



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

«ΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΓΚΑΤΑΛΕΛΕΙΜΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΚΟΚΚΙΝΟΠΕΖΟΥΛΑΣ ΣΤΟ ΜΙΤΣΕΡΟ»

Απόφαση Ανάθεσης ΤΓΕ/2010/15



ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ Τελική Έκθεση



ECHMES Ltd.

Περιβαλλοντικές, Χημικές & Μεταλλουργικές Υπηρεσίες Ε.Π.Ε.

Παπαδιαμαντοπούλου 4, Αθήνα, Τ.Κ. 115 28

Τηλ: (+30).210.7488878, Fax: (+30).210.7488877

Email: echmes@otenet.gr / www.echmes.gr

Νοέμβριος 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1-1
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	1-1
1.2. ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ	1-3
1.3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	1-4
1.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	1-7
2. ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	2-1
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2-1
2.2. ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	2-1
2.3. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ	2-2
2.3.1. Μορφολογία Περιοχής Έργου.....	2-2
2.3.2. Γεωλογία Περιοχής Έργου.....	2-5
2.3.3. Σεισμικότητα Περιοχής Έργου	2-7
2.3.4. Κλιματολογικά στοιχεία Περιοχής Έργου	2-7
2.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	2-8
3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΩΡΟΥ ΣΤΕΙΡΩΝ.....	3-1
3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	3-1
3.1.1. Σχεδιασμός βαθμίδων.....	3-1
3.1.2. Σχεδιασμός γωνίας πρανούς.....	3-3
3.1.3. Εργασίες διαμόρφωσης αναγλύφου	3-9
3.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ	3-9
3.2.1. Αποτίμηση ευστάθειας υφιστάμενων σωρών.....	3-9
3.2.2. Έλεγχος ευστάθειας προτεινόμενων κλίσεων	3-18
3.3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΩΡΟΥ ΣΤΕΙΡΩΝ	3-22
3.3.1. Γενικά.....	3-22
3.3.2. Περιβαλλοντικός Χαρακτηρισμός Στείρων απόθεσης.....	3-23
3.3.2.1. Δειγματοληψία	3-23
3.3.2.2. Μετρήσεις pH.....	3-24
3.3.2.3. Μετρήσεις Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας	3-24
3.3.2.4. Δυναμικό εξουδετέρωσης.....	3-24
3.3.2.5. Μέτρηση στο ICP-AES.....	3-24
3.3.2.6. Μετρήσεις XRF.....	3-24

3.3.2.7.	Ορυκτολογική Ανάλυση.....	3-27
3.3.2.8.	Συμπεράσματα.....	3-28
3.3.3.	Περιγραφή Προτεινομένης Μεθόδου.....	3-28
3.3.4.	Εργασίες προετοιμασίας επιφάνειας Πιλοτικής Περιοχής Έργου για φυτεύσεις..	3-31
3.3.5.	Διαθεσιμότητα Εδαφοβελτιωτικών Υλικών.....	3-33
3.3.6.	Διαθεσιμότητα Γόνιμου Χώματος.....	3-34
3.4.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΦΥΤΕΥΣΕΩΝ	3-35
3.4.1.	Γενικά.....	3-35
3.4.2.	Συνθήκες ανάπτυξης των φυτών	3-36
3.4.3.	Καταγραφή Ειδών που ευδοκούν στην περιοχή Έργου	3-37
3.4.3.1.	Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας :.....	3-37
3.4.3.2.	Παρόδιες αποκαταστάσεις της περιοχής Μιτσερού	3-37
3.4.4.	Επιλογή Φυτευτικών Ειδών	3-38
3.4.4.1.	Επιλογή των ειδών και οικολογική αιτιολόγηση της επιλογής τους	3-38
3.4.4.2.	Προμήθεια, έλεγχος φυταρίων	3-40
3.4.5.	Εργασίες Φυτεύσεων.....	3-41
3.4.5.1.	Φύτευση φυταρίων	3-41
3.4.5.2.	Φυτευτικός σύνδεσμος και μίξη εγκαθιστάμενων φυτών	3-41
3.4.5.3.	Εποχή φύτευσης φυταρίων.....	3-41
3.4.5.4.	Σπορά	3-42
3.4.5.5.	Περιποίηση των αρτιφύτρων.....	3-43
3.4.5.6.	Συμπληρωματικές φυτεύσεις.....	3-44
3.5.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	3-44
3.5.1.	Παρακολούθηση Γεωτεχνικής Ευστάθειας.....	3-44
3.5.2.	Παρακολούθηση επιτυχίας Γεωχημικής Αποκατάστασης	3-46
3.5.3.	Παρακολούθηση Επιτυχίας Φυτεύσεων.....	3-47
4.	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ	4-1
4.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4-1
4.2.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	4-2
4.3.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.....	4-5
5.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΝΕΡΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΟΞΙΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	5-1
5.1.	ΓΕΝΙΚΑ	5-1
5.2.	ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΟΞΙΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ	5-1
5.2.1.	Εισαγωγή.....	5-1
5.2.2.	Γενικά Χαρακτηριστικά Δυναμικών και Παθητικών Μεθόδων Επεξεργασίας	5-2

5.2.2.1.	Δυναμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας.....	5-2
5.2.2.2.	Παθητικές Μέθοδοι Επεξεργασίας.....	5-3
5.2.2.3.	Σύγκριση Δυναμικών και Παθητικών Μεθόδων Επεξεργασίας	5-5
5.2.2.4.	Διεθνής εμπειρία: Η περίπτωση Ancor Hill Pit Lake, της South Dakota.....	5-7
5.3.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΚΚΙΝΟΠΕΖΟΥΛΑΣ	5-9
6.	ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	6-1
6.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6-1
6.2.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	6-2
6.3.	ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (ΔΕΛΤΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ) ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑ ΣΩΡΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ	6-3
6.4.	ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΑ ΣΩΡΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	6-7
6.5.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	6-9
6.6.	ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	6-10
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	7-1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.2-1: Βασικά κριτήρια περιβαλλοντικής αποκατάστασης	2-2
Πίνακας 3.1-1: Υπολογισμός των προς μετακίνηση όγκων στείρων για εργασίες διαμόρφωσης πρανών ΒΑ σωρού στείρων Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας	3-3
Πίνακας 3.2-1: Συνοπτικός πίνακας παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τις λάβες (in situ basaltic rock)	3-13
Πίνακας 3.2-2: Συνοπτικός πίνακας παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τους σωρούς	3-13
Πίνακας 3.2-3: Συνοπτικά Αποτελέσματα Συντελεστή Ασφάλειας Ευστάθειας Πρανών στην Υφιστάμενη Κατάσταση	3-18
Πίνακας 3.2-4: Συνοπτικά Αποτελέσματα Συντελεστή Ασφάλειας Ευστάθειας Πρανών, μετά την προτεινόμενη διαμόρφωση.....	3-22
Πίνακας 3.3-1: Χαρακτηρισμός στερεών δειγμάτων και όξινων νερών μεταλλείου στην περιοχή του έργου.....	3-25
Πίνακας 3.3-2: Αναλύσεις Μετάλλων με ICP-OES.....	3-26
Πίνακας 3.3-3: Αναλύσεις στερεών δειγμάτων με φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων Χ (XRF)	3-26
Πίνακας 3.5-1: Πίνακας ποσοτήτων τυπικής Γεωτεχνικής μελέτης	3-45
Πίνακας 5.2-1: Αλκαλικά Αντιδραστήρια για την κατεργασία της όξινης Απορροής Μεταλλείων, (GARD Guide 3)	5-3
Πίνακας 5.2-2: Πεδίο εφαρμογής δυναμικών και παθητικών μεθόδων επεξεργασίας όξινων νερών μεταλλείων	5-5
Πίνακας 5.2-3: Πλεονεκτήματα δυναμικών και παθητικών συστημάτων επεξεργασίας όξινης απορροής μεταλλείων.....	5-6
Πίνακας 5.2-4: Σύσταση όξινων νερών μεταλλείου στο Anchor Hill Pit Lake	5-8
Πίνακας 5.2-5: Σύσταση όξινων νερών τεχνητής λίμνης Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας.....	5-8
Πίνακας 6.3-1: Προμετρήσεις εργασιών διαμόρφωσης αναγλύφου	6-4
Πίνακας 6.3-2: Προμετρήσεις εργασιών διαμόρφωσης επικαλύμματος με γεωχημικό φραγμό και κατάλληλο επιφανειακό στρώμα για φυτεύσεις).....	6-5
Πίνακας 6.3-3: Προμετρήσεις φυτευτικών εργασιών	6-6
Πίνακας 6.3-4: Προμετρήσεις εργασιών συντήρησης φυτεύσεων.....	6-7
Πίνακας 6.4-1: Εκτίμηση προϋπολογιστικού κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης με αγορά και μεταφορά με βυτιοφόρα νερού για άρδευση των φυτεύσεων	6-8
Πίνακας 6.4-2: Εκτίμηση προϋπολογιστικού κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης με αξιοποίηση νερού τεχνητής λίμνης μεταλλείου μετά από επεξεργασία για άρδευση των φυτεύσεων	6-9
Πίνακας 6.5-1: Υπολογισμός επιφάνειας περιοχής εφαρμογής πιλοτικού προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης.....	6-10

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.3-1:	Χάρτης της Κύπρου με τις γεωλογικές ζώνες	2-6
Σχήμα 2.3-2:	Ομβροθερμικό διάγραμμα της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1999-2008	2-8
Σχήμα 2.4-1:	Περιοχή για οριοθέτηση εφαρμογής Πιλοτικού Προγράμματος.....	2-9
Σχήμα 3.1-1:	Διαμόρφωση αναγλύφου πρανούς εξορυκτικών στείρων για ύψος βαθμίδων (α) 15m και (β) 10 m, πλάτος 8 m και γωνία 27°	3-2
Σχήμα 3.1-2:	Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς 27°	3-4
Σχήμα 3.1-3:	Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς 30°	3-4
Σχήμα 3.1-4:	Χάρτης Υφιστάμενης Κατάσταση Περιοχής Έργου	3-6
Σχήμα 3.1-5:	Χάρτης Περιοχής Έργου, μετά από τελική διαμόρφωση του προς αποκατάσταση σωρού στείρων με γωνία πρανούς 27°	3-7
Σχήμα 3.1-6:	Χάρτης Περιοχής Έργου, μετά από τελική διαμόρφωση του προς αποκατάσταση σωρού στείρων με γωνία πρανούς 30°	3-8
Σχήμα 3.2-1:	Χάρτης Αρχικής Μορφολογίας (1963) Περιοχής Έργου, με θέσεις τομών ελέγχου γεωτεχνικής ευστάθειας	3-11
Σχήμα 3.2-2:	Χάρτης Υφιστάμενης Μορφολογίας Περιοχής Έργου, με θέσεις τομών ελέγχου γεωτεχνικής ευστάθειας	3-12
Σχήμα 3.2-3:	Ευστάθεια πρανών τομής 1-1'	3-14
Σχήμα 3.2-4:	Ευστάθεια πρανών τομής 2-2'	3-15
Σχήμα 3.2-5:	Ευστάθεια πρανών τομής 3-3'	3-16
Σχήμα 3.2-6:	Ευστάθεια πρανών τομής 4-4'	3-17
Σχήμα 3.2-7:	Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς ~27°	3-19
Σχήμα 3.2-8:	Αποτελέσματα ελέγχου ευστάθειας πρανών για γωνία πρανούς 27°	3-19
Σχήμα 3.2-9:	Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς 30°	3-20
Σχήμα 3.2-10:	Αποτελέσματα ελέγχου ευστάθειας πρανών για γωνία πρανούς 30°	3-21
Σχήμα 3.3-1:	Σχηματική παράσταση δομής αδιαπέρατου φραγμού	3-30
Σχήμα 3.3-2:	Πορεία εργασιών διαμόρφωσης αρχικού αναγλύφου και προστατευτικού, αλκαλικού επικαλύμματος/φραγμού	3-31
Σχήμα 3.3-3:	Προετοιμασία επιφάνειας σωρών περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 1)	3-32
Σχήμα 3.3-4:	Προετοιμασία επιφάνειας σωρών Περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 2)....	3-32
Σχήμα 3.3-5:	Προετοιμασία επιφάνειας σωρών Περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 3)....	3-33
Σχήμα 3.4-1:	Ενδεικτική (α) τομή και (β) κάτοψη της προτεινόμενης φύτευσης/ αποκατάστασης	3-36
Σχήμα 5.2-1:	Αναγωγικό Σύστημα Παραγωγής Αλκαλικότητας - ΑΣΠΑ [Watzlaf et al. (2000)]5-4	
Σχήμα 5.2-2:	Διάγραμμα ροής για την επιλογή του κατάλληλου παθητικού συστήματος επεξεργασίας (U.S.B.M., 1988)	5-7
Σχήμα 6.6-1:	Χρονοδιάγραμμα Εργασιών Πιλοτικού Προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης	6-11

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1-1:	Εγκαταλελειμμένο Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό.....	1-2
Εικόνα 1.1-2:	Σωροί θειούχων μεταλλευτικών αποβλήτων (μπάζων), στο εγκαταλελειμμένο μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό	1-2
Εικόνα 2.3-1:	Εικόνα Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό	2-4
Εικόνα 3.3-1:	Θέσεις δειγματοληψίας δειγμάτων εδαφικού επικαλύμματος	3-23
Εικόνα 3.3-2:	Θέσεις προμήθειας ασβεστολιθικού υλικού.....	3-34

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης ([Αναθέτουσα Αρχή](#)) του ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ της ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ της ΚΥΠΡΙΑΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ σε συνέχεια του υπ' αριθμό ΤΓΕ/2010/15 διαγωνισμού για την «Ετοιμασία Τεχνοοικονομικής Μελέτης για Εφαρμογή Πιλοτικού Προγράμματος Αποκατάστασης του Εγκαταλελειμμένου Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό» ανέθεσε την υλοποίησή της στην εταιρεία «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΧΗΜΙΚΕΣ & ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ Ε.Π.Ε. – ECHMES Ε.Π.Ε.» ([Ανάδοχος](#)) με βάση την υπ' αριθμόν ΤΓΕ/2010/15 Απόφασή της Ανάθεσης.

Η σχετική Συμφωνία – Ειδικοί Όροι Σύμβασης υπογράφηκε στις 29/07/10 μεταξύ του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης (Δρ. Ελένη Γεωργίου-Μορισσώ, Διευθύντρια) και της εταιρείας ECHMES Ε.Π.Ε. (Άρης Τσακαρισιάνος, Εταίρος – Διαχειριστής)

Η ανατεθείσα μελέτη αποτελεί τη φυσική συνέχεια του έργου : «Ετοιμασία Στρατηγικής για την αποκατάσταση Εγκαταλελειμμένων Μεταλλείων» ('The preparation of a Strategy for the restoration of abandoned Mines – November 2008, by Wardell Armstrong LLP and ALA Planning Partnership'). Το ως άνω έργο είχε ως στόχο να προσδιορίσει και να τεκμηριώσει όλες τις παραμέτρους και τα κριτήρια που επηρεάζουν την περιβαλλοντική αποκατάσταση 25 επιλεγμένων ιδιοκτησιών στην Κυπριακή Δημοκρατία που περιλάμβαναν εγκαταλελειμμένα θειούχα μεταλλεία και τις εγκαταστάσεις τους. Ως πρώτο στάδιο για την πραγματοποίηση του αντικειμενικού στόχου που είναι η αποκατάσταση Εγκαταλελειμμένων Μεταλλείων, η μελέτη αυτή πρότεινε με βάση τα αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης, και με τη σύμφωνη γνώμη της Ενδιαφερόμενης Υπηρεσίας, την πραγματοποίηση Πιλοτικού Προγράμματος Αποκατάστασης στην περιοχή του εγκαταλελειμμένου Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, στο Μιτσερό

Το μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας, που βρίσκεται στην Κοινότητα Μιτσερού της επαρχίας Λευκωσίας, παρουσιάζει ένα εύρος προβλημάτων, που συνδέονται με την αποκατάσταση ανοικτών εκσκαφών και αποθέσεων μη εκμεταλλεύσιμων σωρών εξορυκτικών αποβλήτων (μπάζων) που συχνά περιέχουν θειούχα ορυκτά (**Εικόνες 1.1-1 και 1.1-2**). Στο συγκεκριμένο μεταλλείο παρουσιάζονται εμφανή σημάδια αστάθειας των πρανών της εκσκαφής και των σωρών εξορυκτικών αποβλήτων, καθώς επίσης και αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετιζόμενες με την παρουσία Οξίνων Απορροών.



Εικόνα 1.1-1: Εγκαταλελειμμένο Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό



Εικόνα 1.1-2: Σωροί θειούχων μεταλλευτικών αποβλήτων (μπάζων), στο εγκαταλελειμμένο μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω τεχνικών και περιβαλλοντικών θεμάτων, το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης έχει προγραμματίσει την εφαρμογή ενός διετούς πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας (το οποίο θα διεξαχθεί κατόπιν σχετικού δημόσιου διαγωνισμού) με προγραμματιζόμενες δαπάνες της τάξης των €100.000 για το 2011 και €60.000 για το 2012, συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α.

Σύμφωνα με την προκήρυξη, το πιλοτικό πρόγραμμα αποκατάστασης, για το οποίο εκπονήθηκε η παρούσα τεχνοοικονομική μελέτη, περιλαμβάνει τα ακόλουθα έργα:

- ευστάθεια των πρανών των σωρών μεταλλευτικών αποβλήτων (μπάζων), ανάπλαση του τοπίου και διαχείριση όξινων απορροών,
- εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας επί των σωρών των μεταλλευτικών αποβλήτων (κυρίως επί των πρανών) για επιτυχή αναχλόαση και αποτροπή της διάβρωσης τους,
- εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας για τη διαχείριση γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών προβλημάτων που εντοπίζονται μέσα στην εκσκαφή,
- βελτίωση της ποιότητας του νερού που βρίσκεται μέσα στην εκσκαφή για επαναχρησιμοποίηση του για αρδευτικούς σκοπούς.

Η παρούσα τεχνοοικονομική μελέτη για την εφαρμογή του διετούς πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας περιλαμβάνει:

- τα προτεινόμενα προς υλοποίηση έργα αποκατάστασης,
- το σχετικό με τα έργα αποκατάστασης αναλυτικό κόστος με δελτία ποσοτήτων,
- το χρονοδιάγραμμα και τη χρονολογική σειρά υλοποίησης τους, καθώς επίσης και
- την αποτύπωση του προς διαμόρφωση/αποκατάσταση χώρου.

Ειδικότερος στόχος της παρούσας μελέτης είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός του πιλοτικού προγράμματος, το οποίο θα εφαρμοστεί στο μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να αξιοποιηθούν περαιτέρω και να αποτελέσουν τη βάση για τον προγραμματισμό και σχεδιασμό αποκατάστασης και άλλων εγκαταλελειμμένων μεταλλείων της Κύπρου.

Η παρούσα Έκθεση εκπονήθηκε και υποβάλλεται σε εφαρμογή του όρου 7.1 “Απαιτήσεις Εκθέσεων” του Παραρτήματος II – Όροι Εντολής - Τεχνικές Προδιαγραφές της Σύμβασης, σύμφωνα με τον οποίο ο Ανάδοχος υποχρεούται να υποβάλλει στην Αναθέτουσα Αρχή εντός δεκαεπτά (17) εβδομάδων από την υπογραφή της Σύμβασης «Τελική Έκθεση». Η Έκθεση αυτή βασίζεται στα περιεχόμενα της Προκαταρκτικής Τελικής Έκθεσης, έχοντας συμπεριλάβει και τις απαιτούμενες προσθήκες που προκύπτουν από τις παρατηρήσεις της Καθοδηγητικής Επιτροπής, όπως αυτές κοινοποιήθηκαν στον Ανάδοχο με την επιστολή της 17 Νοεμβρίου 2010.

1.2. ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ

Για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης ασχολήθηκε η παρακάτω ομάδα μελετητών, επιστημόνων και εξωτερικών συνεργατών της Εταιρείας **ECHMES Ltd.**:

- Άρης Τσακαρισιάνος, Μηχανικός Μεταλλείων – Μεταλλουργός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Εταίρος και Διαχειριστής της εταιρείας ECHMES.

- Δρ. Κατερίνα Αδάμ, Μηχανικός Μεταλλείων – Μεταλλουργός Μηχανικός Ε.Μ.Π., Λέκτορας ΕΜΠ, Ειδική Σύμβουλος Περιβάλλοντος της Ομάδας Έργου..
- Νίκος Βουδούρης, Μηχανικός Μεταλλείων – Μεταλλουργός Μηχανικός Υ.Δ. Ε.Μ.Π.
- Ανδρέας Σιαθάς, Γεωλόγος MSc. Πανεπιστημίου Καρόλου Πράγας.
- Σταύρος Μαντζίνης, Δασολόγος Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Γιώργος Θεοδωρόπουλος, Φυσικός Ε.Κ.Π.Α, M.Sc in Environmental Technology, Imperial College London,
- Ιωάννης Ορφανουδάκης, Μεταλλειολόγος - Μεταλλουργός Μηχανικός Ε.Μ.Π., M.Sc. Γεωπληροφορικής.
- Τάσση Κατερίνα Πτυχιούχος Μηχανικός Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος Τ.Ε.

1.3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΘΗΚΑΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Στο πλαίσιο του παρόντος Έργου, εκτελέστηκαν από τον Ανάδοχο οι ακόλουθες δραστηριότητες:

- Πραγματοποιήθηκε στις 29/07/10 επίσκεψη του εκπροσώπου του Αναδόχου (κ. Α. Τσακαρισιάνου, Εταίρου και Διαχειριστή Εταιρείας ECHMES), με αντικείμενο τη μετάβαση στο Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας και την υπογραφή της σχετικής Σύμβασης Ανάθεσης. Κατά την επίσκεψη του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας λήφθηκε σειρά φωτογραφιών και βιντεοσκοπήθηκε όλη η διαδρομή που ακολουθήθηκε.
- Εντός τριών (3) εβδομάδων από την υπογραφή της Σύμβασης, υπεβλήθη «Έκθεση Έναρξης» 23/08/2010 η οποία περιελάμβανε:
 - ο τα συμπεράσματα των αρχικών συζητήσεων με την Αναθέτουσα Αρχή και τις πρώτες διαπιστώσεις του Αναδόχου σχετικά με τις συνθήκες του Αντικειμένου της Σύμβασης όπως έχουν διαμορφωθεί κατά την έναρξή του,
 - ο τα κύρια θέματα που εντοπίστηκαν,
 - ο τις άμεσες ενέργειες που προτείνονται και τις προτεραιότητες που τίθενται,
 - ο το επικαιροποιημένο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του Αντικειμένου της Σύμβασης με σημειωμένα τα κρίσιμα σημεία,
 - ο το πρόγραμμα εργασιών για την υλοποίηση του Αντικειμένου της Σύμβασης
- Πραγματοποιήθηκε στις 09-10/09/2010 επίσκεψη και συνάντηση Μελών της Ομάδας Έργου με την Αναθέτουσα Αρχή, όπου συζητήθηκαν κρίσιμα θέματα, και ελήφθησαν αποφάσεις. Πιο συγκεκριμένα, από τη συνάντηση προέκυψαν τα ακόλουθα:
 - ο Εξετάστηκαν οι μέχρι σήμερα μέθοδοι αποκατάστασης σε διάφορα μεταλλεία της Κύπρου: Μεταλλείο Αμιάντου, Μεταλλείο Αγροκηπιάς.
 - ο Όσον αφορά στο ανάγλυφο και τη γεωτεχνική ευστάθεια των σωρών συζητήθηκαν τα ακόλουθα:

- Οι αποκαταστάσεις και φυτεύσεις σε στείρα που περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις θειούχων ενώσεων λόγω της οξύτητας των επιφανειακών στρωμάτων παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες
- Συμφωνήθηκε να δοθεί προτεραιότητα στην περιβαλλοντική αποκατάσταση του σωρού στείρων που βρίσκεται ΒΑ της ανοιχτής εκσκαφής
- Για την εξομάλυνση των πρανών του ως άνω σωρού με παράλληλη διαμόρφωση αναβαθμίδων θα εξετασθεί η μεταφορά υλικού στη στέψη του σωρού ή εντός της εκσκαφής.
- Για την εξομάλυνση της κλίσης των πρανών των σωρών των εξορυκτικών αποβλήτων στην περιοχή της Κοκκινοπεζούλας, οι υφιστάμενοι επαρχιακοί δρόμοι και τα γειτνιάζοντα ρέματα αποτελούν όριο.
- Συζητήθηκαν θέματα γεωτεχνικής σταθερότητας και λήψης μέτρων για τα πρανή της εκσκαφής, για την αποφυγή μεγάλων μετακινήσεων μαζών και διαβρώσεων.
- Για το σχεδιασμό του πιλοτικού προγράμματος ελήφθησαν χάρτες από την παλαιά μεταλλειοκτήτρια εταιρεία με το αρχικό ανάγλυφο της περιοχής του Έργου
- Διαπιστώθηκε ότι τα ήδη διαθέσιμα δείγματα στερεών τα οποία εξετάστηκαν στη προγενέστερη Μελέτη Life (Mining Waste Management on Cyprus: Assessment, Strategy Development and Implementation, 1998) δεν αναφέρονται σε σωρούς στείρων της περιοχής έργου. Έτσι ο Ανάδοχος προτάθηκε, κατά τη διάρκεια της επίσκεψης στην περιοχή έργου, να υποδείξει στην Αναθέτουσα Αρχή (Α.Α.) πέντε (5) σημεία δειγματοληψίας από το ΒΑ σωρό στείρων του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας. Τα ως άνω δείγματα να αναλυθούν για S%, αλκαλικότητα, Fe, Cu, Zn, As, Pb. Επίσης, κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας να ληφθούν δύο (2) δείγματα όξινου νερού από το χώρο της εκσκαφής (λίμνη), δεδομένου ότι τα διαθέσιμα στοιχεία αφορούν δειγματοληψία που έγινε το 1995.
- Η Οριοθέτηση της περιοχής πιλοτικού προγράμματος θα αποφασιστεί μετά την επιλογή μεθόδου αποκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αποκατάστασης / στρέμμα, όπως αυτό διαμορφώνεται μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού των προτεινόμενων έργων. Πιο συγκεκριμένα:
 - Ο ανάδοχος θα υπολογίσει το μοναδιαίο κόστος αποκατάστασης για διάφορες παραμέτρους και μεθόδους, ανάλογα π.χ. με την κλίση και το ύψος των αναβαθμίδων των σωρών, των προσθηκών αλκαλικών και εδαφοβελτιωτικών υλικών, την απόσταση μεταφοράς εδαφικού υλικού και φυτικής γης, κλπ.
 - Με βάση το ως άνω κόστος και τις σταθερές δαπάνες του Έργου θα υπολογιστεί σε συνεργασία με την Α.Α. η μέγιστη επιφάνεια της περιοχής που μπορεί να αποκατασταθεί.
 - Η πιλοτική περιοχή θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική, με βάση τη σύσταση των στείρων από τις διάφορες περιοχές απόθεσης.
 - Στην πιλοτική περιοχή, θα εξετασθεί η δυνατότητα εφαρμογής πλέον του ενός τρόπου αποκατάστασης, σε διακριτούς και ανεξάρτητους χώρους.

- Όσον αφορά στην εξεύρεση δανειοθαλάμων για την εξεύρεση των υλικών που θα απαιτηθούν για την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης στην άμεση περιοχή του Έργου αναφέρθηκε από την Α.Α. :
 - Φυτόχωμα είναι διαθέσιμο σε πάρα πολύ περιορισμένες ποσότητες (έως μηδενικές) μόνο από το διπλανό δάσος
 - Στο Νότιο μέρος της περιοχής έργου υπάρχουν λάβες (pillow lavas), που σύμφωνα με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα της αναδάσωσης στην περιοχή, μπορούν να υποστηρίξουν τη βλάστηση, εφόσον δοθεί σχετική άδεια από το Τμήμα Δασών.
 - Σε πολύ κοντινή απόσταση από το εξεταζόμενο μεταλλείο βρίσκονται: λατομείο παραγωγής αδρανών υλικών και ασβέστη και επεξεργασίας μπετονίτη, το οποίο μπορεί να παρέχει τα αλκαλικά υλικά (μπάζα) και υλικά για την εξουδετέρωση και στεγάνωση των προς αποκατάσταση στείρων, καθώς και άλλα τρία λατομεία παραγωγής αδρανών υλικών.
 - Με βάση τα παραπάνω, η Ομάδα Έργου επισκέφθηκε τις ακόλουθες περιοχές:
 - Την περιοχή Έργου του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, όπου ο Ανάδοχος υπέδειξε τα πέντε (5) σημεία δειγματοληψίας από τον σωρό στείρων στα Β.Α της εκσκαφής. Επίσης κατεγράφησαν τα είδη βλάστησης γύρω από την περιοχή της ανοικτής εκσκαφής.
 - Τις αποκαταστάσεις στην περιοχή του παλαιού μεταλλείου θειούχου χαλκού της Αγροκηπιάς, που όπως διαπιστώθηκε δεν ήταν επιτυχείς λόγω απουσίας ικανού πάχους στρώματος εδαφικού υλικού και φυτικής γης.
 - Γειτονικές εγκαταστάσεις, λατομείο παραγωγής αδρανών υλικών και ασβέστη και επεξεργασίας μπετονίτη στην περιοχή Μιτσερό, με διαθεσιμότητα σημαντικών ποσοτήτων (1,0 εκατ. t) ασβεστολιθικής άμμου και ιλύος από την επεξεργασία του τροφοδοτούμενου ασβεστόλιθου. Επίσης είναι διαθέσιμοι 20.000 t χαμηλής ποιότητας μπετονίτη.
 - Το μεταλλείο Αμιάντου, στο όρος Τρόδος, όπου εξετάστηκαν η μέθοδος και η πρόοδος των έργων αποκατάστασης.
 - Το Βοτανικό κήπο, που βρίσκεται κοντά στο μεταλλείο Αμιάντου
- Κατά τη διάρκεια των επισκέψεων παρουσιάστηκαν από τους αρμόδιους τεχνικοοικονομικά στοιχεία σχετικά με τις αποκαταστάσεις που έχουν υλοποιηθεί.
- Από τα στερεά δείγματα των σωρών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας ελήφθησαν αντιδείγματα για Ορυκτολογική παρατήρηση και αξιολόγηση των θειούχων ορυκτών και των προϊόντων οξείδωσης.
 - Εντός δεκατριών (13) εβδομάδων από την υπογραφή της Σύμβασης (28/10/2010) υπεβλήθη στην Αναθέτουσα Αρχή «**Προκαταρκτική (Draft) Τελική Έκθεση**» η οποία περιελάμβανε:
 - καταγραφή όλων των δραστηριοτήτων που υλοποιήθηκαν και των παραδοτέων που εκπονήθηκαν
 - προτάσεις και εισηγήσεις για μελλοντικές ανάγκες της Αναθέτουσας Αρχής σχετικά με το Αντικείμενο της Σύμβασης που υλοποιήθηκε.

- Η Αναθέτουσα Αρχή, αφού εξέτασε και αξιολόγησε την υποβληθείσα Προκαταρκτική Τελική Έκθεση αποφάσισε την έγκρισή της με κάποιες παρατηρήσεις (Επιστολή 17/11/2010), οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα **Τελική Έκθεση**.

Τα Πρακτικά των ως άνω συναντήσεων περιλαμβάνονται στο **Παράρτημα Ι** της παρούσης.

1.4. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα Μελέτη αποτελείται από επτά (7) Κεφάλαια. Πιο συγκεκριμένα:

- Το **Κεφάλαιο 1** περιλαμβάνει γενικής φύσεως πληροφορίες, σχετικά με το Έργο, καθώς και καταγραφή των εργασιών που εκτελέστηκαν από τον Ανάδοχο στο πλαίσιο του Έργου.
 - Το **Κεφάλαιο 2** περιλαμβάνει τους στόχους της Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης και την επιλογή της Πιλοτικής Περιοχής Έργου.
 - Το **Κεφάλαιο 3** περιλαμβάνει το Σχεδιασμό των εργασιών αποκατάστασης και τις εργασίες για την περιβαλλοντική αποκατάσταση της Πιλοτικής Περιοχής Έργου.
 - Το **Κεφάλαιο 4** περιλαμβάνει θέματα που σχετίζονται με εργασίες διαχείρισης γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών προβλημάτων που εντοπίζονται μέσα στην εκσκαφή.
 - Το **Κεφάλαιο 5** περιλαμβάνει θέματα που σχετίζονται με εργασίες διαχείρισης νερών εκσκαφής και βελτίωσης ποιότητας αυτών έναντι όξινης απορροής, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για άρδευση.
 - Το **Κεφάλαιο 6** περιλαμβάνει τον προκαταρκτικό προϋπολογισμό κόστους των παραπάνω εργασιών αποκατάστασης με υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων (Δελτία ποσοτήτων) και χρονοδιάγραμμα εργασιών.
 - Το **Κεφάλαιο 7** περιλαμβάνει συμπεράσματα και προτάσεις.
- Η μελέτη υποστηρίζεται επίσης από σειρά **Παραρτημάτων** τα οποία περιλαμβάνουν:
- Τα πρακτικά των συναντήσεων του Αναδόχου με την Αναθέτουσα Αρχή, **Παράρτημα Ι**
 - Την Τεχνική Έκθεση με θέμα "Ορυκτολογία Μεταλλευτικών Αποβλήτων Εγκαταλελειμμένου Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας (Μιτσερό Κύπρου), **Παράρτημα ΙΙ**
 - Τα αναλυτικά στοιχεία προϋπολογισμού δαπανών για τα εναλλακτικά σενάρια που εξετάστηκαν, **Παράρτημα ΙΙΙ**

Τέλος σε συνέχεια των παρατηρήσεων της Καθοδηγητικής Επιτροπής μετά την αξιολόγηση επί του περιεχομένου της Προκαταρκτικής Τελικής Έκθεσης, συντάχθηκε **το Συμπληρωματικό Τεύχος της Τελικής έκθεσης**, που συνιστά αναπόσπαστο μέρος της παρούσης. Στο Τεύχος αυτό δίδονται τα επί μέρους συμπληρωματικά στοιχεία όσον αφορά την τελική χωροθέτηση της περιοχής πιλοτικής εφαρμογής και τις επιλεγείσες μεθόδους αποκατάστασης, από το σύνολο των εναλλακτικών μεθόδων που εξετάστηκαν στην Προκαταρκτική Τελική Έκθεση. Τέλος στο ίδιο Τεύχος δίνονται στοιχεία για τον σχεδιασμό του Προγράμματος Παρακολούθησης της επιτυχίας της Γεωχημικής Αποκατάστασης των επιλεγμένων στειρών εξόρυξης .

2. ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Παρούσα Ενότητα περιγράφονται οι Αρχές Σχεδιασμού των Έργων για την Αποκατάσταση του εγκαταλελειμμένου μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας. Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τη Σύμβαση του Έργου, ο ως άνω σχεδιασμός περιλαμβάνει:

- Την επιλογή της περιοχής για την εφαρμογή του Πιλοτικού Προγράμματος (Πιλοτική Περιοχή Έργου).
- Τον σχεδιασμό των εργασιών διαμόρφωσης αναγλύφου των σωρών μεταλλευτικών στείρων στην Πιλοτική Περιοχή Έργου.
- Τον σχεδιασμό των εργασιών γεωχημικής αποκατάστασης της επιφάνειας των σωρών μεταλλευτικών στείρων στην Πιλοτική Περιοχή Έργου.
- Τον σχεδιασμό των εργασιών προετοιμασίας εδάφους της επιφάνειας των σωρών μεταλλευτικών στείρων στην Πιλοτική Περιοχή Έργου, για φυτεύσεις.
- Τον σχεδιασμό των εργασιών φυτεύσεων στην Πιλοτική Περιοχή Έργου.
- Τον σχεδιασμό των εργασιών διαχείρισης των νερών εκσκαφής (Λίμνη Κοκκινοπεζούλα) και βελτίωσης της ποιότητας αυτών, έναντι φαινομένου όξινης απορροής, με σκοπό την αξιοποίησή του για άρδευση στην Πιλοτική Περιοχή Έργου.
- Τον σχεδιασμό των εργασιών για τη διαχείριση γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών προβλημάτων που εντοπίζονται μέσα στην εκσκαφή.

