)}$$

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δείκτη Simpson, τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Δείκτης Simpson

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Φυσικό Τοπίο
H'	0,194	0,167	0,133	0,167	0,067	0,143

Όσον αφορά το δείκτη ποικιλότητας Simpson, προκύπτει ότι η μέση τιμή του δείκτη είναι 0,14. Το εύρος τιμών του είναι από 0,067 έως 0,194. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι ο δείκτης δεν υστερεί σε σχέση με τη φυσική βλάστηση – στο όμορο τοπίο (H= 0,143). Από το συγκεκριμένο αποτέλεσμα, προκύπτει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές και ότι ο συγκεκριμένος δείκτης δεν βοηθάει να βγουν ασφαλή αποτελέσματα. Αναλυτικότερα η υστέρηση φαίνεται στο διάγραμμα 4.8

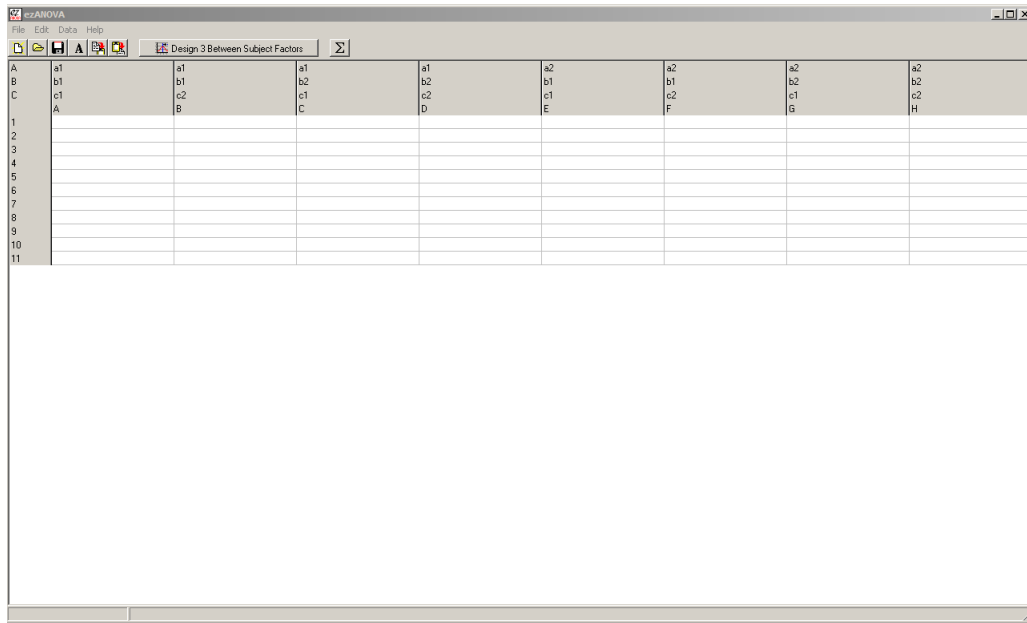


Διάγραμμα 4.8: Τιμές δείκτη Simpson

4.3 Στατιστική επεξεργασία Δεικτών

Για τη στατική επεξεργασία των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε ανάλυση διασποράς ANOVA (**Analysis of Variance**,) για επίπεδο 5%. Η συγκεκριμένη ανάλυση είναι μέθοδος στατιστικού ελέγχου υποθέσεων, η οποία αναφέρονται σε περισσότερους από δύο πληθυσμούς και η προσέγγιση της λύσης τέτοιου είδους προβλημάτων που βασίζεται στην **τυχαιοποίηση** και στην **επανάληψη** (Γναρδέλης, 2013).

Η ανάλυση διασποράς έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού ezANOVA.



Εικόνα 4.3: Λογισμικό ezANOVA

4.3.1 Στατιστική επεξεργασία δείκτη Brillouin

Όπως φαίνεται από την ανάλυση διασποράς ANOVA, ο μέσος όρος των πέντε τιμών για την τιμή του δείκτη Brillouin (0,81), έχει σημαντικές στατιστικές διαφορές από την τιμή του όμορου φυσικού τοπίου (1,42) για επίπεδο $p < 0,0001$ με τη δοκιμασία κατά Tukey HSD. Από την ανάλυση προκύπτουν τα αποτελέσματα τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.4

Πίνακας 4.4: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Brillouin

F (1,8)	P	SS	Ms Error	t(8)
60,3	0,000054	9363,60	155,35	7,76

Όπου :

SS: Είναι το άθροισμα των τετραγώνων.

MS: Είναι το μέσο άθροισμα των τετραγώνων.

P: Η τιμή που αντιστοιχεί στην πιθανότητα εμφάνισης της τιμής F.

Ms Error: Σφάλμα που προκύπτει στο μέσο άθροισμα των τετραγώνων.

F: Είναι το πηλίκο μεταξύ των s^2_b/s^2_w .

s^2_w : Η μέση διασπορά.

s^2_b : Ο μεγάλος μέσος όρος.

4.3.2 Στατιστική επεξεργασία δείκτη Shannon-Wainner

Όπως φαίνεται από την ανάλυση διασποράς ANOVA, ο μέσος όρος των πέντε τιμών για την τιμή του δείκτη Shannon Weinner (0,81), έχει σημαντικές στατιστικές διαφορές από την τιμή του όμορου φυσικού τοπίου (1,42) για επίπεδο $p < 0,0012$ με τη δοκιμασία κατά Tukey HSD. Από την ανάλυση προκύπτουν τα αποτελέσματα τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Shannon-Wainner

F (1,8)	P	SS	Ms Error	t(8)
24,1	0,001175	5856,40	242,65	4,91

4.3.3. Στατιστική επεξεργασία δείκτη Simpson

Όπως φαίνεται από την ανάλυση διασποράς ANOVA, ο μέσος όρος των πέντε τιμών για την τιμή του δείκτη Simpson (0,146), δεν έχει σημαντικές στατιστικές διαφορές από την τιμή του όμορου φυσικού τοπίου (1,42) για επίπεδο $p < 0,9084$ με τη δοκιμασία κατά Tukey HSD. Από την ανάλυση προκύπτουν τα αποτελέσματα τα οποία είναι σύμφωνα με τον πίνακα 4.6

Πίνακας 4.6: Ανάλυση διασποράς του δείκτη Simpson

F (1,8)	P	SS	Ms Error	t(8)
0,014	0,908437	16,90	1199,40	0,12

Κεφάλαιο Πέμπτο

Συζήτηση-Συμπεράσματα –Εισηγήσεις

5.1 Συμπεράσματα

Σκοπός της έρευνας στην παρούσα διπλωματική διατριβή, ήταν να γίνει προσπάθεια να γίνουν προσιτές βασικές γνώσεις για τις **περιοχές εξόρυξης**, τα βασικά τους στοιχεία και τη διαδικασία αποκατάστασης εφαρμόζοντας δείκτες βιοπικαιότητας, στις περιοχές όπου υπάρχει εξορυκτική δραστηριότητα.