2.2. ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Μακροπρόθεσμοι στόχοι του προτεινόμενου σχεδιασμού περιβαλλοντικής αποκατάστασης είναι η απόδοση της άμεσης περιοχής Έργου σε μια περιβαλλοντικά συμβατή κατάσταση, που θα απαιτεί την ελάχιστη δυνατή συντήρηση και παρακολούθηση μετά την ολοκλήρωση των εργασιών. Για το σκοπό αυτό, οι σχετικές εργασίες θα σχεδιασθούν και θα εκτελεστούν σύμφωνα με τα παρακάτω πέντε βασικά κριτήρια, που εφαρμόζονται στην εξορυκτική βιομηχανία (**Πίνακας 2.2-1**).

Πίνακας 2.2-1: Βασικά κριτήρια περιβαλλοντικής αποκατάστασης

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<i>Κριτήριο προστασίας δημόσιας υγείας και ασφάλειας</i>	Απόδοση της περιοχής Έργου σε κατάσταση που δεν θα δημιουργεί κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία των ανθρώπων, της πανίδας, της χλωρίδας και γενικά για την ασφάλεια του ανθρωπογενούς και φυσικού περιβάλλοντος.
<i>Κριτήριο γεωτεχνικής σταθερότητας</i>	Όλες οι παρεμβάσεις που έχουν γίνει στο φυσικό ανάγλυφο της περιοχής του Έργου, θα πρέπει να παρουσιάζουν γεωτεχνική ευστάθεια, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η δημόσια υγεία, η ασφάλεια και η προστασία του άμεσου περιβάλλοντος.
<i>Κριτήριο γεωχημικής σταθερότητας</i>	Όλα τα παραμένοντα υλικά θα πρέπει να είναι γεωχημικά σταθερά και δεν θα πρέπει να παρουσιάζουν δυνητικό κίνδυνο για τους μελλοντικούς χρήστες της περιοχής, τη δημόσια υγεία ή το άμεσο περιβάλλον, και ειδικά τα εδάφη, τους υδάτινους πόρους, χλωρίδα, πανίδα, κλπ.
<i>Κριτήριο βιολογικής σταθερότητας</i>	Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος θα πρέπει να οδηγεί προς την κατεύθυνση ενός αυτοσυντηρούμενου, τυπικού για την περιοχή οικοσυστήματος. Το πρόγραμμα αποκατάστασης πρέπει να ανταποκρίνεται στις μελλοντικές χρήσεις γης της περιοχής και να στοχεύει στην επαναδημιουργία ασφαλών και σταθερών συνθηκών που θα ενθαρρύνουν τη φυσική αναγέννηση και την ανάπτυξη της βιοποικιλότητας στην περιοχή του Έργου.
<i>Κριτήριο τοπιολογικής προσαρμογής</i>	Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος θα πρέπει να οδηγεί στην τοπιολογική της περιοχής επέμβασης με τρόπο αρμονικά συνδεδεμένο και εντεταγμένο στα φυσικά της χαρακτηριστικά.

2.3. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

2.3.1. Μορφολογία Περιοχής Έργου

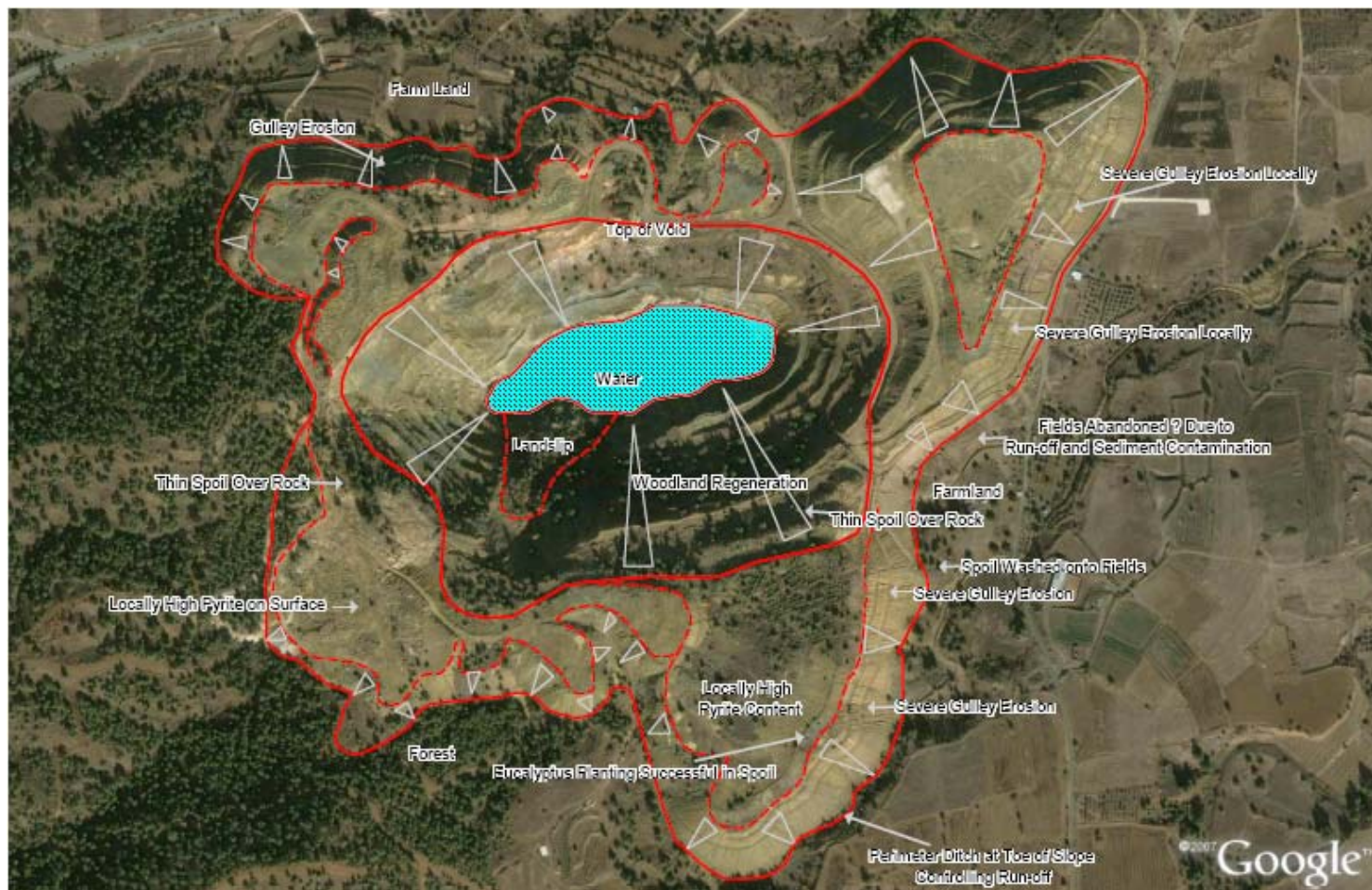
Η περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, συνολικής επιφάνειας περίπου **480 στρ.**, αποτελείται από το χώρο της εκσκαφής και το χώρο απόθεσης στείρων σε σωρούς, γύρω από τον χώρο της εκσκαφής (**Εικόνα 2.3-1**).

Τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Άμεση γειτνίαση περιοχής μεταλλείου με τον οικισμό Μίτσερο με παρουσία διάσπαρτων οικημάτων / κατοικιών στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των εξωτερικών αποθέσεων και του οικισμού.

Κλειστή εκσκαφή:

- Το μέγεθος της κλειστής εκσκαφής μεταλλείου είναι σημαντικό και στον πυθμένα της εκσκαφής έχει σχηματισθεί τεχνητή λίμνη. Διαστάσεις εκσκαφής: μήκος ~600 m (κατά τη διεύθυνση Α-Δ), και πλάτος ~350 m, και επιφάνειας 172 στρ. περίπου.
- Απότομη συνολική κλίση βαθμίδων (~60-65°) στο ΒΔ και Δ τμήμα της εκσκαφής, ηπιότερες στο Ν τμήμα της (~30-35°) και ενδιάμεσες στην υπόλοιπη έκταση της εκσκαφής, και με υψόμετρο που κυμαίνεται από +360 m έως +410m.
- Παρουσία κατολίσθησης στα νότια και κοντά στο δυτικό άκρο της τεχνητής λίμνης στην περιοχή κύριου ρήγματος με διεύθυνση Β-Ν.
- Αδυναμία πρόσβασης στο μεγαλύτερο τμήμα των βαθμίδων της εκσκαφής λόγω καταπτώσεων υλικών από τα μέτωπα των βαθμίδων.
- Παρουσία επιφανειακού στρώματος οξειδωμένων προϊόντων σιδηροπυρίτη (gossan) στο ανώτερο τμήμα των βαθμίδων στα Β της εκσκαφής.
- Παρουσία φυσικής αναδάσωσης των νότιων πρανών της εκσκαφής λόγω παρουσίας ηφαιστειακών τόφφων με την μορφή μαξιλαριών (pillow lavas) και της μικρής συνολικής κλίσης των πρανών της εκσκαφής.
- Μόνιμη διατήρηση τεχνητής λίμνης στον πυθμένα της εκσκαφής ως συνέπεια πλευρικών διηθήσεων από τοπικούς μικρούς υδροφόρους ορίζοντες που έχουν σχηματισθεί εντός της μάζας των πυριγενών πετρωμάτων.
- Όξινη σύσταση νερών λίμνης λόγω οξείδωσης των θειούχων μεταλλευμάτων και σχηματισμού όξινης απορροής με pH ~3,0.



Εικόνα 2.3-1: Εικόνα Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό

(ΠΗΓΗ: έκθεση 'The preparation of a Strategy for the restoration of abandoned Mines – November 2008, by Wardell Armstrong LLP and ALA Planning Partnership')

Χώρος αποθέσεων:

- Συνολικός όγκος αποθέσεων στείρων περίπου 20 Mt με συνολική επιφάνεια κατάληψης 308,2 στρ. περίπου. (στοιχεία από Στρατηγική Μελέτη, 2008)
- Υψόμετρα χώρων απόθεσης από +410m έως +450m.
- Εντοπισμός του κύριου όγκου των αποθέσεων στείρων στα ΒΑ και ΝΑ της εκσκαφής με την μορφή δύο εξωτερικών ανεξάρτητων σωρών με δευτερεύουσες αποθέσεις στείρων στην υπόλοιπη περίμετρο της εκσκαφής.
- Ορατότητα των εξωτερικών πρανών των σωρών στείρων στα ΒΑ και ΝΑ της εκσκαφής από το τμήμα του επαρχιακού δρόμου Αγροκηπιάς – Μίτσερό.
- Απουσία πρακτικά βλάστησης σ' όλο το μήκος των εξωτερικών πρανών των σωρών στείρων του μεταλλείου λόγω της παρουσίας θειούχων ενώσεων και του όξινου χημισμού των αποτεθέντων υλικών. Τα ως άνω στείρα αποτελούν δυνητική πηγή δημιουργίας όξινης απορροής. Παράλληλα σημειώνεται η κατά θέσεις απότομη κλίση πρανούς των σωρών στείρων που βρίσκεται στο όριο της φυσικής γωνίας που δημιουργήθηκε κατά την φάση της απόθεσης, (περίπου 35-40°).
- Εντοπισμός σιδηροπυρίτη στους σωρούς στείρων στα νότια της εκσκαφής.
- Παρουσία φαινόμενου στερεοποίησης/διαγένεσης υλικών αποθέσεων στείρων λόγω οξείδωσης θειούχων υλικών.
- Παρουσία έντονων φαινομένων εδαφικής διάβρωσης πρανών αποθέσεων στείρων, παρά τις επικρατούσες ξηροθερμικές συνθήκες κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους λόγω απότομης κλίσης (στο όριο της φυσικής γωνίας πρανούς), χαμηλής υδροπερατότητας και απουσίας βλάστησης λόγω χημισμού υλικών απόθεσης.
- Παρουσία αγροτικών εκτάσεων με ξηρικές καλλιέργειες κυρίως στα Α και Β και δευτερευόντως στα Ν του μεταλλείου,.
- Παρουσία δασικών εκτάσεων από πευκοδάση, φρύγανα και θαμνώνες στα Δ και ΝΔ του μεταλλείου.

2.3.2. Γεωλογία Περιοχής Έργου

Η Κύπρος διαιρείται γεωλογικά σε τέσσερις ζώνες, όπως παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2.3-1**:

- α) τη ζώνη Πενταδάκτυλου,
- β) τη ζώνη Τροόδους,
- γ) τη ζώνη Μαμωνιών και
- δ) τη Ζώνη των αυτόχθονων ιζηματογενών πετρωμάτων.



Σχήμα 2.3-1: Χάρτης της Κύπρου με τις γεωλογικές ζώνες

[Πηγή: Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης]

Η περιοχή Έργου (βλ. Σχήμα 2.3-1) βρίσκεται στη ζώνη Τροόδους. Ο Οφιόλιθος Τροόδους ή Ζώνη Τροόδους κυριαρχεί στο κεντρικό τμήμα του νησιού και αποτελεί το γεωλογικό πυρήνα της Κύπρου. Δημιουργήθηκε κατά το Ανώτερο Κρητιδικό (90 εκ. χρόνια) και θεωρείται ως ο πιο πλήρης και καλά μελετημένος οφιόλιθος στον κόσμο. Η στρωματογραφική σειρά αποτελείται από τα κατώτερα προς τα ανώτερα από τα εξής πετρώματα:

- Πλουτώνια (ακολουθία Μανδύα, Σωρειτικά)
- Φλεβικά
- Ηφαιστειακά και χημικά ιζήματα

Η ακολουθία του Μανδύα ονομάζεται έτσι γιατί τα πετρώματα που την αποτελούν θεωρούνται το δύστηκτο υλικό, που παρέμεινε μετά τη μερική τήξη του ανώτερου Μανδύα και το σχηματισμό μάγματος βασαλτικής σύστασης, από το οποίο προήλθαν τα υπόλοιπα πετρώματα του Οφιόλιθου. Αποτελούνται κυρίως από χαρτζβουργίτη, δουνίτη και σερπεντινίτη. Τα σωρειτικά πετρώματα είναι τα προϊόντα της κρυστάλλωσης και της συγκέντρωσης ορυκτών στον πυθμένα των μαγματικών θαλάμων και αποτελούνται κυρίως από δουνίτη, βερλίτη, πυροξενίτη, γάββρο και πλαγιογρανίτη. Τα φλεβικά διαβασικά πετρώματα είναι βασαλτικής έως δολεριτικής σύστασης.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα αποτελούνται από δύο ορίζοντες λαβών και ροές λαβών βασαλτικής κατά κύριο λόγο σύστασης με χαρακτηριστικό προσκεφαλοειδές σχήμα. Τα χημικά ιζήματα αποτελούνται από φαϊόχωμα, ραδιολαρίτες και ραδιολαριτικούς πηλίτες και είναι αποτέλεσμα υδροθερμικής δραστηριότητας και ιζηματογένεσης στο θαλάσσιο πυθμένα.

Τα κοιτάσματα μεικτών θειούχων, χρωμίτη και αμιάντου είναι άμεσα συνδεδεμένα με τον Οφιόλιθο Τροόδους, σχηματίστηκαν σε διάφορες στρωματογραφικές ενότητες (λάβες, δουνίτη και σερπεντίνη αντίστοιχα) και ήρθαν στην επιφάνεια ως αποτέλεσμα της ανύψωσής του.

2.3.3. Σεισμικότητα Περιοχής Έργου

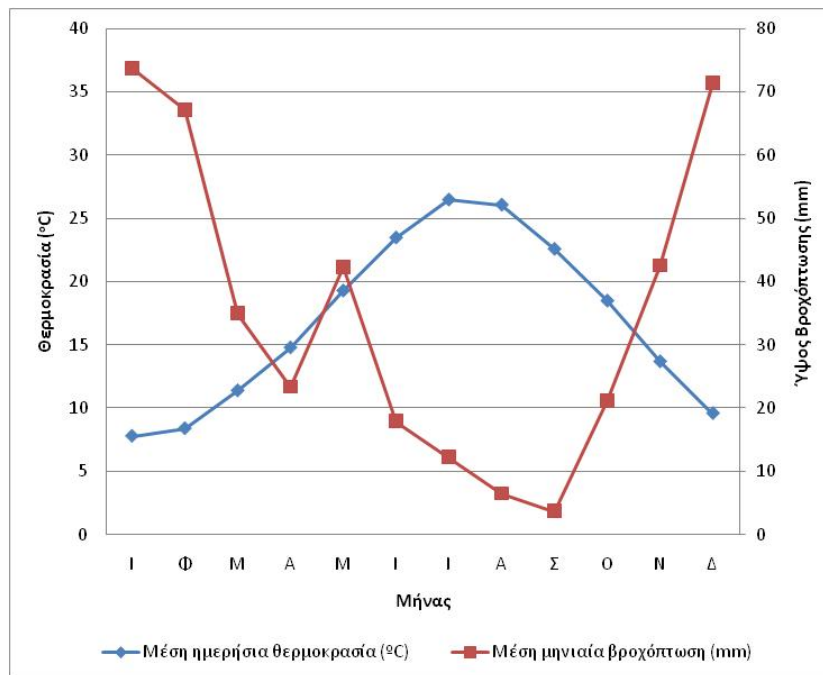
Με βάση την έρευνα σεισμικής επικινδυνότητας της Κύπρου που έγινε από το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, τα πορίσματα της οποίας εκδόθηκαν το 2004, η ευρύτερη περιοχή Μιτσερού παρουσιάζει σκληρά συμπαγή πετρώματα. Βάση του Χάρτη Σεισμικών Ζωνών (Επιτροπή Αναθεώρησης των Ζωνών του Κυπριακού αντισεισμικού Κώδικα – Οκτώβριος 2004), ανήκει στη Ζώνη 2 με αναμενόμενη σεισμική επιτάχυνση της τάξης των 0,20 g, με πιθανότητα αύξησης 10% στα επόμενα πενήντα χρόνια.

2.3.4. Κλιματολογικά στοιχεία Περιοχής Έργου

Οι πλησιέστεροι κλιματολογικοί σταθμοί στην περιοχή μελέτης είναι ο σταθμός «Παναγιά Γεφύρι» και ο σταθμός «Άγιος Ιωάννης (Μαλούντας)». Για τον προσδιορισμό του κλίματος της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία του κλιματολογικού σταθμού «Παναγιά Γεφύρι», διότι το υψόμετρο του σταθμού (440m) προσεγγίζει το υψόμετρο της περιοχής μελέτης.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του κλιματολογικού σταθμού «Παναγιά Γεφύρι» για την περίοδο 1999-2008, το κλίμα χαρακτηρίζεται από μέση ετήσια θερμοκρασία 16,9 °C, μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης 417,5 mm και μέση σχετική υγρασία 63%. Ο Ιανουάριος είναι ο μήνας με τις υψηλότερες κατακρημνίσεις, ενώ οι μήνες Αύγουστος και Σεπτέμβριος εμφανίζονται ως οι πιο άνυδροι μήνες με μέσο ύψος βροχοπτώσεων 6,7 mm, και 3,7 mm αντίστοιχα. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέση μέγιστη θερμοκρασία 39,2 °C και 38,2 °C αντίστοιχα. Ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με μέση ελάχιστη θερμοκρασία -2 °C και -1,9 °C αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το Ομβροθερμικό Διάγραμμα της περιοχής μελέτης (Σχήμα 2.3-2), η ξηρή περίοδος διαρκεί από τον Ιούνιο έως και τον Οκτώβριο.



Σχήμα 2.3-2: Ομβροθερμικό διάγραμμα της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1999-2008

[ΠΗΓΗ: Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, Ιούλιος 2009 (Μ.Σ «Παναγιά Γεφύρι»)]

Οι άνεμοι στην περιοχή είναι κυρίως δυτικοί σε ποσοστό 26,8%, δυτικοί-νοτιοδυτικοί, σε ποσοστό 13,0%, ανατολικοί σε ποσοστό 7,3% και δυτικοί-βρειοδυτικοί σε ποσοστό 17,1%.

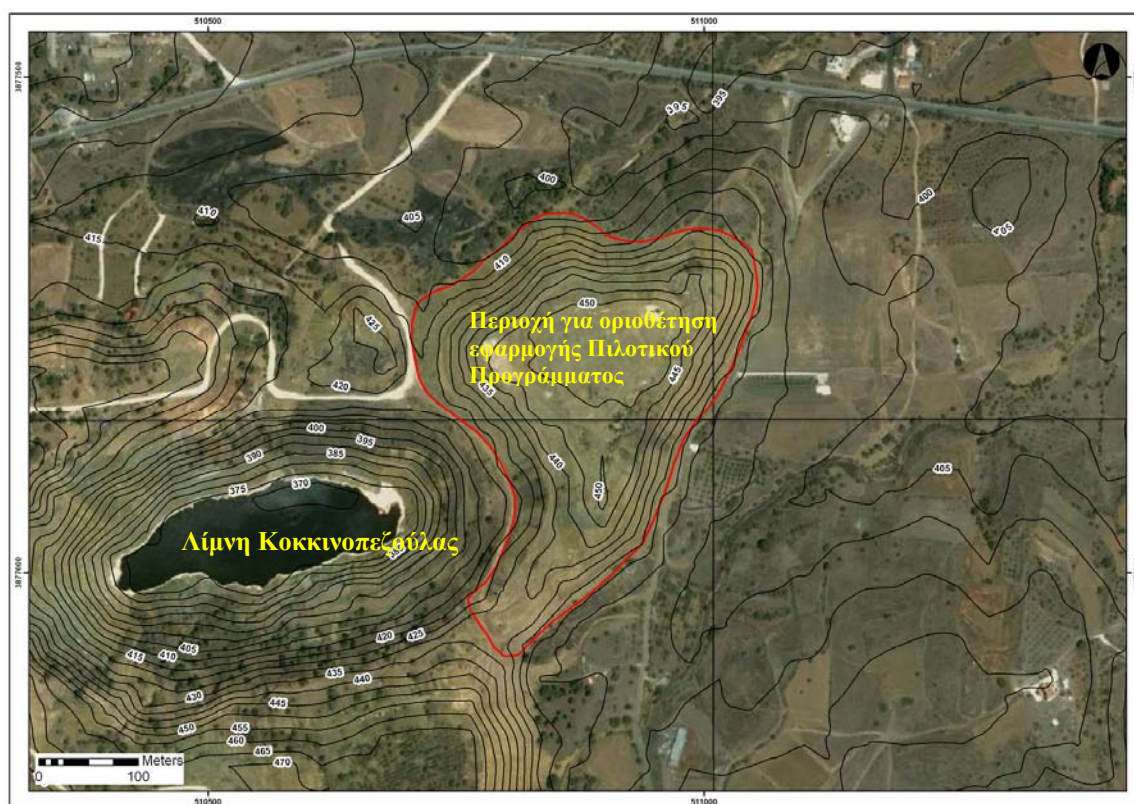
2.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Η επιλογή της περιοχής Έργου όπου στη συνέχεια θα κατασκευασθεί το σχεδιαζόμενο Πιλοτικό Έργο έγινε με βάση τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια όπως:

- Τα γεωμετρικά μεγέθη των σωρών, όπως όγκος, επιφάνεια, κλίσεις κ.ά.
- Την γεωτεχνική ευστάθεια των πρανών.
- Την αντιπροσωπευτικότητα της περιοχής, με βάση τη σύσταση των στείρων από τις διάφορες περιοχές απόθεσης, κ.ά.
- Την υφιστάμενη περιβαλλοντική κατάσταση, με έμφαση στις επιπτώσεις στα εδάφη και νερά
- Την ευκολία πρόσβασης στην περιοχή έργου.
- Την ορατότητα από πλησιέστερους οικισμούς.
- Τη γεινίαση με καλλιεργήσιμες ή δασικές εκτάσεις, κ.ά.

Με βάση τα παραπάνω, συμφωνήθηκε να δοθεί προτεραιότητα στην περιβαλλοντική αποκατάσταση του σωρού στείρων, ΒΑ της εκσκαφής, περιοχή στην οποία θα εφαρμοσθεί το εξεταζόμενο Πιλοτικό Πρόγραμμα Αποκατάστασης.

Σημειώνεται ότι η περιοχή του σωρού στα ΒΑ της κλειστής εκσκαφής (βλ. **Σχήμα 2.4-1**), αποτελεί επιφάνεια περίπου **89,5 στρ.**, με μέτριες ως απότομες κλίσεις (**24° – 36°**), και υψόμετρο που κυμαίνεται από **+403 m** έως **+450 m**. Η εξωτερική περίμετρος του εν λόγω σωρού είναι πλήρως ορατή από τον οικισμό Μιτσερό, ενώ η προσβασιμότητα σε αυτόν είναι εύκολη, καθώς περιμετρικά αυτού υπάρχουν δύο επαρχιακοί οδοί. Οι υφιστάμενοι επαρχιακοί δρόμοι και τα γειτνιάζοντα ρέματα αποτελούν τα όρια της περιοχής επέμβασης.



Σχήμα 2.4-1: Περιοχή για οριοθέτηση εφαρμογής Πιλοτικού Προγράμματος

Όσον αφορά στην οριοθέτηση της περιοχής στην οποία θα εφαρμοστεί το πιλοτικό πρόγραμμα, αυτή θα καθορισθεί μετά την επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος / στρέμμα. Πιο συγκεκριμένα:

- Ο ανάδοχος μετά τον σχεδιασμό των εναλλακτικών προτεινόμενων λύσεων, θα υπολογίσει το μοναδιαίο κόστος αποκατάστασης για διάφορες παραμέτρους και μεθόδους, ανάλογα π.χ. με την κλίση και το ύψος των αναβαθμίδων των σωρών, των προσθηκών αλκαλικών και εδαφοβελτιωτικών υλικών, την απόσταση μεταφοράς εδαφικού υλικού και φυτικής γης, κλπ.

- Με βάση το ως άνω κόστος και τις σταθερές δαπάνες του Έργου υπολογίζεται η μέγιστη επιφάνεια της περιοχής που μπορεί να αποκατασταθεί.
- Στην πιλοτική περιοχή, θα εξετασθεί η δυνατότητα εφαρμογής πλέον του ενός τρόπου αποκατάστασης, σε διακριτούς και ανεξάρτητους χώρους.

Οι επιμέρους Εργασίες Αποκατάστασης παρουσιάζονται στο **Κεφάλαιο 3** της παρούσας Μελέτης.

3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΩΡΟΥ ΣΤΕΙΡΩΝ

Οι εργασίες αποκατάστασης του σωρού στείρων που αναπτύσσονται στις παρακάτω ενότητες περιλαμβάνουν εργασίες που αφορούν σε:

1. Εργασίες διαμόρφωσης των σωρών των στείρων και τον έλεγχο της γεωτεχνικής ευστάθειας των σωρών.
2. Γεωχημικές εργασίες που αποσκοπούν στην πρόληψη του σχηματισμού Όξινης Απορροής από τον σωρό των θειούχων στείρων.
3. Εργασίες φυτεύσεων του σωρού στείρων.
4. Εργασίες παρακολούθησης της ποιότητας περιβάλλοντος.

3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ

Ως γνωστόν ένα σημαντικό μέρος του κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης των σωρών μεταλλευτικών στείρων συνιστούν οι δαπάνες για τις χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης των πρανών τους που προηγούνται των σχετικών εργασιών εξυγίανσης του εδάφους και φυτοτεχνικών εργασιών. Δεδομένου ότι το κόστος των χωματουργικών αυτών εργασιών προσδιορίζεται από το μέγεθος των μετακινουμένων όγκων που μεταβάλλεται συναρτήσει των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των βαθμίδων: ύψος, πλάτος, γωνία πρανούς, στις ενότητες που ακολουθούν δίνεται ο σχεδιασμός των βαθμίδων του προς διαμόρφωση σωρού.

3.1.1. Σχεδιασμός βαθμίδων

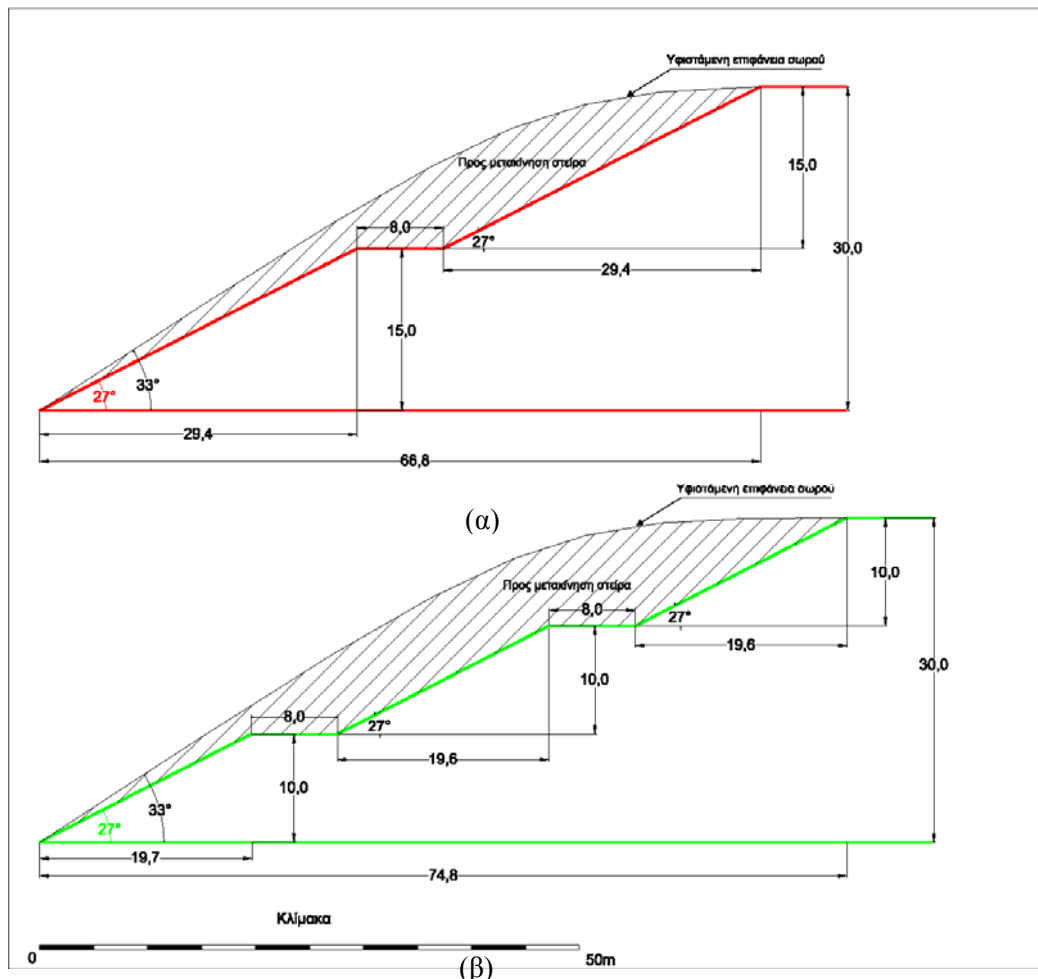
Για τον σχεδιασμό των προς διαμόρφωση βαθμίδων οι παράμετροι που εξετάστηκαν αφορούν το Ύψος βαθμίδας, Πλάτος βαθμίδας και Γωνία Πρανούς.

Όσον αφορά το πλάτος, στην στέψη της βαθμίδας επελέγη ως σταθερή τιμή τα 8m, που περιλαμβάνει 6m για την κατασκευή της οδού μετακίνησης του εξοπλισμού, και 2m, με 1m από κάθε πλευρά της οδού, για τις φυτεύσεις.

Όσον αφορά το Ύψος και τη Γωνία πρανούς, στο πλαίσιο της Μελέτης εξετάστηκαν οι ακόλουθες τέσσερις (4) εναλλακτικές λύσεις:

- Ύψος βαθμίδων 10m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 27°, (Σχήμα 3.1-1).
- Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 27°, (Σχήμα 3.1 -1).
- Ύψος βαθμίδων 10m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 30°.
- Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 30°.

Τα ως άνω μεγέθη βαθμίδων επελέγησαν με βάση στοιχεία που δόθηκαν από την Αναθέτουσα Αρχή σχετικά με τον σχεδιασμό άλλων επιτυχών έργων αποκατάστασης στην Κύπρο, και την σχετική εμπειρία του Αναδόχου.



Σχήμα 3.1-1: Διαμόρφωση αναγλύφου πρανούς εξορυκτικών στείρων για ύψος βαθμίδων (α) 15m και (β) 10 m, πλάτος 8 m και γωνία 27°

Για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις δημιουργήθηκε τρισδιάστατο μοντέλο της υφιστάμενης και της τελικής κατάστασης και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχοι όγκοι των στείρων που θα πρέπει να μετακινηθούν για να επιτευχθεί η επιθυμητή τελική διαμόρφωση, των πρανών του ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, στο Μιτσερό Κύπρου.

Στον Πίνακα 3.1 -1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ως άνω μετρήσεων.

Πίνακας 3.1-1: Υπολογισμός των προς μετακίνηση όγκων στείρων για εργασίες διαμόρφωσης πρανών ΒΑ σωρού στείρων Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας

a/a	Κλίση πρανούς	Βαθμίδες		Μετακιν/νοι Όγκοι (m ³) in situ
		Πλάτος (m)	Ύψος (m)	
A	27°	8	10	289.350
B	27°	8	15	165.670
Διαφορά				123.680
A	30°	8	10	172.070
B	30°	8	15	72.440
Διαφορά				99.630

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι και για τις δύο περιπτώσεις κλίσης πρανών που εξετάστηκαν (δηλ. με κλίση πρανούς 27° και 30°) οι προς μετακίνηση όγκοι στείρων σχεδόν διπλασιάζονται όταν το ύψος των βαθμίδων μειωθεί από τα 15 στα 10m.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- οι προτεινόμενες εργασίες αποκατάστασης σωρών θειούχων στείρων δεν θα περιορισθούν στο Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας, αλλά στην συνέχεια θα αποτελέσουν την βάση για τον σχεδιασμό των έργων αποκατάστασης σε άλλα 25, κυρίως εγκαταλειμμένα μεταλλεία,
- οι διαθέσιμοι οικονομικοί πόροι του Τ.Γ.Ε. είναι συγκεκριμένοι και συνεπώς θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί το περιβαλλοντικό και τεχνικό όφελος από την υλοποίηση των σχετικών εργασιών,
- οι σχετικές εργασίες της επιτυχούς περιβαλλοντικής αποκατάστασης στο Μεταλλείο Αμιάντου στο όρος Τρόδος σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν με βαθμίδες ύψους 15m,
- επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία κόστους έργων περιβαλλοντικής αποκατάστασης, καθώς οι χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης των πρανών αποτελούν σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους αποκατάστασης,
- η γεωτεχνική ανάλυση που ολοκληρώθηκε στο πλαίσιο της παρούσης μελέτης και παρουσιάζεται στην **ενότητα 3.2.2**, κατέδειξε ότι βαθμίδες ύψους 15m, με γωνίες πρανούς 27° και 30° είναι γεωτεχνικά σταθερές υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης

προτάθηκε από την Ομάδα Έργου, και τελικά επιλέχθηκε από την Αναθέτουσα Αρχή (Έγγραφο ΤΓΕ 21.10.2010, βλ. **Παράρτημα Ι**), για τον υπό διαμόρφωση σωρό στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, **ως ύψος βαθμίδων τα 15m.**

3.1.2. Σχεδιασμός γωνίας πρανούς

Για το σχεδιασμό της γωνίας πρανούς, των προς διαμόρφωση βαθμίδων εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις:

Κατόψεις της Περιοχής Έργου όπου παρουσιάζεται η Υφιστάμενη Κατάσταση, και η τελική διαμόρφωση του σωρού των στείρων με γωνία πρανούς 27° και 30° παρουσιάζονται στα **Σχήματα 3.1-4, 3.1-5, και 3.1-6**, αντίστοιχα. Με βάση τα στοιχεία του **Πίνακα 3.1-1**, με αυτές τις κλίσεις και για βαθμίδες ύψους 15m οι προς μετακίνηση όγκοι στείρων ανέρχονται σε **165.670 m³** και **72.440 m³** αντίστοιχα.