Τα στοιχεία της έρευνας αφορούν τις μεταβολές που έχει υποστεί το φυσικό περιβάλλον και ειδικότερα οι βιολογικές και οι χημικές ιδιότητες του εδάφους της περιοχής, τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά το πέρας της εκμετάλλευσης των ορυχείων. Τα σημαντικότερα προβλήματα προκύπτουν από την επιβάρυνση που προκαλείται στο περιβάλλον, με την εφαρμογή της επιφανειακής ή της υπόγειας μεθόδου εξόρυξης, η οποία καταλαμβάνει εκτεταμένα τμήματα δασών και δασικών εκτάσεων και έχει οδηγήσει στην διαμόρφωση πυκνού ιστού εναλλασσόμενων εκσκαφών και εναποθέσεων "στείρων" υλικών, καθώς και πυκνού οδικού δικτύου προσπέλασης των μεταλλείων.

Για τη μελέτη του θέματος, εξετάσθηκε πως επηρεάζονται οι χημικές και οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους, από την εξορυκτική δράση στην περιοχή του λατομείου της Αντιπάρου.

Από την ανάλυση του εδάφους δημιουργήθηκαν οι παρακάτω δείκτες:

- pH.
- N (Αζώτου)
- CO₂ (Διοξειδίου του άνθρακα).
- Δείκτης οργανικής ουσίας.
- CaCO₃ (Ενεργού ανθρακικού ασβεστίου).

Εξετάζοντας το δείκτη του pH στο λατομείο, σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 2.2. , προκύπτει ότι το έδαφος του λατομείου είναι αλκαλικό. Το δείγμα του όμορου εδάφους σύμφωνα με τον πίνακα 3.3 προκύπτει και αυτό ότι είναι αλκαλικό (η τιμή του pH σε όμορα εδάφη της περιοχής είναι pH = 7.38) . Συγκρίνοντας όμως όλες τις μετρήσεις που έχουν γίνει στο λατομείο τα τελευταία είκοσι πέντε έτη, σε σχέση με μέτρηση του όμορου εδάφους, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το έδαφος του νησιού είναι αλκαλικό και είναι δύσκολο να υπάρξουν σημαντικές αλλαγές με το πέρασμα των ετών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο έδαφος έχει σχηματιστεί από αλκαλικά πετρώματα, καθώς και ότι τα εδάφη που βρίσκονται σε μέρη που δεν βρέχει αρκετά, είναι πιο αλκαλικά από εδάφη που οι βροχοπτώσεις είναι πιο έντονες.

Συγκρίνοντας τις τιμές του δείγματος από όμορα εδάφη και από το έδαφος του λατομείου, παρατηρείται ότι την περίοδο που έγινε παύση της εξορυκτικής δράσης, η τιμή του pH στο έδαφος του λατομείου ήταν αρκετά μεγαλύτερη, σε σχέση με την τιμή που έχει μετρηθεί από δείγμα από τα όμορα εδάφη. Η υψηλή τιμή του pH οφείλεται στην έλλειψη οργανικής ουσίας, γεγονός που έχει δημιουργηθεί από την κατεργασία του εδάφους την περίοδο που υπήρχε εξορυκτική δραστηριότητα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η οργανική ουσία περιέχει καρβοξυλικές, φαινολικές και αμινικές ομάδες, ικανές να συγκρατούν με ομοιοπολικό δεσμό ιόντα H⁺ και να συμπεριφέρονται ως ασθενή οξέα με ποικίλο βαθμό διάστασης. Κατά τη διαδικασία αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων και της οργανικής ουσίας του εδάφους παράγονται οργανικά και ανόργανα οξέα με αποτέλεσμα μείωση του pH (Μπιλάλης, 1999).

Μελετώντας την τιμή του CaCO₃ (ενεργού ανθρακικού ασβεστίου) του εδάφους, παρατηρείται ότι τα τελευταία είκοσι- πέντε έτη, η τιμή του να έχει μια φθίνουσα τιμή της τάξεως του 3,3% ετησίως. Η τιμή του CaCO₃ πριν από είκοσι πέντε έτη, ήταν ιδιαίτερα υψηλή, γεγονός που είχε προέλθει από την εξορυκτική δράση. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει έχει

παρατηρηθεί ότι η τιμή του CaCO_3 όταν ξεπερνάει το 10%, επηρεάζει τη γονιμότητα του εδάφους (Keramidas,2007). Συγκρίνοντας όλες τις μετρήσεις σε σχέση με τη μέτρηση του όμορου εδάφους, παρατηρείται ότι το ποσοστό σε CaCO_3 της περιοχής είναι υψηλό (27,9%), εξ ου και ότι το νησί της Αντιπάρου δεν έχει πλούσια βλάστηση. Αυτό οφείλεται ακόμα σε ένα γεγονός ότι το νερό στα ασβεστούχα εδάφη κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ό,τι σε κανονικό έδαφος της ίδιας μηχανικής σύστασης, που στερείται όμως του CaCO_3 . Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του, τόσο η διήθηση όσο και η κίνηση του νερού δια της μάζας του εδάφους είναι μεγαλύτερη.

Ακόμα μια παράμετρος που έχει φτωχή βλάστηση το νησί, είναι ότι τα ασβεστούχα εδάφη σχηματίζουν συχνά μια επιφανειακή αδιαπέρατη σκληρή κρούστα, που καθιστά δύσκολο το φύτευμα των σπόρων. Το φαινόμενο της κρούστας σχετίζεται με το ποσοστό του CaCO_3 , όπως και με το μέγεθος των κόκκων του. Γενικά, η εμφάνιση της κρούστας θεωρείται ως ένα από τα βασικά προβλήματα των ασβεστούχων εδαφών. Η κρούστα μειώνει σημαντικά το φύτευμα των φυτών και κατά συνέπεια ελαχιστοποιεί τη δυνατότητα επιτυχούς ανάπτυξης της καλλιέργειας, διότι πέραν των άλλων μειώνει τη διηθητικότητα και το βαθμό αερισμού του εδάφους (Angers et al.,1994).

Μελετώντας την τιμή του N (Αζώτου) του εδάφους, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή N σε κάθε μέτρηση έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 1,5% ετησίως. Η τιμή του N πριν από είκοσι πέντε έτη σε σχέση με την τιμή του όμορου εδάφους, είχε πολύ σημαντική πτώση, γεγονός που είχε προέλθει από την εξορυκτική δράση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι λόγω της εξόρυξης δεν υπήρχε βλάστηση στην περιοχή, ώστε τα φυτικά υπολείμματα της περιοχής να επιδρούν σημαντικά στα ποσά δέσμευσης του N (Μπιλάλης,1999). Με την αδρανοποίηση του λατομείου, άρχισε να υπάρχει βλάστηση, για αυτό και το ποσοστό του N αζώτου άρχισε να αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου.