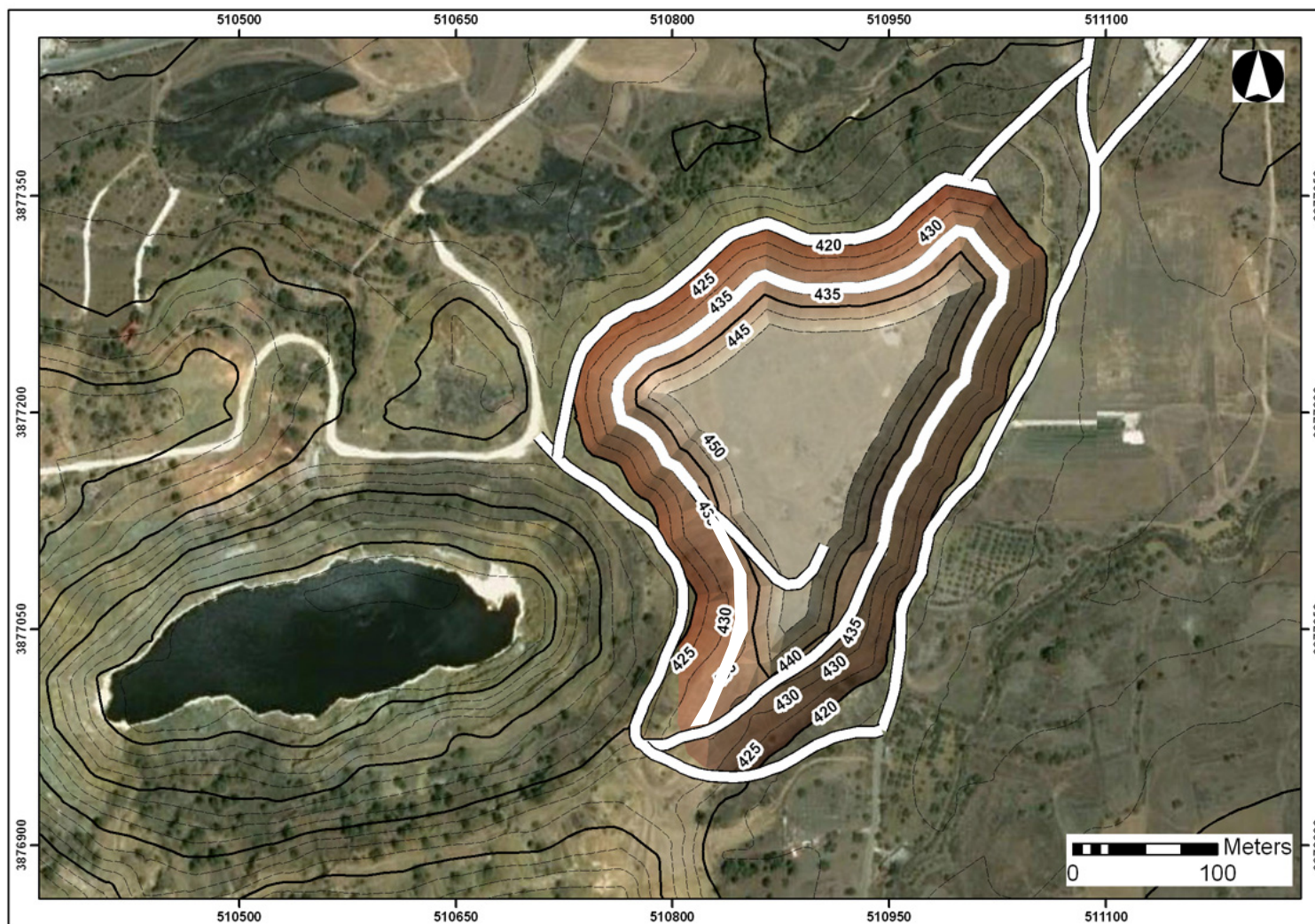
Στην παρούσα φάση, λαμβάνοντας υπόψη τις σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες στείρων που πρέπει να μετακινηθούν προκειμένου να διαμορφωθεί η κλίση των 27° , και δεδομένου ότι και στις δύο κλίσεις εξασφαλίζεται γεωτεχνική ευστάθεια, προτείνεται να εξετασθούν και οι δύο περιπτώσεις, σε ανεξάρτητους χώρους της πιλοτικής περιοχής, ώστε η τελική επιλογή της γωνίας πρανούς που θα εφαρμοσθεί στα συνακόλουθα έργα αποκατάστασης να ληφθεί με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών πεδίου.



Σχήμα 3.1-4: Χάρτης Υφιστάμενης Κατάσταση Περιοχής Έργου



Σχήμα 3.1-5: Χάρτης Περιοχής Έργου, μετά από τελική διαμόρφωση του προς αποκατάσταση σωρού στείρων με γωνία πρανούς 27°.



Σχήμα 3.1-6: Χάρτης Περιοχής Έργου, μετά από τελική διαμόρφωση του προς αποκατάσταση σωρού στείρων με γωνία πρανούς 30°.

3.1.3. Εργασίες διαμόρφωσης αναγλύφου

Έχοντας υπόψη τα όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες Ενότητες, και με τον περιορισμό ότι οι γειτονικοί επαρχιακοί δρόμοι και τα ρέματα αποτελούν όρια της περιοχής, προτείνεται οι εργασίες τελικής διαμόρφωσης αναγλύφου να γίνουν από πάνω προς τα κάτω με χρήση τσάπας τύπου CAT 345 Caterpillar και η μεταφορά με φορτηγά Dumper 40t.

Η τελική επιφάνεια θα περιλαμβάνει δύο βαθμίδες, και τις απαιτούμενες διαμορφώσεις σύμφωνα με τα ακόλουθα:

- Μία βαθμίδα ύψους **15 m** σε υψόμετρο **+420 m**, πλάτους **8 m**.
- Μία βαθμίδα ύψους **15 m**, σε υψόμετρο **+435m**, πλάτους **8 m**.
- Η στέψη σε υψόμετρο **+450 m**.
- Πρανή με γωνία πρανούς **27° ή 30°**, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στην **Ενότητα 3.1.2**.

Επίσης στο υψόμετρο των **+420 m** θα γίνουν οι απαιτούμενες διαμορφώσεις για την εξομάλυνση των υφιστάμενων ορίων του σωρού.

Το πλεονάζον υλικό που θα προκύψει κατά τη διαμόρφωση θα μεταφέρεται και θα αποτίθεται εντός της εκσκαφής. Οι λόγοι που συνηγορούν για την προσέγγιση αυτή είναι ότι δεν διατίθεται επαρκής χώρος για τη απόθεση των ως άνω υλικών:

- στη στέψη του σωρού για την υποδοχή των μετακινούμενων υλικών
- κατάντη του σωρού λόγω της άμεσης πρακτικά γειννιάσής του με τα όρια της περιοχής επέμβασης.

Σημειώνεται ότι, λόγω της γειννιάσης της περιοχής Έργου με τον οικισμό Μιτσερού, κατά τη διάρκεια των εργασιών θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και καταστολή αερίων ρύπων (σκόνης), την προστασία του ακουστικού περιβάλλοντος και την πρόληψη των δονήσεων.

3.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

3.2.1. Αποτίμηση ευστάθειας υφιστάμενων σωρών

Για τους σκοπούς της παρούσας Μελέτης, και για τον έλεγχο της ευστάθειας των πρανών των σωρών απόθεσης, στην υφιστάμενη κατάσταση και μετά τη διαμόρφωση των σωρών, σύμφωνα με τον προτεινόμενο σχεδιασμό, ελήφθησαν χάρτες παλαιότερης και της σημερινής κατάστασης στην περιοχή Έργου. Πιο συγκεκριμένα:

- Η Ελληνική Μεταλλευτική Εταιρία διέθεσε στην Αναθέτουσα Αρχή παλαιότερο σχέδιο της περιοχής (έτους 1963) με ισοϋψείς καμπύλες, καθώς δεν υπήρχε χάρτης της αρχικής τοπογραφίας της περιοχής του μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας.
- Η Αναθέτουσα αρχή διέθεσε στην Ομάδα Έργου χάρτη της υφιστάμενης μορφολογίας του αναγλύφου, σε ψηφιακή μορφή, με ισοϋψείς ανά 5 m.

Ο έλεγχος ευστάθειας έγινε σε τέσσερις (4) αντιπροσωπευτικές τομές, οι οποίες παρουσιάζονται στα **Σχήματα 3.2-1** και **3.2-2**

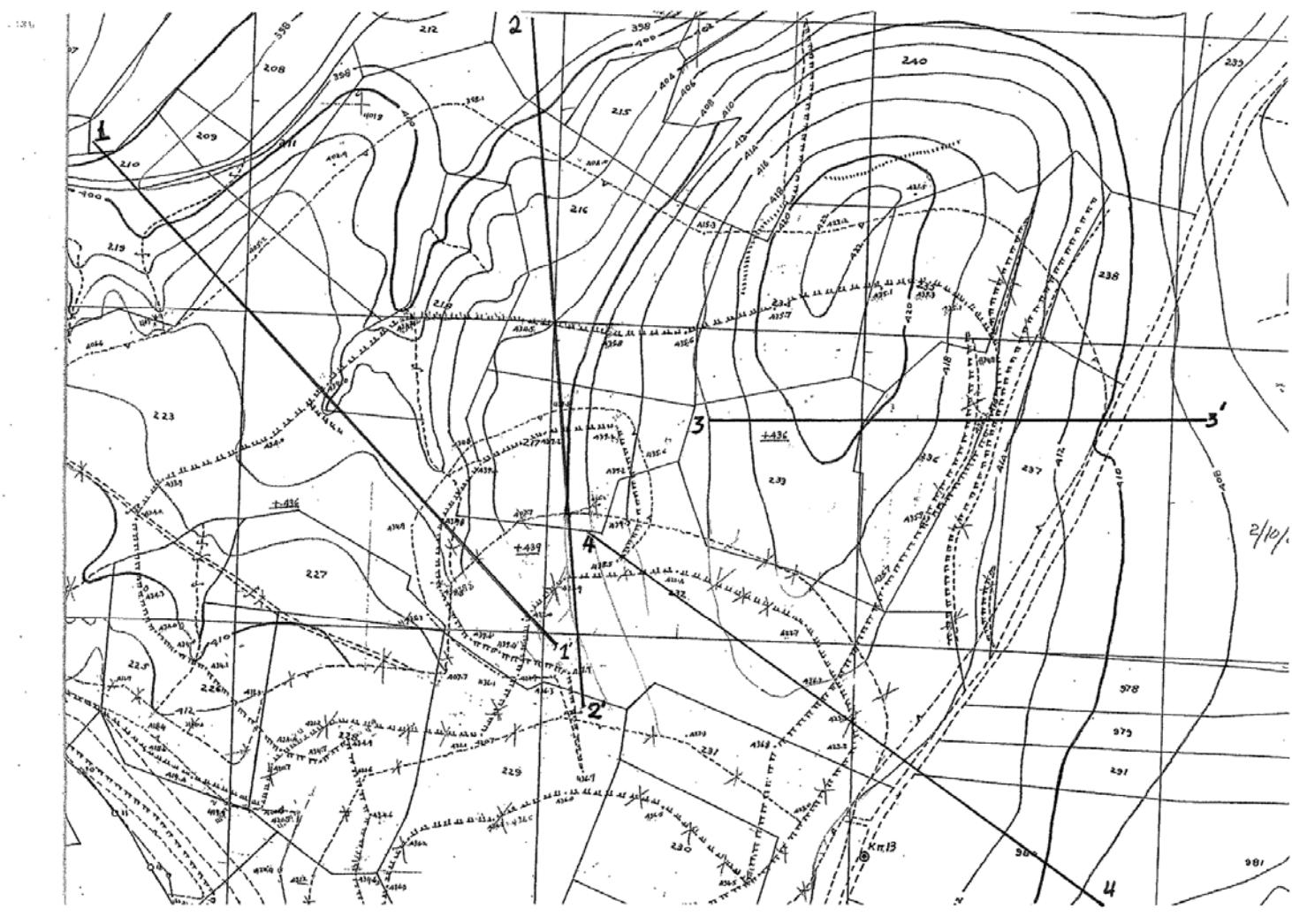
Για την ανάλυση της ευστάθειας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Slide 4.1 της εταιρείας RocScience. Για την ανάλυση υιοθετήθηκε η μέθοδος Bishop Simplified.

Για κάθε περίπτωση έγιναν αναλύσεις της ευστάθειας στις τέσσερις (4) χαρακτηριστικές τομές, κάτω από διαφορετικές συνθήκες ως ακολούθως:

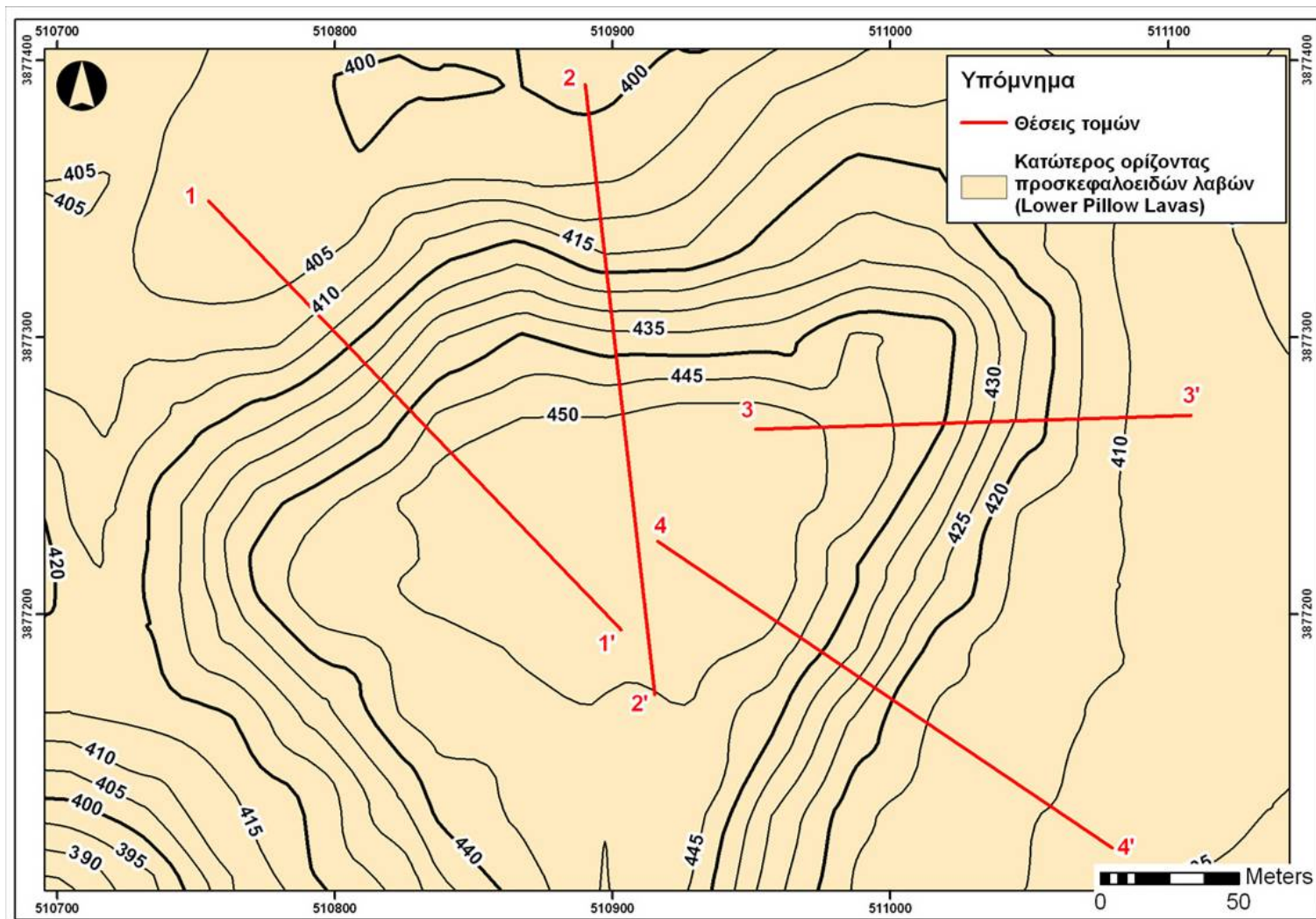
1. Στατικές συνθήκες
2. Συνθήκες σεισμού
3. Στατικές συνθήκες με παρουσία νερού κοντά στην επιφάνεια έδρασης των σωρών στείρων.
4. Συνθήκες σεισμού με παρουσία νερού κοντά στην επιφάνεια έδρασης των σωρών στείρων.

Με εξαίρεση την πρώτη περίπτωση, που είναι πιθανή, οι υπόλοιπες περιπτώσεις μπορεί να συμβούν σπάνια (περίπτωση 2), πολύ σπάνια (περίπτωση 3), σχεδόν αδύνατον (περίπτωση 4). Ο σεισμικός συντελεστής (g) καθορίστηκε σε 0,1 παραδοχή πλέον συντηρητική από τα ισχύοντα όρια, δεδομένου ότι σύμφωνα με τον Σεισμικό Κώδικα για Κατασκευές Οπλισμένου Σκυροδέματος στην Κύπρο που ετοιμάστηκε από την Επιτροπή Αντισεισμικής Μηχανικής του Συνδέσμου Πολιτικών Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων Κύπρου, Λευκωσία, Σεπτέμβρης 1991 θα έπρεπε να ήταν 0,075.

Σε στατικές συνθήκες ο ελάχιστος αποδεκτός συντελεστής ασφάλειας μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 1,5 ενώ για συνθήκες σεισμού και στατικές συνθήκες με παρουσία στάθμης νερού ο συντελεστής ασφάλειας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 1,2. Στη δυσμενέστερη περίπτωση, που αφορά συνθήκες σεισμού με ταυτόχρονη παρουσία στάθμης νερού, ο συντελεστής ασφάλειας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 1,1.



Σχήμα 3.2-1: Χάρτης Αρχικής Μορφολογίας (1963) Περιοχής Έργου, με θέσεις τομών ελέγχου γεωτεχνικής ευστάθειας



Σχήμα 3.2-2: Χάρτης Υφιστάμενης Μορφολογίας Περιοχής Έργου, με θέσεις τομών ελέγχου γεωτεχνικής ευστάθειας

Για την ανάλυση ευστάθειας έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ συντηρητικές παράμετροι, οι οποίες όσον αφορά τις λάβες και τα στείρα παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.2-1 και 3.2-2.

Πίνακας 3.2-1: Συνοπτικός πίνακας παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τις λάβες (in situ basaltic rock)¹

Παράμετρος	Τιμή
Intact UCS (kPa)	100.000
Geological Strength Index	58
Disturbance Factor	1
Intact Rock Constant, <i>m_i</i>	15
The value of the Hoek-Brown constant m for the rock mass, <i>m_b</i>	0,747
Constant, which depends upon the rock mass characteristics, <i>s</i>	0,0009
Constant, which depends upon the rock mass characteristics, <i>a</i>	0,5033
Unsaturated Unit Weight (kN/m ³)	17
Saturated Unit Weight (kN/m ³)	22

Πίνακας 3.2-2: Συνοπτικός πίνακας παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τους σωρούς

Παράμετρος	Τιμή
Angle of Internal Friction, Φ	34°
Cohesion, <i>c</i> (kN/m ²)	10
Unsaturated Unit Weight (kN/m ³)	17
Saturated Unit Weight (kN/m ³)	22

Έλεγχος ευστάθειας υφιστάμενων σωρών

Για τις ως άνω αναφερόμενες τέσσερις τομές (1-1', 2-2', 3-3' και 4-4') προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

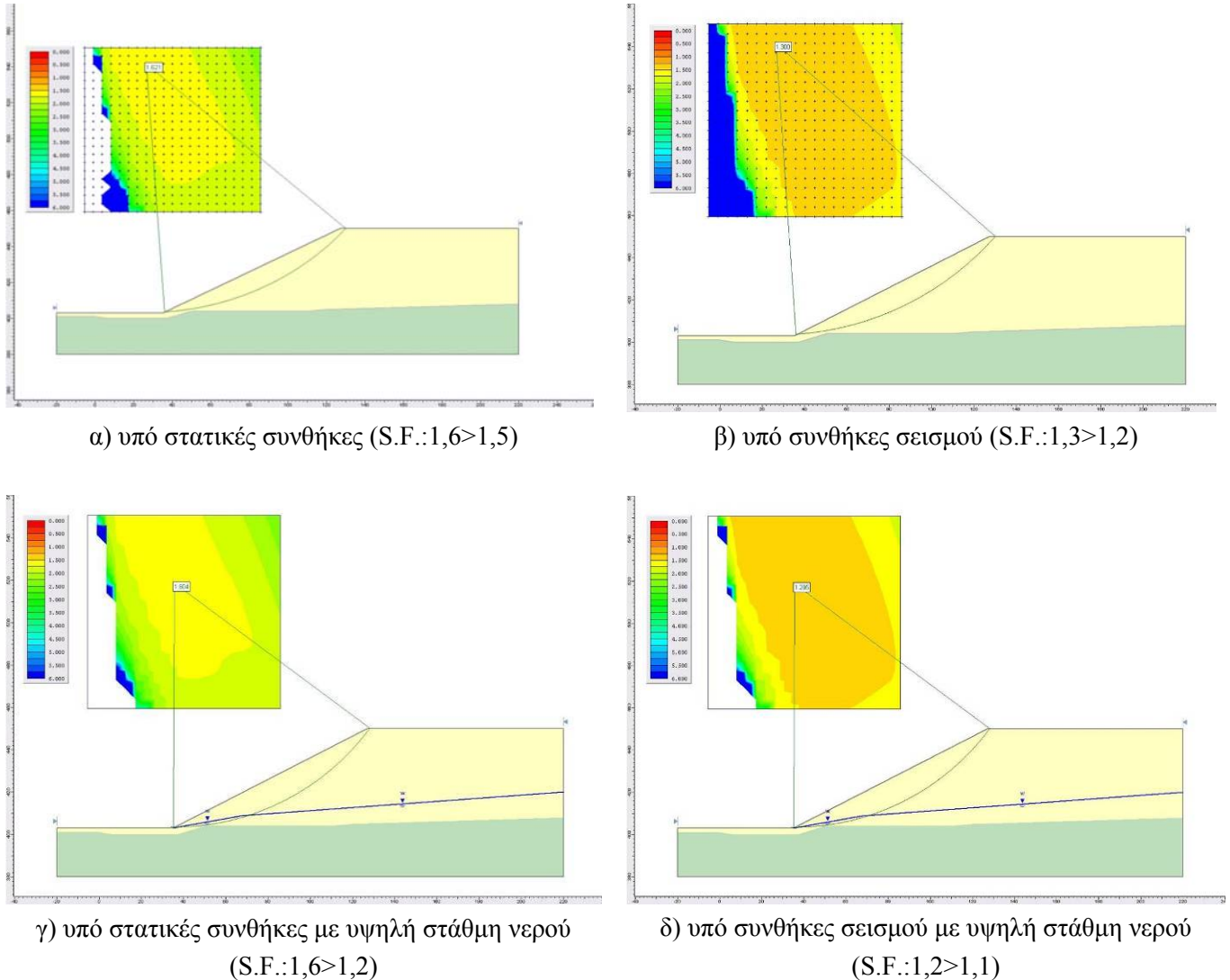
A. ΤΟΜΗ 1 – 1'

Για την τομή 1 – 1', έγινε έλεγχος της ευστάθειας των υφιστάμενων πρανών (Σχήμα 3.2-3) υπό:

- α) στατικές συνθήκες,
- β) συνθήκες σεισμού,
- γ) στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού και
- δ) συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού.

¹ Οι πιο πάνω τιμές έχουν ληφθεί από το σύγγραμμα “Rock Slope Engineering” Edition 2000, των E. Hoek and J.W. Bray.

Και στις τέσσερις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά (συντελεστής ασφάλειας, SF) που ικανοποιεί σε όλες τις περιπτώσεις τα απαιτούμενα όρια με το πρυνές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση.



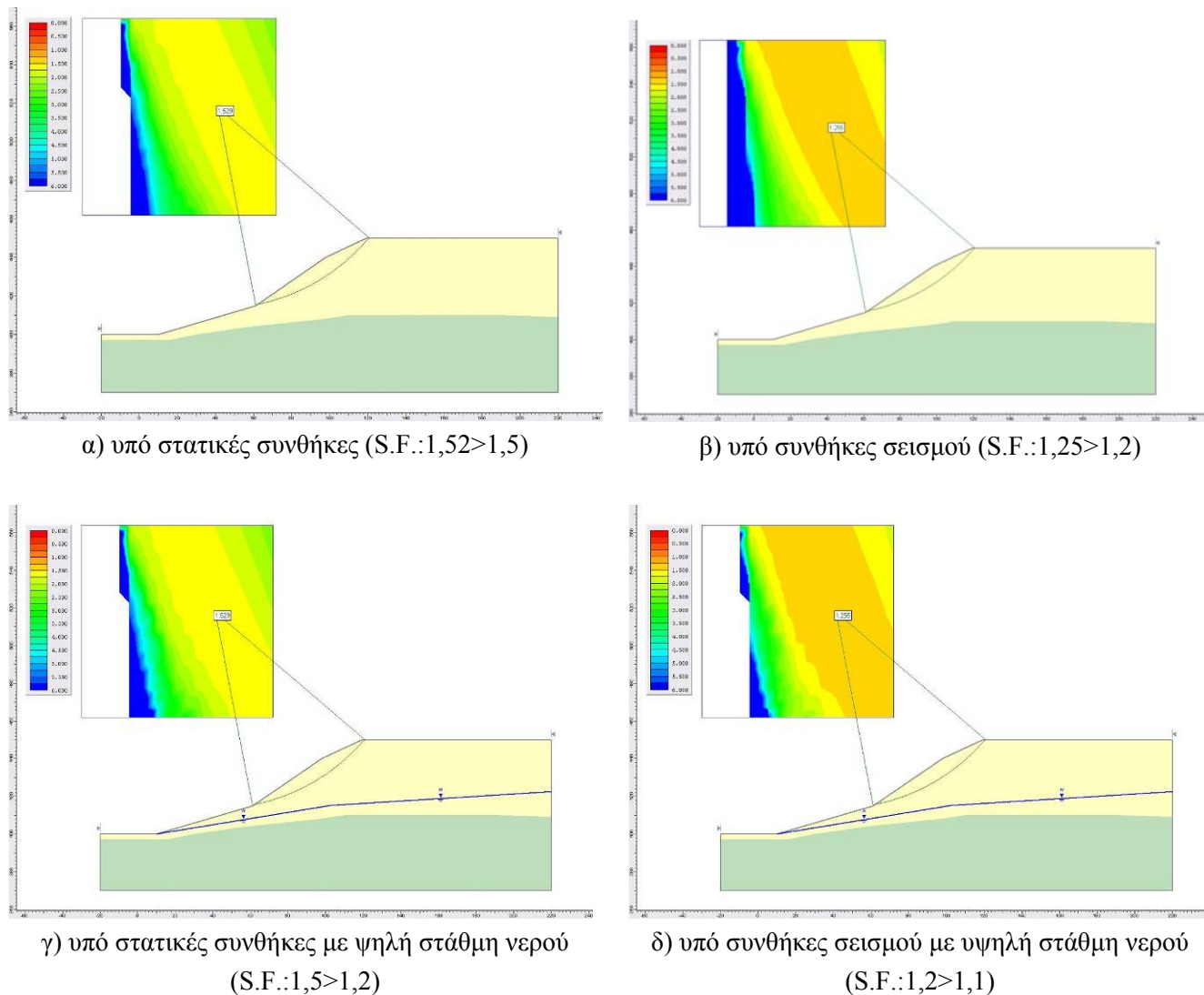
Σχήμα 3.2-3: Ευστάθεια πρυνών τομής 1-1'

B. TOMH 2 – 2'

Για την τομή 2 – 2', έγινε έλεγχος της ευστάθειας των υφιστάμενων πρυνών (Σχήμα 3.2-4) υπό:

- στατικές συνθήκες,
- συνθήκες σεισμού,
- στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού και
- συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού.

Και στις τέσσερις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά (συντελεστής ασφάλειας, SF) με το πρηνές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση με τη διαφορά ότι στις πρώτες περιπτώσεις α & β τα αποτελέσματα είναι οριακά αποδεκτά.



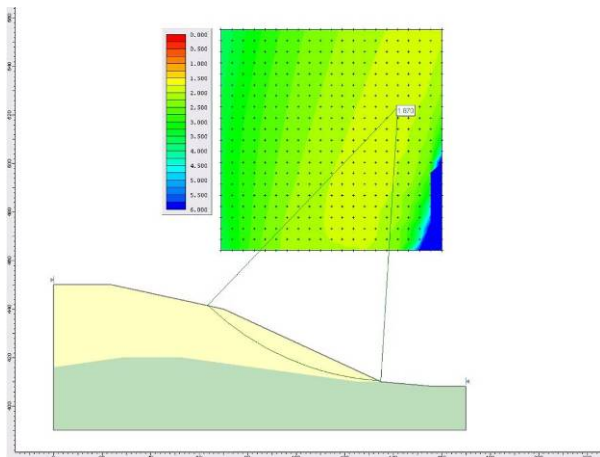
Σχήμα 3.2-4: Ευστάθεια πρηνών τομής 2-2'

Γ. ΤΟΜΗ 3 – 3'

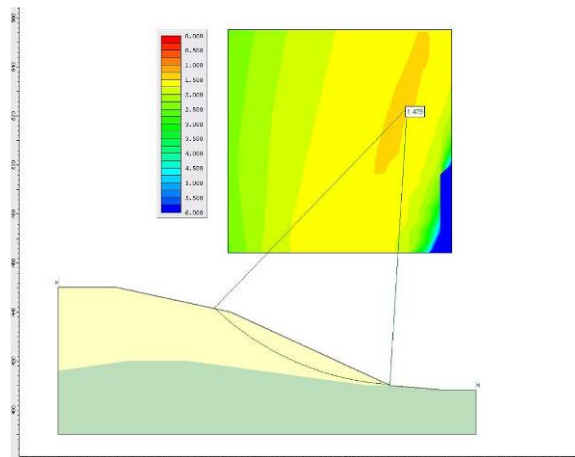
Για την τομή 3 – 3', έγινε έλεγχος της ευστάθειας των υφιστάμενων πρηνών (Σχήμα 3.2-5) υπό:

- α) στατικές συνθήκες,
- β) συνθήκες σεισμού,
- γ) στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού και
- δ) συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού.

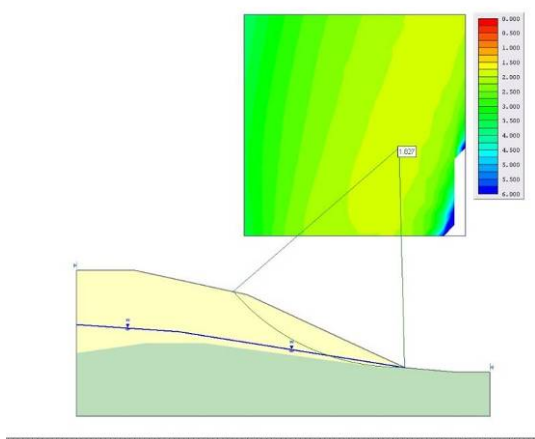
Και στις τέσσερις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά (συντελεστής ασφάλειας, SF) με το πρηνές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση.



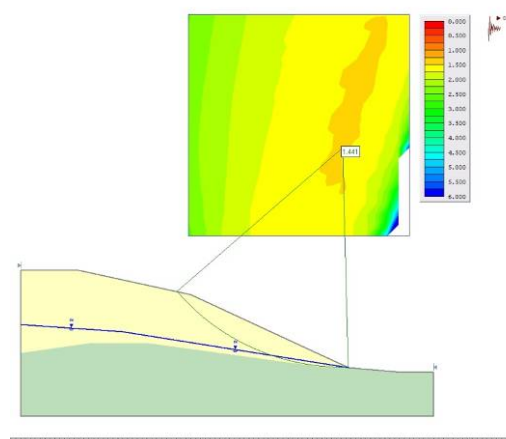
α) υπό στατικές συνθήκες (S.F.:1,8>1,5)



β) υπό συνθήκες σεισμού (S.F.:1,4>1,2)



γ) υπό στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού (S.F.:1,8>1,2)



δ) υπό συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού (S.F.:1,2>1,1)

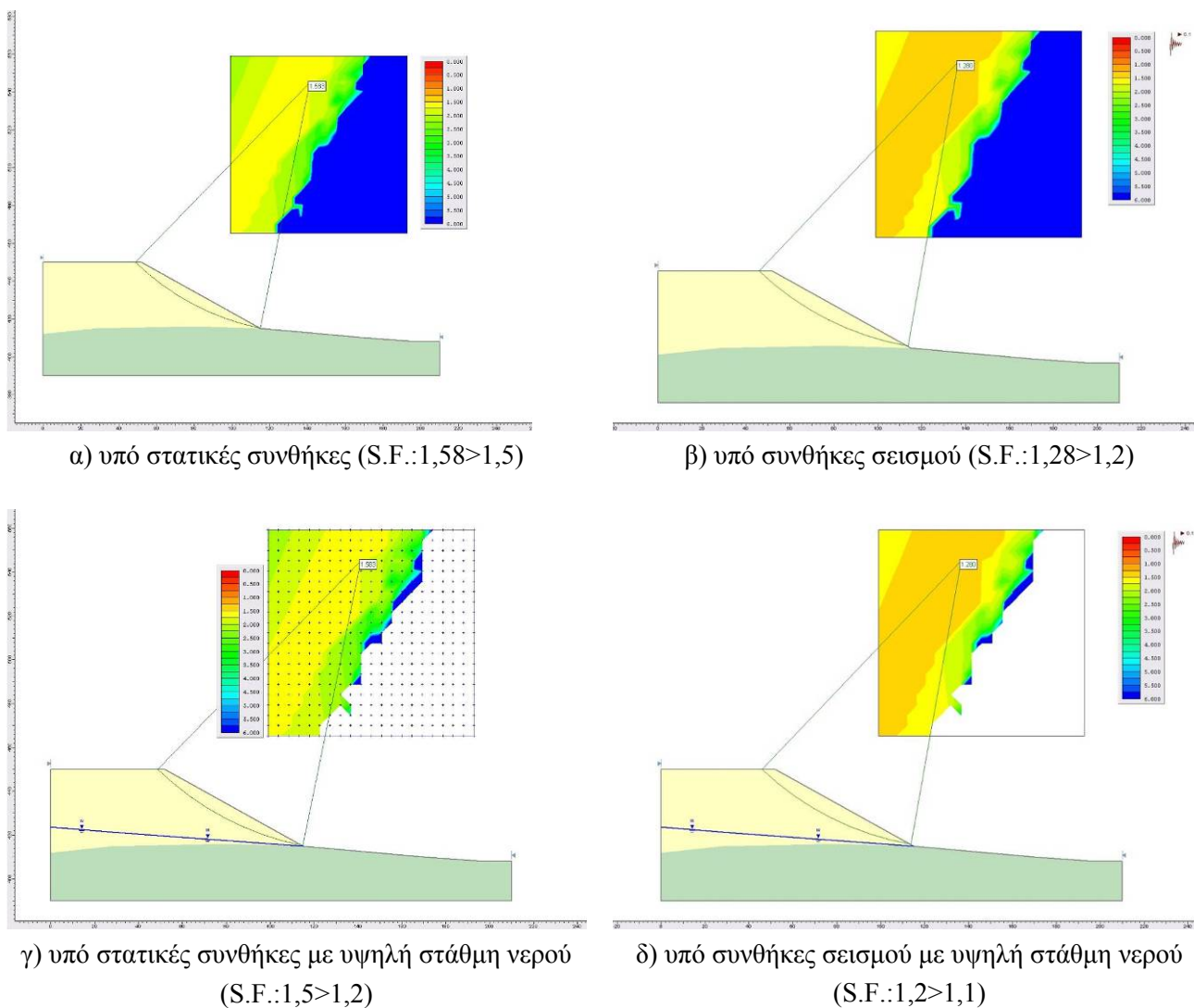
Σχήμα 3.2-5: Ευστάθεια πρηνών τομής 3-3'

Δ. ΤΟΜΗ 4 – 4'

Για την τομή 4 – 4', έγινε έλεγχος της ευστάθειας των υφιστάμενων πρηνών (Σχήμα 3.2-6) υπό:

- α) στατικές συνθήκες,
- β) συνθήκες σεισμού,
- γ) στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού και
- δ) συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού.

Και στις τέσσερις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά (συντελεστής ασφάλειας, SF) με το πρηνές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση με τη διαφορά ότι στις πρώτες περιπτώσεις α & β τα αποτελέσματα είναι οριακά αποδεκτά.



Σχήμα 3.2-6: Ευστάθεια πρηνών τομής 4-4'

Με βάση τα συνολικά αποτελέσματα (βλ. Πίνακα 3.2-3) της ως άνω ανάλυσης, για τις τέσσερις τομές που εξετάστηκαν, προκύπτει πως στην υφιστάμενη κατάσταση, οι υφιστάμενες κλίσεις είναι ασφαλείς, υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης.

Πίνακας 3.2-3: Συνοπτικά Αποτελέσματα Συντελεστή Ασφάλειας Ευστάθειας Πρανών στην Υφιστάμενη Κατάσταση

ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ				ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΠΟΔΕΚΤΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
	ΤΟΜΗ 1 – 1'	ΤΟΜΗ 2 – 2'	ΤΟΜΗ 3 – 3'	ΤΟΜΗ 4 – 4'	
1. Στατικές	1.60	1,52	1,80	1,58	1.50
2. Σεισμού	1.30	1,25	1,40	1,28	1.20
3. Στατικές + υψηλή στάθμη νερού	1.60	1,50	1,80	1,50	1.20
4. Σεισμού + υψηλή στάθμη νερού	1.20	1,20	1,40	1,20	1.10

3.2.2. Έλεγχος ευστάθειας προτεινόμενων κλίσεων

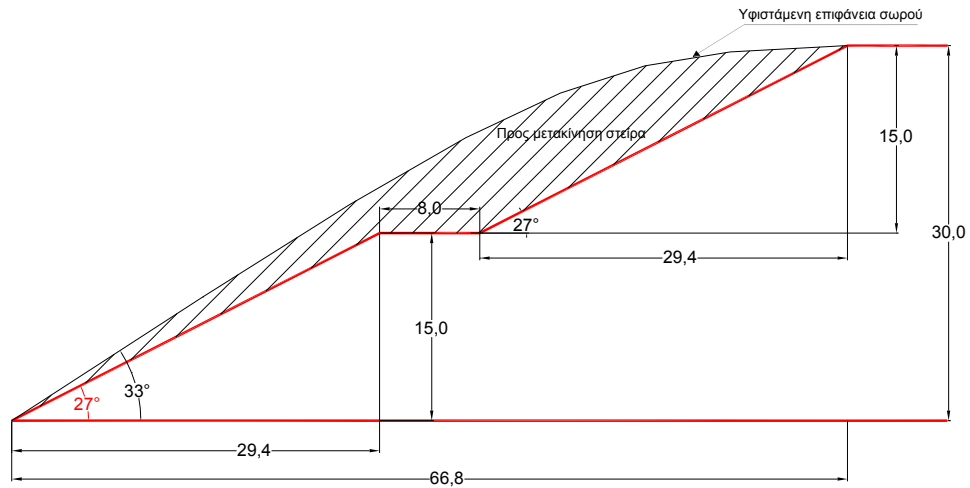
Με βάση τα όσα αναφέρονται στην **Ενότητα 3.1.2**, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης και ιδιαίτερα κατά τη φάση της αρχικής διαμόρφωσης του αναγλύφου των σωρών των στείρων, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί η ευστάθεια των πρανών για προτεινόμενες κλίσεις πρανούς 27° (1V:2H) και 30°.

Και για τις δύο εκδοχές έγινε έλεγχος ευστάθειας υπό:

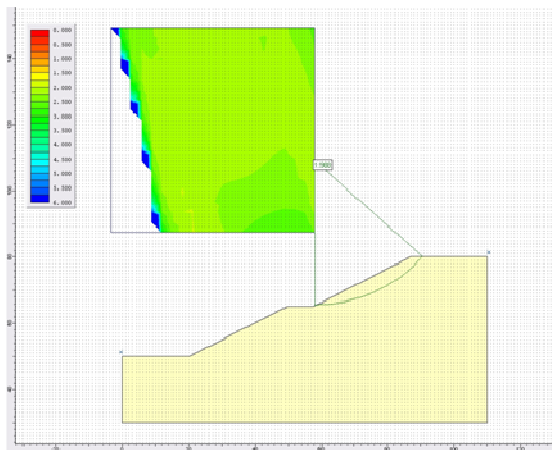
- α) στατικές συνθήκες,
- β) συνθήκες σεισμού,
- γ) στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού και
- δ) συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού.

Για κλίση πρανούς 27° (Σχήμα 3.2-7) τα αποτελέσματα του ελέγχου ευστάθειας, υπό τις ως άνω συνθήκες, παρουσιάζονται στα γραφήματα του Σχήματος 3.2-8.

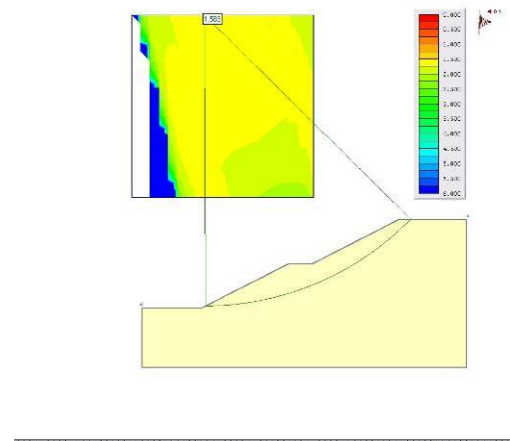
Και στις τέσσερις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά, υπερκαλύπτοντας τις απαιτήσεις του κανονισμού, με το πρανές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση.



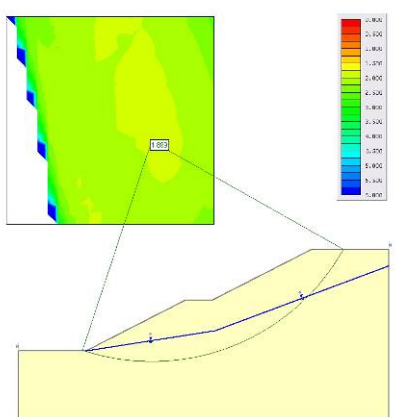
Σχήμα 3.2-7: Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς ~27°



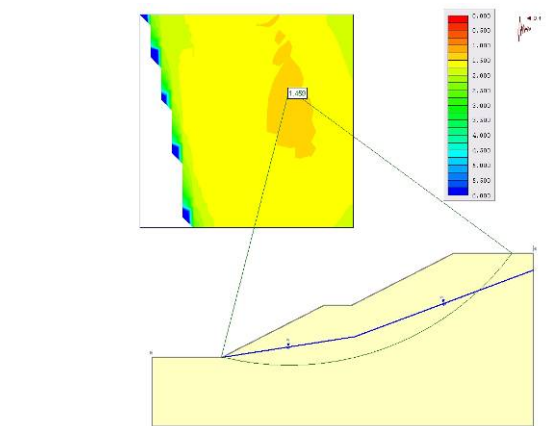
α) υπό στατικές συνθήκες (S.F.:1,9>1,5)



β) υπό συνθήκες σεισμού (S.F.:1,5>1,2)



γ) υπό στατικές συνθήκες με υψηλή στάθμη νερού (S.F.:1,8>1,2)

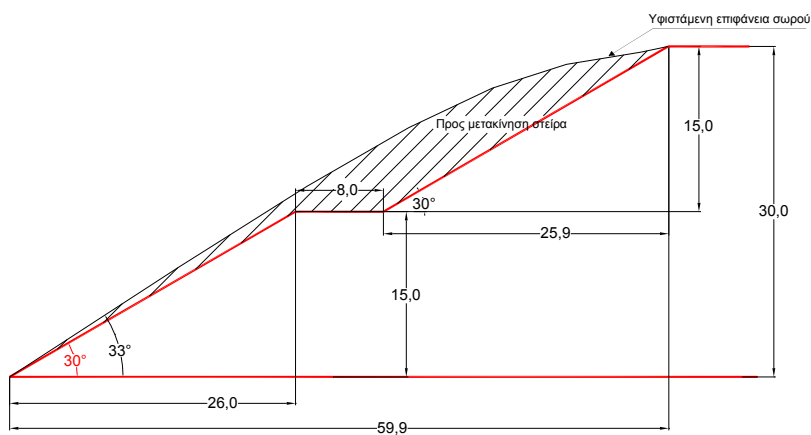


δ) υπό συνθήκες σεισμού με υψηλή στάθμη νερού (S.F.:1,4>1,1)

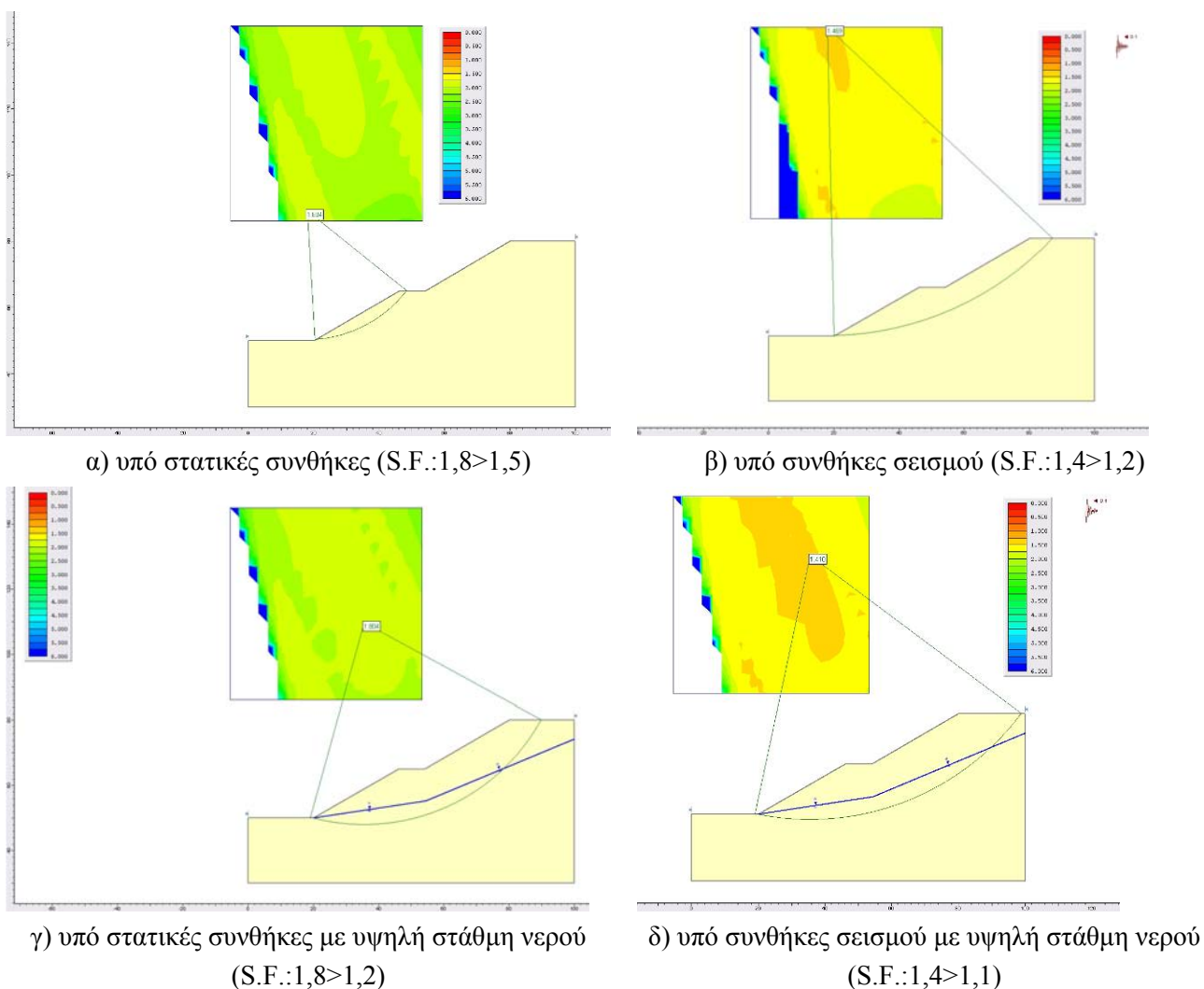
Σχήμα 3.2-8: Αποτελέσματα ελέγχου ευστάθειας πρανών για γωνία πρανούς 27°

Για κλίση πρανούς 30° (Σχήμα 3.2-9) τα αποτελέσματα του ελέγχου ευστάθειας παρουσιάζονται στα γραφήματα του Σχήματος 3.2-10, υπό τις εξετασθείσες συνθήκες

Και στις τέσσερις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά με το πρανές να μην αστοχεί σε καμία περίπτωση.



Σχήμα 3.2-9: Τελική Διαμόρφωση με κλίση πρανούς 30°



Σχήμα 3.2-10: Αποτελέσματα ελέγχου ευστάθειας πρανών για γωνία πρανούς 30°

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα των αναλύσεων, τα οποία παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.2-4, προκύπτει πως για κλίσεις πρανών 27° και 30° ο συντελεστής ασφαλείας αν και μειώνεται ελαφρώς όσο αυξάνει η κλίση, σε κάθε περίπτωση εμφανίζεται αρκετά μεγαλύτερος του αποδεκτού ορίου, και οπωσδήποτε σημαντικά καλύτερος των αντιστοίχων της υφιστάμενης κατάστασης, που συνοψίζονται στον Πίνακα 3.2-3.

Πίνακας 3.2-4: Συνοπτικά Αποτελέσματα Συντελεστή Ασφάλειας Ευστάθειας Πρανών, μετά την προτεινόμενη διαμόρφωση

ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ		ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΠΟΔΕΚΤΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
	Κλίση πρανούς ~27°	Κλίση πρανούς 30°	
1. Στατικές	1,9	1,8	1.5
2. Σεισμού	1,5	1,4	1.2
3. Στατικές + υψηλή στάθμη νερού	1,8	1,8	1.2
4. Σεισμού + υψηλή στάθμη νερού	1,4	1,4	1.1

Κατά συνέπεια οι προτεινόμενες κλίσεις για τη διαμόρφωση των στείρων είναι ασφαλείς.

3.3. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΩΡΟΥ ΣΤΕΙΡΩΝ

3.3.1. Γενικά

Τα θειούχα μεταλλευτικά απορρίμματα, σε περίπτωση μη ορθής περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως καταγράφεται στην περιοχή ενδιαφέροντος, συνιστούν δυνητικά πηγές γένεσης Όξινης Απορροής. Η Όξινη Απορροή Μεταλλείων (ΟΑΜ) αποτελεί το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα της εξορυκτικής βιομηχανίας θειούχων μεταλλευμάτων. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για την περιγραφή της απορροής που σχηματίζεται όταν τα θειούχα ορυκτά έρχονται σε επαφή με αέρα και νερό. Η όξινη απορροή χαρακτηρίζεται από χαμηλό pH (0,8-6,5) και αυξημένες συγκεντρώσεις διαλυμένων μετάλλων σε μορφή θεικών ενώσεων.

Για τον αποτελεσματικό έλεγχο της όξινης απορροής έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες τεχνικές πρόβλεψης του φαινομένου σε συνδυασμό με δράσεις πρόληψης και αποκατάστασης.

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθείται για την αντιμετώπιση του φαινομένου της όξινης απορροής σε χώρους διάθεσης στείρων που έχουν επιβαρυνθεί περιβαλλοντικά από την ενεργή και εκτεταμένη οξείδωση θειούχων απορριμμάτων.

3.3.2. Περιβαλλοντικός Χαρακτηρισμός Στείρων απόθεσης

3.3.2.1. Δειγματοληψία

Για τον Περιβαλλοντικό χαρακτηρισμό των εξεταζόμενων στείρων και όξιων εδαφών ελήφθησαν από την Αναθέτουσα Αρχή, μετά από συνεργασία με τον Ανάδοχο πέντε (5) δείγματα εδαφικού καλύμματος (KPZ1 έως KPZ5) από το ΒΑ σωρό στείρων του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας. Τα δείγματα ελήφθησαν από βάθος **50cm**, είχαν βάρος **5kg** έκαστον, και οι θέσεις τους φαίνονται στην **Εικόνα 3.3-1**. Παράλληλα ελήφθησαν για ανάλυση δυο (2) δείγματα Όξινων Νερών Μεταλλείου από την εκσκαφή (KPZ6 και KPZ7). Τέλος, συλλέχτηκαν δυο (2) στερεά δείγματα (KPZ8 και KPZ9) από τον χώρο του μεταλλείου.



Εικόνα 3.3-1: Θέσεις δειγματοληψίας δειγμάτων εδαφικού επικαλύμματος

Το κλάσμα -2mm λειοτριβήθηκε στο Εργαστήριο της Αναθέτουσας Αρχής. Στο λειοτριβηθέν κλάσμα των δειγμάτων KPZ1 έως KPZ5 προσδιορίσθηκε η υγρασία, μετά από ξήρανση στους 105°C .

Ακολούθησε στο ίδιο Εργαστήριο ανάλυση για προσδιορισμό της % περιεκτικότητας σε ολικό άνθρακα (TC), ανόργανο άνθρακα (IC), ολικό οργανικό άνθρακα (TOC) και ολικό θείο (TS) με ξηρή καύση σε μηχανήμα Eltra CS 800. Επίσης μετρήθηκε το δυναμικό εξουδετέρωσης.

3.3.2.2. Μετρήσεις pH

Το pH των στερεών δειγμάτων μετρήθηκε βάσει του προτύπου ISO 10390. Αντιπροσωπευτικό δείγμα 5 g ζυγίστηκε και σε αυτό προστέθηκαν 20 g απιονισμένο νερό. Ακολούθησε ανάδευση του εναιωρήματος για 60 λεπτά με μηχανικό αναδευτήρα. Το pH προσδιορίστηκε αμέσως μετά την ανάδευση και μετά από κατάλληλη βαθμονόμηση του πεχαμέτρου σε τρία διαφορετικά επίπεδα (Χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα της εταιρείας MERCK στα επίπεδα pH 4, 7 και 10). Επιπρόσθετα μετρήθηκε και το pH στα δύο δείγματα νερού (KPZ6 με KPZ7).

3.3.2.3. Μετρήσεις Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας πολφού των στερεών δειγμάτων έγινε βάσει του προτύπου ISO 11265. Ζυγίστηκαν 20 g αντιπροσωπευτικού δείγματος και προστέθηκαν 100 ml απιονισμένο νερό σε πλαστική φιάλη ανακίνησης η οποία τοποθετήθηκε σε μηχανικό αναδευτήρα για 30 λεπτά. Το εναιώρημα φιλτράρεται με κατάλληλο διηθητικό χαρτί και ακολούθως γίνεται η μέτρηση της αγωγιμότητας και αφού γίνει κατάλληλη βαθμονόμηση σε δυο επίπεδα 0.0 και 1.415 mS/cm. Επιπρόσθετα μετρήθηκε και η αγωγιμότητα στα δύο δείγματα νερού (KPZ6 με KPZ7).

3.3.2.4. Δυναμικό εξουδετέρωσης

Για τον προσδιορισμό του Καθαρού Δυναμικού Εξουδετέρωσης (Net Neutralisation Potential) έγιναν μετρήσεις των παραμέτρων AP (Acid Potential) και NP (Neutralisation Potential) των πέντε δειγμάτων (KPZ1 με KPZ5). Από τα αποτελέσματα αυτά έγινε υπολογισμός των NNP (Net Neutralisation Potential) που ισούται:

$$NNP = NP - AP \text{ (σε kg CaCO}_3\text{/t)}$$

και NPR (neutralisation potential ratio), που ισούται:

$$NPR = NP / AP$$

βάσει του προτύπου prEN 15875 - Characterization of waste – Static test for determination of acid potential and neutralisation potential of sulfidic waste. Οι παράμετροι NNP και NPR δίνονται στον **Πίνακα 3.3-1**.

3.3.2.5. Μέτρηση στο ICP-AES

Στα στερεά δείγματα (KPZ1 με KPZ5) μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των στοιχείων Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb και Zn με φασματοσκοπία επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος ICP- OES μετά από διαλυτοποίηση με βασιλικό νερό βάσει του προτύπου Method 3050B - Acid digestion of sediments, sludges and soils. Οι πιο πάνω παράμετροι μετρήθηκαν και στα δύο δείγματα νερού (KPZ6 με KPZ7). Οι μετρήσεις δίνονται στον **Πίνακα 3.3-2**.

3.3.2.6. Μετρήσεις XRF

Στα στερεά δείγματα (KPZ1 με KPZ5 και KPZ8 με KPZ9) έγιναν μετρήσεις με φασματοσκόπιο φθορισμού ακτινών X (XRF). Οι μετρήσεις δίνονται στον **Πίνακα 3.3-3**.

Πίνακας 3.3-1: Χαρακτηρισμός στερεών δειγμάτων και όξινων νερών μεταλλείου στην περιοχή του έργου

Αρ. Δειγμ	EAST	NORTH	Υλικό	Τύπος	Είδος	Βάθος	Απώλεια πύρωσης LOI% 100 °C	pH	Ηλ. Αγωγιμότητα EC μS/cm	NNP kg CaCO ₃ /t	NPR mol/Kg H ⁺	S %	TC %	IC %	TOC%
ΚΡΖ1	510906	3877260	Εδαφικό	Βασάλτης	Εξορυκτικά Στείρα Μεταλλείου	50 cm	12.07	4.2	2290	-119,03	0.35	5.86	0.27	0.05	0.22
ΚΡΖ2	510876	3877234	Εδαφικό	Βασάλτης	Εξορυκτικά Στείρα Μεταλλείου	50 cm	28.84	6.0	2280	-68,91	0.55	4.90	0.53	0.35	0.18
ΚΡΖ3	510829	3877228	Εδαφικό	Βασάλτης	Εξορυκτικά Στείρα Μεταλλείου	50 cm	18.16	3.5	1728	-208,78	-0.02	6.55	0.03	0.00	0.03
ΚΡΖ4	510961	3877200	Εδαφικό	Βασάλτης	Εξορυκτικά Στείρα Μεταλλείου	50 cm	10.21	3.5	1860	-287,53	-0.01	9.11	0.04	0.01	0.04
ΚΡΖ5	510670	3877180	Εδαφικό	Βασάλτης	Εξορυκτικά Στείρα Μεταλλείου	50 cm	6.94	3.7	1249	-136,95	0.12	4.98	0.02	0.00	0.02
ΚΡΖ6			Νερό Μεταλλείου		Νερό Μεταλλείου			2.7	15190						
ΚΡΖ7			Νερό Μεταλλείου		Νερό Μεταλλείου			2.8	14450						

Πίνακας 3.3-2: Αναλύσεις Μετάλλων με ICP-OES

Δείγμα	Cd mg/Kg	Co mg/Kg	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Ni mg/Kg	Mn mg/Kg	Pb mg/Kg	Zn mg/Kg
KPZ1	< 1.9	< 1.2	260	118138	8.2	494	< 1.7	68
KPZ2	< 1.9	< 1.2	383	55325	18.7	1336	< 1.7	365
KPZ3	< 1.9	< 1.2	257	137349	4.2	516	5.8	227
KPZ4	< 1.9	< 1.2	363	151679	5.1	222	< 1.7	78
KPZ5	< 1.9	< 1.2	184	156511	4.3	290	2.7	72
KPZ6	0.045 (mg/l)	< 0.012 (mg/l)	28.3 (mg/l)	273 (mg/l)	0.88 (mg/l)	157 (mg/l)	< 0.017 (mg/l)	55.4 (mg/l)
KPZ7	0.056 (mg/l)	< 0.012 (mg/l)	30.3 (mg/l)	387 (mg/l)	0.98 (mg/l)	208 (mg/l)	< 0.017 (mg/l)	64.3 (mg/l)

Πίνακας 3.3-3: Αναλύσεις στερεών δειγμάτων με φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων X (XRF)

Αρ. Δειγμ	EAST	NORTH	Υλικό	Τύπος	SiO %	SO ₃ %	CaO %	TiO %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	MnO %
KPZ1	510906	3877260	Εδαφικό	Βασάλτης	36.93	10.33	4.47	0.95	16.73	5.09	0.11
KPZ2	510876	3877234	Εδαφικό	Βασάλτης	36.52	9.57	4.66	0.72	7.39	5.09	0.20
KPZ3	510829	3877228	Εδαφικό	Βασάλτης	40.60	8.74	4.38	1.24	19.64	4.66	0.12
KPZ4	510961	3877200	Εδαφικό	Βασάλτης	39.77	9.48	3.70	1.08	17.87	5.08	0.09
KPZ5	510670	3877180	Εδαφικό	Βασάλτης	42.81	5.06	3.92	1.39	22.09	5.51	0.11
KPZ8			Βράχος	Λευκό υλικό	30.73	14.42	0.01	0.40	2.64	7.35	0.04
KPZ9			Βράχος	Λάβες	51.04	1.19	6.74	1.02	38.99	0.39	0.14

3.3.2.7. Ορυκτολογική Ανάλυση

Για τα πέντε δείγματα με κωδικούς KPZ 1 έως KPZ 5 έγινε ορυκτολογική εξέταση με μικροσκόπιο, με σκοπό τον ορυκτολογικό χαρακτηρισμό των δειγμάτων μεταλλευτικών στείρων από το εγκαταλελειμμένο μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας (Μιτσερό, Κύπρου), η οποία και παρατίθεται στο **Παράρτημα II** της παρούσης.

Η ορυκτολογική εξέταση έγινε με συνδυασμό μικροσκοπίας διερχομένου φωτός, ανακλαστικής μικροσκοπίας και Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης (Scanning Electron Microscopy). Το υλικό με μορφή θραυσμάτων εγκλείστηκε σε συνθετική ρητίνη και στην συνέχεια κατασκευάστηκαν λεπτές στιλπνές τομές και μεταλλογραφικά παρασκευάσματα. Χρησιμοποιήθηκε συσκευή Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης JEOL JSM-5600 με σύστημα EDX στο Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Από την ορυκτολογική μελέτη προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό θραυσμάτων τα οποία απαρτίζουν τα μελετηθέντα δείγματα ανήκουν στα πετρώματα ξενιστές της μεταλλοφορίας Cu-σιδηροπυρίτη, δηλαδή στις βασαλτικές λάβες.
- Διαπιστώθηκαν δευτερογενή ορυκτά συνδεδεμένα κυρίως με την οξείδωση του σιδηροπυρίτη (τζαροσίτης, γκαιτίτης), γεγονός που δείχνει τη δυνατότητα εξέλιξης του φαινομένου της οξείδωσης σε βάρος των υπόλοιπων κόκκων σιδηροπυρίτη, οι οποίοι αποτελούν σημαντικό συστατικό των μεταλλευτικών αποβλήτων και επομένως τη δυνατότητα παραγωγής οξύτητας και διασποράς τοξικών στοιχείων.
- Διαπιστώθηκε απουσία ανθρακικών ορυκτών, ιδιαίτερα ασβεστίτη αλλά και δολομίτη, τα οποία είναι συνήθη στις λάβες που έχουν υποστεί προπυλιτίωση. Αν η λεπτομερέστερη έρευνα σε μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων επιβεβαιώσει την παρατήρηση αυτή, αυτό θα σημαίνει ότι ο ασβεστίτης καταναλώθηκε κατά τη διαδικασία της επίδρασης των όξινων διαλυμάτων επί των κόκκων των προπυλιτωμένων λαβών. Επιπλέον δείχνει ότι – λαμβάνοντας υπόψιν και την κυρίαρχη παρουσία στα μεταλλευτικά απόβλητα ορυκτών πολύ χαμηλού δυναμικού εξουδετέρωσης της δημιουργούμενης οξύτητας - η δυνατότητα εξισορρόπησης (buffering) μεταξύ των θραυσμάτων και του όξινου υδατικού διαλύματος που κυκλοφορεί στους πόρους ως αποτέλεσμα της οξείδωσης των θειούχων ορυκτών με την παρουσία οξυγόνου και νερού προβλέπεται μικρή.
- Τα δευτερογενή ορυκτά που διαπιστώθηκαν στα δείγματα φαίνεται ότι δημιουργήθηκαν *in situ* στο κοίτασμα και όχι στο σωρό των αποβλήτων κατά την οξείδωση του μεταλλεύματος. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι οι μεμονωμένοι κρύσταλλοι του σιδηροπυρίτη δεν εμφανίζουν αλλοιώσεις, ενώ δεν παρατηρείται «συνδετική ύλη» από νεοσχηματισμένα ορυκτά μεταξύ των κόκκων.
- Διαπιστώθηκε μία «άμορφη μάζα» σε κόκκους που περιείχαν «πυρήνες» χαλαζία που αποτελείται από Si, Fe, Al, Mg και SO₄⁻ με μεγάλη διακύμανση συγκεντρώσεων. Η «μάζα» αυτή φαίνεται ότι προέκυψε από την επίδραση πάνω σε πυριτικά ορυκτά υδατικού

διαλύματος με πολύ χαμηλό pH, ικανού να κινητοποιήσει τα στοιχεία αυτά και να οδηγήσει στην απόθεση αυτού του είδους της άμορφης/μικροκρυσταλλικής μάζας.

- Στην κατηγορία ορυκτών που πιθανόν να έχουν δημιουργηθεί από φαινόμενα επί τόπου (in situ) οξείδωσης των μεταλλευτικών αποβλήτων και τα οποία έχουν κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη όξινης απορροής εντάσσονται τα ευδιάλυτα ένυδρα θειικά Fe. Η ποσοστιαία συμμετοχή τους στα δείγματα είναι μικρή, ίσως ως αποτέλεσμα του τρόπου λήψης δειγμάτων και της επεξεργασίας τους για την μικροσκοπική παρατήρηση.

3.3.2.8. Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι όσον αφορά στους σωρούς απόθεσης στείρων, ότι πρόκειται για σωρούς με αρκετά υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (S: 4,9%-9,2%), χαμηλό pH (3-4), και σημαντικές συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα, με αποτέλεσμα υψηλό δυναμικό σχηματισμού φαινομένων όξινης απορροής μεταλλείων (OAM).

Στο ίδιο συμπέρασμα οδηγούν τόσο η εξέταση του Καθαρού Δυναμικού Εξουδετέρωσης (NNP), όπου υπολογίζεται ότι για την εξουδετέρωση της περιεχόμενης στα στείρα οξύτητας απαιτείται η προσθήκη 69–290kg CaCO₃/t στείρων, όσο και ο Λόγος Δυναμικού Εξουδετέρωσης (NPR), για τον οποίο ισχύει NPR < 1.

Επίσης, η ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων έδειξε ότι τα εξεταζόμενα θειούχα στείρα εξόρυξης συνιστούν ενεργές πηγές σχηματισμού όξινης απορροής. Η δυνατότητα του ίδιου του υλικού για εξουδετέρωση της οξύτητας εκτιμάται ότι είναι εξαιρετικά μικρή λόγω του είδους των ορυκτών που τα απαρτίζουν.

Κατά συνέπεια, πριν τις εργασίες διαμόρφωσης των πρανών για φυτεύσεις, είναι αναγκαία η γεωχημική αποκατάσταση της επιφάνειας των σωρών μεταλλευτικών στείρων.

3.3.3. Περιγραφή Προτεινομένης Μεθόδου

Οι επικρατέστερες τεχνικές πρόληψης της γένεσης όξινης απορροής που εφαρμόζονται διεθνώς περιλαμβάνουν (SRK, 1989², Evangelou, 1995³, Kontopoulos, 1998⁴, K. Αδάμ, 2003⁵):

² (SRK) Robertson, S. and Kirsten (B.C). Inc. (1989), "Draft Acid Rock Drainage Technical Guide", Vol 1., British Columbia acid mine drainage task force report, BiTech Publishers Ltd., Vancouver, B.C, Canada.

³ Evangelou, V. P. (1995). "Pyrite oxidation and its control." Boca Raton, FL: CRC Press

⁴ Kontopoulos, A, 1998. "Acid Mine drainage Control. In Environment and Innovation in Mining and Mineral Technology" (Eds: M A Sanchez, F Vergara S H Castro) pp 27-42 (University of Concepcion: Chile)

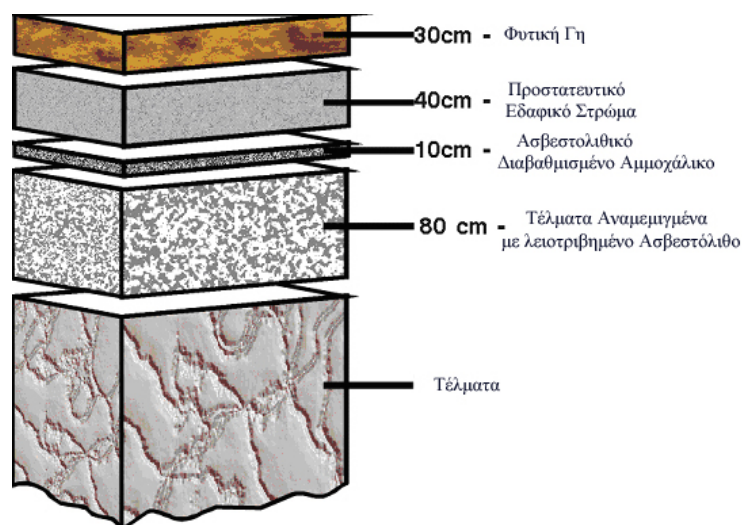
⁵ K. Adam: "Solid Wastes Management in Sulphide Mines: form Waste Characterisation to Safe Closure of Disposals Sites" Mineral & Energy Vol 18, No 4, 2003, σελ. 25-35

1. Κάλυψη των στερεών θειούχων καταλοίπων με ένα ή πολλαπλά στρώματα υλικών χαμηλής υδροπερατότητας (αργιλικό υλικό, συνθετική γεωμεμβράνη, σύνθετο κάλυμμα) για την παρεμπόδιση της κατείσδυσης του νερού ή/ και της μεταφοράς οξυγόνου.
2. Προσθήκη αλκαλικών υλικών (ασβεστόλιθος, ασβέστης), σταθεροποιητικών ενώσεων (φωσφορικά, πυριτικά) στα θειούχα μεταλλευτικά απορρίμματα, για τον έλεγχο της κινητικής των αντιδράσεων οξείδωσης των θειούχων ορυκτών (ρύθμιση pH, καταβύθιση τρισθενούς σιδήρου).
3. Κάλυψη των θειούχων καταλοίπων με νερό (υδάτινο κάλυμμα) για την παρεμπόδιση της μεταφοράς του οξυγόνου και εξασφάλιση αναερόβιων συνθηκών.
4. Χρήση βακτηριοκτόνων για την παρεμπόδιση της βακτηριακής δράσης που καταλύει την οξείδωση των θειούχων ενώσεων.