Σε έρευνα στην Αυστραλία βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα N στο έδαφος ήταν μεγαλύτερη στα αγροτεμάχια όπου αξιοποιήθηκαν τα υπολείμματα σε σχέση με αυτά που απομακρύνθηκαν ενώ η απόδοση ήταν κατά 10% μεγαλύτερη σε αυτά με τα υπολείμματα, (Rochester et al., 1996).

Μελετώντας την τιμή του CO_2 (Διοξειδίου του άνθρακα) του εδάφους, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή του CO_2 έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 7 % ετησίως. Η τιμή του CO_2 πριν από είκοσι πέντε έτη, είχε πολύ σημαντική πτώση, γεγονός που είχε προέλθει από την δράση της εξόρυξης. Στα είκοσι πέντε έτη που δεν λειτουργεί παρατηρείται ότι το ποσοστό του CO_2 σχεδόν έχει διπλασιαστεί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κατεργασία του εδάφους που προκαλεί η λατομική δραστηριότητα και έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μεγαλύτερη παραγωγή CO_2 όπως έχει βρεθεί και από άλλους ερευνητές Karlen et al, (1994), Reicosky et al., (1997). Σε σχέση με τη μέτρηση που έχει γίνει σε όμορα εδάφη υπάρχει μεγάλη απόκλιση της τάξεως του 40%.

Η παραγωγή CO_2 είναι αποτέλεσμα δραστηριοποίησης και πολλαπλασιασμού της ετεροτροφικής χλωρίδας και της αποδόμησης της οργανικής ουσίας. Ο προσδιορισμός της έκλυσης CO_2 γινόταν ταυτόχρονα με τις μετρήσεις του οργανικού C και ολικού N και σε βάθος 0-15cm με την μέθοδο των Isermeyer,(1952) & Koepf.,(1950).

Μελετώντας την τιμή της οργανικής ουσίας του εδάφους, προκύπτει το συμπέρασμα ότι μεταξύ των μετρήσεων που έχουν γίνει όλα αυτά τα έτη στο λατομείο, η τιμή του να έχει μια αυξητική τάση της τάξεως του 2,7 % ετησίως. Κάνοντας σύγκριση μεταξύ της πρώτης μέτρησης και της τελευταίας, παρατηρούμε ότι στην περιοχή του λατομείου υπάρχει μεγάλη βελτίωση στην τιμή της οργανικής ουσίας της τάξεως του 80%. Σε σχέση όμως με την τιμή των όμορων εδαφών υπάρχει μια απόκλιση της τάξεως του 20%.

Η οργανική ουσία του εδάφους περιλαμβάνει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς του εδάφους μαζί με τα υπολείμματα νεκρών οργανισμών στους διάφορους βαθμούς αποσύνθεσής τους (Algoe & Halberg, 2008). Η οργανική ουσία του εδάφους είναι η πηγή τροφής για την πανίδα του εδάφους, και συμβάλλει στη βιοποικιλότητα του εδάφους, ενεργώντας ως δεξαμενή θρεπτικών ουσιών όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το θείο, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί τον κύριο συντελεστή γονιμότητας του εδάφους (Φαντίνου, Καρανδεινού, Σαϊτάνης, 2006). Η συγκράτηση υπό αλλαξιμότητα μορφή κατιόντων και η δημιουργία και η διατήρηση της καλής δομής του εδάφους,

εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την οργανική ουσία (Christensen et al, 2011). Ακόμα πολλές ιδιότητες όπως η συγκράτηση του ύδατος, Η περιεκτικότητα οργανικού άνθρακα στο εδάφους εξαρτάται από την ύπαρξη ετερογενών μειγμάτων τόσο απλών όσο και πολύπλοκων ουσιών που περιέχουν άνθρακα. Πηγές οργανικής ουσίας είναι τα υπολείμματα συγκομιδής, η χλωρή λίπανση, τα λιπάσματα ζωικής προελεύσεως, το κοπρόχωμα και άλλα οργανικά υλικά. Η μείωση της οργανικής ουσίας προκαλείται από τη μειωμένη παρουσία οργανισμών σε αποσύνθεση ή από τον αυξημένο ρυθμό αποσύνθεσης λόγω των αλλαγών σε φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες. Η οργανική ουσία θεωρείται ζωτικό συστατικό ενός υγιούς εδάφους και η μείωσή της έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους.

Το γενικό συμπέρασμα από τη μελέτη των παραπάνω δεικτών που αναλύθηκαν είναι, ότι οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους στο χώρο του λατομείου με την πάροδο των ετών συνεχώς βελτιώνονται. Συγκρίνοντας όμως τις ιδιότητες του εδάφους του λατομείου σε βάθος είκοσι πέντε ετών (παίρνοντας τη μέση τιμή τους), σε σχέση με τις ιδιότητες του όμορου εδάφους υπάρχει σημαντική απόκλιση.

Το επόμενο στάδιο της έρευνας ήταν να μελετηθεί η αυτοφυής χλωρίδα της περιοχής και να αναγνωρισθούν τα γένη των φυτών. Αυτό έγινε με τη χρήση του πλαισίου "quadrat" το οποίο ήταν το $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ έγιναν πέντε δειγματοληψίες εντός του λατομείου και μία εκτός του λατομείου με τη μέθοδο της επανάληψης. Από τα γένη των φυτών σχηματίστηκαν δείκτες βιοποικιλότητας όπως ο Shannon - Wainner , Brillouin και ο Simpson. Η επεξεργασία των συγκεκριμένων δεικτών έγινε με την βοήθεια των λογισμικών προγραμμάτων Ecosim & bio-Dap. Από την επεξεργασία των συγκεκριμένων δεικτών, σχηματίστηκαν διαγράμματα όπου περιείχαν τιμές από τις πέντε μετρήσεις που είχαν γίνει τα τελευταία είκοσι πέντε έτη (πέρνοντας τη μέση τιμή του κάθε δείκτη) και συγκρίθηκαν με τις τιμές που είχε ο κάθε δείκτης από τις μετρήσεις του όμορου εδάφους.

Στη συνέχεια έπρεπε να αξιολογηθούν ποιοι από τους τρεις δείκτες δίνουν τα πιο ασφαλή αποτελέσματα. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων που εφαρμόστηκε ήταν η ανάλυση διασποράς ANOVA (**Analysis of Variance**,) για επίπεδο 5%. Από τη στατιστική επεξεργασία των τριών δεικτών που παρατηρήθηκε ότι μόνο οι δύο δείκτες (Shannon- Wainner & Brillouin) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρακολούθηση αποκατάστασης ορυχείων. Ο δείκτης Simpson από τις μετρήσεις που έγιναν, παρατηρήθηκε ότι δεν μπορεί να δώσει ασφαλής συμπεράσματα.