Επιμέρους μειονεκτήματα των παραπάνω τεχνικών θεωρούνται:

- (α) Η μειωμένη αποτελεσματικότητα των καλυμμάτων (στρώμα αργίλου) σε περιοχές με μακρά ξηροθερμική περίοδο, όπου το δυναμικό εξάτμισης είναι σημαντικά μεγαλύτερο του ύψους βροχόπτωσης, με αποτέλεσμα την ρωγμάτωσή τους.
- (β) Το υψηλό κόστος (κάλυμμα από συνθετική γεωμεμβράνη και σύνθετο κάλυμμα),
- (γ) Η αδυναμία αποτελεσματικής προστασίας στην περίπτωση της προσθήκης αλκαλικών υλικών και σταθεροποιητικών ενώσεων καθώς από μόνες τους οι προσθήκες αυτές δεν είναι σε θέση να εξασφαλίσουν χαμηλή διαπερατότητα, που είναι προαπαιτούμενο για την αναστολή του φαινομένου της γένεσης όξινης απορροής.
- (δ) Η περιορισμένη εφαρμοσιμότητα της περίπτωσης του υδάτινου καλύμματος σε περιοχές με ξηροθερμικό κλίμα. Εξαίρεση αποτελούν οι περιπτώσεις όπου τα απορρίμματα βρίσκονται εντός ήδη επιβαρυσμένου υδροφόρου ορίζοντα που δεν αξιοποιείται για ύδρευση ή άρδευση. Εντός του εν λόγω υδροφορέα τα υφιστάμενα μεταλλευτικά στείρα τελούν υπό αναερόβιες συνθήκες απόθεσης.
- (ε) Η μικρή διάρκεια της αποτελεσματικότητάς τους (προσθήκη ασβεστολίθου, φωσφορικών, βακτηριοκτόνα).

Οι ως άνω αδυναμίες των τεχνικών πρόληψης που προαναφέρθηκαν οδήγησαν στην περίπτωση των θειούχων μεταλλευτικών απορριμμάτων στην ανάπτυξη και εφαρμογή της τεχνικής του **αδιαπέρατου φραγμού (Σχήμα 3.3-1)** στη σύνθεση του οποίου συμμετέχουν τα ίδια τα θειούχα απορρίμματα κατάλληλα αναμεμιγμένα με αλκαλικά υλικά, με στόχο την αποτελεσματική πρόληψη και αναστολή της παραγωγής οξύτητας σε θέσεις απόθεσης με χαρακτηριστικά ανάλογα της εξεταζόμενης περιοχής. Η εν λόγω τεχνική συνιστά συνδυασμό των δύο πρώτων προαναφερθεισών τεχνικών καθώς ο φραγμός αυτός αποσκοπεί στη στεγάνωση και αδρανοποίηση των υποκείμενων στρωμάτων μεταλλευτικών απορριμμάτων και θεωρείται ως μία από τις επικρατέστερες περιβαλλοντικά και τεχνικοοικονομικά πρακτικές.



Σχήμα 3.3-1: Σχηματική παράσταση δομής αδιαπέρατου φραγμού⁶

Ένας τέτοιος φραγμός μπορεί να σχηματισθεί από υλικά, φυσικά ή συνθετικά, και σε πάχος που καθορίζεται από την περιβαλλοντική επικινδυνότητα των προς αδρανοποίηση μεταλλευτικών απορριμμάτων και τα χαρακτηριστικά της περιοχής παρέμβασης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πρόσφατων ερευνών, ο σχηματισμός παρόμοιων φραγμών επιτυγχάνεται με την ανάμιξη των μεταλλευτικών καταλοίπων αφ' ενός μεν με αλκαλικά πρόσθετα και αφ' ετέρου με υλικά κατάλληλης διαπερατότητας για την αύξηση του δυναμικού εξουδετέρωσης και την μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας του φραγμού αντιστοίχως. Τα πρόσθετα αυτά υλικά λόγω των ιδιαίτερων φυσικών και γεωχημικών τους χαρακτηριστικών, που αναπτύσσονται παρακάτω, οδηγούν στη δραστική μείωση της συνολικής υδροπερατότητας των θειούχων καταλοίπων και παράλληλα βελτιώνουν τη γεωχημική σταθερότητά τους, παρεμποδίζοντας έτσι την περαιτέρω οξείδωση των θειούχων ορυκτών και τη συνακόλουθη παραγωγή οξύτητας.

Με βάση τα όσα εκτέθηκαν παραπάνω, συνάγεται ότι η επιλογή της τεχνικής του **αδιαπέρατου φραγμού** είναι η πλέον ενδεδειγμένη ως τεχνική στεγάνωσης και αδρανοποίησης για τις εργασίες αποκατάστασης, καθώς στην περιοχή ο κύριος μηχανισμός περιβαλλοντικής ρύπανσης είναι η γένεση όξινης απορροής από τα θειούχα μεταλλευτικά απορρίμματα και η εν λόγω τεχνική επιτυγχάνει την αποτελεσματική πρόληψή της. Χαρακτηριστικό της τεχνικής αυτής είναι ότι αξιοποιεί τα ίδια τα μεταλλευτικά απορρίμματα αναμειγμένα με αλκαλικά πρόσθετα χαμηλού κόστους και κατάλληλα αργιλικά υλικά, π.χ. μπετονίτης, για την δημιουργία φραγμού. Έτσι παρεμποδίζεται η οξείδωση των θειούχων ορυκτών και ο σχηματισμός όξινης απορροής.

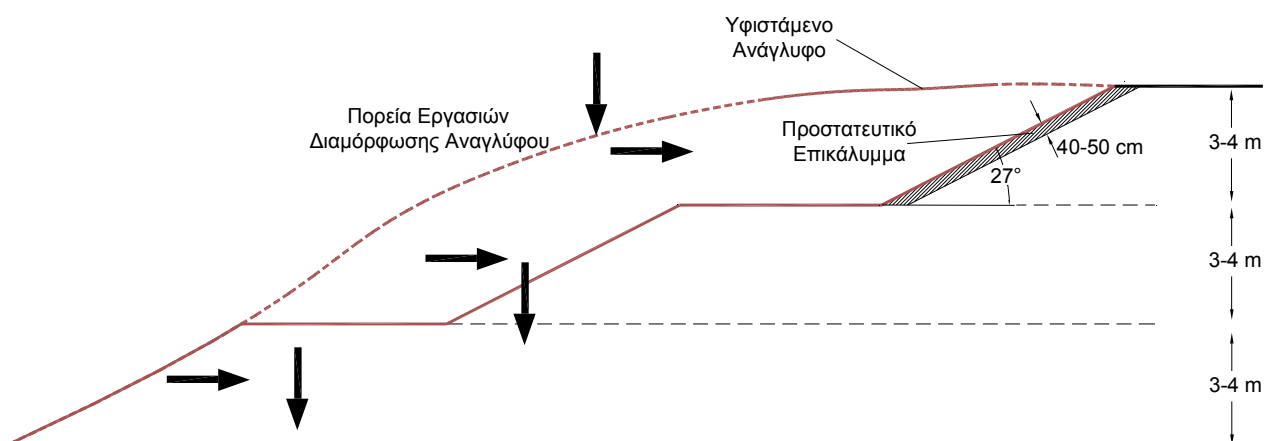
⁶ Αναφέρεται σε εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης παλαιού χώρου απόθεσης τελμάτων Γαλλικής Εταιρείας Λαυρίου (Ι. Πασπαλιάρης, Α. Ξενίδης: Αποκατάσταση μεταλλευτικών απορριμμάτων και εδαφών περιοχής Λαυρίου, 3^ο Συνέδριο Ορυκτού Πλούτου, Αθήνα 2000, Τόμος Α)

3.3.4. Εργασίες προετοιμασίας επιφάνειας Πιλοτικής Περιοχής Έργου για φυτεύσεις

Η αρχική διαμόρφωση της επιφάνειας του σωρού της Πιλοτικής Περιοχής Έργου, και η προετοιμασία αυτού για τις εργασίες φυτεύσεων προτείνεται να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις ακόλουθες φάσεις:

1. Καθ' ύψος αρχική διαμόρφωση πρανών και βαθμίδων με εξόρυξη των στείρων πάχους **3-4m** από πάνω προς τα κάτω. Παράλληλη δημιουργία αλκαλικού, στεγανοποιητικού επικαλύμματος/φραγμού συνολικού πάχους **40-50cm**, που σχηματίζεται με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρων**. Στην συνέχεια όπου κρίνεται σκόπιμο, επικάλυψη με στρώση ασβεστολιθικού υλικού διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, ικανού πάχους, ώστε να προστίθεται περαιτέρω αλκαλικότητα στα επιφανειακά στρώματα του σωρού στείρων.
2. Μετά την ως άνω διαμόρφωση του συνολικού πρανούς της βαθμίδας, ακολουθεί επικάλυψη αυτού, από πάνω προς τα κάτω, με γόνιμο χώμα ή άλλο ισοδύναμο υλικό, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια, με τη βοήθεια μικρής μπουλντόζας, και τη δημιουργία δευτερευουσών αναβαθμίδων ανά **5m** ύψος, πλάτους **1,2m**, με τη βοήθεια MINI DIGGER.
3. Παράλληλα με τις παραπάνω εργασίες, διανοίγονται σε όλες τις επιφάνειες με τη χρήση DIGGER, λάκκοι για τις συνακόλουθες φυτεύσεις. Οι λάκκοι έχουν διαστάσεις περίπου 80x80x80cm για τα δέντρα και 40x40x40cm για τους θάμνους, και διανοίγονται το καλοκαίρι ή αρχές φθινοπώρου και εν πάσει περιπτώσει 2-3 μήνες πριν τη φύτευση για δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών.

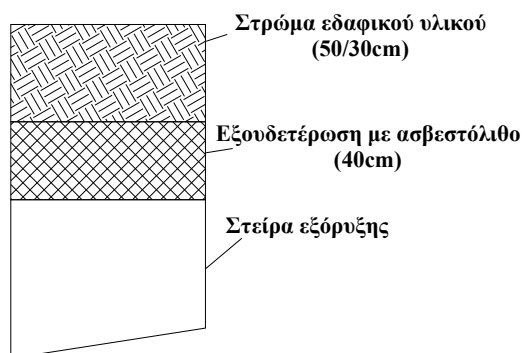
Οι παραπάνω εργασίες παρουσιάζονται σχηματικά στο **Σχήμα 3.3-2**.



Σχήμα 3.3-2: Πορεία εργασιών διαμόρφωσης αρχικού αναγλύφου και προστατευτικού, αλκαλικού επικαλύμματος/φραγμού

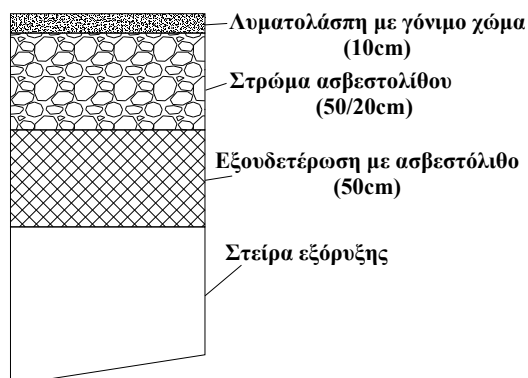
Σχετικά με την κατασκευή του ως άνω προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού προτείνεται η πιλοτική εφαρμογή των ακόλουθων εναλλακτικών λύσεων (Σενάρια):

Σενάριο 1. Κατά το στάδιο της αρχικής διαμόρφωσης του σωρού, δημιουργία προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **40cm**, με ανάμειξη στείρων εξόρυξης με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Επάνω σε αυτή την επιφάνεια, μεταφέρεται και επιστρώνεται εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **30cm** στα πρηνή, για βελτίωση των εδαφικών συνθηκών τόσο από άποψης θρεπτικών συστατικών όσο και από άποψης υγρασίας εδάφους (**Σχήμα 3.3-3**).



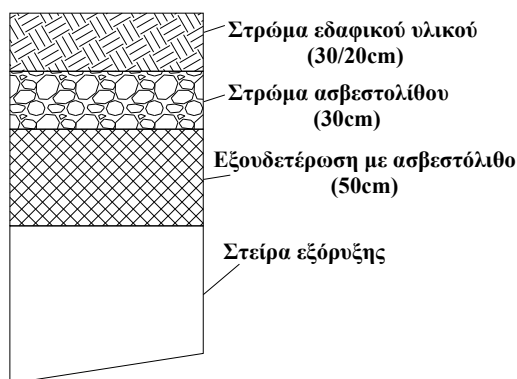
Σχήμα 3.3-3: Προετοιμασία επιφάνειας σωρών περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 1)

Σενάριο 2. Κατά το στάδιο της αρχικής διαμόρφωσης, δημιουργία προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Επάνω σε αυτή την επιφάνεια, μεταφέρεται και επιστρώνεται στρώση ασβεστολιθικού υλικού διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρηνή. Στην επιφάνεια του ως άνω σύνθετου καλύμματος μεταφέρεται και διαστρώνεται μίγμα πάχους **10cm**, που προκύπτει από την ανάμειξη λυματολάσπης ή ορنيθολυμάτων, χοιρολυμάτων, ιλύος, κλπ με εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα) (**Σχήμα 3.3 -4**).



Σχήμα 3.3-4: Προετοιμασία επιφάνειας σωρών Περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 2)

Σενάριο 3. Κατά το στάδιο της αρχικής διαμόρφωσης, δημιουργία προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με αναμόχλευση στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Πάνω σε αυτή την επιφάνεια, μεταφέρεται και διαστρώνεται ασβεστολιθικό υλικό διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **30cm**, και στην συνέχεια μεταφέρεται στρώση εδαφικού υλικού (γόνιμο χώμα) πάχους **30cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρανή, (Σχήμα 3.3-5).



Σχήμα 3.3-5: Προετοιμασία επιφάνειας σωρών Περιοχής Έργου για φυτεύσεις (Σενάριο 3)

3.3.5. Διαθεσιμότητα Εδαφοβελτιωτικών Υλικών

Σχετικά με αλκαλικά και εδαφοβελτιωτικά υλικά εξυγίανσης εδαφών, στην περιοχή Μιτσερού λειτουργούν πέντε λατομεία ασβεστόλιθου σε απόσταση 2 – 4km από την περιοχή ενδιαφέροντος, και παρουσιάζονται στην **Εικόνα 3.3-2**.



Εικόνα 3.3-2: Θέσεις προμήθειας ασβεστολιθικού υλικού

Σημειώνεται ότι στο γειτονικό λατομείο παραγωγής αδρανών υλικών και ασβέστη και επεξεργασίας μπετονίτη στην περιοχή Μίτσερο, υπάρχει διαθεσιμότητα σημαντικών ποσοτήτων υλικού (~1,0 εκατ. t) από την επεξεργασία του τροφοδοτούμενου ασβεστόλιθου, που περιέχουν ασβεστολιθική άμμο (35% κ.β.) και ιλύ (65% κ.β.). Επίσης είναι διαθέσιμοι 20.000 t μπετονίτη, με ποιοτικά χαρακτηριστικά που τον καθιστούν μη εμπορεύσιμο.

3.3.6. Διαθεσιμότητα Γόνιμου Χώματος

Σύμφωνα με το Τμήμα Δασών, το εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα) που χρησιμοποιείται σε αποκαταστάσεις προέρχεται από την αξιοποίηση του απορριπτόμενου υλικού σε διάφορα δημόσια ή ιδιωτικά έργα, όπως έργα οδοποιίας, διαμορφώσεις εκτάσεων, καθαιρέσεις κτιρίων κλπ.

3.4. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΦΥΤΕΥΣΕΩΝ

3.4.1. Γενικά

Στις ενότητες που ακολουθούν παρατίθενται μερικές γενικές πληροφορίες όσον αφορά τις δειδροφυτεύσεις και γενικά την αναβάθμιση του τοπίου. Τονίζεται ότι όσα αναφέρονται είναι γενικές οδηγίες δειδροφύτευσης, που έχουν δοθεί από το τμήμα Δασών και θα πρέπει να ακολουθούνται όπου είναι δυνατό, ανάλογα με την κάθε περίπτωση και σε συνεννόηση με το Τμήμα (εφ' όσον την περιοχή διαχειρίζεται το Τμήμα Δασών) ή/και με άλλους ειδικούς.

Η δειδροφύτευση αποτελεί ίσως την πιο σοβαρή προσπάθεια για αποκατάσταση του περιβάλλοντος γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται με προσοχή. Οι δειδροφυτεύσεις γενικά εμπίπτουν στις πιο κάτω κατηγορίες:

1. Δειδροφυτεύσεις κατά μήκος δρόμων πρόσβασης (εντός ή και εκτός της λατομικής/ μεταλλευτικής περιοχής, εφ' όσον συμφωνηθεί),
2. Δειδροφυτεύσεις σε επιφάνειες που δεν θα γίνει εκμετάλλευση (εξόρυξη υλικών), περιμετρικά του λατομείου/ μεταλλείου ,
3. Εξοφλημένα μέτωπα, και
4. Αποθέσεις στείων (δάπεδα και πρηνή).

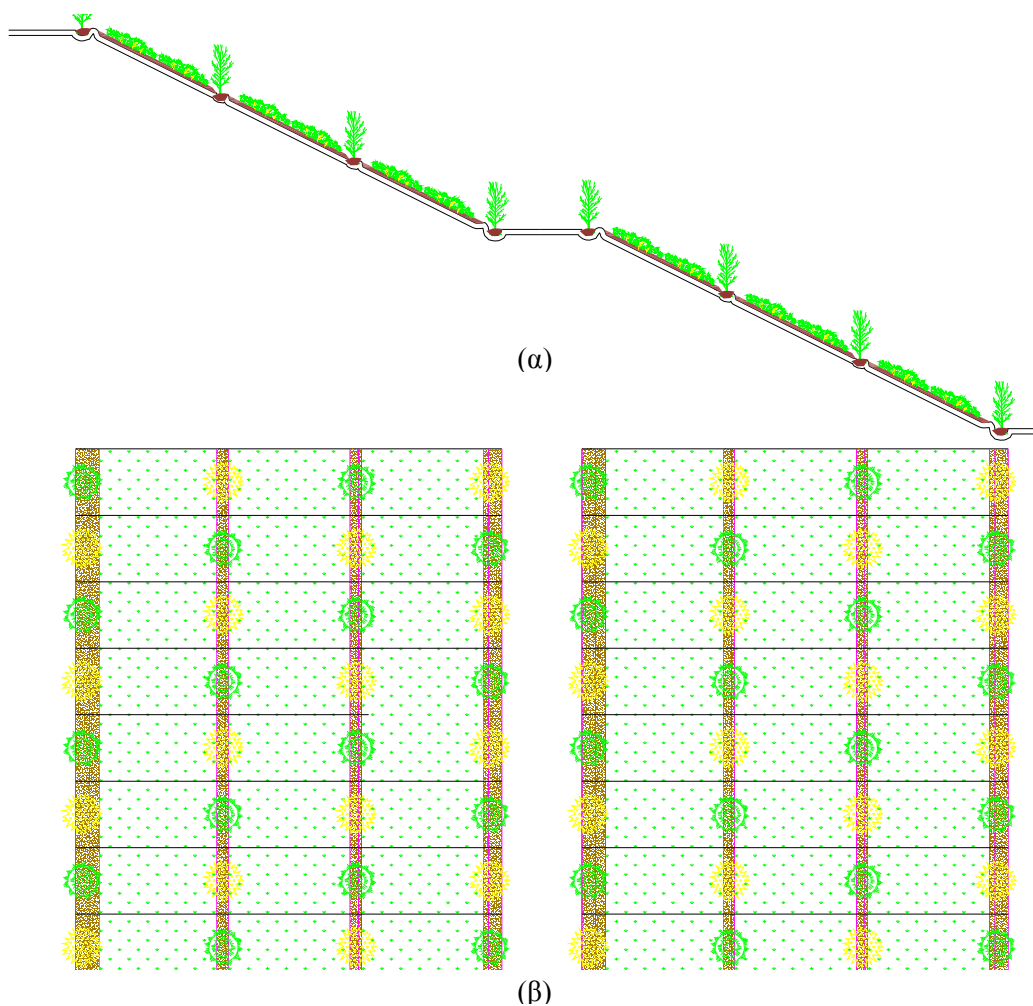
Η φύτευση γίνεται μετά τις πρώτες, ισχυρές βροχές και συμπληρώνεται το ταχύτερο δυνατόν για να επωφελούνται τα νέα φυτά, από τις βροχές του χειμώνα. Πριν την τοποθέτηση των φυτών γεμίζονται οι λάκκοι με τη βοήθεια εκσκαφέα ή φορτωτή με εδαφικό υλικό και φυτική γη.

Οι διαμορφωμένοι χώροι φυτεύονται με δασικά δέντρα με κατάλληλο φυτευτικό σύνδεσμο και ενδιάμεσα τους φυτεύονται δασικοί θάμνοι.

Τα φυτά ποτίζονται κατά την ξηρή περίοδο για τρία τουλάχιστον χρόνια. Το πότισμα γίνεται από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο.

Σε περίπτωση νέκρωσης φυτών γίνεται αμέσως η αντικατάσταση τους. Απομάκρυνση των ζιζανίων/ σκάλισμα των φυτών, εφόσον χρειάζεται, γίνεται γύρω στις αρχές Απριλίου.

Στο **Σχήμα 3.4-1** παρουσιάζονται ενδεικτική κάτοψη και τομή της προτεινόμενης φύτευσης/αποκατάστασης.



Σχήμα 3.4-1: Ενδεικτική (α) τομή και (β) κάτοψη της προτεινόμενης φύτευσης/αποκατάστασης

3.4.2. Συνθήκες ανάπτυξης των φυτών

Η περιοχή μελέτης καθώς και η ευρύτερη περιοχή του Μιτσερού εντάσσονται στην **Θερμο – Μεσογειακή** ζώνη βλάστησης (υψομετρική ζώνη 0 – 500 μέτρα). Οι πλαγιές των λόφων και των ορέων στην ευρύτερη περιοχή του μεταλλείου καλύπτονται κυρίως από σκληροφυλλικούς θαμνώνες (θαμνώδη βλάστηση) και από φρύγανα (παραεδαφιαία βλάστηση) σε αναλογία 70% προς 30%. Εξαιρέση αποτελεί η νοτιοδυτική και δυτική πλευρά του μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας που συνορεύει με δάσος Τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*) με πάρα πολύ καλή ανάπτυξη. Στα ρέματα εποχιακής ροής που διέρχονται από την περιοχή αναπτύσσονται καλαμώνες και παραποτάμιες συστάδες *Nerio Tamaricatea*. Επίσης στην περιοχή απαντούν φυτείες με κυανόφυλλη ακακία (*Acacia saligna*), είδος που από το Τμήμα Δασών της Κύπρου έχει χαρακτηριστεί ως εισβλητικό και δεν θα χρησιμοποιηθεί στις αποκαταστάσεις.

Η χρήση της γειτονικής προς το Έργο περιοχής από την βόρεια, μέρος της νότιας και την ανατολική πλευρά είναι κατά κύριο λόγο γεωργική και περιλαμβάνει ετήσιες ξηρικές καλλιέργειες.

Το πολεοδομικό καθεστώς της περιοχής είναι μικτό περιλαμβάνοντας τη "Ζώνη Προστασίας Ζ3" στο βόρειο ήμισυ του χώρου, την "Αγροτική/Γεωργική Ζώνη Γ3" στο νότιο ήμισυ του χώρου και την "Οικιστική Ζώνη Η2" σε γη στα βορειοδυτικά και βορειοανατολικά του χώρου.

3.4.3. Καταγραφή Ειδών που ευδοκούν στην περιοχή Έργου

Από την επί τόπου επίσκεψη για την αναγνώριση των φυτικών ειδών που ευδοκούν στην ευρύτερη περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, καθώς και της ευρύτερης περιοχής του Μιτσερού, και από τη διερεύνηση των κλιματοεδαφικών συνθηκών που επηρεάζουν την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης, παρατηρήθηκαν τα κάτωθι όσον αφορά τα φυτικά είδη που αναπτύσσονται στην περιοχή.

3.4.3.1. Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας :

Η ευρύτερη περιοχή του μεταλλείου και κυρίως η Νοτιοδυτική - Δυτική πλευρά συνορεύει με αμιγές δάσος τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*), το οποίο εμφανίζει πολύ καλή ανάπτυξη. Τα είδη που έχουν χρησιμοποιηθεί στις μέχρι τώρα αποκαταστάσεις του ως άνω μεταλλείου ή απαντούν στην ευρύτερη περιοχή είναι τα κάτωθι:

α/α	Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα
Κωνοφόρα		
1	Τραχεία πεύκη	<i>Pinus brutia</i>
2	Κουκουναριά	<i>Pinus pinea</i>
3	Κυπαρίσσι	<i>Cupressus sempervirens</i>
4	Άρκευθος η φοινικική	<i>Juniperus phoenicea</i>
Πλατύφυλλα		
5	Αγριελιά	<i>Olea europaea</i>
6	Κοκορεβιθιά ή Τρεμιθιά	<i>Pistacia terebinthus</i>
7	Ευκάλυπτος	<i>Eucalyptus torquata</i>
8	Μοσφιλιά	<i>Crataegus azarolus</i>
Πολυετή φυτά		
9	Κονυζός	<i>Inula viscosa</i>

3.4.3.2. Παρόδιες αποκαταστάσεις της περιοχής Μιτσερού

Τα είδη δασικής βλάστησης που έχουν χρησιμοποιηθεί στις μέχρι τώρα αποκαταστάσεις των πρανών των δρόμων στην περιοχή του Μιτσερού με πολύ καλά αποτελέσματα, είναι τα ακόλουθα:

α/α	Κοινό όνομα	Επιστημονικό όνομα
Κωνοφόρα		
1	Άρκευθος ή φοινικική	Juniperus phoenicea
2	Κυπάρισσος ή μακρόκαρπη	Cupressus macrocarpa
3	Θούγια	Thuja orientalis
Πλατύφυλλα		
4	Πικροδάφνη	Nerium oleander
5	Σπάρτο	Spartium junceum
6	Σχίνος	Pistacia Lentiscus
7	Χαρουπιά	Ceratonia Siliqua

3.4.4. Επιλογή Φυτευτικών Ειδών

3.4.4.1. Επιλογή των ειδών και οικολογική αιτιολόγηση της επιλογής τους.

Τα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται η επιλογή των ειδών για την αποκατάσταση της βλάστησης στην εξεταζόμενη πιλοτική περιοχή είναι τα ακόλουθα:

- Αξιοποίηση αυτοχθόνων φυτικών ειδών, τα οποία είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και συνεπώς εξασφαλίζουν την επιτυχία του προγράμματος της περιβαλλοντικής αποκατάστασης.
- Τα πρωτοεμφανιζόμενα σε μία τελείως ακάλυπτη επιφάνεια δασοπονικά είδη πρέπει να είναι **ελαφρόσπορα, φωτόφυτα, με μικρές απαιτήσεις από το έδαφος, με μεγάλο οικολογικό εύρος και με δυνατότητες ταχείας ανάπτυξης κατά το πρώτο στάδιο της ηλικίας τους.**
- Η αποκατάσταση της βλάστησης είναι **προστατευτική και βελτιωτική** του εδάφους και παράλληλα, στοχεύει στη δημιουργία **αισθητικής βλάστησης**. Από τις εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης αναμένεται η δημιουργία δάσους κατάλληλου για αναψυχή, ή αναβάθμιση της αισθητικής του τοπίου κλπ.
- Τόσο για λόγους αισθητικής, όσο και για λόγους προστασίας και βελτίωσης του εδάφους, ενδείκνυται η δημιουργία ενός μικτού δάσους κωνοφόρων και πλατύφυλλων δασικών ειδών. Η δημιουργία μικτού δάσους είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχία του προγράμματος περιβαλλοντικής αποκατάστασης της άμεσης περιοχής επέμβασης σε βάθος χρόνου, καθώς το μικτό δάσος, εκτός από αισθητικό, έχει την ιδιότητα να αυτοπροστατεύεται από πυρκαγιές και από ασθένειες.
- Ειδικά για την προστασία και τη βελτίωση του εδάφους, η δενδρώδης βλάστηση που θα δημιουργηθεί θα περιλαμβάνει είδη, με πλούσιο υπέργειο τμήμα, πυκνό επιπόλαιο ή καρδιόσχημο ριζικό σύστημα (θα αποφευχθούν είδη που έχουν βαθύ ριζικό σύστημα, καθώς και είδη όπως η ακακία).

Με βάση τα ανωτέρω και λαμβάνοντας υπόψη ότι παλαιότερα έγιναν προσπάθειες αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας:

- τόσο στα πρανή και τις επίπεδες επιφάνειες των σωρών των αποβλήτων με πολύ περιορισμένη επιτυχία στην αναδάσωση,
- όσο και στις νότιες επιφάνειες της εκσκαφής, που παρουσιάζουν ηπιότερες κλίσεις με την τοποθέτηση αρχικού στρώματος από μαξιλαροειδείς λάβες (pillows lavas) με πάχος στρώσης τα 50 – 70 cm με επιτυχία στην αναδάσωση, χρησιμοποιώντας ως κύριο δασοπονικό είδος την Τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*), προτείνονται τα παρακάτω είδη:

Προτεινόμενα είδη για τις φυτεύσεις :

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Παρατηρήσεις
Κωνοφόρα			
1	<i>Pinus brutia</i>	Τραχεία πεύκη	Δένδρο
2	<i>Pinus pinea</i>	Κουκουναριά	Δένδρο, χρειάζεται βαθιά γόνιμα εδάφη
3	<i>Cupressus sempervirens</i>	Κυπαρίσσι	Δένδρο
4	<i>Juniperus phoenicea</i>	Άρκευθος η φοινικική	Θάμνος ή μικρό δένδρο
Πλατύφυλλα			
5	<i>Clematis vitalba</i>	Κληματίς	Θάμνος, χρειάζεται νερό
6	<i>Pistacia terebinthus</i>	Τρεμιθιά	Θάμνος ή μικρό δένδρο
7	<i>Pistacia atlantica</i>	Τρέμιθος	Δένδρο
8	<i>Pistacia lentiscus</i>	Σχίνος	Θάμνος
9	<i>Nerium oleander</i>	Πικροδάφνη	Θάμνος
10	<i>Spartium junceum</i>	Σπάρτο	Θάμνος
11	<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουτιά	Δένδρο

Σημειώνεται ότι η κουκουναριά προτείνεται να χρησιμοποιηθεί δοκιμαστικά και σε μικρό αριθμό φυτών, δεδομένου είναι ξενικό είδος και απαιτεί βαθιά εδάφη.

Προτεινόμενα είδη για την σπορά στις κεκλιμένες επιφάνειες :

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Παρατηρήσεις
1	<i>Asparagus stipularis</i>	Ασπάραγος ο παραφυλλοφόρος	
2	<i>Calycotome villosa</i>	Ασπάλαθος	
3	<i>Cistus creticus</i>	Κίστος ο κρητικός	
4	<i>Cistus salviifolius</i>	Κίστος ο φασκομηλόφυλλος	
5	<i>Genista sphacelata</i> υποείδος <i>sphacelata</i>	Γενίστη η σφακελωτή	
6	<i>Inula viscosa</i>	Κονυζός	Χρειάζεται νερό
7	<i>Phlomis cypria</i> υποείδος <i>Occidentalis</i> Meikle	Φλόμις η Κύπρια	Είναι προστατευόμενο είδος

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Παρατηρήσεις
8	Phlomis lunarifolia	Φλόμις η σεληνιτιδόφυλλη	
9	Pterocephalus multiflorus – subsp. multiflorus	Μαννουθικιά	
10	Ptilostemon chamaepeuce	Πτιλοστήμων η χαμαιπεύκη	
11	Rhamnus oleiodes	Ράμνος ο ελαιοειδής	
12	Thymus capitatus	Θύμος ο κεφαλωτός	

Επίσης με την σπορά προτείνεται να χρησιμοποιηθεί και το πλατύφυλλο είδος που χρησιμοποιείται στις φυτεύσεις.

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Παρατηρήσεις
13	Clematis vitalba	Κληματίς	Θάμνος, χρειάζεται νερό

3.4.4.2. Προμήθεια, έλεγχος φυταρίων

Τα φυτάρια των κωνοφόρων και πλατυφύλλων, που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι μονοετή το πολύ διετή βωλόφυτα, ενώ του σπάρτου θα είναι μονοετή γυμνόρριζα. Κατά την προμήθεια τους θα πρέπει να προσεχθούν τα κάτωθι :

- Τα γυμνόριζα φυτάρια πρέπει να είναι επαρκώς αποξυλωμένα και το υπέργειο τμήμα τους να βρίσκεται σε βλαστική ηρεμία.
- Στα γυμνόρριζα το ριζικό σύστημα να είναι καλά διαμορφωμένο έντονο και με πολλές λεπτές ρίζες.
- Τα φυτάρια να είναι υωπά και το φύλλωμά τους να βρίσκεται σε πλήρη σπαργή.
- Να είναι απόλυτα υγιή και να μην εμφανίζουν συμπτώματα ασθενειών ή εμφανείς κακώσεις, πληγές κλπ.
- Η κόμη να είναι κλιμακωτή, διακλαδιζόμενη και με πυραμιδοειδή μορφή. Φυτάρια με ατρακτοειδή κόμη να απορρίπτονται.
- Ο βλαστός να είναι ευθυτενής και μονοστέλεχος. Να μην είναι δίχαλος ή πολυκόρυφος.
- Ο φλοιός τους να είναι λείος υγιής και να έχει το φυσικό του χρώμα.

Η προμήθεια των φυταρίων θα γίνεται από δημόσια ή ιδιωτικά δασικά φυτάρια της Κύπρου.

3.4.5. Εργασίες Φυτεύσεων

3.4.5.1. Φύτευση φυταρίων

Η φύτευση των βωλοφύτων προτείνεται γίνεται σε λάκκους διαστάσεων 0,80 x 0,80 x 1,00 m. Η διάνοιξη των λάκκων θα γίνεται με DIGGER και θα γεμίζονται με γόνιμο χώμα με τη βοήθεια μικρής BOULDOZER. Πριν τοποθετηθούν τα φυτάρια στους λάκκους φύτευσης θα αφαιρείται το πλαστικό περικάλυμμα και μαζί με τη βάση του πλαστικού σάκκου θα κόβονται και οι ρίζες του φυτού που αναπτύσσονται σπειροειδώς στη βάση του σάκου επιτυγχάνοντας έτσι μια καλή ριζοκοπή.

Η φύτευση του γυμνόριζου σπάρτου, θα γίνεται σε σχισμές ή σε λάκκους που θα ανοίγονται με αξίνα και θα έχουν διεύθυνση κατακόρυφη - κάθετη προς την επιφάνεια του εδάφους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι παρά την κάλυψη των προς αποκατάσταση επιφανειών με στρώση φυσικού εδάφους, κατά την επαναφύτευση της περιοχής κατάληψης, οι κλιματοεδαφικές συνθήκες των επιφανειών αποκατάστασης θα προσομοιάζουν με τις κλιματοεδαφικές συνθήκες γυμνών επιφανειών, στις οποίες εγκαθίστανται αρχικά πρόσκοπα φυτικά είδη.

Τονίζεται ότι οι εργασίες που περιγράφηκαν παραπάνω θα υλοποιηθούν σε συνεργασία με το αρμόδιο Τμήμα Δασών της Κύπρου.

3.4.5.2. Φυτευτικός σύνδεσμος και μίξη εγκαθιστάμενων φυτών

Οι φυτευτικοί σύνδεσμοι, που προτείνονται με βάση την μακρόχρονη εμπειρία που έχει αποκτηθεί σε έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης δασικών εκτάσεων κυμαίνονται για τα δένδρα: από 3x3m ως 5x5m και για τους θάμνους 1,5x1,5 m ως 3,0x3,0 m. **Στο παρόν Έργο προτείνονται φυτευτικοί σύνδεσμοι 5x5m για τα δένδρα και 3x3 για τους θάμνους.** Οι ποσότητες των αναγκαίων δενδρυλλίων συνεπώς προκύπτουν από το μέγεθος της προς αποκατάσταση έκτασης και τη χρήση της.