5.2 Προτάσεις

Στη συγκεκριμένη περιοχή που ερευνηθήκε χρειάζεται να γίνει οικολογική αποκατάσταση, δηλαδή να γίνει επαναφορά του οικοσυστήματος όπως ήταν πριν την υποβάθμιση του εδάφους από τη δραστηριότητα του λατομείου (Egan & Howell, 2001). Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου, απαιτούνται στοιχεία για τη βλάστηση που υπήρχε πριν από την διαταραχή του οικοσυστήματος. Μερικά από στοιχεία μπορεί να είναι όπως:

- Μια χλωριδική μελέτη της περιοχής.
- Φωτογραφίες της περιοχής.
- Φυτικά δείγματα σε βοτανικά μουσεία.
- Αεροφωτογραφίες και μελέτες τις χλωρίδας σε περιοχές με όμοιο τύπο βλάστησης.
- Παλαιοοικολογικά στοιχεία (π.χ για θεμτικά πάρκα) σε περιοχές που θα ήταν χρήσιμα.

Ο πιο πρακτικός στόχος αποκατάστασης είναι αυτός που χρησιμοποιεί τη βλάστηση της περιβάλλουσας περιοχής ως γνώμονα για την επανεγκατάσταση των φυτικών ειδών. Ο συγκεκριμένος στόχος θα έχει ένα αποτέλεσμα που θα εναρμονίζεται με τη γύρω περιοχή διότι θα λαμβάνει χώρα τόσο η φυσική όσο και η τεχνητή αποκατάσταση (μέσω της διαδικασίας της οικολογικής διαδοχής).

Σύμφωνα με τη Διεθνή Κοινότητα για την οικολογική αποκατάσταση μιας περιοχής που έχει υποστεί αποκατάσταση θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ένα οικοσύστημα θεωρείται ότι έχει αποκατασταθεί όταν περιλαμβάνει βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που

αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, χωρίς περαιτέρω επίδραση. Άρα το συγκεκριμένο θα δείξει ανοχή τόσο σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και σε διαταράξεις (SER, 2004).

Ο χρόνος αποκατάστασης του εδάφους του λατομείου θα διαρκέσει περίπου 3 έως 4 έτη. Η διαδικασία της αποκατάστασης αποτελείται από επτά στάδια και κάθε ένα από αυτά έχει άμεση εξάρτηση από την επιτυχή έκβαση του προηγούμενου σταδίου (Lubke, 1993).

- **Ανάπλαση και διαμόρφωση των προς αποκατάσταση επιφανειών.** Με τη βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού θα πρέπει να γίνει εδαφική διαμόρφωση του χώρου, ώστε στη συνέχεια να μπορέσει να γίνει χωματοκάλυψη.
- **Χωματοκαλύψεις με φυτική γη, ιδιαίτερα όπου το υλικό είναι αδρομερές.** Το επόμενο στάδιο είναι να γίνει χωματοκάλυψη με φυτική γη, η οποία θα είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία που θα συμβάλουν στο σχηματισμό μικροοργανισμών. Η προσθήκη νέου χρώματος θα συμβάλει και στη μείωση της υδατικής διάβρωσης του εδάφους που ήταν πάρα πολύ έντονη στη συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό που πέφτει στο έδαφος από ατμοσφαιρικές κατακρυσμίνσεις, μέσω της υγρασίας που έχει το έδαφος ευνοεί το σχηματισμό μικροοργανισμών που συμβάλουν στη βελτίωση της εδαφικής δομής. (Αγγελόπουλος, 2001)
- **Σπορά των φυτών με μηχανικά μέσα ή χειρωνακτικά.** Όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική επισκόπηση με τη βοήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού (υδροσπορά) ή χειρωνακτικά θα γίνει η σπορά των φυτών.
- **Φυτεύσεις δέντρων και θάμνων.** Η επαναφορά της βλάστησης σε μια διαταραγμένη περιοχή, είναι ο σημαντικότερος τρόπος να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση του εδάφους σε περιοχές που έχουν υποστεί ανθρωπογενείς επιδράσεις (Albaladejo & Roldan, 1994). Το αποτέλεσμα θα είναι μόνιμο και θα χρειάζεται πολύ λιγότερη συντήρηση σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μηχανικό τρόπο συγκράτησης του εδάφους. Επιπλέον, θα υπάρξει και ιδιαίτερη βελτίωση της αισθητικής αξίας του τόπου (FAO, 1985).

Για την αποκατάσταση της βλάστησης στη συγκεκριμένη διαταραγμένη περιοχή έχουν διατυπωθεί τρεις στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν (Prach, 2003) και αυτές είναι αποκλειστικά βάσει φυσικών διαδικασιών, χρησιμοποιώντας μόνο τεχνητές μεθόδους φυτοκάλυψης και ακολουθώντας συνδυασμό των δύο πρώτων στρατηγικών (τεχνητή και φυσική διαδοχή).

Τα φυτικά είδη που μπορούν να επιλεγθούν κατά την αποκατάσταση της περιοχής, θα πρέπει να τηρούν δύο κανόνες (Arnaud & Khater, 2007) ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Πρώτον, τα είδη που θα επιλεγούν να απαντώνται και στην περιβάλλουσα μη διαταραγμένη περιοχή και δεύτερον, να προσαρμόζονται με ευκολία στις νέες οικολογικές συνθήκες.

Η σπορά και η φύτευση των φυτών που έχουν επιλεγεί πραγματοποιούνται το φθινόπωρο για τα χαμηλά υψόμετρα και τις θερμές περιοχές, ώστε να γίνει πλήρης εκμετάλλευση των βροχοπτώσεων του χειμώνα. Πρανή όμως που διαμορφώνονται πριν το φθινόπωρο πρέπει να σπέρνονται το φθινόπωρο ανεξάρτητα υψόμετρου, διότι σε διαφορετική περίπτωση θα παρουσιαστούν έντονα διαβρωτικά φαινόμενα, λόγω των βροχοπτώσεων.

Τα είδη των φυτών που θα επιλεγούν για την αποκατάσταση του χώρου, θα πρέπει να μπορούν να εκπληρώσουν λειτουργίες όπως παραγωγικό σκοπό, μέτρα αποκατάστασης προστατευτικού χαρακτήρα, αναψυχή και την εγκατάσταση της άγριας ζωής. Εκτός από τις παραπάνω λειτουργίες, παράλληλα θα πρέπει να είναι ικανά να προσαρμοστούν στις συγκεκριμένες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες της περιοχής.

Όσον αφορά την κατηγορία των ποώδη φυτών, τα είδη που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι εισαγωγής. Μερικά είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί και έδωσαν αποτελέσματα όπως στην αποκατάσταση που έγινε στην περιοχή της Γκιώνας είναι τα *Lolium rigidum*, *Trifolium subterraneum* (όξινα εδάφη), *Sanguisorba minor*, *Onobrychis sativa*, *Medicago sativa*, *Phacelia tanacetifolia* (με συνθήκες λίπανσης και επικάλυψης) και σχετικά πρόσφατα το είδος *Anthyllis vulneraria*.