3.4.5.3. Εποχή φύτευσης φυταρίων

Η φύτευση των φυταρίων θα πραγματοποιείται από τις αρχές του Οκτωβρίου και το Νοέμβριο (φθινοπωρινή φύτευση) και αν ο χειμώνας είναι ήπιος θα συνεχίζεται μέχρι τα μέσα του Δεκεμβρίου, καθ' όσον σ' αυτή τη χρονική περίοδο εξασφαλίζεται :

- Η άμεση και δραστήρια ριζοβόληση των φυταρίων.
- Η αντοχή αυτών στο δυσμενές περιβάλλον του πρώτου χρόνου μετά τη φύτευση.

- Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυταρίων στα πρώτα έτη.

3.4.5.4. Σπορά

Η προμήθεια των σπόρων θα πραγματοποιηθεί από το Τμήμα Δασών της Κύπρου ή αν αυτό δεν είναι εφικτό θα πρέπει να συλλεχθούν από τον ανάδοχο του έργου, σε συνεργασία με το Τμήμα Δασών. Θα πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια ώστε οι σπόροι να είναι τοπικής προέλευσης ή τουλάχιστον προέλευσης της ευρύτερης περιοχής του Μιτσερού.

Οι σπόροι θα πρέπει να ελέγχονται ώστε να είναι υγιείς, με υψηλή καθαρότητα (πρέπει να είναι πάνω από 98%), απολυμασμένοι και απεντομωμένοι, με διαπιστωμένη υψηλή φυτρωτικότητα (πρέπει να είναι πάνω από 85%), να έχουν το τυπικό χρώμα για κάθε είδος και θα πρέπει να εμποτιστούν σε νερό για 24 ώρες πριν τη σπορά.

Προτείνεται η φθινοπωρινή σπορά αμέσως μετά τις πρώτες βροχές εφόσον ο χειμώνας είναι σχετικά ήπιος και σχετικά υγρός.

Πρέπει πριν την σπορά οι σβώλοι ή συσσωματώματα που έρχονται στην επιφάνεια του εδάφους λόγω της άρσης που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 7 cm να σπάζουν με περιστροφικό καλλιεργητή (φρέζα).

Οι σπόροι σπέρνονται με το χέρι ή με σπαρτική μηχανή. Όταν η σπορά γίνεται με το χέρι οι σπόροι ισο-μοιράζονται στα δύο και σπέρνονται σε δύο διαδοχικές σπορές: οι μισοί σπόροι κατά το μήκος και οι υπόλοιποι μισοί κατά το πλάτος, σταυρωτά. Οι μεγάλες επιφάνειες μπορούν να χωριστούν σε μικρότερες περιοχές καθορισμένης έκτασης για να επιτευχθεί καλύτερη αναλογία σπόρου. Όταν χρησιμοποιείται σπαρτική μηχανή, η σπορά πραγματοποιείται σε παράλληλες λωρίδες χρησιμοποιώντας τις ρόδες της σπαρτικής μηχανής ως οδηγό και πάλι με τη σταυρωτή μέθοδο. Στα όρια της περιοχής σποράς απλώνεται λινάτσα, ώστε να γυρίζει εκεί η σπαρτική μηχανή και να επιτευχθεί ομοιόμορφη σπορά και στις άκρες.

Η ποσότητα των σπόρων θα είναι 1 gr περίπου για κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας.

Μετά τη σπορά πρέπει να ακολουθήσει ελαφρύ και προσεκτικό πέρασμα του χώματος με τσουγκράνα ή με κύλινδρο που έχει ειδικά δόντια, για να καλυφθούν οι σπόροι με ένα λεπτό στρώμα χώματος.

Τέλος μετά το πέρας των εργασιών της σποράς οι κεκλιμένες επιφάνειες θα καλύπτονται με κλαδιά (mulching & thatching) που θα στερεωθούν με τέλι και πασσάλους (ξύλινους και μεταλλικούς). Τα οποία κλαδιά αναμένεται να προέλθουν από δάση της Κύπρου από καθαρισμούς και υλοτομίες.

3.4.5.5. Περιποίηση των αρτιφύτρων

Μετά την ολοκλήρωση των φυτεύσεων θα ληφθεί μέριμνα για την κατάλληλη περιποίησή τους, που θα έχει ως σκοπό την εξασφάλιση μιας ταχείας και αποτελεσματικής κάλυψης της περιοχής με πυκνή βλάστηση.

Ο όρος περιποίηση περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες (εργασίες) που χρειάζονται για τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την επιβίωση των φυταρίων μετά την φύτευσή τους, τη δημιουργία του κατάλληλου αυξητικού περιβάλλοντος για την ανάπτυξή τους, αλλά και την προστασία τους από τα αιγοπρόβατα που τυχόν βόσκουν στην περιοχή.

Η περιποίηση των αρτιφύτρων περιλαμβάνει τις εξής εργασίες :

- Καταπολέμηση της παρεδαφιαίας ανταγωνιστικής βλάστησης.
- Σκάλισμα.
- Άρδευση.
- Λίπανση.
- Φύλαξη των νεοφύτων από τα ζώα και τις πυρκαγιές.

α) Η καταπολέμηση της παρεδαφιαίας ανταγωνιστικής βλάστησης σκοπό έχει την απομάκρυνση (βρύων, ποών, χόρτων και τυχόν θάμνων), για να μην υπάρχει ανταγωνισμός όσον αφορά το νερό και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Η απομάκρυνση αυτή είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της αποκατάστασης.

β) Το σκάλισμα σκοπό έχει την βελτίωση των φυσικών και εμμέσως των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Γίνεται στο τέλος της άνοιξης και το καλοκαίρι, όταν έχουν προηγηθεί βροχοπτώσεις. Με το σκάλισμα θα επιτυγχάνεται η δημιουργία λάκκου διαμέτρου 0,40 m γύρω από το φυτό, για την συγκέντρωση νερού από βροχές ή το πότισμα, καθώς το σπάσιμο της εδαφικής κρούστας και το άνοιγμα των τριχοειδών αγγείων του εδάφους βοηθάει το φυτό να εκμεταλλευθεί την υγρασία των βαθύτερων στρωμάτων.

Συνήθως οι δύο παραπάνω εργασίες γίνονται ταυτόχρονα, δηλαδή η καταπολέμηση της παρεδαφιαίας ανταγωνιστικής βλάστησης γίνεται μαζί με το σκάλισμα.

γ) Η άρδευση θα γίνεται κατά τους ξηρούς θερινούς μήνες (Μάιος έως Οκτώβριος), κάθε 20 ημέρες περίπου, ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, και σε κάθε φυτό θα ρίχνονται 20 lt νερού περίπου, γιατί πρέπει να προτιμώνται ισχυρά ποτίσματα. Αντίθετα συχνότερο πότισμα με μικρότερη ποσότητα νερού είναι λιγότερο αποτελεσματικό, δεδομένης της απώλειας νερού από την εξάτμιση χωρίς αυτό να διεισδύσει στα βαθύτερα στρώματα.

δ) Λόγω της μειωμένης ποσότητας θρεπτικών συστατικών του προς αναδάσωση εδάφους και της αυξημένης απαίτησης των φυταρίων χρειάζεται να γίνει λίπανση. Η λίπανση θα γίνεται τους

μήνες Δεκέμβριο - Ιανουάριο. Πρωταρχικά θα εξετασθεί από τον φορέα του έργου η δυνατότητα αξιοποίησης φυσικού οργανικού λιπάσματος ή άλλων φυσικών οργανικών υλικών, εφόσον είναι διαθέσιμα στη περιοχή, όπως προβλέπεται και στο εξεταζόμενο **Σενάριο 2** (ιδέτε **Ενότητα 3.3.4**). Στις άλλες εναλλακτικές λύσεις σε κάθε φυτό θα ρίχνεται εντός της περιμέτρου του διαμορφωμένου λάκκου μια ποσότητα 100 gr μικτού λιπάσματος (11-15-15).

- ε) Τέλος πρέπει να γίνει φύλαξη των νεοφύτων από τα ζώα και τις πυρκαγιές :
- Όλοι οι χώροι αποκατάστασης θα παραμείνουν περιφραγμένοι το λιγότερο για πέντε έτη, ώστε να προστατευθεί η εγκαθιστάμενη βλάστηση από τυχόν ύπαρξη βοσκής ή κακόβουλη ενέργεια. Η προστασία του χώρου θα γίνει όπως αναφέρεται παραπάνω με ολοκληρωμένη περίφραξη με δικτυωτό πλέγμα ύψους 1,20 m.
 - Η φύλαξη από τις πυρκαγιές θα γίνεται σε συνεργασία με τις αρμόδιες Υπηρεσίες της Κύπρου (Τμήμα Δασών, Πυροσβεστική Υπηρεσία, κ.ά).

3.4.5.6. Συμπληρωματικές φυτεύσεις

Τα φυτεύσιμα φυτάρια δεν επιβιώνουν όλα, ακόμα και στις καλύτερες συνθήκες. Πολλές φορές για τη συμπλήρωση των διακένων χρειάζεται συμπληρωματική φύτευση.

Αν η αποτυχία των φυτεύσεων με τον προτεινόμενο φυτευτικό συνδυασμό είναι ομοιόμορφη σε όλη την επιφάνεια, τότε είναι παραδεκτό και ένα ποσοστό επιβίωσης 80% χωρίς συμπληρωματική φύτευση. Όταν η αποτυχία εντοπίζεται κατά θέσεις τότε είναι απαραίτητη η συμπλήρωση των κενών, έστω και με ποσοστό επιβίωσης 80%.

Πρέπει η συμπληρωματική φύτευση να γίνεται έγκαιρα το αργότερο μετά από ένα έτος από τη διαπίστωση της αποτυχίας για να είναι δυνατή μία ευνοϊκή συνύπαρξη μεταξύ των νεοφυτεμένων φυταρίων και των αντιστοιχών της αρχικής φύτευσης.

Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να βρεθούν τα αίτια της αποτυχίας και εφόσον αρθούν, τότε θα διενεργείται συμπληρωματική φύτευση.

3.5. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

3.5.1. Παρακολούθηση Γεωτεχνικής Ευστάθειας

Η διαδικασία της τελικής διαμόρφωσης (χωματοουργικές διαδικασίες) του σωρού των στείρων θα πρέπει να παρακολουθείται συστηματικά για να τηρηθούν οι οδηγίες τελικής διαμόρφωσης (π.χ. κλίση και ύψος πρανών, αποστάσεις μεταξύ των βαθμίδων) σύμφωνα με την μελέτη που θα

ετοιμαστεί. Η διαδικασία ελέγχου θα αποτελείται από δύο μέρη, επιτόπια εξέταση (Field work) και μελέτη γραφείου.

Για την παρακολούθηση της γεωτεχνικής ευστάθειας προτείνεται όπως τοποθετηθούν στην πιλοτική μονάδα 3 κλισιόμετρα τα οποία θα παρακολουθούνται για περίοδο 2 χρόνων με καταγραφή των τυχόν αποκλίσεων 1 φορά ανά μήνα.

Τα κλισιόμετρα θα τοποθετηθούν μέσα σε 3 γεωτρήσεις βάθους 30-40 μέτρων. Η ανόρυξη των γεωτρήσεων θα πρέπει να γίνει σε συνδυασμό με επιτόπιες και εργαστηριακές δοκιμές για να ληφθούν οι απαραίτητες μηχανικές παράμετροι των υλικών. Στον ακόλουθο **Πίνακα 3.5-1** παρουσιάζεται πρότυπος πίνακας ποσοτήτων και εργασιών μιας τυπικής Γεωτεχνικής Μελέτης.

Πίνακας 3.5-1: Πίνακας ποσοτήτων τυπικής Γεωτεχνικής μελέτης

Περιγραφή Εργασιών	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Ποσό €
1.0 Κινητοποίηση				
2.0 Γεωτρήσεις (Open hole Destructive Drilling) με επί τόπου δοκιμές SPT όπου είναι δυνατό σύμφωνα με την κρίση του γεωλόγου				
3.0 Εργαστηριακές Δοκιμές 3.1 Φυσική Υγρασία 3.2 Κοκκομετρικές Διαβάθμισεις 3.3 Ορια Atterberg & Δοκιμή συρρίκνωσης (Shrinkage) 3.4 Δοκιμή Ανεμπόδιστης Θλίψης & Bulk Density 3.5 Moisture Content 3.6 Ειδικό Βάρος 3.7 Montmorillonite Content 3.8 Δοκιμή Στερεοποίησης 3.9 Πίεση που μπορεί να εξασκηθεί από πιθανή Διόγκωση, και μέτρηση της Πίεσης Διόγκωσης 3.10 Τριαξονική Δοκιμή (Quick Undrained) 3.11 Χημικές Αναλύσεις > SO ₄ , Cl ⁻ , pH Εδάφους > SO ₄ , Cl ⁻ , pH, EC Νερού				
4.0 Οργάνωση και Επιβλεψη Εργασιών, Αξιολογήση Έκθεση				
ΣΥΝΟΛΟ				
Φ.Π.Α. 15,0%				
ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (€)				

Στο σημείο αυτό σημειώνονται τα ακόλουθα:

- ◆ Το είδος και ο αριθμός των εργαστηριακών δοκιμών καθορίζεται από τον τύπο και τον αριθμό των διαφόρων εδαφολογικών οριζόντων.
- ◆ Με βάση τις εργασίες υπαίθρου και τις εργαστηριακές δοκιμές θα **καθορισθούν** :
 - **Η στρωματογραφία** του υπεδάφους (θα ετοιμασθούν γεωλογικές/ γεωτεχνικές τομές όπου θα εμφανίζεται η στρωματογραφία με τα αντίστοιχα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών με κατανοητό τρόπο).
 - **Ο εντοπισμός τυχόν χαλαρών με μεγάλη συμπίεστικότητα στρώσεων.**

- **Η στάθμη του υπόγειου νερού** (αν υπάρχει μέχρι το βάθος ανόρυξης των γεωτρήσεων).
- **Η φυσική υγρασία των εδαφών και η σχέση της με το βάθος και τον τύπο των εδαφών.**
- **Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών** (Κοκκομετρική διαβάθμιση, όρια Atterberg, Φυσική Πυκνότητα, γωνία εσωτερικής τριβής, ειδικό και φαινόμενο βάρος, αντοχή στην ανεμπόδιστη θλίψη, Θλιπτική αντοχή, δυνατότητες διόγκωσης/ συρρίκνωσης, συντελεστής στερεοποίησης) με βάση τα οποία και λαμβανομένων υπόψη των γενικότερων συνθηκών του εδάφους που αναφέρονται πιο πάνω θα καθορισθούν :
 - **Η φέρουσα ικανότητα, μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση, ο συντελεστής εδάφους** (Coefficient of subgrade Reaction) το μέτρο συμπίεσης εδάφους (Modulus of Elasticity, Es) των διαφόρων εδαφολογικών οριζόντων.
 - **Το βάθος και ο τύπος θεμελίωσης λαμβανομένων υπόψη και των πιθανών καθιζήσεων.**

3.5.2. Παρακολούθηση επιτυχίας Γεωχημικής Αποκατάστασης

Η ποιότητα του επιφανειακού εδαφικού στρώματος των αποκατεστημένων σωρών στείρων παρακολουθείται σε περιοδική βάση έτσι ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τη διαχρονική τους ποιότητα. Συγκεκριμένα, εκτελούνται δειγματοληψίες και αναλύσεις ώστε αφενός μεν να είναι δυνατός ο περιβαλλοντικός χαρακτηρισμός των υλικών αυτών, αφετέρου δε για τον έλεγχο της γονιμότητας των εδαφών (έλεγχος μηχανικής σύστασης, περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και συγκεκριμένα ιχνοστοιχεία, κλπ.). Κατά τον περιβαλλοντικό χαρακτηρισμό των εδαφών περιλαμβάνεται έλεγχος της περιεκτικότητάς τους σε βαρέα μέταλλα και άλλες τοξικές ή επικίνδυνες ουσίες, καθώς και έλεγχο της εκπλυσιμότητας των παραπάνω στοιχείων (leaching tests). Πιο συγκεκριμένα, κατά την παρακολούθηση των χαρακτηριστικών του εδαφικού στρώματος προτείνεται να μετρούνται οι παρακάτω παράμετροι:

- pH
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Περιεκτικότητα σε S.
- Περιεκτικότητα του εδάφους σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο.
- Περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικές ουσίες.
- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά: P, K, B, Ca, Mg.
- Περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα: Cd, Co, Ni, Pb, , Mn, Zn, Fe, Cu.
- Ιονοανταλλακτική ικανότητα.

Οι δειγματοληψίες και αναλύσεις θα πραγματοποιούνται μια φορά το έτος, ενώ ο αριθμός και οι θέσεις λήψης των δειγμάτων καθορίζονται εκτιμώντας τις εκάστοτε συνθήκες (έκταση αποκατεστημένης περιοχής, ομοιογένεια υλικών που καλύπτουν τις τελικές επιφάνειες, κλπ.), 'και συνοψίζονται στο **Συμπληρωματικό Τεύχος της Τελικής έκθεσης**.

3.5.3. Παρακολούθηση Επιτυχίας Φυτεύσεων

Σε συνέχεια των όσων αναφέρθηκαν στην **Ενότητα 3.4.5.6** για τις συμπληρωματικές φυτεύσεις η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων επαναφοράς της βλάστησης στις προς αποκατάσταση περιοχές θα γίνεται με βάση τα αποτελέσματα επιβλέψεων παρατηρήσεων που θα πραγματοποιούνται συστηματικά στην περιοχή όλο το χρόνο, και μέχρι το 5^ο έτος μετά το τέλος των εργασιών επαναφύτευσης – αναδάσωσης – συντήρησης. Το χρονικό αυτό διάστημα θεωρείται ικανό για την διάγνωση της επιτυχίας του προγράμματος περιβαλλοντικής αποκατάστασης.

Οι μετρήσεις αυτές θα περιλαμβάνουν :

- Ποσοτική εκτίμηση της εδαφοκάλυψης και των ρυθμών εγκατάστασης της δενδρώδους και θαμνώδους βλάστησης.
- Σύγκριση των παραπάνω στοιχείων με βάση τους αντίστοιχους στόχους που ετέθησαν στα πλαίσια του σχεδιασμού κλεισίματος και αποκατάστασης του έργου και λήψη διορθωτικών μέτρων στην περιοχή που διαπιστώθηκε το πρόβλημα μετά από σχετική μελέτη.

Ανεξάρτητα από τα παραπάνω θα διενεργούνται τακτικές επισκέψεις στις περιοχές αποκατάστασης, για τον έγκαιρο εντοπισμό οποιασδήποτε φύσης προβλημάτων.

4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΚΣΚΑΦΗ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας λειτούργησε από το 1936 έως το 1940 ως μικρή ανοικτή εκσκαφή για την εκμετάλλευση χρυσού και αργύρου και συνέχισε τη δραστηριότητά του από το 1953 έως το 1966 ως υπαίθριο μεταλλείο κλειστής εκσκαφής με την μέθοδο των ορθών βαθμίδων για την μαζική εκμετάλλευση της θειούχου μεταλλοφορίας σε περιεχόμενο χαλκό και θείο.

Από τη συνολική μεταλλευτική δραστηριότητα διαμορφώθηκε μια κλειστή εκσκαφή με την δημιουργία στον πυθμένα της τεχνητής λίμνης και γύρω από αυτήν σχηματισμοί αποθέσεων στείρων, (20 Mt περίπου), ο κύριος όγκος των οποίων εντοπίζεται στα ΒΑ και ΝΑ της εκσκαφής.

Η εκσκαφή έχει μήκος ~600 m (κατά τη διεύθυνση Α-Δ), πλάτος ~350 m και βάθος μέχρι τη στάθμη του νερού της λίμνης ~100 m, με απότομη συνολική κλίση βαθμίδων (~60-65°) στο ΒΔ και Δ τμήμα της εκσκαφής, ηπιότερες στο Ν τμήμα της (~30-35°) και ενδιάμεσες στην υπόλοιπη έκταση της εκσκαφής.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα κυριότερα προβλήματα που εντοπίστηκαν και σχετίζονται με το χώρο της εκσκαφής, αφορούν στα ακόλουθα:

- Παρουσία κατολίσθησης στα νότια και κοντά στο δυτικό άκρο της τεχνητής λίμνης στην περιοχή κύριου ρήγματος με διεύθυνση Β-Ν.
- Αδυναμία πρόσβασης στο μεγαλύτερο τμήμα των βαθμίδων λόγω καταπτώσεων υλικών από τα μέτωπα των βαθμίδων.
- Μόνιμη διατήρηση τεχνητής λίμνης στον πυθμένα της εκσκαφής ως συνέπεια πλευρικών διηθήσεων από τοπικούς μικρούς υδροφορείς που αναπτύσσονται εντός της μάζας των πυριγενών πετρωμάτων κατά μήκος ρηξιγενών ζωνών, μέσα στις ζώνες αποσάθρωσης και σε περιοχές με πορώδεις λάβες.
- Όξινη σύσταση νερών λίμνης λόγω φαινομένου όξινης απορροής με pH, περίπου 2,5.

Στο πλαίσιο του σχεδιασμού για τη δυνατότητα διαχείρισης των γεωτεχνικών και υδρογεωλογικών προβλημάτων στο χώρο εντός της εκσκαφής, η Ομάδα Έργου αξιοποίησε τα διαθέσιμα στοιχεία, την εμπειρία της για παρόμοια φύσεως έργα και εκτιμήσεις μετά από επισκέψεις των μελών της στο χώρο της εκσκαφής του μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας.

4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Τα γεωτεχνικά προβλήματα που δυνητικά μπορεί να εμφανισθούν, εντός της εκσκαφής, έχουν σχέση με την γεωτεχνική ευστάθεια των τοιχωμάτων της ίδιας της εκσκαφής. Τα προβλήματα αυτά μέχρι σήμερα έχουν εκδηλωθεί:

- με την μορφή μιας μείζονος κατολίσθησης τοπικής κλίμακας στα νότια και κοντά στο δυτικό άκρο της τεχνητής λίμνης στην περιοχή του κύριου ρήγματος που διέρχεται από την περιοχή της εκσκαφής και
- με την μορφή μικροκατολισθήσεων και μικροκαταπτώσεων στην περιοχή των ίδιων των βαθμίδων από την επίδραση της φυσικής διάβρωσης που οδήγησε στην εξομάλυνσή τους και την παρουσία κατά θέσεις φυσικής αναδάσωσης (έντονης στα νότια υπήνεμα πρηνή της εκσκαφής λόγω και της παρουσίας ηφαιστειακών, μαξιλαροειδών (pillowed) τόφφων με ήπιες κλίσεις και πολύ περιορισμένης στα τοιχώματα της υπόλοιπης, προσήνεμης εκσκαφής λόγω και των μεγάλων κλίσεων των βαθμίδων που συνίστανται από τα ηφαιστειακά πετρώματα του ορίζοντα βάσης με την παρουσία υπολειμμάτων θειούχου μεταλλοφορίας οξειδίων σιδήρου πλούσιων σε αιματίτη και ζαροσίτη).

Η εκδήλωση των ως άνω γεωτεχνικών φαινομένων δεν είχαν δυσμενείς επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον της περιοχής καθώς τα φαινόμενα ήταν περιορισμένης τοπικής κλίμακας που πρακτικά έλαβαν χώραν εντός της περιοχής επέμβασης της εκσκαφής. Σημειώνεται επίσης η περιφράξη του χώρου της εκσκαφής με συρματόπλεγμα και το γεγονός ότι δεν επιτρέπεται η πρόσβαση στην περιοχή καθώς αυτή χρησιμοποιείται ως πεδίο βολής από το στρατό.

Μεθοδολογικά, οι δυνατότητες που προσφέρονται για την διαχείριση των γεωτεχνικών προβλημάτων στην περιοχή της εκσκαφής με την απότομη κλίση βαθμίδων είναι:

- η επαναφορά εντός του χώρου της εκσκαφής των στείρων που έχουν αποθεθεί περιμετρικά της εκσκαφής,
- η αναμόρφωση των πρηνών της εκσκαφής με ηπιότερες κλίσεις για την αποτροπή γεωτεχνικών αστοχιών, οιασδήποτε κλίμακας,
- η φύτευση των πρηνών εκσκαφής μετά από κατάλληλες εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης,
- η διατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης με χαμηλού κόστους εργασίες για την βελτίωση της ευστάθειας και μείωσης των πιθανοτήτων εξέλιξης του φαινομένου στην περιοχή της κατολίσθησης,
- η στο πλαίσιο του δυνατού, αποτελεσματική διαχείριση των ομβρίων υδάτων.

Η επαναφορά εντός του χώρου της εκσκαφής των στείρων που έχουν αποθεθεί περιμετρικά της, παρά το γεγονός ότι συνιστά μία θετική από περιβαλλοντική άποψη λύση, έχει ήδη αποκλεισθεί από τις αρχές λόγω του σημαντικού κόστους που συνεπάγονται τόσο οι αναγκαίες για το σκοπό

αυτό χωματουργικές εργασίες, όσο και οι εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης που θα ακολουθήσουν στην επιχωμένη περιοχή της εκσκαφής και στις περιοχές που θα ελευθερωθούν από τη μετακίνηση των σωρών των στείρων. Σημαντικό μειονέκτημα της ως άνω εναλλακτικής λύσης συνιστούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εκτεταμένες χωματουργικές εργασίες στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, στους υδατικούς πόρους και στα εδάφη της άμεσης περιοχής. Στα πλεονεκτήματα της λύσης αυτής περιλαμβάνεται και η επαναφορά της μορφολογίας του εδάφους σε μορφή ανάλογη με την αρχική της κατάσταση και ο περιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της μεταλλευτικής δραστηριότητας στην περιοχή.

Η δεύτερη εναλλακτική λύση, αναμόρφωσης των πρανών της εκσκαφής με ηπιότερες κλίσεις συνεπάγεται την όρυξη κατάλληλων εκσκαφών και αντίστοιχης μετακίνησης σημαντικών όγκων στείρων. Στα μειονεκτήματα της λύσης αυτής περιλαμβάνονται

- Η ανάγκη εξεύρεσης χώρου υποδοχής των υλικών εκσκαφής που θα πρέπει να εξορυχθούν και να μετακινηθούν με αντίστοιχη αύξηση του κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης για τους σωρούς απόθεσης τους.
- Η διεύρυνση του αποτυπώματος της εκσκαφής.
- Οι πιθανές επιπτώσεις στην γεωτεχνική ευστάθεια των νέων βαθμίδων. Σημειώνεται ότι και με τη διαμόρφωση νέων βαθμίδων δεν θα εκλείψουν εντελώς οι πιθανότητες νέων, τοπικών ολισθήσεων και καταπτώσεων βράχων, εφ' όσον είναι αδύνατο να δημιουργηθούν μέτωπα με εντελώς ασφαλή τελική, συνολική γωνία κλίσης περιμετρικά της εκσκαφής (λιγότερο από 45° στα μέτωπα και λιγότερο από 30° στα πρανά από υλικά εκσκαφής).
- Η αποψίλωση σημαντικού αριθμού δέντρων και η μη παρουσία βλάστησης στις νέες βαθμίδες που θα δημιουργηθούν αν δεν επακολουθήσουν σχετικές εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης.
- Το κόστος των σχετικών χωματουργικών εργασιών και εργασιών περιβαλλοντικής αποκατάστασης αν και πολύ μικρότερο της πρώτης περίπτωσης παραμένει σημαντικό.

Η τρίτη εναλλακτική λύση της φύτευσης των πρανών της εκσκαφής μετά από κατάλληλες εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης δεν είναι πρακτικά εφικτή. Όπως διαπιστώθηκε και κατά τις επισκέψεις πεδίου, η απότομη κλίση των πρανών της εκσκαφής, το περιορισμένο αρχικό πλάτος των βαθμίδων και η φυσική διάβρωση των μετώπων των βαθμίδων, οδήγησε σε περιορισμένο πλάτος βαθμίδων, για την απρόσκοπτη και ασφαλή κυκλοφορία του χωματουργικού εξοπλισμού. Ο εν λόγω εξοπλισμός απαιτείται αρχικά για τον καθαρισμό των βαθμίδων από το υλικό των καταπτώσεων και ακολούθως για την κάλυψη τους με κατάλληλο επικάλυμμα για τις εργασίες φυτεύσεων και περιβαλλοντικής αποκατάστασης που θα ακολουθήσουν. Σημειώνεται ότι και στην περίπτωση που θα ήταν δυνατή η χρήση χωματουργικού εξοπλισμού, θα διαταρασσόταν από τις σχετικές εργασίες η υφιστάμενη ευστάθεια στα μέτωπα των βαθμίδων, με επακόλουθο και εδώ την εμφάνιση τοπικά νέων μικροκαταπτώσεων και μικροκατολισθήσεων. Η λύση αυτή, στην περίπτωση που θα ήταν πρακτικά εφικτή, αν και δεν δίνει λύση στο μείζον πρόβλημα της ευστάθειας της εκσκαφής στη συγκεκριμένη περιοχή, θα βελτιώνε την αισθητική του τοπίου και σε κάποιο βαθμό θα περιόριζε το φαινόμενο της δημιουργίας όξινης απορροής στην περιοχή των

βαθμίδων με μια ορθή διαχείριση των ομβρίων. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι οι εργασίες αυτές θα ήταν εις βάρος του γεωλογικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει σήμερα η περιοχή υπό τη σημερινή της μορφή ως μνημείο της μεταλλευτικής ιστορίας του τόπου.

Τέλος, η εναλλακτική πρόταση που αφορά στη διατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης με περιορισμένες, χαμηλού κόστους εργασίες για την βελτίωση της ευστάθειας και μείωσης των πιθανοτήτων εξέλιξης του φαινομένου στην περιοχή της κατολίσθησης παρουσιάζει ενδιαφέρον για τους παρακάτω λόγους:

- Οι εργασίες που απαιτούνται στην περίπτωση αυτή περιορίζονται στην αποτελεσματική διαχείριση των ομβρίων υδάτων με την κατάλληλη διαμόρφωση στην περιοχή της κατολίσθησης μικρού αναχώματος και αρνητικών κλίσεων στην στέψη της τελευταίας βαθμίδας. Με αυτές τις διαμορφώσεις οι επιφανειακές απορροές των νερών της βροχής δεν καταλήγουν εντός της εκσκαφής με άμεσο αποτέλεσμα τη βελτίωση της ευστάθειας των πρανών και τη μείωση των πιθανοτήτων εξέλιξης του φαινομένου της κατολίσθησης. Στο πλαίσιο αυτής της λύσης και για την παρακολούθηση της εξέλιξης του φαινομένου προτείνεται η εγκατάσταση κλισιομέτρων εντός γεωτρήσεων κατά μήκος της στέψης της τελευταίας βαθμίδας και η δημιουργία τοπογραφικών σημείων αναφοράς. Το βάθος των γεωτρήσεων θα καθορισθεί αργότερα, αφού μελετηθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι γεωτεχνικές συνθήκες.
- Συνεπώς στην περίπτωση αυτή το έργο της διαχείρισης και αντιμετώπισης του προβλήματος της γεωτεχνικής ευστάθειας των απότομων πρανών της εκσκαφής το έχει αναλάβει η ίδια η Φύση, με την εκδήλωση τοπικών αστοχιών με τη μορφή μικροκατολισθήσεων και μικροκαταπτώσεων, λόγω διάβρωσης και με την επισημάνση ότι η κατάσταση, με την πάροδο του χρόνου, θα βαίνει συνεχώς βελτιούμενη. Επισημαίνεται ότι ο μηχανισμός αυτός στα 44 χρόνια που έχουν παρέλθει από την παύση των μεταλλευτικών εργασιών, έχει οδηγήσει στην εξομάλυνση του αρχικού αναγλύφου όλων των βαθμίδων της εκσκαφής, με εμφάνιση
 - έντονης φυσικής αναδάσωσης στα νότια πρανή της εκσκαφής, λόγω τόσο της παρουσίας ηφαιστειακών τόφφων με ήπιες κλίσεις αλλά κυρίως και λόγω του γεγονότος ότι αποτελεί την υπήνεμη πλευρά της εκσκαφής και
 - πολύ περιορισμένης φυσικής αναδάσωσης στα τοιχώματα της υπόλοιπης εκσκαφής λόγω του ότι βρίσκεται στην προσήνεμη πλευρά αλλά και λόγω των μεγάλων κλίσεων των βαθμίδων που συνίστανται από τα ηφαιστειακά πετρώματα του ορίζοντα βάσης, που είναι σχετικά πιο ανθεκτικά από τους ηφαιστειακούς τόφφους.
- Η περιοχή υπό τη σημερινή της μορφή διατηρεί το γεωλογικό και πολιτιστικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει ως μνημείο της μεταλλευτικής ιστορίας του τόπου.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι:

- Οι δύο πρώτες λύσεις όσον αφορά (α) επαναφορά εντός του χώρου της εκσκαφής των στείρων που έχουν αποθεθεί περιμετρικά της, και (β) αναμόρφωσης των πρανών της εκσκαφής με ηπιότερες κλίσεις δεν αξιολογούνται ως βιώσιμες καθώς τα φαινόμενα γεωτεχνικών αστοχιών είναι τοπικής εμβέλειας και πρακτικά εντοπίζονται εντός της ίδιας της

εκσκαφής που για ειδικούς λόγους είναι απομονωμένη και μη προσβάσιμη και ως εκ τούτου, λαμβανομένου υπόψη του πολύ υψηλού κόστους τους δεν συντρέχουν λόγοι δημόσιας ασφάλειας για την επιλογή τους.

- Η τρίτη λύση, που αφορά τη φύτευση των πρανών της εκσκαφής μετά από κατάλληλες εργασίες περιβαλλοντικής αποκατάστασης δεν είναι πρακτικά εφικτή για λόγους ασφάλειας
- Συνεπώς η πλέον ενδεδειγμένη λύση είναι η αυτή που αφορά στη διατήρηση της υφιστάμενης κατάστασης με περιορισμένες, χαμηλού κόστους εργασίες για την βελτίωση της ευστάθειας και μείωσης των πιθανοτήτων εξέλιξης του φαινομένου στην περιοχή της κατολίσθησης καθώς είναι χαμηλού κόστους, ελέγχει σε μεγάλο βαθμό το κύριο πρόβλημα γεωτεχνικής ευστάθειας που παρουσιάζει η εκσκαφή στην περιοχή της κατολίσθησης και διατηρεί τη μορφή του τοπίου που παρουσιάζει γεωλογικό και τουριστικό ενδιαφέρον ως μνημείο της μεταλλευτικής ιστορίας του τόπου.

4.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στη βάση της εκσκαφής του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο Μιτσερό έχει σχηματισθεί μια τεχνητή λίμνη η ποιότητα των νερών της οποίας έχει επηρεασθεί από την όξινη απορροή που σχηματίζεται από την οξείδωση της θειούχου μεταλλοφορίας που έχει παραμείνει στα τοιχώματα της εκσκαφής με την επαφή της με τα νερά της βροχής παρουσία του οξυγόνου του αέρα και μικροοργανισμών. Η συνέπεια του φαινομένου αυτού είναι τα νερά της τεχνητής λίμνης να χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα χαμηλό pH και αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα υδρογεωλογικά στοιχεία στην άμεση περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, που να καταδεικνύουν την αρνητική επίδραση των όξινων και επιβαρυνμένων σε βαρέα μέταλλα νερών της τεχνητής λίμνης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τοπικών υδροφορέων, που αναπτύσσονται εντός της μάζας των πυριγενών πετρωμάτων της περιοχής γύρω από το μεταλλείο και με τους οποίους τα νερά της τεχνητής λίμνης πιθανόν να βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία.

Περιορισμένης έκτασης μελέτες από το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων που έγιναν σε υδροφορείς που γειτνιάζουν με μεταλλευτικές περιοχές δεν έχουν επίσης εντοπίσει άμεση αρνητική επίδραση στους υδροφορείς αυτούς. Ο κίνδυνος για αρνητικές επιπτώσεις εστιάζεται κυρίως στις όξινες απορροές από τις περιοχές των μεταλλείων με άμεση επίπτωση στα επιφανειακά νερά. Ο δυνητικός κίνδυνος βέβαια για ρύπανση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων είναι υπαρκτός, αλλά χρειάζονται επιστάμενες και μακροχρόνιες υδρολογικές και υδρογεωλογικές μελέτες για επακριβή καθορισμό των παραμέτρων της επιβάρυνσης.

Με βάση τα μέχρι σήμερα δεδομένα, δεν έχει καταγραφεί στην περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας ποιοτική υποβάθμιση των νερών των τοπικών υδροφορέων της άμεσης ή ευρύτερης περιοχής από τη μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή και την εγκατάλειψή του μεταλλείου χωρίς την εφαρμογή μέτρων για την πρόληψη και την αντιμετώπιση του φαινομένου της όξινης απορροής, με αποτέλεσμα τη συγκέντρωση όξινων νερών στη βάση της εκσκαφής του.

Πιθανά αίτια για τη μη μέχρι τώρα καταγραφής σοβαρών αρνητικών επιπτώσεων στους υπόγειους υδροφορείς στα κατόντη της τεχνητής λίμνης του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας μπορεί να είναι ένας ή περισσότεροι από τους παρακάτω αναφερόμενους λόγους:

- Η δημιουργία της λίμνης εντός της εκσκαφής οφείλεται στις βροχοπτώσεις και στις διηθήσεις υπόγειου νερού από μικρούς, τοπικούς υδροφορείς, που βρίσκονται σε υψόμετρα μεγαλύτερα ή ίσα με αυτό της εκσκαφής.
- Στο βυθό, αλλά και στα πρανή της εκσκαφής, έχει σίγουρα αποτεθεί σημαντικό, ενδεχομένως, πάχος ιλύς, που λόγω και της παρουσίας ορυκτών με πολύ χαμηλή υδροπερατότητα (αργίλων, γλωριδίων, προπυλιτικών υλικών γενικότερα) εμποδίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την σε βάθος διείσδυση αλλά και την πλευρική διήθηση του νερού που συγκεντρώνεται στη λίμνη, γεγονός που δημιουργεί και τις συνθήκες για μείωση του pH, ιδιαίτερα κατά την θερινή περίοδο, όταν συμβάλει σημαντικά και η εξάτμιση.
- Βορειοανατολικά και ανατολικά του μεταλλείου τα υψόμετρα είναι σχετικά χαμηλά και οι όποιοι πιθανοί, σημαντικοί υδροφορείς, που πιθανόν να αναπτύσσονται μέσα στις λάβες, βρίσκονται σε μεγάλα βάθη, συνήθως πέραν των 150-200 μέτρων.
- Οι υδροφορείς είτε είναι ιδιαίτερα περιορισμένης υδατοαποθηκευτικής δυναμικότητας, τοπικής κλίμακας και δεν έχουν εντοπισθεί μέχρι σήμερα με υδρογεωτρήσεις, έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η πιστοποίηση τυχόν αρνητικών επιπτώσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους από την επικοινωνία τους με τα νερά της τεχνητής λίμνης του μεταλλείου είτε πρόκειται για σημαντικούς υδροφορείς σε ικανή όμως απόσταση, για τους οποίους τυχόν ανάστροφη κίνηση του νερού από την περιοχή της λίμνης προς αυτούς, την περίοδο έντονων βροχοπτώσεων, είναι δυνατόν να μην έχει μετρήσιμη αρνητική επίπτωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, λόγω μικρής παροχής και χημικής εξουδετέρωσης κατά τη διήθησή του μέσα από τα υπερβασικά πετρώματα της ευρύτερης περιοχής.

Υπό το πρίσμα των παραπάνω εκτιμάται ότι υπάρχει επιστημονικό ενδιαφέρον για την διερεύνηση του φαινομένου, για την οποία θα απαιτηθούν:

- Η ογκομέτρηση των νερών που συγκεντρώνονται στην τεχνητή λίμνη, με τη βοήθεια βυθομετρήσεων σε όλη την επιφάνειά της, καθώς δεν είναι διαθέσιμο το τοπογραφικό σχέδιο της τελικής εκσκαφής.
- Η εγκατάσταση σταθμήμετρου στην τεχνητή λίμνη για τον υπολογισμό των μεταβολών όγκου νερών τεχνητής λίμνης σ' όλη τη διάρκεια του χρόνου,

- Η εγκατάσταση στην περιοχή του μεταλλείου κατάλληλου μετεωρολογικού σταθμού εφοδιασμένου εκτός των άλλων και με εξατμισιόμετρο για τον προσδιορισμό του δυναμικού εξάτμισης της περιοχής.
- Τη σύνταξη ισοζυγίων νερών με τη βοήθεια των ως άνω στοιχείων.
- Τη συστηματική δειγματοληψία και ανάλυση του νερού της λίμνης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.
- Τη μελέτη της τεκτονικής της άμεσης και ευρύτερης περιοχής του μεταλλείου και τη σύνταξη υδρογεωλογικού χάρτη και τέλος
- Τη διενέργεια περιμετρικά της εκσκαφής γεωτρήσεων παρακολούθησης υπόγειων νερών με τον πυθμένα τους κάτω από το απόλυτο υψόμετρο της βάσης της εκσκαφής, εφ' όσον υπάρχουν τα αναγκαία για το σκοπό αυτό χρήματα.

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στην περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας δεν φαίνεται να υφίσταται σοβαρό υδρογεωλογικό πρόβλημα ποιοτικής υποβάθμισης των νερών των τοπικών υδροφορέων της άμεσης περιοχής από τη μεταλλευτική δραστηριότητα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή και ως εκ τούτου δεν κρίνεται αναγκαία η πρόταση σχετικών μέτρων αντιμετώπισης. Στο πλαίσιο όμως της κείμενης περιβαλλοντικής νομοθεσίας για την εφαρμογή μέτρων προστασίας των υδάτινων πόρων και του εδάφους σε εγκαταλελειμμένα μεταλλεία που συνιστούν ενεργές πηγές ρύπανσης, Οδηγία 2006/21/ΕΕ, προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων πόρων στα κατόντη του μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται να εκπονηθεί υδρολογική και υδρογεωλογική μελέτη για την ευρύτερη περιοχή του εξεταζόμενου μεταλλείου, η δε σχετική μεθοδολογία και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης δυνητικών αρνητικών επιπτώσεων θα μπορούσε να αποτελέσουν πρότυπο διαχείρισης των εγκαταλελειμμένων μεταλλείων, η μεθοδολογία δε αυτή να εφαρμοσθεί σε άλλες ιστορικές μεταλλευτικές περιοχές της Κύπρου που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού κινδύνου.

5. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΝΕΡΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΟΞΙΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα από τα κυριότερα προβλήματα που εντοπίστηκαν στην εξεταζόμενη περιοχή και σχετίζονται με το χώρο της εκσκαφής, αφορούν στη

- Μόνιμη διατήρηση τεχνητής λίμνης στον πυθμένα της εκσκαφής ως συνέπεια πλευρικών διηθήσεων από τοπικούς μικρούς υδροφόρους ορίζοντες που έχουν σχηματισθεί εντός της μάζας των πυριγενών πετρωμάτων.
- Όξινη σύσταση νερών λίμνης λόγω φαινομένου όξινης απορροής με pH, περίπου 3.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι εναλλακτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται διεθνώς για την επί τόπου κατεργασία ανάλογων «όξινων λιμνών»

5.2. ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΟΞΙΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ

5.2.1. Εισαγωγή

Οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται διεθνώς για την επεξεργασία της Όξινης Απορροής από Μεταλλεία μικτών θειούχων διακρίνονται σε δυναμικές (active) και παθητικές (passive). Οι δυναμικές μέθοδοι επεξεργασίας απαιτούν τη συνεχή προσθήκη ενός αλκαλικού αντιδραστηρίου σε ειδικά κατασκευασμένες μονάδες εξουδετέρωσης. Η επεξεργασία των όξινων νερών με προσθήκη αλκαλικού αντιδραστηρίου εφαρμόζεται με επιτυχία στην πλειοψηφία των λειτουργούντων μεταλλείων μικτών θειούχων, όπου απαιτείται όταν συλλέγονται όξινα νερά μεταλλείου ή όξινες επιφανειακές απορροές. Ενώ η χημική επεξεργασία των όξινων νερών αποτελεί μία αξιόπιστη άμεση λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της όξινης απορροής, εντούτοις δε μπορεί να θεωρηθεί μια μακροπρόθεσμα βέλτιστη οικονομικά λύση για περιπτώσεις εγκαταλειμμένων μεταλλείων, όπου η παραγωγή όξινων νερών είναι δυνατόν να συνεχίζεται για δεκαετίες μετά από το κλείσιμο του μεταλλείου. Στις περιπτώσεις αυτές, η εφαρμογή ενός παθητικού συστήματος επεξεργασίας προβάλλει ως μία βιώσιμη εναλλακτική λύση, καθώς τέτοιου είδους συστήματα δεν απαιτούν συνεχή έλεγχο της λειτουργίας τους.

5.2.2. Γενικά Χαρακτηριστικά Δυναμικών και Παθητικών Μεθόδων Επεξεργασίας

5.2.2.1. Δυναμικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '80 οι μόνες δοκιμασμένες τεχνολογίες επεξεργασίας νερών μεταλλείων περιελάμβαναν όλες αυτές που με έναν όρο περιγράφονται σαν «δυναμικές». Ένας ορισμός των «δυναμικών μεθόδων» που αποτελούν τον πλέον συμβατικό τρόπο επεξεργασίας όξινων νερών μεταλλείων είναι ο παρακάτω:

«Οι δυναμικές μέθοδοι επεξεργασίας είναι αυτές που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας των νερών και απαιτούν συνεχή προσθήκη ενέργειας και/η (βιο)χημικών αντιδραστηρίων»

Ο όρος «προσθήκη ενέργειας» που αναφέρεται στον παραπάνω ορισμό αναφέρεται σε διάφορες μορφές παρεχόμενης ενέργειας όπως ηλεκτρικό ρεύμα για τη λειτουργία αντλιών, δεξαμενών ανάμιξης, δεξαμενών αερισμού κλπ., θερμότητα για την αλλαγή του ρυθμού των αντιδράσεων του συστήματος ή πίεση για τον έλεγχο των αντιδράσεων υγρών/αερίων. Τα «αντιδραστήρια» που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως αλκαλικά υγρά ή στερεά αντιδραστήρια, οργανικά πολυμερή-κροκιδωτικά ή πιο σπάνια αέρια υπό πίεση. Οι δυναμικές μέθοδοι επεξεργασίας έχουν σκοπό την παραγωγή ενός τελικού κατεργασμένου υγρού αποβλήτου, το οποίο να ικανοποιεί τα θεσμοθετημένα περιβαλλοντικά όρια απόρριψης σε υδάτινους αποδέκτες. Η περιεχόμενη οξύτητα εξουδετερώνεται και οι περιεχόμενοι ρυπαντές (βαρέα και τοξικά μέταλλα) καταβυθίζονται ως αδιάλυτες ενώσεις (υδροξείδια, θειούχες), σχηματίζοντας μία λάσπη εξουδετέρωσης, η οποία μπορεί να αποθεθεί με περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο σε ειδικά διαμορφωμένες λεκάνες απόθεσης.

Για την καταβύθιση των μετάλλων υπό μορφή αδιάλυτων υδροξειδίων είναι απαραίτητη η αύξηση της τιμής του pH και η παρουσία υδροξυλιόντων (OH⁻). Η τιμή του pH, στην οποία τα περισσότερα από τα μέταλλα καταβυθίζονται ως υδροξείδια κυμαίνεται από 6,0 έως 9,0 (με εξαίρεση τον τρισθενή σίδηρο ο οποίος καταβυθίζεται σε τιμές 3,5-4,5 και το αλουμίνιο που καταβυθίζεται σε τιμές pH 4,5-5,0). Επομένως η επιλογή του συστήματος επεξεργασίας της όξινης απορροής μεταλλείων επηρεάζεται σημαντικά από το είδος και την ποσότητα των περιεχομένων μετάλλων. Τα κυριότερα χημικά αντιδραστήρια τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξουδετέρωση της ΟΑΜ και την καταβύθιση των μετάλλων σε μορφή υδροξειδίων περιλαμβάνουν τις κάτωθι αλκαλικές ενώσεις: Ασβεστόλιθος (CaCO₃), με τον οποίο επιτυγχάνεται εξουδετέρωση μέχρι pH 5.5-6.5, Υδράσβεστος, Ca(OH)₂, Ασβέστης CaO, Άνυδρη Σόδα, Na₂CO₃, Καυστική σόδα, NaOH, και Αμμωνία, NH₃, NH₄OH, εκ των οποίων η υδράσβεστος αποτελεί το ευρύτερα εφαρμοζόμενο αντιδραστήριο.

Οι σχετικές τιμές των ως άνω αντιδραστηρίων, όπως συνοψίζονται στον σχετικό Οδηγό για την Οξινή Απορροή, Guide for Acid Rock Drainage δίνεται στον Πίνακα 5.2-1.

Πίνακας 5.2-1: Αλκαλικά Αντιδραστήρια για την κατεργασία της όξινης Απορροής Μεταλλείων, (GARD Guide 3)

<i>Αλκαλικά Αντιδραστήρια</i>	<i>Αξιοποίηση Δυναμικού Εξουδετέρωσης (% αξιοποίηση του προστιθέμενου δυναμικού εξουδετέρωσης)</i>	<i>Σχετικό κόστος (\$ / t)</i>
Ασβεστόλιθος, CaCO ₃	30 - 50	10 – 15
Υδράσβεστος, Ca(OH) ₂	90	60 – 100
Ανυδρος Ασβέστης, CaO	90	80 – 240
Άνυδρη Σόδα, Na ₂ CO ₃	60 - 80	200 – 350
Καυστική σόδα, NaOH	100	650 – 900

Εναλλακτικά αντιδραστήρια που εφαρμόζονται με μικρότερη συχνότητα για την κατεργασία της ΟΑΜ περιλαμβάνουν H₂S, NA₂S, CaS, με την προσθήκη των οποίων τα διαλελυμένα μέταλλα καταβυθίζονται ως θειούχες ενώσεις. Η ως άνω εναλλακτική μέθοδος δεν κρίθηκε κατάλληλη για την κατεργασία της όξινης απορροής που έχει συγκεντρωθεί στο Μεταλλείο της Κοκκινοπεζούλας, και δεν εξετάζεται περαιτέρω.

5.2.2.2. Παθητικές Μέθοδοι Επεξεργασίας

Οι παθητικές μέθοδοι επεξεργασίας είναι αυτές που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας των νερών με χρήση μόνο φυσικά διαθέσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. βαρύτητα, ενέργεια μεταβολισμού βακτηρίων, φωτοσύνθεση) σε συστήματα που δεν απαιτούν συνεχή (μολονότι τακτική) συντήρηση για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά για όλο το χρονικό διάστημα σχεδιασμού τους. Σύμφωνα με το παραπάνω, παθητικά συστήματα επεξεργασίας συνιστούν οι τεχνητοί υγρότοποι, και άλλα συστήματα παθητικής κατεργασίας οι οποίοι αναπτύσσονται για την κατεργασία της όξινης απορροής μεταλλείων.

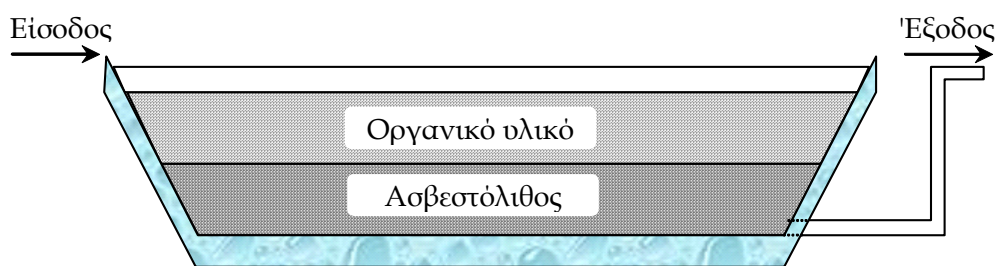
Οι μηχανισμοί που λαμβάνουν χώρα στα παθητικά συστήματα κατεργασίας για την εξουδετέρωση της οξύτητας και την καταβύθιση των διαλελυμένων μετάλλων είναι χημικοί, και βιοχημικοί. Ειδικότερα οι κυριότεροι μηχανισμοί απομάκρυνσης μετάλλων στα παθητικά συστήματα επεξεργασίας είναι κατά φθίνουσα σημαντικότητα οι ακόλουθοι:

- Αντιδράσεις ανταλλαγής ιόντων με το οργανικό υπόστρωμα, στα αερόβια και στα αναερόβια συστήματα

- Καταβύθιση ανθρακικών ενώσεων από το παραγόμενο όξινο ανθρακικό ανιόν
- Αναγωγή θεικών ιόντων και καταβύθιση θειούχου σιδήρου και άλλων θειούχων ενώσεων, στα αναερόβια συστήματα
- Καταβύθιση υδροξειδίων τρισθενούς σιδήρου και μαγγανίου στα αερόβια συστήματα
- Προσρόφηση μετάλλων σε υδροξείδια τρισθενούς σιδήρου, στα αερόβια συστήματα
- Απορρόφηση μετάλλων από φυτικά είδη στα αερόβια και στα αναερόβια συστήματα
- Διήθηση αιωρούμενων στερεών και κolloειδών υλικών από το νερό
- Εξουδετέρωση και καταβύθιση μετάλλων με NH_3 και HCO^{3-} που παράγονται από τη βιολογική αποικοδόμηση του οργανικού υλικού.
- Προσρόφηση και ανταλλαγή μετάλλων σε άλγη

Οι τεχνητοί υδροβιότοποι διακρίνονται σε αερόβιους και αναερόβιους (**aerobic and anaerobic wetlands**), και οι τελευταίοι δεν ακολουθούν απόλυτα τη μορφή που έχουν οι φυσικοί υγράτοποι. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις περιπτώσεις που απαιτείται αναερόβια δραστηριότητα, το σύστημα κατεργασίας που θα αναπτυχθεί πρέπει να είναι υπόγειο και επομένως να μην έχει κάποιο από τα γενικά χαρακτηριστικά ενός υγράτου. Άλλα παθητικά συστήματα κατεργασίας περιλαμβάνουν τις **Ανοξικές ασβεστολιθικές τάφρους (AAT), (Anoxic Limestone Drains) / Οξικές ασβεστολιθικές τάφρους (OAT), Oxic Limestone Drains), Αναγωγικά συστήματα παραγωγής αλκαλικότητας (ΑΣΠΑ), (Reducing Alkalinity Producing Systems).**

Σχηματική τομή των Αναγωγικών συστημάτων παραγωγής αλκαλικότητας, που αποτελούν ένα σύνθετο σύστημα παραγωγής αλκαλικότητας με την προσθήκη ασβεστολίθου, και αναγωγής των θεικών ενώσεων με την προσθήκη οργανικού υποστρώματος δίνεται στο παρακάτω **Σχήμα 5.2-1**.



Σχήμα 5.2-1: Αναγωγικό Σύστημα Παραγωγής Αλκαλικότητας - ΑΣΠΑ [Watzlaf et al. (2000)⁷]

⁷ Watzlaf, G.R., Schroeder, K.T. & Kairies C. (2000): “Long-term performance of alkalinity-producing passive systems for the treatment of mine drainage. Proceedings of the 2000 national Meeting of the American Society for Surface Mining and Reclamation, Tampa, Florida, June 11-15.

Ένα σύστημα παθητικής κατεργασίας όξινης Απορροής, μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα στάδια κατεργασίας, σε συνδυασμό με λίμνες καθίζησης των προς απομάκρυνση ενώσεων, υδροξειδίων μετάλλων, γύψου κλπ.

Τα παθητικά συστήματα επεξεργασίας της όξινης απορροής μεταλλείων αποτελούν μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρόταση στην συμβατική μέθοδο της χημικής κατεργασίας σε μονάδες εξουδετέρωσης με προσθήκη χημικών αντιδραστηρίων. Συγκριτικά με τα ενεργά συστήματα επεξεργασίας, τα παθητικά συστήματα απαιτούν μεγαλύτερες εκτάσεις γης για την εφαρμογή τους αλλά έχουν σημαντικά χαμηλότερες καταναλώσεις σε ενέργεια και αντιδραστήρια και παρουσιάζουν χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης. Η εφαρμογή τους είναι δυνατή τόσο κατά την περίοδο λειτουργίας του μεταλλείου αλλά κυρίως κατά την περίοδο κλεισίματος καθώς επίσης και σε περιπτώσεις εγκαταλειμμένων μεταλλείων.

5.2.2.3. Σύγκριση Δυναμικών και Παθητικών Μεθόδων Επεξεργασίας

Η αποτελεσματική επεξεργασία των όξινων νερών που προκύπτουν από την εκμετάλλευση μεταλλείων μικτών θειούχων, εξαρτάται τόσο από την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος επεξεργασίας όσο και από την αριστοποίηση της λειτουργίας του. Παράγοντες όπως η ρύθμιση της τιμής του pH, η μείωση της περιεκτικότητας των νερών σε βαρέα μέταλλα και η ικανοποίηση των περιβαλλοντικών ορίων διάθεσης αποβλήτων διαφοροποιούν κάθε φορά την επιλογή τη βέλτιστης τεχνοοικονομικά και περιβαλλοντικά λύσης.

Στον Πίνακα 5.2-2 παρουσιάζονται ορισμένες θεμελιώδεις διαφορές όσον αφορά το πεδίο εφαρμογής των δυναμικών και παθητικών μεθόδων επεξεργασίας.

Πίνακας 5.2-2: Πεδίο εφαρμογής δυναμικών και παθητικών μεθόδων επεξεργασίας όξινων νερών μεταλλείων

Μέθοδοι	Μέση τιμή οξύτητας mg CaCO ₃ /L	Μέση τιμή όξινου φορτίου kg CaCO ₃ /d	Μέση τιμή παροχής L/sec	Τιμή pH εφαρμογής	Μέγιστη επιτυγχανόμενη τιμή pH
Παθητικές	1-800	1-150	<50	>2	7,5
Ενεργητικές	1-10000	1000-50000	Χωρίς όριο	Χωρίς όριο	14

Όπως φαίνεται από τα στοιχεία του Πίνακα 5.2-2, τα παθητικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις όξινων νερών με χαμηλή οξύτητα (<800 mg CaCO₃/L), χαμηλή παροχή (<50 L/sec) και επομένως χαμηλού ημερήσιου ρυπαντικού φορτίου, ενώ η επιτυγχανόμενη τιμή στην έξοδο του συστήματος είναι σχεδόν ουδέτερη. Ένα παθητικό σύστημα δεν έχει την ικανότητα να επεξεργαστεί ρυπαντικό όξινο φορτίο μεγαλύτερο από 100-150 kg CaCO₃/ημέρα. Σε περιπτώσεις

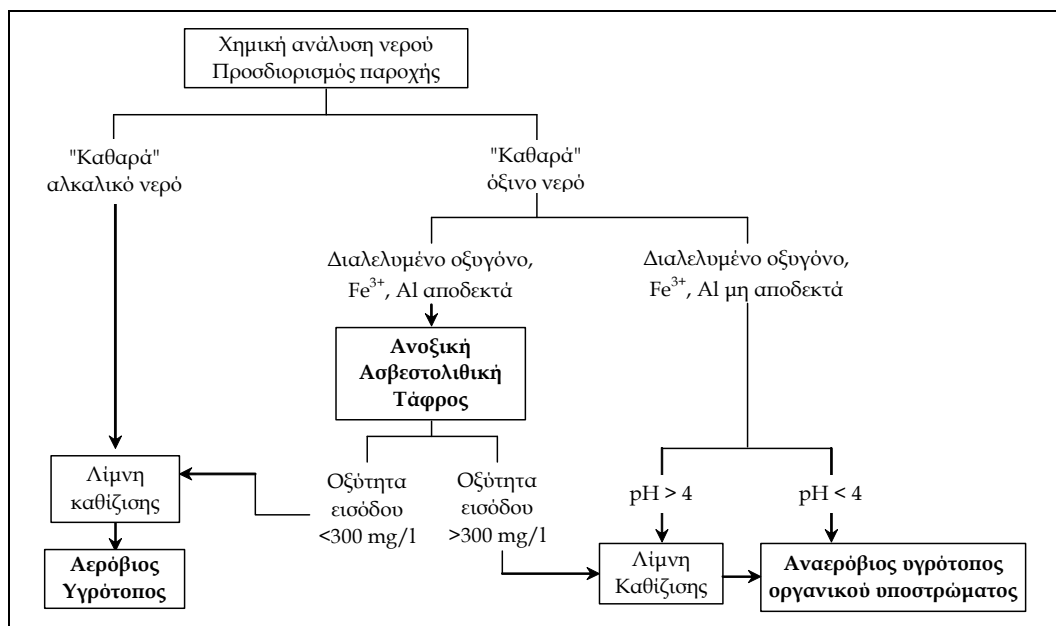
εξάλλου που απαιτείται μείωση της περιεκτικότητας των μετάλλων σε συγκεκριμένες τιμές η εφαρμογή ενεργητικών συστημάτων επεξεργασίας αποτελεί συνήθως μονόδρομο.

Στον Πίνακα 5.2-3 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα των δυναμικών και παθητικών μεθόδων επεξεργασίας της Όξινης Απορροής των Μεταλλείων (Ο.Α.Μ).

Πίνακας 5.2-3: Πλεονεκτήματα δυναμικών και παθητικών συστημάτων επεξεργασίας όξινης απορροής μεταλλείων

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Ο.Α.Μ.	
Παθητικά	Δυναμικά
<ul style="list-style-type: none">✓ Χαμηλό λειτουργικό κόστος✓ Χαμηλό κόστος κατασκευής για περιπτώσεις συστημάτων επεξεργασίας μικρών παροχών✓ Χρήση μη επικίνδυνων αντιδραστηρίων✓ Με κατάλληλο σχεδιασμό και κατασκευή μπορούν να λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα✓ Η ένταξή τους στο ευρύτερο οικοσύστημα γίνεται με ευκολία ενώ το αισθητικό αποτέλεσμα είναι θετικό.	<ul style="list-style-type: none">✓ Η τεχνολογία τους είναι δοκιμασμένη και υπάρχει μακρόχρονη σχετική εμπειρία από τη χρήση τους✓ Είναι εφικτός ο απόλυτος έλεγχος της τελικής ποιότητας των αποβλήτων αφού υφίσταται καθημερινή παρακολούθηση του συστήματος✓ Οι απαιτήσεις σε γη είναι περιορισμένες, ακόμα και σε περιπτώσεις όξινων νερών με μεγάλες παροχές και υψηλό ρυπαντικό φορτίο

Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του πλέον κατάλληλου κατά περίπτωση παθητικού συστήματος για την κατεργασία Όξινων Νερών Μεταλλείων είναι η οξύτητα, η συγκέντρωση Διαλελυμένου Οξυγόνου, η συγκέντρωση τρισθενούς σιδήρου, αργιλίου κλπ, όπως φαίνεται στο Σχηματικό διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 5.2-2: Διάγραμμα ροής για την επιλογή του κατάλληλου παθητικού συστήματος επεξεργασίας (U.S.B.M., 1988⁸)

5.2.2.4. Διεθνής εμπειρία: Η περίπτωση Ancor Hill Pit Lake, της South Dakota

Η περίπτωση των μεταλλείων χρυσού *Gilt Edge Mine*, στη South Dakota, όπου εφαρμόστηκε μία πρότυπη "ημι-παθητική" μέθοδος για την εξουδετέρωση της οξύτητας των νερών που έχουν συγκεντρωθεί σε ανοιχτή εκσκαφή και τη διάθεσή τους σε υδάτινο αποδέκτη, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς τα νερά αυτά (βλ. Πίνακα 5.2-4) παρουσιάζουν παραπλήσια χαρακτηριστικά με τα νερά της τεχνητής λίμνης στο Μεταλλείο Κοκκινοπεζούλας, (βλ. Πίνακα 5.2-5), όπως pH 3, υψηλές συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα (Zn, Cu, Cd), κλπ.

⁸ Kleinmann, R. L. P. and P. M. Erickson (editors), 1988: "Proceedings, Mine Drainage and Surface Mine Reclamation", Vol. I. Mine Water and Mine Waste, U.S. Bureau of Mines IC 9183, 413 pp

Πίνακας 5.2-4: Σύσταση όξινων νερών μεταλλείου στο Anchor Hill Pit Lake πριν και μετά την κατεργασία

Στοιχείο	Συγκέντρωση			
	Υφιστάμενη κατάσταση	Μετά την εξουδετέρωση Οκτ. 2001	Μετά την εξουδετέρωση Οκτ. 2003	Μετά την εξουδετέρωση Σεπτ. 2004
pH	3.3	5.07	7.08	
Al	223.5	44.2		<5
As	0.073	0.0016	bdl	
Cd	0.576	0.28	0.0028	<0.00035
Cu	43.3	13.2	0.0218	<0.00048
Fe	15.7	0.127		<0.5
Se	0.026	0.0203	bdl	<0.004
Zn	14.1	6.55	0.103	0.04
NO ₃ -N	82.9	47.8	bdl	

Πίνακας 5.2-5: Σύσταση όξινων νερών τεχνητής λίμνης Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας

Παράμετρος	Μονάδες	Δείγμα	
		KPZ6	KPZ7
Φυσικοχημικές παράμετροι			
pH	-	2,7	2,8
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, EC	μS/cm	15190	14450
Συγκεντρώσεις μετάλλων			
Cd	mg/l	0,045	0,056
Co	mg/l	< 0,012	< 0012
Cu	mg/l	28,3	30,3
Fe	mg/l	273	387
Ni	mg/l	0,88	0,98
Mn	mg/l	157	208
Pb	mg/l	< 0,017	< 0,017
Zn	mg/l	55,4	64,3

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση αυτή υιοθετήθηκε η τεχνολογία της "Επί τόπου Βιο-γεωχημικής επεξεργασίας (In-situ bio/geochemical treatment technology)", για την κατεργασία όξινων, επιβαρημένων με διαλελυμένα μέταλλα υδάτων στο Ancor Hill Pit Lake, της

South Dakota⁹ των ΗΠΑ. Σκοπός του ως άνω έργου αυτού, το οποίο διήρκεσε από τον Μάρτιο του 2001 έως το Μάιο του 2006, ήταν η πιλοτική εφαρμογή της μεθόδου με στόχο την δυνητική της αξιοποίηση σε εργασίες μακροπρόθεσμης εξυγίανσης / διαχείρισης νερών, τόσο στο Ancor Hill Pit Lake, όσο και σε παρόμοια έργα.

Η εφαρμογή της μεθόδου περιλαμβάνει δύο στάδια:

1. Εξουδετέρωση της οξύτητας των νερών της λίμνης με τη χρήση οξειδίου του ασβεστίου (CaO)
2. Χρήση βακτηριδίων (Redox-Mediated Biotransformation-RMBTM) για την αναγωγή των θεικών ιόντων και την καταβύθιση των βαρέων μετάλλων σε μορφή θειούχων ενώσεων.

Η ως άνω μέθοδος εφαρμόστηκε με επιτυχία για την κατεργασία περίπου 151.500 m³ επεξεργασμένου νερού που στην συνέχεια διατέθηκαν σε υδάτινο αποδέκτη, καθώς πληρούσαν τα όρια διάθεσης της Πολιτείας.

5.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΚΚΙΝΟΠΕΖΟΥΛΑΣ

Στην παρούσα φάση, με βάση τα περιορισμένα, διαθέσιμα στοιχεία όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών της εκσκαφής, προτείνεται να εξετασθεί η δυνατότητα εξουδετέρωσης τους με επί τόπου προσθήκη ασβεστόλιθου, μέχρι pH ~5.5- 6.0 και στην συνέχεια με ασβέστη μέχρι pH ~7.0 , ώστε να καταστούν κατάλληλα για άρδευση των φυτεύσεων.

Όπως αναφέρεται σε πρόσφατες δημοσιεύσεις, (Guide for Acid Rock Drainage,2009¹⁰), καθοριστική παράμετρο για την επί τόπου εξουδετέρωση της όξινης απορροής που συγκεντρώνεται στον πυθμένα παλαιών επιφανειακών εκμεταλλεύσεων συνιστά η ομοιογενής διασπορά του αλκαλικού υλικού στην επιφάνεια του νερού.

Δεδομένου ότι στο παρόν έργο, για την άρδευση των σχεδιαζόμενων φυτεύσεων απαιτούνται συγκεκριμένες ποσότητες νερού, προτείνεται να εξετασθεί η δυνατότητα άντλησης και ανάμειξης του όξινου νερού της «λίμνης» με τα αλκαλικά υλικά σε αναδεδυόμενη δεξαμενή εκτός αυτής, και η επιστροφή του εξουδετερωμένου διαλύματος εντός της λίμνης για την ολοκλήρωση των αντιδράσεων εξουδετέρωσης, και την καταβύθιση των περιεχομένων μετάλλων.

⁹ Anchor Hill Pit Lake, Gilt Edge Mine NPL Sitr, South Dakota: “*Geochemical And Redox-Mediated Bio-Transformation for In Situ Pit Lake Remediation Of Acid- And Metal-Toxic Mine Drainage, 2001-2006 Treatability Study, Report of Results*”

¹⁰ http://www.gardguide.com/index.php/Main_Page

Στην περίπτωση της Κοκκινοπεζούλας, λόγω της γειννίας της του μεταλλείου με λατομεία ασβεστολίθου, θα εξετασθεί η δυνατότητα αξιοποίησης στερεών καταλοίπων εξόρυξης ως υλικού εξουδετέρωσης.

Στην συνέχεια, και μετά από συστηματική καταγραφή της εποχιακής διακύμανσης της σύστασης των νερών, προτείνεται η αξιολόγηση της δυνατότητας εφαρμογής συστήματος ενεργητικής κατεργασίας με προσθήκη ασβέστη σε φορητή μονάδα για την περαιτέρω απομάκρυνση των διαλυμένων μετάλλων.

Στο πλαίσιο της παρούσης Μελέτης, για τον συνολικό προϋπολογισμό των πιλοτικών εργασιών αποκατάστασης, εξετάζεται η επί τόπου εξουδετέρωση συγκεκριμένου όγκου όξινων νερών σε κινητή μονάδα ασβέστη, μετά από διάθεση εντός της λίμνης ποσότητας στερεών καταλοίπων ασβεστολίθου από τα λατομεία της περιοχής.

Επίσης σε επόμενο στάδιο του έργου προτείνεται να εξετασθεί η δυνατότητα εφαρμογής των σύγχρονων συστημάτων παθητικής κατεργασίας Όξινης Απορροής Μεταλλείων όπως τα Αναγωγικά Συστήματα Παραγωγής Αλκαλικότητας (ΑΣΠΑ) που αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1990 για την επεξεργασία όξινων νερών με αυξημένες συγκεντρώσεις σιδήρου, αλουμινίου και διαλελυμένου οξυγόνου. Ένα ΑΣΠΑ αποτελείται στην πραγματικότητα από ένα στρώμα ασβεστολιθικού υλικού επί του οποίου διαστρώνεται ένα στρώμα οργανικού υλικού. Στην περίπτωση της Κοκκινοπεζούλας για την κατασκευή του ως άνω παθητικού συστήματος κατεργασίας μπορεί να αξιοποιηθούν τα εξορυκτικά απόβλητα από τα λατομεία ασβεστολίθου της περιοχής, ως δε οργανικό υπόστρωμα μπορούν να αξιοποιηθούν τα κατάλοιπα από τις κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής αναμειγμένα με άχυρο.