Όσον αφορά τα ξυλώδη είδη, αυτά που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι τα είδη *Pinus nigra*, *Spartium junceum*, *C. arizonica*, *Abies cephalonica*, *P. brutia*, *p. halepensis*, *Acacia cyanophylla*, *Cupressus sempervirens*, *Medicago arborea*, *Robinia pseudoacacia*.

Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα ιθαγενή είδη όπως τα *Inula candida*, *Dittrichia viscosa*, *Centranthus ruber*, *Scrophularia canina*, *Rhus coriaria*, *Epilobium dodonaei*, *Nepeta sibthorpii*, *Melica ciliata*, *Vincetoxicum sp.*, δίνουν πάρα πολύ καλά και μόνιμα αποτελέσματα σε αποθέσεις και πρανή δρόμων, με αποτέλεσμα να συνίσταται η χρησιμοποίησή τους. Ιδιαίτερα το είδος *Dittrichia viscosa* δίνει καλά αποτελέσματα και με μοσχεύματα που φυτεύονται κατευθείαν στην οριστική τους θέση.

Εκτός από τα παραπάνω είδη, ίσως επιλεγούν και άλλα τοπικά είδη και να σποροπαραχθούν, διότι εκτιμάται ότι μπορούν να παίξουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην αναβλάστηση των επιφανειών αυτών.

Όσον αφορά τις ποσότητες σπόρων που θα χρησιμοποιηθούν στην αποκατάσταση του λατομείου, είναι υψηλότερες από αυτές που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, προκειμένου να καλυφθούν οι απώλειες που συνδέονται με την έλλειψη προπαρασκευής του εδάφους, την πτωχεία του σε λεπτό υλικό και θρεπτικά συστατικά, την ξήρανση των φυτωρίων, την έκπλυση των σπόρων, τους ζωικούς παράγοντες κ.λ.π. Οι ποσότητες αυτές μπορεί να ανέρχονται και σε 300-400 Kgr/ha.

- **Περιφράξεις των εκτάσεων που είναι αποκατεστημένες για την προστασία της βλάστησης από τη βοσκή.**
- **Συντήρηση των φυτών (παροχή νερού και εδαφοβελτιωτικών).** Στη συγκεκριμένη περιοχή η ποσότητα νερού από βροχές ιδιαίτερα του καλοκαιρινούς μήνες είναι μηδενική. Οπότε θα πρέπει να γίνουν τεχνητά φράγματα ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες τους καλοκαιρινούς μήνες. Σύμφωνα με πληροφορίες από το δήμαρχο του νησιού, από το ΕΣΠΑ 2014 -2020 έχει εξασφαλισθεί χρηματοδότηση για την εκπλήρωση του συγκεκριμένου σκοπού.
- **Διαχείριση και παρακολούθηση των εργασιών αποκατάστασης του εδάφους σε συντονισμό με τις παραγωγικές διαδικασίες.**

Μετά την οικολογική αποκατάσταση του λατομείου, ο συγκεκριμένος χώρος μπορεί να αξιοποιηθεί είτε σε τουριστικές δράσεις (αγροτουρισμό), είτε σαν χώροι αναψυχής, είτε σε άλλες οικονομικές δράσεις (διάφορες καλλιέργειες με τοπικά προϊόντα, μελισσοκομία κλπ) , που θα συμβάλλουν στο βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της περιοχής .



Εικόνα 5.1: Στάδια αποκατάστασης λατομείου (Πηγή: S&B)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αραμπατζής Γ. Πολύζος Σ., 2008, 'Φυσικό Πόροι, Περιβάλλον και Ανάπτυξη' Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Αντωνιάδης Β, 2009, 'Πανεπιστημιακές σημειώσεις στο μάθημα Γενική Οικολογία ', Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σύρος.
- Αντωνόπουλος Β., 2001, Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων, Η προστασία του περιβάλλοντος και η αποκατάσταση των νέων εδαφών στα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ Α.Ε., HELECO '01 – Διεθνής Έκθεση & Συνέδριο, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.
- Βλαχαντώνης, Α., Φ. Φίλος, Φ. Παυλουδάκης, 2003, Η προστασία του περιβάλλοντος και η αποκατάσταση των νέων εδαφών στα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ Α.Ε., HELECO '03 – Διεθνής Έκθεση & Συνέδριο, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.
- Βαβίζος Γ., Μερτζάνης Α. (2003), ' Περιβάλλον – Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων', Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Βούτσινος Γ, Κοσμάς Κ., Καλκάνης Γ., Σούτσας Κ., 2009, ' Διαχείριση Φυσικών Πόρων', Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα.
- Γναρδέλης Χ., 2013, 'Εφαρμοσμένη Στατιστική' Εκδόσεις Παπαζήση, Θεσσαλονίκη.
- Ζορπάς Α., 2011, 'Μελέτες Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων', Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Πανεπιστημίου Κύπρου, Κύπρος.
- Θεοδοσίου Ν., 2012, 'Παρατηρήσεις που αφορούν στις επιπτώσεις της προτεινόμενης δραστηριότητας «Εκμετάλλευση κοιτασμάτων μεταλλείων Κασσάνδρας» στα υδατικά συστήματα της περιοχής, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Καλαβρουζιώτης Ι., 2010, 'Αειφορική Διαχείριση Εδαφικών Πόρων', Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Καλαβρουζιώτης Ι, 2015, 'Αειφορική Διαχείριση Εδαφικών Πόρων και Αποβλήτων', Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Καλλέργης Γ. (2000): Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Β' ΤΕΕ. Αθήνα.
- Καρανδεινος Μ. (2007). Ποσοτικές Οικολογικές Μέθοδοι, Εκδόσεις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Κρήτη.
- Κούκουρα Ζ. & Ισπικούδης Ι., 1996, ' Χρησιμοποίηση ειδών της οικογενείας των ψυχανθών (Papilionaceae, Fabaceae) σε εργασίες αποκατάστασης λατομείων. Πρακτικά Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Καρδίτσα.
- Κούκουρα Ζ. & Ισπικούδης Ι., 2001, ' Δημιουργία φυτικάλυματος ποώδων φυτών σε υπόστρωμα αδρανών υλικών λατομείου. Πρακτικά 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Κοζάνη.
- Κυζερίδη Μ., Αλιφέρης Δ., Πέππας Σ., 2002, 'Ανάκτηση Περιβάλλοντος Επιφανειακών Ορυχείων με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Α.Ε.Ε Αργυρομεταλλευμάτων & Βαρυτίνης, Αθήνα.
- Κύκουρα Ζ. & Θεοδωρίδης Ι. 2006, 'Αποκατάσταση περιοχών με λατομεία στο Νομό Θεσσαλονίκης', Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη.

Κυριαζόπουλος Α. & Τσιουβάρας Κ., 2008, 'Δυνατότητα εγκατάστασης ποώδων ειδών με χρήση αδρανών υλικών διαφορετικού διαμετρήματος σε ανενεργά λατομεία', Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Κυριαζόπουλος Α. & Τσιουβάρας Κ., 2008, 'Επίδραση του πάχους του επιφανειακού εδάφους στη φυτοποικιλότητα σε ανενεργά λατομεία με αδρανή υλικά διαφορετικού διαμετρήματος', Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου της Ε.Ο.Ε και Ε.Ζ.Ε., Αθήνα.

Κωνσταντινίδου Ε., 2000, 'Πρόταση αποκατάστασης και αξιοποίησης της ανενεργού χωματερής Παρανεστίου Δράμας', Πρακτικά του 9^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού συνεδρίου «Προστασία φυσικού περιβάλλοντος και αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών». Δράμα.

Μενεγάκη Μ., 2010, 'Σημειώσεις Μαθήματος Σχεδιασμός Υπέθριων Εκμεταλλεύσεων', Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Μπέοπουλος, Ν. & Λουλούδης, Λ. (1996), Η Αειφορική Γεωργική Ανάπτυξη και η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, σ.σελ. 177-197, στο «Sustainable Development:

Θεωρητικές προσεγγίσεις μιας κρίσιμης έννοιας», Κ. Λάσκαρις (Επιμ.), Πρόγραμμα

PETRA II, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Μπιλάλης, Δ., 1999. Μελέτη συστημάτων εδαφοκατεργασίας-σποράς με και χωρίς λίπανση σε φυτικές και εδαφικές παραμέτρους σε μία ζετή αμειψισπορά. Διδακτορική Διατριβή.

Μπρόφας Γ. 2001, 'Αποκατάσταση του τοπίου διαταραγμένων περιοχών από μεταλλευτικές και λατομικές δραστηριότητες' Εκδόσεις ΙΜΔΟ & ΤΔΠ, Αθήνα.

Μπρόφας Γ, 2013, 'Τοπίο και μεταλλευτική δραστηριότητα', Εκδόσεις ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.

Σούλιος Γ, 2013, 'Γενική Υδρεωλογία' Εκδόσεις University Studio Press', Αθήνα.

ΤΕΕ – Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας (Αρ. πρωτ.. 3748/13.4.2011). Απόψεις του ΤΕΕ/ΤΚΜ επί της ΜΠΕ του έργου «Μεταλλευτικές – Μεταλλουργικές εγκαταστάσεις Μεταλλείων Κασσάνδρας της εταιρείας «ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ» Α.Ε.

Τζαφειροπούλου Α., Ρακήμπεη Π., Αβραάμ Ε., 2006, 'Μελέτη του φυτοκαλύμματος στην ανεξέλεγκτη χωματερή της Ευκαρπίας κατά τη φάση της αποκατάστασης της', Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Τράπεζα της Ελλάδος, 2011, 'Μελέτη Κίνδυνοι και επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στη βιοποικιλότητα και στα οικοσυστήματα', Αθήνα.

Τριανταφυλλίδης Γ., 2012. Κριτική των προτεινόμενων μεθόδων εξόρυξης και επεξεργασίας μεταλλευμάτων Ολυμπιάδας – Σκουριών στη ΜΠΕ της Ελληνικός Χρυσός Α.Ε. και στην Κ.Υ.Α οικ. 201745 της 26/07/2011, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

ΥΑ 2223/ΦΕΚ 12271/06/2011, 'Κανονισμός Μεταλλευτικών & Λατομικών Εργασιών', Εκδόσεις Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, Αθήνα.

ΥΠΕΧΩΔΕ, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Περιβάλλον», Οδηγός Εφαρμογής EMAS, Θεσσαλονίκη 2000.

Φαντίνου Α., Καρανδεινού Α., Σαϊτάνης Κ., 2006 'Εργαστηριακές σημειώσεις Οικολογίας' Εκδόσεις Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Χατζηστάθης Α. & Ισπικούδης Ι., 1992, 'Προστασία της φύσης και αρχιτεκτονική του τοπίου', Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Αγγλική Βιβλιογραφία

Andersen, A.N., Fisher, A., Hoffmann, B.D., Read, J.L. & Richards, R. (2004). Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands, with particular reference to ants. *Austral Ecol* 29(1): 87-92.

Anger D., Legere W., Avon D., N'Dayegamiey A., Cote D., Samson N. and D. Pageau 1994. Effects of reduced tillage practices on soil quality in eastern Quebec. *ISTRO, Procs. of Soil Tillage for Crop Production*. Denmark. 1 : 49- 54.

Argyropoulou, M.D., Karris, G., Papatheodorou, E.M. & Stamou G.P. (2005). Epiedaphic Coleoptera in the Dadia forest reserve (Thrace, Greece): the effect of human activities on community organization patterns. *Belg J Zool* 135 (2): 127-133.

Arora V. K., Gajri P. R., and S. S. Prihar ,1991. Tillage effects on corn in sandy soils in relation to water retentivity, nutrient and water management, and seasonal evaporativity. *Soil Tillage and Research* 21: 1-21.

Arndt, E., Schnitter, P., Sfenthourakis, S. & Wrase, D.S. (2011). *Ground Beetles (Carabidae) of Greece*. Pensoft Series Faunistica # 100, Pensoft Publishers. 394pp.

AOAC. 2009. Official Methods of Analysis (15th edn). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. Aldours D.E. & P.S. Semos. 2001. Turfgrass identification and selection. International Turf Management. Handbook. Edited by D.E. Aldours. Butterworth Heinemann.

Alroe, H.F., Halberg, N., 2008. Udvikling, vækst og integritet I den danske økologisektor. Vidensyntese. ICROFS Rapport Nr1. 2008.

Aronson, J., S. J. Milton, and J. N. Blignaut. 2006. Conceiving the science, business and practice of restoring natural capital. *Ecological Restoration* 22:22–24.

Bradshaw, A. D. & Chadwick, M. J. (1980). *The Restoration of Land*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Baumont, R., S. Prache, M. Meuret and P. Morand-Fehr. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.* 64:15-28.

Bhargava, A., Shukla, S. and Ohri, D., 2010. Mineral composition in foliage of some cultivated and wild species of *Chenopodium*. *Span. J. Agric. Res.*, 8 (2), pp.371-376.

Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V. And Hela, D., 2012. Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Not. Bot. Horti. Agrobot. ClujNapoca*, 40 (1): 42-46.

Blondel, J. & Aronson, J. (1999). *Biology and wildlife of the Mediterranean Region*. 1st ed. Oxford University Press. 328 pp.

Ausden, M. (1996). Invertebrates. In: Sutherland, W. (Ed.) *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 332pp.

Balmford, A. (2002). Selecting sites for conservation. In: Norris, K. & Pain, D.J. (Eds.) *Conserving Bird Biodiversity: General Principles and their Application*. Cambridge University Press, New York. Pp. 337.

Bazzaz, F.A. (1975). Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* 56: 485–488.

- Brofas G., P. Michopoulos & D. Alifraghis, 2000. Sewage Sludge as an Amendment for Calcareous Mine Spoils Reclamation. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 29, pp. 811-816.
- Brofas, G. & G. Karetzos. 2002. Revegetation of mining spoils by seeding of woody species on Ghiona mountain, Central Greece. *Land Degrad. Dev.*, 13: 461-467.
- Camp, W.G., and R.L. Donahue, 1994. *Environmental Science for Agriculture and the Life Sciences*. Delmar Publishers Inc.
- Camp, W.G., and Th.B. Dougherty, 1997. *Managing our Natural Resources*. 3rd ed.
- Cornel J., Ας μοιραστούμε τη φύση με τα παιδιά. Εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1994.
- Christensen, S. A., Pratt, D. B., Pratt, C., Stevens, M. R., Jellen, E. N., Coleman, C. E. et al., 2007. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant. Genet. Res.*, 5, pp.82–95.
- Ciampitti A., Ignacio and Vyn J.Tony 2011 . A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages *Field Crops Research* 121 2–18.
- Ciganda, V., Gitelson, A., Schepers, J., 2008. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative crop vigor indicator by means of reflectance-based techniques. *Agron. J.* 100, 1409–1417.
- Cossani, C.M., Slafer, G.A., Savin, R., 2011b. Do barley and wheat (bread and durum) differ in grain weight stability through seasons and water–nitrogen treatments in a Mediterranean location? *Field Crops Res.* 121, 240–247.
- Danalatos N.G., Archontoulis S.V., 2010. Growth and biomass productivity of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under different agricultural inputs and management practices in central Greece. *Ind Crops Prod.* 32:231–240.
- Delmar Publishers Inc. (Μετάφρ. στην Ελληνική: Εκδ. ΙΩΝ).
- Callens and Tyteca (1999). Towards indicators of sustainable development for firms. A productive efficiency perspective. *Ecological Economics*, 28, pp41-53
- Ciampitti A., Ignacio and Vyn J.Tony 2011 . A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages *Field Crops Research* 121 2–18
- Ciganda, V., Gitelson, A., Schepers, J., 2008. Vertical profile and temporal variation of chlorophyll in maize canopy: quantitative crop vigor indicator by means of reflectance-based techniques. *Agron. J.* 100, 1409–1417.
- De Groot, R. S., M. Wilson, and R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41:393–408.
- Edwards A.J. , (2004), «ISO 14001 Environmental Certification Step by Step (Revised Edition) » Elsevier Butterworth-Heinemann publications, Great Britain *European Management Journal*, Vol. 20, No 2, 2002
- European Commission (2008). *Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects*.

European Council (2004), 'Council Regulation (EC) No 870/2004 of 24 April 2004 establishing a Community programme on the conservation, characterisation, collection and utilization of genetic resources in agriculture and repealing Regulation (EC) No 1467/94', OJ L 162/18, 30.4.2004, Luxemburg.

Enangelou V, 2008, Environmental Soil and Water chemistry: Principles and applications John Wiley and Sons, Inc. Canada. p:485.

FAO (2011) The state of food insecurity in the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. [http:// www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2330e.pdf](http://www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2330e.pdf). Accessed 4 Oct 2013
FAO., 2009. How to Feed the World in 2050. . Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf

FAO. Defensa de la causa de la yuca. In: Organisation FA, editor. Noticias; 2007

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1986. Food and fruit-bearing forests species. 3: Examples from Latin America. For. Pap. 44/3. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 201-203.

Finkeldey, R. (2002), 'Reproduction in continuous cover forests – the geneticist's perspective', in: v.Gadow, K., Nagek, J. and Saborowski, J. (eds), 'Continuous Cover Forestry: Assessment, Analysis, Scenarios, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, New York, pp. 67-79.

Finkeldey, R. and Ziehe, M. (2004), 'Genetic implications of silvicultural regimes', Forest Ecology and Management 197, 231-244.

Gaston, K.J. (1996), 'What is biodiversity?', in: 'Biodiversity: A Biology in Numbers and Difference', Gaston, K.J. (ed), 1-12. Blackwell Science, Oxford, U.K.

Hattemer, H.H. and Gillet, E.M. (2000), 'Genetic Implications in Forestry', Lectures Notes, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, School of Forestry and Forest Ecology, University of Göttingen, Germany.

Halweil B. Farmland quality deteriorating. In: The Worldwatch Institute. *Vital Signs 2002. The trends that are shaping our future*. WW Norton, New York, 2002: 102-103.

Isermeyer, H. 1952. Zeitschr. Pflanzenern., Dung., *Bodenk.* 52: 26.

Johnston, R. S., Brown, R. W. & Cravens, J., 1975. Acid mine rehabilitation problems at high elevation. In: Watershed management symposium Amer. Soc. Civil. Eng. Logan, Utah. pp.66-79.

Johnson, S. M. 1978. Land reclamation and the botanical significance of some former mining and manufacturing sites in Britain. *Environ. Conserv.*, Vol. 5, No 3: 222-228.

Kavourides, K., F. Pavloudakis, F. Filios, (2002), Environmental protection and land reclamation works in West Macedonia Lignite Centre - Current practice and future perspectives, Proc: **7th Intl. Symposium on Environ. Issues & Waste Management in Energy and Mineral Production**, Cagliari, 7-10th October 2002.

Karlen D. L., Wollenhaupt N. C., Erbach D. C., Berry E. C., Swan J. B., Eash N. S., and J. L. Jordahl. 1994. Long term tillage effects on soil quality. *Soil Tillage and Research* 32: 313-327.

Koepf , H. 1950. Bodenatmung, die Möglichkeiten ihrer Bestimmung und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des Bodenzustandes. Diss. Hohenheim.

Lawrence, T. C., 1981. Intermediate Wheatgrass. *Can. J. Plant Sci.* 61:467-469.

- Longcore, T. (2003). Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restor Ecol* 11(4): 397-409.
- Lord, N.P., Hartley, C.S., Lawrence, J.F., McHugh, J.V., Whiting, M.F. & Miller, K.B. (2010). Phylogenetic analysis of the minute brown scavenger beetles (Coleoptera: Latridiidae), and recognition of a new beetle family, Akalyptoischiidae fam.n. (Coleoptera: Cucujoidea). *Syst Entomol* 35(4): 753-763.
- Lövei, G.L. & Sunderland, K.D. (1996). Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu Rev Entomol* 41: 231-256.
- Liu, Y., Axmacher, J.C., Li, L., Wang, C. & Yu, Z. (2007). Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) inventories: a comparison of light and pitfall trapping. *B Entomol Res* 97: 577-583.
- Lymberakis, P., Mylonas, M. & Sfenthourakis, S. (2003). Altitudinal variation of Oniscidean communities on Cretan Mountains. In: Sfenthourakis, S., de Araujo, P.B., Hornung, E., Schmalfuss, H., Taiti, S. & Szlavecz K. (Eds.) *The Biology of Terrestrial Isopods*, V. *Crustaceana Monographs* 2: 217-230.
- Mackenzie, F.T., 2003. Our changing planet: an introduction to Earth system science and global environmental change. Prentice Hall-Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.
- Mills T., Arnold B., Sivakumaran S., Northcott G., Vogeler I., Robinson B., Norling C. & Leonil D. 2005. Phytoremediation and long-term site management of soil contaminated with pentachlorophenol (PCP) and heavy metals. *Journal of Environmental management*, xx, pp.1-10.
- Mertzanis A., Papadopoulos A., Pantera A., (2004), “Acquired instability effects of the landforms, in artificially modulated banks of excavations and bankfills, along the road Thermopylae- Nafpaktos (Ftiotida-Greece)”. In Proceedings of International Conference ‘Eco-Engineering: The use of vegetation to improve slope stability, 13-17 September 2004, Thessaloniki, Greece.
- Morrow D., Rondinelli D., Adopting Corporate Environmental Management Systems: Motivations and Results of ISO 14001 and EMAS Certification. *European Management Journal*, Vol. 20, No 2, 2002.
- Mohammed M., The ISO 14001 EMS Implementation Process and Its Implications: A Case Study of Central Japan. *Environmental Management* 25, Vol. 25, 2000.
- Marcelle, Fernanda, Carulo, M. F., 2012. Use of SFC in Extraction of Adaptogens from Brazilian Plants. *American Journal of Analytical Chemistry*, 3, 977-982.
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. and Zhao, Z.-C., 2007. Global Climate Projections. In ‘Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change’. (Eds S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller). pp. 747-845. (Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA).
- Missigan State University (M.S.U), 2012. Managing soil pH for optimal soybean production. Michigan State University Extension Available at: <http://msue.anr.msu.edu/>.
- Monti, A., Zatta, A., 2009. From Growing Kenaf to Its Industrial Use. EU Project. University of Bologna.
- Pavloudakis, F., C. Roumpos, (2004), Evaluation of land reclamation and environmental protection strategies in open-pit lignite mines, Intl. Conf. on Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, Hania, Greece, 9-11 June 2004, pp. 473-480.
- Panichnumsin, P., Nopharatana, A., Ahring, B., Chaiprasert P., 2010. Production of methane by co-digestion of cassava pulp with various concentrations of pig manure *Biomass Bioenergy*, 34, pp. 1117-1124.

- Raines S., Implementing ISO 14001—An International Survey Assessing the Benefits of Certification. *Corporate Environmental Strategy*, Vol.9, No 4, 2002 .
- Reicosky D. C., Dugas W. A. and H. a. Torbert.1997. Tillage – induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. *Soil Tillage and Research* 41: 105-118
- Rochester I. J., Constable G. A., and P. G. Saffigna . 1997. Retention of cotton stubble enhances N fertilizer recovery and lint yield of irrigated cotton. *Soil Tillage and Research* 41: 75-86
- Rondinelli D., Vastag G., Panacea, common Sense, or just a label? The value of ISO 14001 Environmental Management Systems. *European Management Journal*, Vol. 18, No5, 2000
- Saarela J. 2003. Pilot investigations on surface parts of three closed landfills and factors affecting them. *Environmental Monitoring and Assessment* 84: 183-192.
- Sharma, K. D., Praveen Kumar, Gough L. P. & Sanfilippo J. R. 2004. Rehabilitation of a lignite mine – disturbed area in the Indian desert. *Land Degrad. Dev.*, 15: 163-176.
- Stoffel M., Bollschweiler M., (2008)'Tree-ring analysis in natural hazards research- an overview', *Nat. Hazards Earth System, Sci*, 8,187-202,2008.
- Tsiambaos, G., Sabatakakis, N. (2011). «Empirical estimation of shear wave velocity from in situ tests on soil formation in Greece» *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 70(2):291 – 297.
- Turgeon, A.J. 2002. *Turfgrass management*, 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Vlachantonis A., F. Pavloudakis, (2003), Improved mine-land reclamation and environmental protection practices through the implementation of certified management and auditing schemes, nd 2 Intl. Conf. on Ecological Protection on the Planet Earth Bio-Environment & Bio-culture, Sofia, Bulgaria, 5-8 June 2003, pp. 686-693.
- Torsvik J. Ovreas H, 2002, 'Population and Comparative Genomics Inform Our Understanding of Bacterial Species Diversity in the Soil', *Springer*, Volume 23, 2011, pp 283-292.
- United Nations (1992), 'Report of The United Nations Conference on Environment and Development', A/CONF.151/26, Rio de Janeiro.
- United Nations Environmental Programme (UNEP) (1995), 'Global Biodiversity Assessment', Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- U.S. Office of Technological Assessment (1987), 'Technologies to Maintain Biological Diversity', United States Government Printing Office, Washington D.C., U.S.A.
- UNEP (2000). *Global Environment Outlook 2000*, United Nations Environmental Programme, Nairobi.
- Whitelaw K, (2004), «ISO 14001 Environmental Systems Handbook» Elsevier Butterworth-Heinemann publications, Great Britain.
- Wrede, E., Papageorgiou, A.C., Hosius, B. and Wolf, H. (2000), 'Origin and isoenzyme variation of four *Maesopsis eminii* ENGL. seed stands in Kenya', in: Wolf, H. and Albrecht, J. (eds): 'The Procurement of Forestry Seeds in Tropical and Subtropical Countries - The Example Kenya', *Contributions to Forest Sciences* 10, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 175 - 190.
- Wrede, E., Papageorgiou, A.C., Hosius, B. and Wolf, H. (2000), 'Origin and isoenzyme variation of four *Maesopsis eminii* ENGL. seed stands in Kenya', in: Wolf, H. and Albrecht, J. (eds): 'The Procurement of Forestry Seeds in Tropical and Subtropical Countries - The Example Kenya', *Contributions to Forest Sciences* 10, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 175 - 190.

The composition and properties of soil. In: Williams I. *Environmental Chemistry*. Wiley & Sons, Chichester, 2001: 130-135.

Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις:

<http://www.uepg.eu>

<http://eusoils.jrc.it>

[www: ypeka.gr](http://www.ypeka.gr)

<http://www.opekepe.gr/>

<http://www.sandb.gr/about/%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%B1/>

http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/oikotoxikologia/oiktx_K05.pdf

http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=1918&Itemid=0

<http://msue.anr.msu.edu/>

www.fao.org/docrep/014/i2330e/i2330e.pdf. Accessed 4 Oct 2013

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Εικόνα Π.1: Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, X)



Εικόνα Π.2: Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, X)



Εικόνα Π.3 : Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, Χ)



Εικόνα Π.4: Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, Χ)



Εικόνα Π.5 : Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, Χ)



Εικόνα Π.6 : Λατομείου Αντιπάρου (Γκολώνης, Χ)



Εικόνα Π.7 : Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, Χ)



Εικόνα Π.8 : Φυσική Βλάστηση λατομείου (Γκολώνης, Χ)