Ως μία άλλη εναλλακτική μέθοδος που θα μπορούσε να εξετασθεί η μέθοδος που προαναφέρθηκε για την κατεργασία όξινων νερών μεταλλείων στην Ancor Hill Pit Lake, της South Dakota των ΗΠΑ, που περιλαμβάνει (α) Εξουδετέρωση των όξινων νερών με ασβέστη (CaO), (β) Χρήση βακτηριδίων (Redox-Mediated Biotransformation-RMBTM) για την αναγωγή των θεικών ιόντων και την καταβύθιση των βαρέων μετάλλων σε μορφή θειούχων ενώσεων.

6. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αντικείμενο της Παρούσης Ενότητας είναι η οριοθέτηση και ο υπολογισμός της έκτασης της περιοχής που θα χωροθετηθεί εντός των ορίων του ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, στο Μιτσερό για την εφαρμογή του πιλοτικού προγράμματος περιβαλλοντικής αποκατάστασης. Η οριοθέτηση της περιοχής σχεδιάστηκε με τρόπο έτσι ώστε να πληρούνται οι παρακάτω δύο ικανές και αναγκαίες συνθήκες που τίθενται από την παρούσα Τεχνικοοικονομική Μελέτη.

- Στην προς οριοθέτηση περιοχή θα πρέπει να εφαρμοσθούν όλα τα προτεινόμενα, με τεχνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια σενάρια για τον σχεδιασμό του Έργου, (βλ. **Ενότητα 3**), προκειμένου να αξιολογηθούν και να επιλεγούν οι βέλτιστες λύσεις στο πλαίσιο εφαρμογής του διετούς Πιλοτικού Προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης
- Το προϋπολογιστικό κόστος του εν λόγω διετούς Πιλοτικού Προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το συνολικό προϋπολογισμό του Έργου που ανέρχεται σε €160.000, συμπεριλαμβανόμενου του Φ.Π.Α..

Στο κείμενο που ακολουθεί παρουσιάζεται η προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση και οι αναγκαίες παραδοχές και εκτιμήσεις για τον υπολογισμό της επιφάνειας της προς οριοθέτηση περιοχής του παρόντος Πιλοτικού Προγράμματος. Στο πλαίσιο αυτό η δομή της παρούσας ενότητας περιλαμβάνει:

- Μεθοδολογική Προσέγγιση
- Προμετρήσεις (Δελτία Ποσοτήτων) εργασιών αναγκαίων για περιβαλλοντική αποκατάσταση ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων.
- Οικονομικά στοιχεία επί μέρους σταθερών και μεταβλητών δαπανών για τα προτεινόμενα σενάρια.
- Προϋπολογιστικό Κόστος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης (χωρίς ΦΠΑ) ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων για προτεινόμενα σενάρια.
- Υπολογισμός επιφάνειας προς οριοθέτηση περιοχής εφαρμογής πιλοτικού προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης για προτεινόμενα σενάρια, που θα χωροθετηθεί εντός ορίων ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων.

6.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας της περιοχής, όπου θα εφαρμοσθεί το παρόν Πιλοτικό Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- Η προς αποκατάσταση περιοχή θα πρέπει να χωροθετηθεί εντός ορίων του ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας για τους λόγους που ήδη αναφέρθηκαν.
- Οι σταθερές δαπάνες που είναι ανεξάρτητες πρακτικά της επιφάνειας της προς αποκατάσταση περιοχής και αφορούν τις δαπάνες για Μελέτες και Άδειες,
- Οι μεταβλητές δαπάνες που είναι γραμμική συνάρτηση της επιφάνειας της προς αποκατάσταση περιοχής, και ορίζονται ως ανοιγμένο στρεμματικό κόστος αποκατάστασης
- Ο διαθέσιμος προϋπολογισμός για την εφαρμογή του παρόντος Πιλοτικού Προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης που ανέρχεται σε €139.130

Σημειώνεται ότι όλες οι δαπάνες είναι άνευ ΦΠΑ (15%)

Με τον τρόπο αυτό και για τον υπολογισμό της επιφάνειας του Πιλοτικού προγράμματος, αρχικά αφαιρούνται από τον διαθέσιμο προϋπολογισμό, οι σταθερές δαπάνες. Το υπόλοιπο ποσόν αφορά τις μεταβλητές δαπάνες, συνεπώς διαιρώντας την προκύπτουσα διαφορά με το μέσο ανοιγμένο στρεμματικό κόστος αποκατάστασης των προτεινόμενων από τον σχεδιασμό σεναρίων, προκύπτει η ζητούμενη επιφάνεια όπου θα εφαρμοσθεί το παρόν Πιλοτικό Πρόγραμμα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι με βάση τον σχεδιασμό του Έργου τα προτεινόμενα προς διερεύνηση σενάρια, (με διαμόρφωση πάντοτε βαθμίδων ύψους 15m και πλάτους 8m), είναι έξι (6) και διακρίνονται :

- συναρτήσει της γωνίας πρανούς 27° ή 30° σε δύο ομάδες
- ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εφαρμοζόμενου εκάστοτε επικαλύμματος που σχηματίζεται στην επιφάνεια των θειούχων στείρων, και είναι συνδυασμός γεωχημικού φραγμού και επιφανειακού στρώματος κατάλληλου για φυτεύσεις σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες γωνίες πρανούς εξετάζονται τρία σενάρια

Σε πρώτη φάση υπολογίζεται το μέσο στρεμματικό κόστος αποκατάστασης για κάθε ένα από τα επί μέρους σενάρια. Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται οι συνολικές μεταβλητές δαπάνες, (για την εξεταζόμενη κάθε φορά περίπτωση), έχοντας ως βάση υπολογισμού την περιβαλλοντική αποκατάσταση **του συνόλου** της επιφάνειας του ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας. Το σύνολο των μεταβλητών αυτών δαπανών διαιρούμενο με την συνολική επιφάνεια του ΒΑ σωρού στείρων δίνει το μέσο στρεμματικό κόστος αποκατάστασης για το κάθε εξεταζόμενο σενάριο.

Σημειώνεται επίσης, ότι στο βαθμό που οι σταθερές και μεταβλητές δαπάνες του Έργου επηρεάζονται από την προέλευση του νερού άρδευσης των φυτεύσεων, δηλ. αγορά και μεταφορά νερού με βυτιοφόρα ή αξιοποίηση νερού τεχνητής λίμνης μεταλλείου μετά από εξουδετέρωση, ο υπολογισμός της τελικής επιφάνειας της προς οριοθέτηση περιοχής πραγματοποιείται χωριστά για κάθε μια από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις.

6.3. ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (ΔΕΛΤΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ) ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑ ΣΩΡΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ

Τα εξεταζόμενα από τον σχεδιασμό του Έργου έξι (6) εναλλακτικά σενάρια είναι:

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **40cm**, με ανάμειξη στείρων εξόρυξης με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **30cm** στα πρανή, για βελτίωση των εδαφικών συνθηκών τόσο από άποψης θρεπτικών συστατικών όσο και από άποψης υγρασίας εδάφους, ιδέτε **Σχήμα 3.3-3 (Σενάριο A1)**
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει τη δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται στρώση ασβεστολιθικού υλικού διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρανή. Στην επιφάνεια του ως άνω σύνθετου καλύμματος μεταφέρεται και διαστρώνεται μίγμα πάχους **10cm**, που προκύπτει από την ανάμειξη λυματολάσπης ή ορνιθολυμάτων, χοιρολυμάτων, ιλύος, κλπ με εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), ιδέτε **Σχήμα 3.3-4 (Σενάριο A2)**.
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με αναμόχλευση & ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού, μεταφέρεται και διαστρώνεται ασβεστολιθικό υλικό διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **30cm**, και στην συνέχεια μεταφέρεται στρώση εδαφικού υλικού (γόνιμο χώμα) πάχους **30cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρανή, ιδέτε **Σχήμα 3.3-5 (Σενάριο A3)**
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 30°** με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A1 (**Σενάριο B1**)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 30°** με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A2 (**Σενάριο B2**)

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με γωνία πρανούς 30° με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A3 (Σενάριο B3)

Οι σχετικές προμετρήσεις για τα παραπάνω εξεταζόμενα σενάρια έχουν ομαδοποιηθεί στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 6.3-1: Προμετρήσεις εργασιών διαμόρφωσης αναγλύφου

		Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
		Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
Επιφάνεια (Οριζοντιογραφία)	m ²	89.445	89.445	89.445	89.445	89.445	89.445
Όγκος στείρων υφιστάμενης κατάστασης	m ³	2.821.035	2.821.035	2.821.035	2.821.035	2.821.035	2.821.035
Τελική Διαμόρφωση							
Κλίση γωνίας πρανούς	°	27	27	27	30	30	30
Πλάτος Βαθμίδων	m	8	8	8	8	8	8
Όγκος στείρων τελικής διαμόρφωσης	m ³	2.655.365	2.655.365	2.655.365	2.748.595	2.748.595	2.748.595
Διακινούμενοι όγκοι λόγω διαμόρφωσης (in situ)	m ³	165.670	165.670	165.670	72.440	72.440	72.440
Διακινούμενοι όγκοι λόγω διαμόρφωσης (με επίπλυμα 1,7)	m ³	281.639	281.639	281.639	123.148	123.148	123.148
Επίπεδες επιφάνειες							
Στέψη	m ²	12.758	12.758	12.758	17.564	17.564	17.564
Βαθμίδες							
-Συνολική επιφάνεια βαθμίδων	m ²	8.780	8.780	8.780	7.830	7.830	7.830
- Επιφάνεια βαθμίδων για φυτεύσεις	m ²	2.195	2.195	2.195	1.958	1.958	1.958
Δευτερεύουσες Αναβαθμίδες							
-Μήκος	m	5.499	5.499	5.499	5.593	5.593	5.593
-Επιφάνεια (Μήκος x 1,2m)	m ²	6.598	6.598	6.598	6.711	6.711	6.711
Σύνολο Επίπεδων επιφανειών	m²	28.136	28.136	28.136	32.105	32.105	32.105
Επίπεδες επιφάνειες για φυτεύσεις	m²	14.953	14.953	14.953	19.522	19.522	19.522
Κεκλιμένες επιφάνειες							
Πρανή							
- Οριζοντιογραφία	m ²	61.309	61.309	61.309	57.340	57.340	57.340
- Κεκλιμένες επιφάνειες	m ²	68.808	68.808	68.808	66.210	66.210	66.210
Συνολική Επιφάνεια μετά τη διαμόρφωση							
- Οριζοντιογραφία	m ²	89.445	89.445	89.445	89.445	89.445	89.445
- Πραγματική	m ²	96.944	96.944	96.944	98.315	98.315	98.315

Πίνακας 6.3-2: Προμετρήσεις εργασιών διαμόρφωσης επικαλύμματος με γεωχημικό φραγμό και κατάλληλο επιφανειακό στρώμα για φυτεύσεις)

		Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
		Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
Γεωχημική Αποκατάσταση							
Συνολική επιφάνεια προς αποκατάσταση	m ²	96.944	96.944	96.944	98.315	98.315	98.315
Επίπεδες επιφάνειες	m ²	28.136	28.136	28.136	32.105	32.105	32.105
- Πάχος φραγμού στις επίπεδες επιφάνειες	cm	40	50	50	40	50	50
- Όγκος για γεωχημική αποκατάσταση	m ³	11.254	14.068	14.068	12.842	16.053	16.053
Κεκλιμένες επιφάνειες (πρανή)	m ²	68.808	68.808	68.808	66.210	66.210	66.210
- Πάχος φραγμού στις κεκλιμένες επιφάνειες	cm	40	50	50	40	50	50
- Όγκος για γεωχημική αποκατάσταση	m ³	27.523	34.404	34.404	26.484	33.105	33.105
Συνολικός Όγκος για γεωχημική αποκατάσταση	m³	38.778	48.472	48.472	39.326	49.158	49.158
Συνολική ποσότητα Στείρων για γεωχημική αποκατάσταση	t	65.922	82.402	82.402	66.854	83.568	83.568
Απαιτούμενες Ποσότητες							
Λεπτομερής Ασβεστόλιθος για δημιουργία φραγμού							
Αναλογία CaCO ₃	kg/t	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
ε.β. λεπτομερούς ασβεστολίθου	t/m ³	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Απαιτούμενη ποσότητα ασβεστολίθου	t	13.184	16.480	16.480	13.370	16.713	16.713
Απαιτούμενη ποσότητα ασβεστολίθου	m ³	7.755	9.694	9.694	7.864	9.831	9.831
Αδρομερής ασβεστόλιθος							
Πάχος αδρομερούς ασβεστολίθου στις επίπεδες επιφάνειες	cm	0	40	20	0	40	20
Πάχος αδρομερούς ασβεστολίθου στις κεκλιμένες επιφάνειες	cm	0	20	10	0	20	10
ε.β. αδρομερούς ασβεστολίθου	t/m ³	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Συνολική ποσότητα αδρομερούς ασβεστολίθου	m ³	0	25.016	12.508	0	26.084	13.042
Συνολική ποσότητα αδρομερούς ασβεστολίθου	t	0	9.622	4.811	0	10.032	5.016
Γόνιμο χόμα							
Πάχος γόνιμου χώματος στις επίπεδες επιφάνειες	cm	50	10	30	50	10	30
Πάχος γόνιμου χώματος στις κεκλιμένες επιφάνειες	cm	30	10	20	30	10	20
Συνολική ποσότητα γόνιμου χώματος	m ³	34.710	9.694	22.202	35.916	9.832	22.874
Λυματολάσπη							
Πάχος λυματολάσπης στις επίπεδες επιφάνειες	cm	0	5	0	0	5	0
Πάχος λυματολάσπης στις κεκλιμένες επιφάνειες	cm	0	5	0	0	5	0
Συνολική ποσότητα λυματολάσπης	m ³	0	4.847	0	0	4.916	0

Πίνακας 6.3-3: Προμετρήσεις φυτευτικών εργασιών

	Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°			
	Σενάριο Α1	Σενάριο Α2	Σενάριο Α3	Σενάριο Β1	Σενάριο Β2	Σενάριο Β3	
ΔΑΣΙΚΑ ΔΕΝΔΡΑ							
Φυτευτικός Σύνδεσμος		5x5	5x5	5x5	5x5	5x5	5x5
Επιφάνεια Φυτεύσεων	m ²	21.551	21.551	21.551	26.233	26.233	26.233
- Στέψη	m ²	12.758	12.758	12.758	17.564	17.564	17.564
- Βαθμίδες	m ²	2.195	2.195	2.195	1.958	1.958	1.958
- Δευτερεύουσες Αναβαθμίδες	m ²	6.598	6.598	6.598	6.711	6.711	6.711
Είδη Δένδρων							
- Κωνοφόρα (Πεύκη), 70%		1.434	1.434	1.434	1.549	1.549	1.549
- Άλλα Δασικά, 30%		615	615	615	664	664	664
Σύνολο Δασικών Δένδρων		2.049	2.049	2.049	2.213	2.213	2.213
Συμπληρωματικές Φυτεύσεις 10%		205	205	205	221	221	221
ΔΑΣΙΚΟΙ ΘΑΜΝΟΙ							
Φυτευτικός Σύνδεσμος		3x3	3x3	3x3	3x3	3x3	3x3
Επιφάνεια Φυτεύσεων		90.359	90.359	90.359	92.443	92.443	92.443
- Στέψη	m ²	12.758	12.758	12.758	17.564	17.564	17.564
- Βαθμίδες	m ²	2.195	2.195	2.195	1.958	1.958	1.958
- Δευτερεύουσες Αναβαθμίδες	m ²	6.598	6.598	6.598	6.711	6.711	6.711
- Κεκλιμένες επιφάνειες (Πρανή)	m ²	68.808	68.808	68.808	66.210	66.210	66.210
Είδη Θάμνων							
- Ψηλοί Θάμνοι, 70%		8.139	8.139	8.139	8.278	8.278	8.278
- Χαμηλοί Θάμνοι, 30%		3.488	3.488	3.488	3.547	3.547	3.547
Σύνολο Δασικών Θάμνων		11.627	11.627	11.627	11.825	11.825	11.825
Συμπληρωματικές Φυτεύσεις 10%		1.163	1.163	1.163	1.183	1.183	1.183
ΣΥΝΟΛΟ		15.044	15.044	15.044	15.442	15.442	15.442

Πίνακας 6.3-4: Προμετρήσεις εργασιών συντήρησης φυτεύσεων

		Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
		Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
ΠΟΤΙΣΜΑ							
Φυτά για πότισμα							
- Δένδρα		2.049	2.049	2.049	2.213	2.213	2.213
- Θάμνοι		11.627	11.627	11.627	11.825	11.825	11.825
Σύνολο		13.676	13.676	13.676	14.038	14.038	14.038
Απαιτήσεις σε νερό άρδευσης							
Ποσότητα άρδευσης ανά φυτό	lt	20	20	20	20	20	20
Ποτίσματα ανά έτος		9	9	9	9	9	9
Απαιτούμενο νερό ανά έτος	m³	2.462	2.462	2.462	2.527	2.527	2.527
ΒΟΤΑΝΙΣΜΑ							
Βοτανίσματα ανά έτος		1	1	1	1	1	1

6.4. ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΑ ΣΩΡΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΕΙΡΩΝ ΓΙΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Τα αναγκαία οικονομικά στοιχεία, τιμές μονάδος επί μέρους εργασιών ή εκτίμηση συνολικού κόστους μιας κατηγορίας δαπανών, για τον υπολογισμό του προϋπολογιστικού κόστους αποκατάστασης του ΒΑ σωρού μεταλλευτικών στείρων, για τα προτεινόμενα σενάρια αποκατάστασης αντλήθηκαν από τις παρακάτω πηγές:

- Το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων της Κυπριακής Δημοκρατίας.
- Το Τμήμα Δασών της Κυπριακής Δημοκρατίας.
- Την Κυπριακή Αγορά, και
- Την Ελληνική Αγορά.

Με βάση τα ως άνω στοιχεία, στους Πίνακες 6.4 -1 και 6.4-2 προσδιορίζεται συγκεντρωτικά η εκτίμηση του προϋπολογιστικού κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης για τα έξι εξεταζόμενα σενάρια. Οι αναλυτικοί προϋπολογισμοί κόστους παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ της παρούσας Μελέτης. Στον Πίνακα 6.4-1 η εκτίμηση του προϋπολογιστικού κόστους που αφορά στην άρδευση των φυτεύσεων, περιλαμβάνει αγορά και μεταφορά με βυτιοφόρα του νερού άρδευσης, ενώ στον Πίνακα 6.4-2 το αντίστοιχο κόστος αποκατάστασης αφορά αξιοποίηση του νερού της τεχνητής λίμνης μεταλλείου μετά από εξουδετέρωση. Σημειώνεται ότι το σχετικό κόστος για την εξουδετέρωση των όξινων νερών της τεχνητής λίμνης του μεταλλείου υπολογίστηκε με το πρόγραμμα AMDTreat v.4.1c.

Πίνακας 6.4-1: Εκτίμηση προϋπολογιστικού κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης με αγορά και μεταφορά με βυτιοφόρα νερού για άρδευση των φυτεύσεων

	Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
	Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
A. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500	29.500
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (15%)	4.425	4.425	4.425	4.425	4.425	4.425
ΣΥΝΟΛΟ Α	33.925	33.925	33.925	33.925	33.925	33.925
B. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ						
B1. ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	282.035	282.035	282.035	123.551	123.551	123.551
B2. ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΙΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ	327.219	251.336	289.911	333.561	252.968	294.131
B3. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ & ΦΥΤΕΥΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	169.321	169.321	169.321	169.011	169.011	169.011
B4. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	149.887	149.887	149.887	153.851	153.851	153.851
ΣΥΝΟΛΟ Β	928.461	852.578	891.154	779.973	699.381	740.544
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (15%)	139.269	127.887	133.673	116.996	104.907	111.082
Σύνολο Μεταβαλλόμενων Δαπανών	1.067.730	980.465	1.024.827	896.969	804.288	851.626
Συνολική Επιφάνεια Αποκατάστασης (m²)	89.445			89.445		
Κόστος Β / στρέμμα	11.937	10.962	11.458	10.028	8.992	9.521
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (Α+Β)	1.101.655	1.014.390	1.058.752	930.894	838.213	885.551

Πίνακας 6.4-2: Εκτίμηση προϋπολογιστικού κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης με αξιοποίηση νερού τεχνητής λίμνης μεταλλείου μετά από επεξεργασία για άρδευση των φυτεύσεων

	Γωνία πρσανούς 27°			Γωνία πρσανούς 30°		
	Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
A. ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	49.000	49.000	49.000	49.000	49.000	49.000
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (15%)	7.350	7.350	7.350	7.350	7.350	7.350
ΣΥΝΟΛΟ Α	56.350	56.350	56.350	56.350	56.350	56.350
B. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ						
B1. ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ	282.035	282.035	282.035	123.551	123.551	123.551
B2. ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΠΙΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ	327.219	251.336	289.911	333.561	252.968	294.131
B3. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ & ΦΥΤΕΥΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	169.321	169.321	169.321	169.011	169.011	169.011
B4. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΥΤΑΡΙΩΝ	125.678	125.678	125.678	128.290	128.290	128.290
ΣΥΝΟΛΟ Β	904.252	828.369	866.944	754.412	673.819	714.982
ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (15%)	135.638	124.255	130.042	113.162	101.073	107.247
Σύνολο Μεταβαλλόμενων Δαπανών	1.039.890	952.624	996.986	867.574	774.892	822.229
Συνολική Επιφάνεια Αποκατάστασης (m²)	89.445			89.445		
Κόστος Β / στρέμμα	11.626	10.650	11.146	9.700	8.663	9.193
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ (A+B)	1.096.240	1.008.974	1.053.336	923.924	831.242	878.579

6.5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Με βάση το μέσο ανηγμένο στρεμματικό κόστος περιβαλλοντικής αποκατάστασης των μεταβλητών δαπανών για το σύνολο των εξεταζόμενων σεναρίων και τα όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 6.2, υπολογίστηκε η επιφάνεια όπου θα εφαρμοσθεί το παρόν Πιλοτικό Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης για όλα τα εξεταζόμενα σεναρία, και οι σχετικές τιμές συνοψίζονται στον **Πίνακα 6.5-1**.

Πίνακας 6.5-1: Υπολογισμός επιφάνειας περιοχής εφαρμογής πιλοτικού προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης

	Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
	Δαπάνη (€)			Δαπάνη (€)		
	Σενάριο A1	Σενάριο A2	Σενάριο A3	Σενάριο B1	Σενάριο B2	Σενάριο B3
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (m²)	89.445					
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (με ΦΠΑ 15%)	160.000					
ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (χωρίς ΦΠΑ)	139.130					
ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ						
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	33.925					
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	105.205					
Κόστος Αποκατάστασης / στρέμμα	11.937	10.962	11.458	10.028	8.992	9.521
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΓΙΑ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (στρέμματα ανά περίπτωση)	8,81	9,60	9,18	10,49	11,70	11,05
ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ						
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	56.350					
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	82.780					
Κόστος Αποκατάστασης / στρέμμα	11.626	10.650	11.146	9.700	8.663	9.193
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΓΙΑ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΙΛΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (στρέμματα ανά περίπτωση)	7,12	7,77	7,43	8,53	9,56	9,01

6.6. ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Το χρονοδιάγραμμα εργασιών του Έργου παρουσιάζεται στο **Σχήμα 6.6-1**.

Σημειώνεται ότι ως μήνας έναρξης των εργασιών προτείνεται ο Απρίλιος, καθώς τότε θα έχουμε τις λιγότερες καθυστερήσεις, αφού οι εργασίες φυτεύσεων προτιμάται να γίνονται από Σεπτέμβριο έως Νοέμβριο.

		Μήνες (από Απρίλιο και μετά)																							
		Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ
ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Εκπόνηση απαιτούμενων Μελετών																								
2	Εργασίες αρχικής διαμόρφωσης																								
3	Εργασίες γεωχημικής αποκατάστασης																								
4	Εργασίες φυτεύσεων																								
5	Εργασίες συντήρησης φυτεύσεων																								
6	Εργασίες Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης																								

Σχήμα 6.6-1: Χρονοδιάγραμμα Εργασιών Πιλοτικού Προγράμματος Περιβαλλοντικής Αποκατάστασης

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για την εκτίμηση του κόστους περιβαλλοντικής αποκατάστασης των σωρών μεταλλευτικών στείρων του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας, επιλέχθηκε, με βάση τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια, η περιοχή του σωρού στα ΒΑ της εκσκαφής, ως ευρύτερη περιοχή εντός της οποίας προτείνεται η οριοθέτηση του χώρου εφαρμογής του Πιλοτικού Προγράμματος..

Οι εργασίες αποκατάστασης που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν:

1. Εργασίες διαμόρφωσης των σωρών των στείρων και τον έλεγχο της γεωτεχνικής ευστάθειας των σωρών.
2. Γεωχημικές εργασίες που αποσκοπούν στην πρόληψη και αντιμετώπιση του σχηματισμού Όξινης Απορροής από τον σωρό των θειούχων στείρων.
3. Εργασίες φυτεύσεων του σωρού στείρων, συμπεριλαμβανομένης και της άρδευσης.
4. Εργασίες παρακολούθησης της ποιότητας περιβάλλοντος.

Για την περιβαλλοντική αποκατάσταση της Περιοχής Έργου εξετάστηκαν αρχικά τα παρακάτω σενάρια όσον αφορά τις εργασίες διαμόρφωσης των πρανών του σωρού στείρων:

- Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 27°
 - Ύψος βαθμίδων 15m, πλάτος βαθμίδος 8m και γωνία πρανούς 30°
- έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ήπια κλίση πρανών και η επιτυχία των φυτεύσεων.

Έλεγχος γεωτεχνικής ευστάθειας πρανών σε χαρακτηριστικές τομές, έδειξε ότι στην υφιστάμενη κατάσταση, οι υφιστάμενες κλίσεις είναι ασφαλείς, υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης. Έλεγχος γεωτεχνικής ευστάθειας πρανών έδειξε ότι και για τις δύο προτεινόμενες κλίσεις τα πρανή είναι ασφαλή, υπό συνθήκες στατικής και δυναμικής καταπόνησης.

Όπως προέκυψε από σχετικές αναλύσεις δειγμάτων στείρων, υλικά αυτά χαρακτηρίζονται ως από αρκετά υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (S: 4,9%-9,2%), χαμηλό pH (3-4), και σημαντικές συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα, με αποτέλεσμα υψηλό δυναμικό σχηματισμού φαινομένων όξινης απορροής μεταλλείων (OAM).

Στο ίδιο συμπέρασμα οδήγησε τόσο η εξέταση του Καθαρού Δυναμικού Εξουδετέρωσης (NNP), των στείρων της Κοκκινοπεζούλας όπου υπολογίζεται ότι για την εξουδετέρωση της περιεχόμενης στα στείρα οξύτητας απαιτείται η προσθήκη 69–290kg CaCO₃/t στείρων. Παράλληλα ο Λόγος Δυναμικού Εξουδετέρωσης (NPR) είναι μικρότερος της μονάδας, για τον οποίο ισχύει NPR < 1, τεκμηριώνοντας το αυξημένο δυναμικό των στείρων για γένεση OAM.

Επίσης, η ορυκτολογική εξέταση των δειγμάτων έδειξε ότι τα εξεταζόμενα θειούχα στείρα εξόρυξης συνιστούν ενεργές πηγές σχηματισμού όξινης απορροής. Η δυνατότητα του ίδιου του υλικού για εξουδετέρωση του δυναμικού οξύτητας εκτιμάται ότι είναι εξαιρετικά μικρή λόγω του είδους των ορυκτών που τα απαρτίζουν.

Κατά συνέπεια, πριν τις εργασίες διαμόρφωσης των πρανών για φυτεύσεις, είναι αναγκαία η γεωχημική αποκατάσταση της επιφάνειας των σωρών μεταλλευτικών στείρων, με τη δημιουργία προστατευτικού επικαλύμματος/φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **40-50cm**, με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**.

Με βάση τα παραπάνω, στο πλαίσιο της παρούσης εξετάστηκαν συνολικά έξι (6) εναλλακτικά σενάρια αποκατάστασης που περιλαμβάνουν:

- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **40cm**, με ανάμειξη στείρων εξόρυξης με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **30cm** στα πρανή, για βελτίωση των εδαφικών συνθηκών τόσο από άποψης θρεπτικών συστατικών όσο και από άποψης υγρασίας εδάφους, ιδέτε **Σχήμα 3.3-3 (Σενάριο A1)**
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει τη δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού μεταφέρεται και επιστρώνεται στρώση ασβεστολιθικού υλικού διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **50cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρανή. Στην επιφάνεια του ως άνω σύνθετου καλύμματος μεταφέρεται και διαστρώνεται μίγμα πάχους **10cm**, που προκύπτει από την ανάμειξη λυματολάσπης ή ορنيθολυμάτων, χοιρολυμάτων, ιλύος, κλπ με εδαφικό υλικό (γόνιμο χώμα), ιδέτε **Σχήμα 3.3-4 (Σενάριο A2)**.
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 27°** με επικάλυμμα που περιλαμβάνει δημιουργία προστατευτικού φραγμού από στρώσεις συνολικού πάχους **50cm**, με αναμόχλευση & ανάμειξη στείρων με ασβεστολιθικό υλικό σε αναλογία **200kg/t στείρου**. Στην επιφάνεια του φραγμού, μεταφέρεται και διαστρώνεται ασβεστολιθικό υλικό διαβαθμισμένης κοκκομετρίας, πάχους **30cm**, και στην συνέχεια μεταφέρεται στρώση εδαφικού υλικού (γόνιμο χώμα) πάχους **30cm** στις οριζόντιες επιφάνειες (βαθμίδες και δευτερεύουσες αναβαθμίδες) και **20cm** στα πρανή, ιδέτε **Σχήμα 3.3-5 (Σενάριο A3)**
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 30°** με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A1 (**Σενάριο B1**)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 30°** με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A2 (**Σενάριο B2**)
- Ύψος και πλάτος βαθμίδων 15m και 8m αντιστοίχως με **γωνία πρανούς 30°** με επικάλυμμα όπως αυτό του Σεναρίου A3 (**Σενάριο B3**)

Από τον προϋπολογισμό κόστους εργασιών αποκατάστασης του σωρού στα ΒΑ της εκσκαφής προέκυψαν εκτιμήσεις για τις σταθερές δαπάνες αποκατάστασης, και υπολογίσθηκε το κόστος αποκατάστασης/στρέμμα για κάθε περίπτωση. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακα:

	Γωνία πρανούς 27°			Γωνία πρανούς 30°		
	Δαπάνη (€)			Δαπάνη (€)		
	Σενάριο Α1	Σενάριο Α2	Σενάριο Α3	Σενάριο Β1	Σενάριο Β2	Σενάριο Β3
ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ						
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	33.925					
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	105.205					
Κόστος Αποκατάστασης / στρέμμα	11.937	10.962	11.458	10.028	8.992	9.521
ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ						
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	56.350					
ΥΠΟΛΟΙΠΟ	82.780					
Κόστος Αποκατάστασης / στρέμμα	11.626	10.650	11.146	9.700	8.663	9.193

Για την εφαρμογή ενός διετούς πιλοτικού προγράμματος αποκατάστασης του μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας με προγραμματιζόμενες δαπάνες της τάξης των €100.000 για το 2011 και €60.000 για το 2012, εκτιμάται ότι η συνολική έκταση της περιοχής στην οποία θα μπορεί να εφαρμοσθεί κυμαίνεται από **7,12** έως **11,70** στρέμματα, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα 6.5 -1**.

Όσον αφορά στη διαχείριση των γεωτεχνικών προβλημάτων που εντοπίζονται στην εκσκαφή, η πλέον ενδεδειγμένη λύση είναι η περιοχή να παραμείνει υπό τη σημερινή της μορφή αφού διατηρεί τη μορφή του τοπίου που παρουσιάζει γεωλογικό και τουριστικό ενδιαφέρον ως μνημείο της μεταλλευτικής ιστορίας του τόπου.

Όσον αφορά στη διαχείριση των υδρογεωλογικών προβλημάτων που εντοπίζονται στην εκσκαφή, στην περιοχή του Μεταλλείου Κοκκινοπεζούλας στο πλαίσιο της κείμενης περιβαλλοντικής νομοθεσίας για την εφαρμογή μέτρων προστασίας των υδάτινων πόρων και του εδάφους σε εγκαταλελειμμένα μεταλλεία που συνιστούν ενεργές πηγές ρύπανσης, Οδηγία 2006/21/ΕΕ, προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των υδάτινων πόρων στα κατάντη του μεταλλείου της Κοκκινοπεζούλας. Προτείνεται να εκπονηθεί υδρολογική και υδρογεωλογική μελέτη για την ευρύτερη περιοχή του εξεταζόμενου μεταλλείου, η δε σχετική μεθοδολογία και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης δυνητικών αρνητικών επιπτώσεων στην ποιότητα των κατάντη υδάτινων πόρων θα μπορούσε να αποτελέσουν πρότυπο διαχείρισης των εγκαταλελειμμένων μεταλλείων, η μεθοδολογία δε αυτή να εφαρμοσθεί σε άλλες ιστορικές μεταλλευτικές περιοχές της Κύπρου που έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές υψηλού περιβαλλοντικού κινδύνου.

Όσον αφορά στην διαχείριση των νερών της εκσκαφής και στο πλαίσιο της παρούσης Μελέτης, εξετάστηκε η επί τόπου εξουδετέρωση συγκεκριμένου όγκου όξινων νερών σε κινητή μονάδα ασβέστη, μετά από διάθεση εντός της λίμνης ποσότητας στερεών καταλοίπων ασβεστολίθου από τα λατομεία της περιοχής.

Επίσης σε επόμενο στάδιο του έργου προτείνεται να εξετασθεί η δυνατότητα εφαρμογής των σύγχρονων συστημάτων παθητικής κατεργασίας Όξινης Απορροής Μεταλλείων όπως τα Αναγωγικά Συστήματα Παραγωγής Αλκαλικότητας (ΑΣΠΑ) που αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1990 για την επεξεργασία όξινων νερών με αυξημένες συγκεντρώσεις σιδήρου, αλουμινίου και διαλελυμένου οξυγόνου. Ένα ΑΣΠΑ αποτελείται στην πραγματικότητα από ένα στρώμα ασβεστολιθικού υλικού επί του οποίου διαστρώνεται ένα στρώμα οργανικού υλικού. Στην περίπτωση της Κοκκινοπεζούλας για την κατασκευή του ως άνω παθητικού συστήματος κατεργασίας μπορεί να αξιοποιηθούν τα εξορυκτικά απόβλητα από τα λατομεία ασβεστολίθου της περιοχής, ως δε οργανικό υπόστρωμα μπορούν να αξιοποιηθούν τα κατάλοιπα από τις κτηνοτροφικές μονάδες της περιοχής αναμειγμένα με άχυρο.

Ως μία άλλη εναλλακτική μέθοδος που θα μπορούσε να εξετασθεί για την κατεργασία των όξινων νερών μεταλλίου που έχουν συγκεντρωθεί στην εκσκαφή είναι η μέθοδος που προαναφέρθηκε για την κατεργασία όξινων νερών μεταλλείων στην Ancor Hill Pit Lake, της South Dakota των ΗΠΑ, που περιλαμβάνει (α) Εξουδετέρωση των όξινων νερών με ασβέστη (CaO), (β) Χρήση βακτηριδίων (Redox-Mediated Biotransformation-RMBTM) για την αναγωγή των θεικών ιόντων και την καταβύθιση των βαρέων μετάλλων σε μορφή θειούχων ενώσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΔΟΧΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ «ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΛΕΙΜΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΥ ΚΟΚΚΙΝΟΠΕΖΟΥΛΑΣ (ΜΙΤΣΕΡΟ ΚΥΠΡΟΥ)»

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΗΚΑΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

**ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΩΝ
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ
ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΈΚΘΕΣΗΣ**