



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΝΕΡΓΟΥ
ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΖΟΥΜΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ
ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΤΖΟΥΜΕΡΚΩΝ**

ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2018

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΝΕΝΕΡΓΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΖΟΥΜΑ
ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΤΖΟΥΜΕΡΚΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Κανελλόπουλος

Επιβλέπων Καθηγητής : Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2018



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΝΕΝΕΡΓΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΤΖΟΥΜΑ
ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΤΖΟΥΜΕΡΚΩΝ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Κανελλόπουλος

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις.....

Δ. Καλιαμπάκος, Καθηγητής.....

Δ. Δαμίγος, Αν. Καθηγητής.....

Μ. Μενεγάκη, Αν. Καθηγήτρια.....

Επιβλέπων Καθηγητής : Καλιαμπάκος Δημήτριος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2018

*Η διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη,
στην οικογένεια μου,
στους φίλους μου
και στον Ο.Σ.Α.*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πρώτη επαφή με την εργασία, αποτέλεσε η επίσκεψη στον ίδιο το χώρο του λατομείου. Η αίσθηση που δημιουργεί η πρώτη εικόνα του χώρου είναι αυτή της απότομης αλλαγής από το πυκνό, μεικτό δάσος από έλατα και πεύκα, στο απόλυτο «γυμνό» του χώρου της επέμβασης. Μολονότι, εξαιτίας του πυκνού δάσους, η οπτική ρύπανση από μακρινή απόσταση είναι σχεδόν μηδενική, όταν κάποιος πλησιάσει αρκετά γίνεται αμέσως αντιληπτή η κλίμακα της επέμβασης και ο τρόπος που έχει διαμορφωθεί το τοπίο μετά την μακροχρόνια εξορυκτική δραστηριότητα.

Όσον αφορά την αρχική προσέγγιση του θέματος υπήρξαν αρκετές αντικειμενικές δυσκολίες, η μεγαλύτερη από τις οποίες ήταν η έλλειψη πληροφοριών για την λατομική δραστηριότητα στην συγκεκριμένη περιοχή (έλλειψη μελετών, χαρτών κλπ). Αρχικά με την βοήθεια της Αν. Καθηγήτριας Μ. Μενεγάκη και του Υ.Δ. Γιώργου Παναγιωτόπουλου, στο Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής, εντοπίστηκε ο χώρος, μέσω των χαρτών του εθνικού κτηματολογίου και στην συνέχεια μεταφέρθηκε ψηφιακά στο πρόγραμμα GIS όπου και δημιουργήθηκε το κατάλληλο αρχείο προς επεξεργασία για το πρόγραμμα Surpac. Η εργασία επίσης δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την αμέριστη και συνεχή βοήθεια του Αθ. Μαυρικού (Ε.ΔΙ.Π. Α) στο κομμάτι του σχεδιασμού του χώρου επέμβασης, με το εργαλείο Surpac, την βοήθεια επίσης του Αν. Καθηγητή Δ. Δαμίγου, σε ό,τι αφορά το κεφάλαιο της επιλογής της βέλτιστης λύσης με βάση την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης και τέλος, του επιβλέποντα καθηγητή Δ. Καλιαμπάκου για την επιλογή του θέματος και την καθοδήγηση κατά την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Μέσω της έρευνας και της αξιολόγησης των διαφόρων στοιχείων, ποιοτικών και ποσοτικών, τα οποία συλλέχθηκαν τελικά για το χώρο, γίνεται μία προσπάθεια για να προταθεί μία ολοκληρωμένη λύση αποκατάστασης που να σέβεται το συνολικό περιβάλλον της περιοχής, τόσο το φυσικό, όσο το πολιτισμικό και το κοινωνικό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ελληνική επικράτεια βρίθκει από ανενεργά εγκαταλελειμμένα λατομεία και ορυχεία σε δημόσιες εκτάσεις, στα οποία μετά το τέλος των εργασιών και τη διακοπή της λειτουργίας τους, δημιουργούνται σοβαρά οικολογικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, εξαιτίας της μη τήρησης ή ανεπαρκούς τήρησης του νομοθετικού πλαισίου που τα διέπει περί αποκατάστασης. Η οικονομική κρίση που επηρεάζει τα τελευταία χρόνια τη χώρα μας αλλά και πιο συγκεκριμένα τον κλάδο των κατασκευών, έχει οξύνει το φαινόμενο με ολοένα και περισσότερα λατομεία να εγκαταλείπονται και σε συνδυασμό μάλιστα με την περιβαλλοντική καταστροφή που επιτελείται από μεγάλες εξορυκτικές επενδύσεις, θυσιάζεται στο βωμό του κέρδους ή και με πρόσχημα την οικονομική κρίση, η τήρηση σημαντικών περιβαλλοντικών όρων. Αυτοί είναι οι κύριοι λόγοι για τους οποίους είναι επιτακτική η ανάγκη της αποκατάστασης των εγκαταλελειμμένων αυτών χώρων είτε για να επανέλθουν γρηγορότερα στην πρότερή τους μορφή είτε για να επανασχεδιαστούν και να αποκτήσουν κάποια νέα χρήση γης.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει, στην αποκατάσταση ενός πρώην λατομείου αδρανών υλικών στη θέση «Τζούμα» της τοπικής κοινότητας Γραικικού στον Καλλικρατικό δήμο Κεντρικών Τζουμέρκων.

Αρχικά γίνεται αναλυτική παρουσίαση και περιγραφή της τοποθεσίας του χώρου, και δίνονται γενικά στοιχεία που αφορούν την περιοχή, όπως στοιχεία για το Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων, το κλίμα, τη γεωλογία, τη βιοποικιλότητα και την υδρολογία της ευρύτερης περιοχής.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης (ΑΗΡ), διερευνάται η βέλτιστη εναλλακτική λύση αποκατάστασης. Η ανάλυση καταλήγει στην πρόταση της Πλήρους Αποκατάστασης του χώρου με επανασχεδιασμό των βαθμίδων (εκσκαφές – επιχωματώσεις) και κατόπιν δεντροφύτευση του λατομικού χώρου με τοπικά ανθεκτικά είδη χλωρίδας.

Ακολουθεί η περιγραφή των εργασιών για την αποπεράτωση του έργου της αποκατάστασης, δηλαδή γενικά χαρακτηριστικά για τη μέθοδο της αναδάσωσης και πώς αυτή επιτυγχάνεται. Σε αυτό το σημείο αναλύονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της επέμβασης.

Κατόπιν αναλύεται διεξοδικά ο σχεδιασμός του νέου προτεινόμενου ανάγλυφου του χώρου με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση του προγράμματος σχεδίασης Surpac. Ο σχεδιασμός μέσω του προγράμματος δίνει πολλά και χρήσιμα στοιχεία, όπως ο συνολικός όγκος των απαραίτητων εκσκαφών και επιχωματώσεων.

Τέλος υπολογίζεται το συνολικό κόστος του έργου συνυπολογίζοντας πολλούς παράγοντες και με κύριο γνώμονα τα πιο πρόσφατα επίσημα τιμολόγια Δημοσίων Έργων.

Η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα, ότι το έργο της επαναδιαμόρφωσης του χώρου και της αποκατάστασης του λατομείου, είναι εφικτό, από οικονομική άποψη και αναγκαίο από περιβαλλοντική και μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για τον σχεδιασμό παρόμοιων έργων στην ευρύτερη περιοχή των Τζουμέρκων και κατ' επέκταση στην υπόλοιπη Ελλάδα.

ABSTRACT

Greece is full of inactive abandoned quarries and mines in public areas, where after the end of the works and the closure of their operations, serious ecological and environmental problems arise due to the non-observance or insufficient observance of the legislative framework for the environmental restoration. The economic crisis that has affected our country in recent years, and more specifically the construction industry, has worsened the phenomenon with more and more quarries being abandoned. In addition, major mining investments in many cases ignore important environmental conditions and cause additional harm in order to gain more profit. These are the main reasons why the need to restore these abandoned areas is mandatory either to reform them to their earlier state or to redesign and acquire new use of the land.

This diploma thesis focuses on the restoration of a former aggregate quarry in the "Tzouma" location of the local community of Graikiko in the central Tzoumerka municipality. Initially, it is given a detailed presentation and description of the location of the site, and general information about the area, such as the Tzoumerka National Park, climate, geology, biodiversity and hydrology of the wider region.

Then, using the multi-criteria analysis (AHP) method, the optimal restoration alternative method is being explored. The analysis concludes with the proposal for the complete restoration of the site by redesigning the steps (excavation - embankment) and then planting the quarry with locally resistant flora species.

Afterwards there is a description of the necessary tasks to complete the restoration work, which specifically means the features of the reforestation method and how it is going to be achieved. At this point, it is also analyzed the environmental impact of the intervention on the site.

The next chapter deals with the design of the new proposed landscape, using the computer and more specifically the Surpac designing program. The procedure of the designing gives much useful information, such as the total volume of excavations and embankments required.

Finally, the total cost of the project is calculated by taking into account several factors, and with the guideline of the most recent official public works tariffs.

In conclusion the project of redevelopment of the site and the restoration of the quarry is feasible from an economic and necessary from an environmental point and can be a trigger for the design of similar projects in the wider Tzoumerka region and also the rest of Greece.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	17
1.1. Περιοχή μελέτης.....	17
1.2. Πρόσβαση.....	18
1.3. Το Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου.....	18
1.3.1. Προεδρικό Διάταγμα για την Ίδρυση του Εθνικού Πάρκου.....	20
1.3.2. Ζώνες Προστασίας Εθνικού Πάρκου.....	21
1.4. Γεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.....	24
1.5. Φυσικό Περιβάλλον.....	28
1.5.1. Χλωρίδα.....	28
1.5.2. Πανίδα.....	29
1.6. Μετεωρολογικά στοιχεία.....	31
1.7. Υδρολογικά στοιχεία.....	34
2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	38
2.1. Εισαγωγικά στοιχεία της πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	38
2.2. Ορισμός.....	39
2.3. Ιστορικά στοιχεία.....	39
2.4. Θεωρητικές προσεγγίσεις.....	41
2.5. Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytical Hierachy Process- AHP).....	43
2.5.1. Καθορισμός τοπικών προτεραιοτήτων.....	44
2.5.2. Έλεγχος συνέπειας.....	47
2.5.3. Καθορισμός καθολικών προτεραιοτήτων.....	48

2.5.4. Χρήσεις και εφαρμογές.....	49
2.6. Εφαρμογή της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης για την επιλογή μεθόδου αποκατάστασης στο λατομείο προς μελέτη.....	50
2.6.1. Επίπεδα Ιεράρχησης.....	51
2.6.2. Υπολογισμός βαρύτητας κριτηρίων.....	53
2.6.3. Κατάταξη κάθε εναλλακτικής λύσης για κάθε κριτήριο.....	55
2.6.4. Υπολογισμός της τελικής βαθμολογίας κάθε εναλλακτικού σχεδίου.....	60
3. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ.....	62
3.1. Εργασίες αποκατάστασης χώρου επέμβασης και επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.....	62
3.2. Γενικά χαρακτηριστικά της μεθόδου της αναδάσωσης (ίδρυση τεχνητών συστάδων)....	63
3.2.1. Σκοπός των αναδασώσεων.....	64
3.2.2. Βασικές αρχές αναδασώσεων.....	65
3.2.3. Εκλογή δασοπονικών ειδών.....	65
3.2.4. Μέθοδοι αναδάσωσης (τεχνητής ίδρυσης συστάδων).....	66
3.2.5. Τρόποι επαναφοράς της βλάστησης και στοιχεία εφαρμογής στην ειδική περίπτωση του λατομείου.....	67
3.2.6. Φυτευτικός Σύνδεσμος (αποστάσεις δενδρυλλίων).....	71
3.3. Απαραίτητες εργασίες πριν την φύτευση και η συντήρηση των δενδρυλλίων.....	73
3.3.1. Γενική μόρφωση της επιφάνειας του εδάφους.....	73
3.3.2. Ενσωμάτωση βελτιωτικών εδάφους.....	73
3.3.3. Λίπανση.....	73
3.3.4. Βοτάνισμα του χώρου των φυτών για την καταπολέμηση των ζιζανίων(σκάλισμα)..	74
3.3.5. Άρδευση.....	74
3.3.6. Περίφραξη.....	74
3.4. Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.....	75

3.4.1. Αέρια απόβλητα.....	75
3.4.2. Υγρά απόβλητα.....	76
3.4.3. Στερεά απόβλητα – Ιλύες – Τοξικά απόβλητα – Απορρίμματα.....	76
3.4.4. Μέτρα προστασίας από το θόρυβο.....	76
3.4.5. Χλωρίδα – Πανίδα.....	77
3.4.6. Μορφολογία – Έδαφος.....	77
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	78
4.1. Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα Surpac.....	78
4.1.1. Βασικά εργαλεία.....	79
4.1.2. Βασικά μενού.....	80
4.2. Αναλυτικά Βήματα Σχεδιασμού στο Surpac.....	81
4.2.1. Εισαγωγή δεδομένων.....	81
4.2.2. Ορισμός κλίσεων των πρανών.....	83
4.2.3. Σχεδίαση διαστάσεων βαθμίδων.....	84
4.2.4. Σχεδίαση βαθμίδων.....	86
4.2.5. Υπολογισμός του όγκου των επιχωματώσεων και των εκσκαφών.....	90
5. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	101
5.1. Απαραίτητες προμετρήσεις και πίνακας τιμών.....	101
5.2. Ανάλυση κόστους στις επιμέρους εργασίες.....	103
5.2.1. Κόστος εκσκαφών και επιχωματώσεων.....	103
5.2.2. Κόστος απομάκρυνσης εναπομεινασών εκσκαφών.....	105
5.2.3. Κόστος αγοράς δέντρων και θάμνων.....	106
5.2.4. Κόστος γενικής μόρφωσης επιφάνειας εδάφους.....	106
5.2.5. Κόστος ενσωμάτωσης βελτιωτικών εδάφους.....	107

5.2.6. Κόστος ανοίγματος λάκκων.....	107
5.2.7. Κόστος φύτευσης των φυτών.....	107
5.2.8. Κόστος σχηματισμού λεκανών άρδευσης.....	108
5.2.9. Κόστος λίπανσης.....	108
5.2.10. Κόστος βοτανίσματος.....	108
5.2.11. Κόστος άρδευσης.....	109
5.3. Εκτίμηση τελικού κόστους έργου αποκατάστασης.....	109
6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	112

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1. Δορυφορική απεικόνιση του λατομικού χώρου.....	17
Εικόνα 1.2. Στρωματογραφική στήλη της Ζώνης Πίνδου με αναφορά στο γεωλογικό χρόνο και στην ηλικία των στρωμάτων.....	27
Εικόνα 1.3. Στρωματογραφική στήλη της Ιονίου Ζώνης με αναφορά στο γεωλογικό χρόνο και στην ηλικία των στρωμάτων.....	27
Εικόνα 2.1. Συνοπτική ιεραρχία τριών επιπέδων για πρόβλημα επιλογής.....	44
Εικόνα 2.2. Επίπεδα Ιεράρχησης (Σημειώσεις μαθήματος Διαχείριση Περιβάλλοντος – Νομοθεσία).....	52
Εικόνα 3.1. Εικόνα δρυός κοκκοφόρου (<i>Quercus coccifera</i>).....	68
Εικόνα 3.2. Δάσος μαύρης πεύκης.....	69
Εικόνα 3.3. Νεαρό άτομο κεφαλληνιακής ελάτης (<i>abies cephalonica</i>).....	70
Εικόνα 4.1. Βασικά μενού Surpac.....	80
Εικόνα 4.2. Εντολή Set as work directory.....	81
Εικόνα 4.3. Εισαγωγή τοπογραφικού αρχείου αποτελούμενο από ισοϋψείς ανά δύο μέτρα..	82
Εικόνα 4.4. Εντολή ορισμού κλίσης βαθμίδων.....	83
Εικόνα 4.5. Εντολή ορισμού επιθυμητού ύψους βαθμίδων	85
Εικόνα 4.6. Εντολή ορισμού επιθυμητού πλάτους βαθμίδων.....	86
Εικόνα 4.7. Εντολή ορισμού αρχικού υψομέτρου για τον σχεδιασμό της πρώτης βαθμίδας..	87
Εικόνα 4.8. Εντολή ορισμού αριθμού του string και υψομέτρου του υπό σχεδίαση segment.....	87
Εικόνα 4.9. Εντολή έναρξης σχεδιασμού.....	88
Εικόνα 4.10. Κάτοψη (Plan View) τελικής μορφής βαθμίδων.....	89
Εικόνα 4.11. Γενική άποψη τελικής μορφής βαθμίδων.....	89
Εικόνα 4.12. Εντολή σχεδιασμού ορίου περιμετρικά των τελικών βαθμίδων.....	90

Εικόνα 4.13. Εντολή “κοψίματος” ισοϋψών αρχικού τοπογραφικού.....	91
Εικόνα 4.14. Δημιουργία τελικού τοπογραφικού χώρου επέμβασης.....	92
Εικόνα 4.15. Εντολή δημιουργίας αρχείου DTM.....	93
Εικόνα 4.16. Τρισδιάστατο αρχείο τελικού τοπογραφικού.....	93
Εικόνα 4.17. Τρισδιάστατο αρχείο αρχικού τοπογραφικού.....	94
Εικόνα 4.18. Εντολή υπολογισμού όγκων που προκύπτουν από την διαφορά των δύο DTMs.....	95
Εικόνα 4.19. Αρχείο υπολογισμού εκσκαφών – επιχωματώσεων.....	96
Εικόνα 4.20. Απεικόνιση των εκσκαφών και των επιχωματώσεων.....	96
Εικόνα 4.21. Ισοϋψείς λιμνοδεξαμενής.....	97
Εικόνα 4.22. DTM αρχείο λιμνοδεξαμενής.....	98
Εικόνα 4.23. Εντολή υπολογισμού όγκου λιμνοδεξαμενής.....	98
Εικόνα 4.24. Αρχείο υπολογισμού όγκου λιμνοδεξαμενής.....	99

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Πίνακας διαφορετικών ζωνών προστασίας του Πάρκου.....	21-22
Πίνακας 1.2. Μέση Θερμοκρασία 2009-2015.....	32
Πίνακας 1.3. Μέση θερμοκρασία στη θέση Τζούμα.....	33
Πίνακας 1.4. Ύψη και μέρες ετήσιας βροχόπτωσης.....	34
Πίνακας 1.5. Ανατολικές πηγές Αράχθου.....	35
Πίνακας 1.6. Πηγές λόφου Βαλαώρας.....	35
Πίνακας 1.7. Καρστικές πηγές συστήματος Λάκμου-Τζουμέρκων.....	36
Πίνακας 2.1. Κλίμακα χρησιμοποιούμενη για συγκρίσεις ανά ζεύγη.....	46
Πίνακας 2.2. Πίνακας δείκτη τυχαίας συνέπειας.....	48

Πίνακας 2.3. Τοπικές και καθολικές προτεραιότητες για το πρόβλημα της επιλογής ενός συστήματος συναρμολόγησης σε τροχιά.....	49
Πίνακας 2.4. Μήτρα Σύγκρισης Κριτηρίων.....	53
Πίνακας 2.5. Κανονικοποιημένη Μήτρα Σύγκρισης Κριτηρίων.....	53
Πίνακας 2.6. Αρχικός πίνακας ως προς το Οικονομικό κριτήριο.....	55
Πίνακας 2.7. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Οικονομικό κριτήριο.....	55
Πίνακας 2.8. Αρχικός Πίνακας ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο.....	56
Πίνακας 2.9. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο.....	56
Πίνακας 2.10. Αρχικός Πίνακας ως προς το Κοινωνικό κριτήριο.....	57
Πίνακας 2.11. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Κοινωνικό κριτήριο.....	57
Πίνακας 2.12. Αρχικός Πίνακας ως προς το Τεχνολογικό κριτήριο.....	58
Πίνακας 2.13. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Τεχνολογικό κριτήριο.....	58
Πίνακας 2.14. Σχηματική αναπαράσταση του προβλήματος.....	60
Πίνακας 3.1. Αποστάσεις κοντινότερων χωριών.....	77
Πίνακας 4.1. Συνιστώμενες κλίσεις Πρανών, Επιχωμάτων και Ορυγμάτων κατά ΠΤΠ ΧΙ..	84
Πίνακας 4.2. Όγκοι εκσκαφών – επιχωματώσεων.....	100
Πίνακας 5.1. Απαραίτητες μετρήσεις στο Surpac πριν τον υπολογισμό του κόστους.....	101
Πίνακας 5.2. Υπολογισμός του κόστους στις επιμέρους εργασίες.....	102

ΛΙΣΤΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1.1. Ζώνη IVα Εθνικού Πάρκου.....22

Χάρτης 1.2. Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής Αράχθου.....37

1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

1.1. Περιοχή Μελέτης

Ο λατομικός χώρος προς μελέτη με συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ 87 , Χ:245710.617 , Υ:4367558.959 έχει εμβαδό 17935.62128 τ.μ. (χάρτης εθνικού κτηματολογίου).



Εικόνα 1.1. Δορυφορική απεικόνιση του λατομικού χώρου (εθνικό κτηματολόγιο)

Ο χώρος βρίσκεται στην κορυφή σχεδόν του λόφου «Τζούμα» σε υψόμετρο 825 μέτρων και περικλείεται βόρεια από τα χωριά Γραβιά και Άνω Γραικικό, δυτικά από το χωριό Σέλι, νότια από τα χωριά Κάτω Γραικικό και Ρωμανός και ανατολικά από την χαράδρα του ποταμού Αράχθου και τα χωριά Κουκκούλια και Γουριανά.

1.2. Πρόσβαση

Η πρόσβαση στην ευρύτερη περιοχή γίνεται, από την Άρτα μέσω της Ιονίας οδού μέχρι το χωριό Αμμότοπος και στην συνέχεια μέσω της επαρχιακής οδού Άρτας-Ιωαννίνων με βόρεια κατεύθυνση μέχρι το χωριό Σούμεσι. Στην συνέχεια τοπική οδός κατευθυνόμενη ανατολικά διασχίζει τον ποταμό Αραχθο και συνεχίζει βόρεια προς την περιοχή που μας ενδιαφέρει. Από τα Γιάννενα η πρόσβαση γίνεται επίσης μέσω της επαρχιακής οδού Άρτας-Ιωαννίνων ακολουθώντας αντίθετη πορεία. Μετά το, γκρεμισμένο δυστυχώς από το 2015, γεφύρι της Πλάκας (σημαντικό σημείο της περιοχής τόσο ιστορικής σημασίας όσο και αρχιτεκτονικής, αφού θεωρούνταν το μεγαλύτερο μονότοξο γεφύρι των Βαλκανίων και το τρίτο της Ευρώπης) για να προσεγγίσουμε την περιοχή ακολουθούμε τοπική οδό η οποία κατευθύνεται νότια. Για την προσέγγιση στο χώρο του λατομείου υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι, από τα χωριά Γουριανά και Κάτω Γραικικό νότια και από το χωριό Άνω Γραικικό βόρεια. Ο δρόμος από το Άνω Γραικικό είναι καταλληλότερος για την χρήση του από βαρέα μηχανήματα εξαιτίας του πλάτους, της κλίσης και της καμπυλότητας του τα οποία ικανοποιούν το άρθρο 40 του ΚΜΛΕ. Η απόσταση του λατομείου από την Άρτα είναι 48.6 χιλιόμετρα και από τα Γιάννενα 60.1 χιλιόμετρα.

1.3. Το Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου

Η ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκεται το λατομείο ανήκει σε ένα φυσικό και προστατευόμενο πάρκο, το Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου. Το Εθνικό Πάρκο θεσμοθετήθηκε το 2009, με προεδρικό διάταγμα ([ΦΕΚ 49Δ/12.02.2009](#)). Καταλαμβάνει έκταση περίπου 820 τετραγωνικά χιλιόμετρα που γεωγραφικά απλώνεται στις ορεινές περιοχές, των νομών Ιωαννίνων, Άρτας και Τρικάλων (Κεντρικό τμήμα της οροσειράς της Πίνδου).

Στα όριά του περιλαμβάνει δύο μεγάλα ορεινά συγκροτήματα: το όρος Λάκμος (ή Περιστερί) και τα Αθαμανικά όρη (ή Τζουμέρκα).

Συνολικά, στο Εθνικό Πάρκο περιλαμβάνονται:

Τρεις περιοχές που ανήκουν στο Πανευρωπαϊκό Δίκτυο Προστατευόμενων Περιοχών: «ΦΥΣΗ 2000» (NATURA 2000) με κωδικούς (GR2130007, GR2110002 και GR2130013). Από αυτές, οι περιοχές «Όρος Λάκμος (Περιστέρι) (GR 2130007)» και «Όρη Αθαμάνων (Νεράϊδα) (GR 2110002)», περιλαμβάνονται εξ ολοκλήρου στην έκταση του Εθνικού Πάρκου, ενώ η περιοχή «Ευρύτερη περιοχή Αθαμανικών Ορέων (Νεράϊδα) (GR 2130013)», κατά το μεγαλύτερο τμήμα της.

Επίσης στο Εθνικό Πάρκο περιλαμβάνονται :

- Δύο σημαντικές περιοχές για τα πουλιά με τις εξής ονομασίες: «Όρη Αθαμανικά» και «Όρος Περιστέρι»
- Πέντε Καταφύγια Άγριας Ζωής, τα οποία είναι α) «Χαράδρα Αράχθου» με έκταση 2.733 εκτάρια, β) Ανατολικών Τζουμέρκων με έκταση 1.430 εκτάρια, γ) Θεοδώριανων με 413 εκτάρια, δ) Βουργαρελίου με 1.000 εκτάρια και ε) Κούτσουρου-Τζακούτας-Μνήματα με 1.927,8 εκτάρια.
- Πέντε συνολικά παραδοσιακοί οικισμοί, οι οποίοι είναι οι εξής: Συρράκο, Καλαρρύτες, Ραφταναίοι, Χαλίκι, Ανθούσα,
- Δύο Οικισμοί Ειδικής Κρατικής Προστασίας και Τόποι Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους, οι οποίοι είναι οι Καλαρρύτες και το Συρράκο,
- Πλήθος κηρυγμένων μνημείων (συνολικά 139): Κλασσικά, Βυζαντινά και Νεότερα,
- Δύο Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους, τα οποία είναι τα εξής: «Στενά Αράχθου» και «Φαράγγι ποταμού Χρούσια – Συρράκο – Καλαρρύτες».

Το ισχυρό ανάγλυφο, οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές (144μ.-2.429μ.) και η έντονη παρουσία του υδάτινου στοιχείου, συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πολυποίκιλου μωσαϊκού βιοτόπων. Στα διαφορετικά ενδιαίτηματα φύονται πολλά σπάνια ή και ενδημικά είδη φυτών. Στα χερσαία οικοσυστήματα της περιοχής έχουν καταγραφεί 17 τύποι οικοτόπων και 30 τύποι και υποτύποι υδάτινων οικοτόπων. Στις απότομες κορυφές (Στρογγούλα, Καταφίδι, Κακαρδίτσα, Περιστέρι), στο εξαιρετικής βιοποικιλότητας Δάσος της Μπάντζας Συρράκου, στο μεικτό δάσος πεύκης και ελάτης των Ποτιστικών, Πραμάντων, Ματσουκίου,

Βουργαρελίου, στο μεικτό δάσος Χαλικίου - Ανηλίου, στη χαράδρα Αράχθου, στους ποταμούς (Ασπροπόταμο, Άραχθο, Μετσοβίτικο, Χρούσια, Μελισσουργιώτικο, Ματσουκιώτικο) συναντώνται ορισμένοι σημαντικοί τύποι οικοτόπων.

Στους διαφορετικούς βιοτόπους συναντώνται πολλά σπάνια και προστατευόμενα είδη θηλαστικών όπως η βίδρα, η καφέ αρκούδα, το αγριόγιδο. Η περιοχή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους πληθυσμούς των πουλιών, ενώ έχουν καταγραφεί εκατοντάδες είδη ασπονδύλων, ψαριών, αμφιβίων και ερπετών.

Το Εθνικό Πάρκο αποτελεί επίσης ένα τεράστιο υπαίθριο μουσείο λαογραφίας και συνδυάζει με μοναδική αρμονία, χαρακτηριστικά, τόσο του φυσικού, όσο και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Πέτρινα γεφύρια, πολιτισμικά μνημεία, παραδοσιακοί οικισμοί, έργα από τα χέρια των ανθρώπων, τα οποία συνδυάζονται αρμονικά με τα έργα της φύσης: πανέμορφα τοπία, απόκρημνα βουνά, φαράγγια, σπήλαια. Αυτή η τέλεια σμιλευμένη συνύπαρξη του δομημένου με το φυσικό περιβάλλον, προσδίδει στην περιοχή τη μοναδικότητά της.

1.3.1. Προεδρικό Διάταγμα για την Ίδρυση του Εθνικού Πάρκου

Σκοπός του Προεδρικού Διατάγματος ([ΦΕΚ 49Δ/12.02.2009](#)) είναι η προστασία, διατήρηση και διαχείριση της φύσης και του τοπίου, ως φυσικής κληρονομιάς και πολύτιμου εθνικού φυσικού πόρου σε τμήματα της περιοχής των ορεινών όγκων των Τζουμέρκων (Αθαμανικών Ορέων), του Περιστερίου (Όρους Λάκμος), της χαράδρας του ποταμού Αράχθου και της ενδιάμεσης αυτών περιοχής, που διακρίνονται για τη μεγάλη βιολογική, οικολογική, αισθητική, επιστημονική, γεωμορφολογική, γεωλογική και εκπαιδευτική τους αξία, με το χαρακτηρισμό τους ως Εθνικό Πάρκο.

Ειδικότερα, επιδιώκεται η διατήρηση και ορθή διαχείριση των σπάνιων τοπίων, οικοτόπων και ειδών χλωρίδας και πανίδας που απαντώνται στη συγκεκριμένη περιοχή καθώς και η θεσμοθέτηση διαδικασιών και μέτρων για την εξασφάλιση της αρμονικής συνύπαρξης ανθρώπου και φύσης στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης.

Πιο συγκεκριμένα το Εθνικό Πάρκο χωρίζεται σε τέσσερις διαφορετικές Ζώνες Προστασίας στις οποίες επιτρέπονται και διαφορετικές χρήσεις γης.

1.3.2. Ζώνες Προστασίας Εθνικού Πάρκου

Η βασική οργάνωση του Εθνικού Πάρκου συνίσταται στο χωρισμό του σε ζώνες προστασίας και η καθεμιά χαρακτηρίζεται από διαφορετικό βαθμό προστασίας. Στις Ζώνες I και II ισχύουν ιδιαίτερες ρυθμίσεις ανάλογα με την κρισιμότητα, τη μοναδικότητα και τη φυσικότητά τους. Στις Ζώνες III και IV οι επιτρεπόμενες δραστηριότητες και επεμβάσεις είναι περισσότερες σε σχέση με τις δύο πρώτες ζώνες, αλλά παραμένει ως κυρίαρχος στόχος η βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων.

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι ζώνες προστασίας του Εθνικού Πάρκου και οι εκτάσεις που αυτές καταλαμβάνουν:

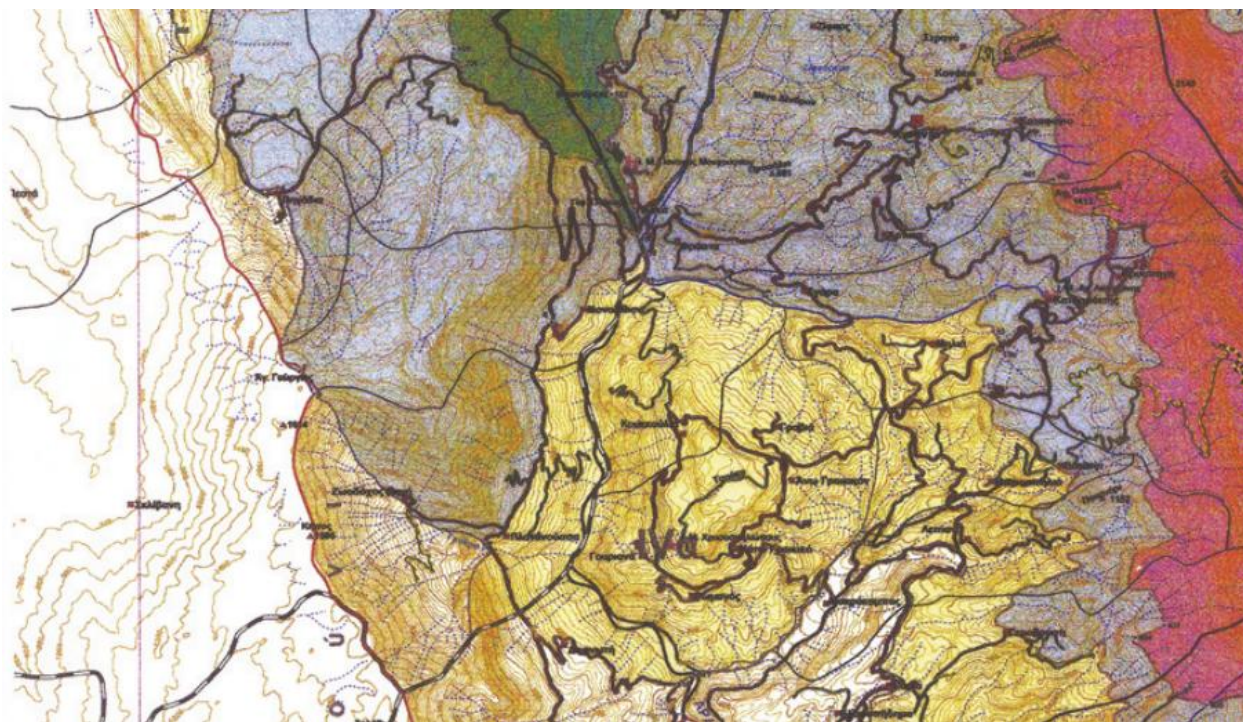
Πίνακας 1.1. Πίνακας διαφορετικών Ζωνών Προστασίας του Πάρκου (<https://www.tzoumerka-park.gr>)

Κατηγορία περιοχής προστασίας	Ονομασία ζώνης προστασίας	Έκταση (km ²)
(Ζώνη I) Προστασίας της φύσης	Ζώνη Ια: «Περιοχή Προστασίας της Φύσης χαράδρας Αράχθου»	44
	Ζώνη Ιβ: «Περιοχή Προστασίας της Φύσης Άνω τμήμα Καλαρρύτεκου»	21
	Ζώνη Ιγ: «Περιοχή Προστασίας της Φύσης Παχτουρίου-Αθαμανίας»	26
	Ζώνη Ιδ: «Περιοχή Προστασίας της Φύσης Τσούμα-Πλαστάρι- Κούτσουρο»	12
(Ζώνη II) Διατήρησης τοπίου, οικοτόπων και ειδών	Ζώνη ΙΙΑ: «Περιοχή Διατήρησης Τοπίου, Οικοτόπων & Ειδών Κακαρδίτσας- Τζουμέρκων»	107
	Ζώνη ΙΙβ: «Περιοχή Διατήρησης Τοπίου, Οικοτόπων & Ειδών Περιστερίου»	120

(Ζώνη III) Εθνικού Πάρκου	Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων- Περιστερίου- χαράδρας Αράχθου	393
(Ζώνη IV) Περιφερειακή Ζώνη	Ζώνη IVα: «Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Νοτιοδυτικών Τζουμέρκων»	51
	Ζώνη IVβ: «Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Κατσανοχωριών»	17
	Ζώνη IVγ: «Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Δυτικού Περιστερίου»	14
	Ζώνη IVδ: «Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Νοτιοανατολικών Τζουμέρκων»	12

Στον παρακάτω χάρτη και σύμφωνα με το [ΦΕΚ 49Δ/12.02.2009](#) άρθρο 2 παρ. 5 (Τμήμα στα νοτιοδυτικά της οροσειράς των Τζουμέρκων, συμπεριλαμβανομένου τμήματος των ανατολικών παρυφών του όρους Ξηροβουνίου) εντοπίζουμε το λατομείο, στην Ζώνη IVα: «Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Νοτιοδυτικών Τζουμέρκων».

Χάρτης 1.1. Ζώνη IVα Εθνικού Πάρκου (www.ypeka.gr - [ΦΕΚ 49Δ/12.02.2009](#))



Σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα, στις περιοχές της Περιφερειακής Ζώνης (Ζώνη IV), όπως ορίζονται στο άρθρο 2 παρ.5 αυτού, σκοπός είναι ο έλεγχος των χρήσεων γης, των δραστηριοτήτων και των έργων που ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον (τοπίο, οικοσυστήματα, είδη). Παράλληλα, στην Περιφερειακή Ζώνη υποστηρίζονται δραστηριότητες με σκοπό την ήπια ανάπτυξη της περιοχής καθώς και την ανάπτυξη ήπιων μορφών αναψυχής. Στις περιοχές αυτές επιτρέπεται να εκτελούνται έργα, να γίνονται έρευνες και να ασκούνται δραστηριότητες, με συγκεκριμένους όρους και περιορισμούς (που καθορίζονται ειδικότερα από τον οικείο Κανονισμό Διοίκησης και Λειτουργίας του άρθρου 4 παρ. Ε του Προεδρικού αυτού Διατάγματος).

Ειδικότερα εντός των ορίων της Περιφερειακής Ζώνης (Ζώνη IV), δεν επιτρέπεται:

1. Η χωροθέτηση και λειτουργία Βιομηχανικών Περιοχών καθώς και η εγκατάσταση βιομηχανιών υψηλής όχλησης.
2. Η εγκατάσταση πτηνοτροφικών και κτηνοτροφικών μονάδων εντατικής εκτροφής δυναμικότητας μεγαλύτερης των 100 ισοδύναμων ζώων.
3. Η κατασκευή Υδροηλεκτρικών Έργων δυναμικότητας μεγαλύτερης από 10 MW.
4. Η κατασκευή μεγάλων τουριστικών εγκαταστάσεων και ξενοδοχειακών μονάδων
5. Η εγκατάσταση ΧΥΤΑ.
6. Οι νέες επιφανειακές μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις. Επιτρέπονται οι υπόγειες μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις, τα λατομεία μαρμάρου και βιομηχανικών ορυκτών καθώς και οι εργασίες εντοπισμού μεταλλευτικών και βιομηχανικών ορυκτών και μαρμάρων, μεγάλης οικονομικής σημασίας, έπειτα από κοινή Απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ και Ανάπτυξης. Επιτρέπεται επίσης η εγκατάσταση και λειτουργία λατομείων εξόρυξης παραδοσιακών λατομικών προϊόντων και η εξόρυξη αδρανών υλικών, για κάλυψη τοπικών αναγκών, από υφιστάμενες λατομικές ζώνες ή λειτουργούντα λατομεία. Παρατάσεις των αδειών εκμεταλλεύσεως των νομίμως λειτουργούντων λατομείων και μεταλλείων είναι δυνατόν να δίδονται μόνο υπό όρους και περιορισμούς, που να διασφαλίζουν τον στόχο της παραπάνω παραγράφου και μετά από γνώμη του Φορέα Διαχείρισης. Οι χώροι για την εγκατάσταση των παραπάνω επιτρεπόμενων νέων εκμεταλλεύσεων επιλέγονται και οριοθετούνται με σαφήνεια έτσι ώστε, να μην

αλλοιώνονται σημαντικοί γεωλογικοί και γεωμορφολογικοί σχηματισμοί και το τοπίο εν γένει, τίθενται δε όροι και περιορισμοί για τη λειτουργία τους στον Κανονισμό Διοίκησης και Λειτουργίας του άρθρου 4 παρ. Ε μετά από σχετική μελέτη, η οποία εκπονείται εντός τριών ετών από τη δημοσίευση του ΦΕΚ, με μέριμνα του Φορέα Διαχείρισης.

Οι περιορισμοί αυτοί λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για την επιλογή των εναλλακτικών λύσεων ως προς την αποκατάσταση του χώρου τον οποίο μελετάμε. Επομένως η μετατροπή του χώρου σε ΧΥΤΑ ή η κατασκευή μεγάλων τουριστικών εγκαταστάσεων και ξενοδοχειακών μονάδων, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν εναλλακτικές χρήσεις γης για τον χώρο, αυτομάτως απορρίπτονται ως ακατάλληλες για την Περιφερειακή Ζώνη IVα του Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων Περιστερίου και χαράδρας Αράχθου.

1.4. Γεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής

Για να κατανοήσουμε πως δημιουργήθηκε το τοπίο των ορεινών όγκων στο Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων, Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου χρειάζεται να αναφερθούμε στην έννοια του γεωλογικού χρόνου και να ανατρέξουμε στην ιστορία που ξεκίνησε πριν από πολλά εκατομμύρια έτη. Οι γεωτεκτονικές ζώνες από τις οποίες δομείται η περιοχή ανήκουν στην Ιόνιο ζώνη και στη ζώνη Ωλονού - Πίνδου.

Η Ιόνιος ζώνη χαρακτηρίζεται σαν μια ηπειρωτική λεκάνη με ημιπελαγική ως πελαγική ιζηματογένεση. Χαρακτηριστικό τεκτονικό της γνώρισμα είναι τα επάλληλα μεγάλα σύγκλινα και αντίκλινα που επωθούνται και εφιππεύουν το ένα πάνω στο άλλο προς τα δυτικά.

Η ζώνη Ωλονού - Πίνδου οφείλει την ονομασία της στην οροσειρά της Πίνδου, όπου και γίνεται η κύρια ανάπτυξή της. Αυτή χαρακτηρίζεται σαν μια βαθιά αύλακα ανάμεσα στα υβώματα της Πελαγονικής ζώνης και της ζώνης Γαβρόβου. Παρουσιάζει μεγάλες εναλλαγές στην ιζηματογένεση (ανθρακική, πυριτική, κλαστική). Στην περιοχή επωθημένοι πάνω στα τεκτονικά καλύμματα της Πίνδου και συνήθως πάνω στο φλύσχη βρίσκονται οι οφειόλιθοι με πετρώματα υπερβασικού χαρακτήρα.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της κάθε ζώνης από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι παρακάτω:

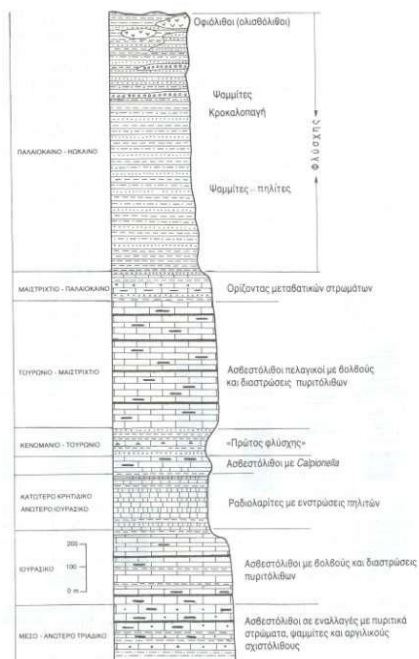
ΙΟΝΙΟΣ ΖΩΝΗ

- Εβαπορίτες συνιστούν τη βάση της στρωματογραφικής στήλης της Ιόνιας ζώνης που αποτέθηκαν σε μια στενή και επιμήκη λεκάνη του Καρνίου. Το μέγιστο πάχος των εβαποριτών είναι 1600 μέτρα και μειώνεται προς βορρά. Στην περιοχή της μελέτης δεν εμφανίζονται.
- Ασβεστόλιθοι «φουσταπήδημα» και μαζώδεις δολομίτες. Δεν εμφανίζονται επίσης στην περιοχή.
- «Ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα», δεν κάνουν την εμφάνισή τους στην περιοχή.
- Οι «Ασβεστόλιθοι Βίγλας», στη συνέχεια και μεταξύ Αν. Ιουρασικού – Κατ. Σενωνίου αποτίθενται σε όλο το πλάτος της Ιονίου ζώνης. Πρόκειται για λεπτοπλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους με παρενστρώσεις κερατολίθων, (πάχος 400 μέτρα). Εμφανίζονται δυτικά των ορίων της περιοχής, στις όχθες του Αράχθου.
- Ασβεστόλιθοι Ηώκαινου: είναι λατυποπαγείς, συμπαγείς, και εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους ασβεστολίθους με ενστρώσεις μαύρων πυριτόλιθων. Εμφανίζονται στην περιοχή των Χουλιαράδων.
- Φλύσχης από το Πριαμπόνιο (Αν. Ηώκαινο). Η ιζηματογένεση του στην αρχή είναι μαργαϊκοψαμμιτική προς μαργαϊκή έως ότου τελικώς γίνει το πέρασμα προς μία μολασσική φάση (πάχος περίπου 2.000μ). Η εξάπλωσή του είναι ευρεία στην περιοχή και εμφανίζονται κυρίως στα δυτικά μέρη με διάφορες μορφές όπως: μαργαϊκός φλύσχης με πολλά ασβεστιτικά φλεβίδια, ψαμμίτες με εναλλαγές ιλιωδών αργιλούχων μαργών, αργιλούχες μάργες με λεπτές ενστρώσεις ψαμμιτών, ψαμμίτες λεπτόκοκκοι έως χονδρόκοκκοι.

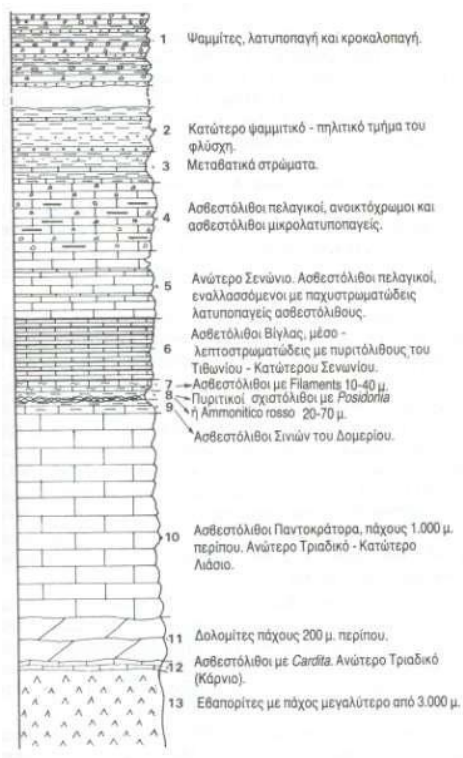
ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ

- Αυγιτικός ανδεσίτης ο οποίος συνοδεύει κυρίως τους κερατόλιθους και κάνουν την εμφάνισή τους στην περιοχή του Μεγάλου και Μικρού Περιστερίου.
- Φλυσχοειδής κλαστικές αποθέσεις. Δεν εμφανίζονται στην περιοχή.
- Πυριτιούχοι ασβεστόλιθοι συχνά με μαργαϊκές ή δολομιτικές ενστρώσεις του Άνω Τριαδικού. Παρατηρείται μικρή εμφάνιση αυτών στην ευρύτερη περιοχή. Στην περιοχή του Μικρού και Μεγάλου Περιστερίου βρίσκονται εγκλωβισμένοι στους κερατόλιθους, και φτάνουν έως τα Θεοδώριανα.
- Κερατόλιθοι, ραδιολαρίτες που εναλλάσσονται με πλακώδεις ασβεστόλιθους αποτίθενται καθ' όλη την διάρκεια του Ιουρασικού με τα χαρακτηριστικά κοκκινοπράσινα χρώματα (μέσο πάχος 150 – 250 μέτρα). Παρουσιάζουν μεγάλη εξάπλωση κυρίως περιφερειακά του όρους Λάκμος και των Τζουμέρκων.
- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού μικρολατυποπαγείς με θραύσματα κερατολίθων και οφειολίθων και ενστρώσεις πελαγικών ασβεστόλιθων με πυριτολίθους. Εμφανίζονται επίσης περιφερειακά του Όρους Λάκμος και των Τζουμέρκων.
- Ασβεστόλιθοι πελαγικοί του Άνω Κρητιδικού με πυριτολίθους και ενστρώσεις μικρολατυποπαγών ασβεστόλιθων. Αποτελούν τον κύριο όγκο των ορέων Λάκμος και Τζουμέρκα.
- Φλύσχης Ηωκαίνου: Πρόκειται για ψαμμιτιμαργαϊκού τύπου φλύσχη, στον οποίον παρεμβάλλονται μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι. Διαπιστώνονται μικρές τοπικές εμφανίσεις μικρής έκτασης στην περιοχή των Αγίων Θεοδώρων και του Ματσουκίου και στην περιοχή του Σταυρού νότια των Θεοδώριανων.

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



Εικόνα 1.2. Στρωματογραφική στήλη της Ζώνης Πίνδου με αναφορά στο γεωλογικό χρόνο και στην ηλικία των στρωμάτων (www.tzoumerka-park.gr)



Εικόνα 1.3. Στρωματογραφική στήλη της Ιονίου Ζώνης με αναφορά στο γεωλογικό χρόνο και στην ηλικία των στρωμάτων (www.tzoumerka-park.gr)

1.5. Φυσικό Περιβάλλον

1.5.1. Χλωρίδα

Αν και η περιοχή του Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων, Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου, δεν έχει μελετηθεί εξονυχιστικά όσον αφορά τα είδη της χλωρίδας, από τις μελέτες και επιστημονικές δημοσιεύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το παρελθόν, γνωρίζουμε ότι στην περιοχή φύονται περίπου 700 είδη φυτών.

Οι πλαγιές του Λάκμου και των Τζουμέρκων χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία ενδιαιτημάτων που ευνοούν την ανάπτυξη σπάνιων αλπικών φυτών και χασμόφυτων. Το *Barbarea sicula* φύεται σε υγρά λιβάδια κοντά σε ρέματα, το *Centaurea affinis*, στολίζει βραχώδεις θέσεις και το *Cardamine raphanifolia* απαντάται σε κάθυγρα λιβάδια και υγρές βραχώδεις θέσεις κοντά σε χείμαρρους πάνω σε ασβεστόλιθο ή σερπεντίνη.

Στα διάκενα των δασών και στα αλπικά λιβάδια φύονται φυτά όπως το σαλέπι, η άγρια μέντα, το τσάι, η ρίγανη, ο κόκκινος κρίνος και πολλά άλλα είδη φυτών που όταν ανθίσουν δημιουργούν ένα συνονθύλευμα χρωμάτων που χαρακτηρίζει τις ορεινές περιοχές.

Πολλά γνωστά είδη δένδρων όπως η κεφαλληνιακή ελάτη, η μαύρη πεύκη, οι βελανιδιές, η κουμαριά, η αγριοκερασιά, η φουντουκιά, η κουτσουπιά, η φλαμουριά, τα πλατάνια, οι ιτιές κλπ, κοσμούν τις απόκρημνες πλαγιές των βουνών και τις ρεματιές.

Από παλιότερα επιστημονικά δεδομένα γνωρίζουμε ότι στην προστατευόμενη περιοχή ο συνολικός αριθμός σημαντικών ή ενδημικών φυτικών ειδών ανέρχεται σε 79 είδη. Από αυτά τα 20 είναι ενδημικά της Ελλάδας και τα 59 φύονται μόνο στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων.

Σημειώνεται ότι ως ενδημικά χαρακτηρίζονται εκείνα τα είδη που τα συναντάμε αποκλειστικά και μόνο σε μια γεωγραφική περιοχή και πουθενά αλλού στον κόσμο.

Στο Εθνικό Πάρκο φύεται το *Achillea absinthoides* που είναι ενδημικό είδος της Ν. Πίνδου και το *Hieracium trikalense* που είναι ενδημικό της Β. και Ν. Πίνδου. Άλλα παραδείγματα εντυπωσιακών ή σπάνιων φυτών είναι η θεσσαλική φριτιλλάρια (*Fritillaria thessala*), το

άλλιον (*Allium parnassicum*), το γάλιο (*Galium degenii*), οι ορχιδέες (*Orchis pallens*, *Himantoglossum caprinum* κ.λπ.) και το ρόδο (*Rosa montana*).

Επίσης, ιδιαίτερα σημαντική είναι η παρουσία του σπάνιου είδους *Solenanthus albanicus* που ανήκει στην οικογένεια *Boraginaceae* και φύεται στο Εθνικό Πάρκο. Η παγκόσμια εξάπλωση του είδους *Solenanthus albanicus* είναι ιδιαίτερα περιορισμένη και γι' αυτό προστατεύεται από ευρωπαϊκές και διεθνείς συμβάσεις.

1.5.2. Πανίδα

Η πανίδα στο Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων, Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου, περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό χερσαίων, υδρόβιων και ιπτάμενων ασπονδύλων, αμφίβιων, ερπετών, πουλιών και θηλαστικών. Όσον αφορά στα σπονδυλόζωα έχουν καταγραφεί συνολικά 197 είδη, ενώ οι υπάρχουσες μελέτες που αφορούν τα ασπόνδυλα είναι περιορισμένες και ως σήμερα παραμένει άγνωστος ο αριθμός των ειδών που ζουν στα ενδιαιτήματα της περιοχής. Στα αλπικά λιβάδια ζουν πολλά είδη πεταλούδων, αλλά και νυχτοπεταλούδων. Ορισμένα είδη πεταλούδων έχουν περιορισμένη παγκόσμια εξάπλωση και κάνουν στην περιοχή μια από τις λιγιστές εμφανίσεις τους στον ελλαδικό χώρο.

Εκτός από τα Λεπιδόπτερα, ενδημισμός παρατηρείται και σε άλλες οικογένειες των εντόμων, όπως τα ορθρόπτερα, τα κολεόπτερα και τα χερσαία ασπόνδυλα, τα οποία αν και δεν είναι ιδιαίτερα γνωστά στο ευρύ κοινό, έχουν ιδιαίτερη επιστημονική και βιογεωγραφική αξία.

Στα κρυστάλλινα νερά των παραπόταμων του Αράχθου και του Αχελώου ζουν 7 είδη ψαριών, ενώ ακόμη διατηρούνται ορισμένοι αμιγείς πληθυσμοί της άγριας πέστροφας. Στα ρέματα, στα υγρά αλπικά λιβάδια, στους εποχικούς νερόλακκους της περιοχής αναπαράγονται 6 είδη αμφιβίων. Ο ελληνικός βάτραχος (*Rana graeca*) ζει κοντά στην κοίτη των ορεινών ρεμάτων, η κιτρινομπομπίνα συναντάται σε υγρές θέσεις με βλάστηση, ενώ οι φρύνοι και οι σαλαμάνδρες μετά την περίοδο αναπαραγωγής τους βρίσκουν καταφύγιο στα δάση.

Στα διαφορετικά ενδιαιτήματα του πάρκου βρίσκουν καταφύγιο 19 είδη της ερπετοπανίδας (1 χερσαία χελώνα, 8 είδη σαυρών και 10 είδη φιδιών). Οι πληθυσμοί πολλών ειδών αυτής της παρεξηγημένης ομάδας ζώων, έχουν μειωθεί, λόγω των πιέσεων από

ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Τα ερπετά εντούτοις είναι σημαντικά για τα οικοσυστήματα και τις τροφικές αλυσίδες τόσο ως θηρευτές όσο και ως θηράματα. Όλα τα είδη των ερπετών προστατεύονται σύμφωνα με την ελληνική και την ευρωπαϊκή νομοθεσία, ενώ για ορισμένα είδη όπως τα φίδια (*Elaphe quatuorlineata*, *Zamenis situla*), η μεσογειακή χελώνα (*Testudo hermanni*), ισχύει πιο αυστηρό πλαίσιο προστασίας και σαν χώρα έχουμε αναλάβει την υποχρέωση να εφαρμόσουμε ειδικότερα μέτρα, προκειμένου να προστατεύσουμε τους πληθυσμούς τους. Επιπλέον, στο Εθνικό Πάρκο καταγράφηκε για πρώτη φορά η παρουσία της οχιάς των λιβαδιών (*Vipera ursinii*) που αποτελεί ενδημικό υποείδος της οροσειράς της Πίνδου.

Η περιοχή φιλοξενεί σημαντικό αριθμό στρουθιόμορφων και αρπακτικών πτηνών (περίπου 150 είδη). Η παρουσία πολλών ειδών των αρπακτικών, καθώς και πολλών μεγάλων θηλαστικών δικαιολογεί και επιβεβαιώνει την αναγκαιότητα θεσμοθέτησης της περιοχής ως Εθνικού Πάρκου. Συνολικά συναντώνται εδώ 36 είδη αρπακτικών των οικογενειών *Accipitridae*, *Falconidae*. Ανάμεσά τους ξεχωρίζουν ο χρυσαετός (*Aquila chrysaetos*), το Όρνιο (*Gyps fulvus*), το βραχοκιρκίνεζο (*Falco tinnunculus*), ο Πετρίτης (*Falco peregrinus*) κ.α.. Στα κωνοφόρα δάση φωλιάζουν 7 ειδών δρυοκολαπτών μεταξύ αυτών ο μαύρος δρυοκολάπτης (*Dryocopus martius*), ενώ οι ορθοπλαγιές του Λάκμου και των Τζουμέρκων αποτελούν κατάλληλο ενδιαίτημα φωλεοποίησης για αρκετά ορεινά είδη, όπως ο χιονόστρουφος (*Montifringilla nivalis*), η χιονάδα (*Eremophila alpestris*), τα οποία αναζητούν τη λεία τους στα αλπικά και υποαλπικά λιβάδια της περιοχής.

Το Εθνικό Πάρκο Τζουμέρκων, Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική περιοχή για τα θηλαστικά, καθώς στα διαφορετικά ενδιαίτηματα της περιοχής έχει καταγραφεί η παρουσία του ¼ των ειδών των θηλαστικών που απαντώνται στην Ελλάδα (30 είδη θηλαστικών που ανήκουν σε 17 οικογένειες). Πιο αναλυτικά, στην περιοχή ζουν 4 είδη εντομοφάγων (*Insectivora*), ένα είδος λαγόμορφου (*Lagomorpha*), και 8 είδη τρωκτικών (*Rodentia*), 4 είδη πληφόρων αρτιοδάκτυλων θηλαστικών (*Artiodactyla*) και 8 είδη σαρκοφάγων θηλαστικών.

Στα σπήλαια και στις σχισμές των βράχων ζουν τουλάχιστον 5 είδη χειροπτέρων (οικογένειες *Rhinilophidae* και *Vespertilionidae*), τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας εξαιτίας της καταστροφής των ενδιαιτημάτων τους.

Η παρουσία της Αρκούδας (*Ursus arctos*) είναι αισθητή στο μεγαλύτερο τμήμα του Εθνικού Πάρκου, η οποία για να ικανοποιήσει τις τροφικές της ανάγκες μετακινείται σε μεγάλες αποστάσεις. Η ευρύτερη περιοχή αποτελεί το νοτιοδυτικό όριο της γεωγραφικής εξάπλωσης της αρκούδα στη χώρα μας. Ο αγριόγατος (*Felis sylvestris*), είναι ένα εντυπωσιακό αιλουροειδές που μπορεί να απαντηθεί στα δασωμένα μονοπάτια του Εθνικού Πάρκου. Οι καλοί ιχνηλάτες, σίγουρα θα βρουν βιοδηλωτικά ίχνη της βίδρας (*Lutra lutra*) κατά μήκος των οχθών των ποταμών, παρόλο που τα τελευταία χρόνια οι πληθυσμοί της έχουν μειωθεί σημαντικά, σε παγκόσμιο επίπεδο, εξαιτίας της ανθρώπινης όχλησης και της μείωσης της τροφής της.

Το Αγριόγιδο (*Rupicapra rupicapra balcanica*), διατηρεί μικρούς πληθυσμούς στα Τζουμέρκα και συναντάται σε επικλινείς καλυμμένες με δάση πλαγιές που καταλήγουν προς τα πάνω σε απόκρημνες κορυφές με σάρες, λούκια και περισσότερο ή λιγότερο οριζόντια διαζώματα με άφθονη ποώδη βλάστηση που συνήθως γειτνιάζουν αναλόγως του υψομέτρου με υπαλπικά λιβάδια. Η παρουσία του Ζαρκαδιού (*Capreolus capreolus*) αποτελεί ενδεικτική της πολυμορφίας και της ποικιλότητας των οικοσυστημάτων του Εθνικού Πάρκου.

Όσον αφορά στα κτηνοτροφικά είδη, αξίζει να αναφερθούμε στην εκτροφή του προβάτου καλαρρύτεκης φυλής (μπούτσικο) από τους κατοίκους των χωριών Καλαρρύτες και Συρράκο. Οι παλιοί κτηνοτρόφοι υποστηρίζουν ότι τα πρόβατα αυτής της φυλής προήλθαν από τη διασταύρωση του Ορεινού Ηπειρωτικού προβάτου με το πρόβατο της φυλής *comisana*, άτομα της οποίας μεταφέρθηκαν από τη Σικελία, στα μέσα του 18ου αιώνα, από Συρρακιώτες εμπόρους με σκοπό την παραγωγή μαλλιού καλύτερης ποιότητας. Ο συνολικός πληθυσμός αυτής της φυλής στην Ελλάδα ανέρχεται σε 5.000 άτομα.

1.6. Μετεωρολογικά στοιχεία

Για την περιγραφή των κλιματολογικών συνθηκών στην τοποθεσία του λατομείου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό στο χωριό Καταρράκτης Άρτας, ιδιοκτησίας Δασικού Χωριού Κέδρου(υπό την επίβλεψη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών), ο οποίος απέχει σε ευθεία απόσταση 5,49 χιλιόμετρα από το λατομείο και είναι 88 μέτρα υψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας σε σχέση με την

τοποθεσία του λατομείου. Ο μετεωρολογικός σταθμός αυτός διαθέτει στοιχεία από το έτος 2009 μέχρι και το έτος 2015. Στην ιστοσελίδα του σταθμού (E.A.A.) αναφέρεται ότι ο σταθμός από τον Ιούνιο του 2017 μεταφέρθηκε στο κοντινό χωριό Λεπιανά. Δυστυχώς παρόλο που ο σταθμός στα Λεπιανά είναι ακόμη πιο κοντά στην τοποθεσία του λατομείου, η λήψη δεδομένων από αυτόν δεν θα δώσει ασφαλή συμπεράσματα εξαιτίας του μικρού χρονικού διαστήματος που λειτουργεί. Ακολουθούν οι πίνακες με τα στοιχεία της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων του χωριού Καταρράκτης

Πίνακας 1.2. Μέση Θερμοκρασία 2009-2015 (penteli.meteo.gr/stations/katarraktis)

	Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C)
2015	17.9	10.1	13.3
2014	17.6	10.1	13.1
2013	18.2	10.3	13.5
2012	18.4	10.3	13.6
2011	18	9.9	13.1
2010	17.5	10.2	13.3
2009	17.5	10.1	13.2
Μέσος Όρος	17.87	10.14	13.3

Προσεγγιστικά, λαμβάνοντας υπόψη πως κάθε 100 μέτρα(ψηλότερα) η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 0,65°C μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η θερμοκρασία στην τοποθεσία του λατομείου θα είναι 0,572°C υψηλότερη σε σχέση με το χωριό Καταρράκτης (88 μέτρα υψομετρική διαφορά).

Οπότε αν προσθέσουμε 0,572°C έχουμε:

Πίνακας 1.3. Μέση θερμοκρασία στη θέση Τζούμα

	Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C)
Μέσος Όρος	18.442	10.712	13.872

Πίνακας 1.4. Ύψη και μέρες ετήσιας βροχόπτωσης (penteli.meteo.gr/stations/katarraktis)

	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ημέρες Βροχόπτωσης
2015	1889.8	126
2014	2060	190
2013	2419.5	158
2012	2196.1	136
2011	1147.8	129
2010	2750.1	158
2009	2378.9	185
Μέσος Όρος	2120.31	154.57

Γενικότερα το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ήπιο, μεσογειακού τύπου. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία ανέρχεται σε 69,3% με τον μέγιστο μέσο όρο, 76%, να καταγράφεται τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο και τον ελάχιστο, 61%, τους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο. Οι επικρατέστεροι άνεμοι στην ευρύτερη περιοχή είναι κυρίως ΒΔ και Α και η ηλιοφάνεια φτάνει τις 2700 ώρες περίπου το χρόνο.

1.7. Υδρολογικά στοιχεία

Το πιο σημαντικό υδρογραφικό στοιχείο της περιοχής, είναι ο ποταμός Άραχθος, ο οποίος διαρρέει από βορρά προς νότο την περιοχή των Τζουμέρκων. Ο ποταμός Άραχθος είναι ο όγδοος μεγαλύτερος ποταμός της Ελλάδας και ένα από τα πιο εντυπωσιακά ποτάμια της Ηπείρου. Στην αρχαιότητα ο ποταμός Άραχθος ονομαζόταν Ίναχος και ήταν πλωτός μέχρι την πόλη Αμβρακία. Το όνομα Ίναχος το οφείλει στον μυθικό αρχαίο βασιλέα του Άργους Ίναχο, γιο του Ωκεανού και της Τηθύος.

Η πορεία του ποταμού ξεκινά από το όρος Μαυροβούνι και το Δάσος Ρόνας κοντά στο Μέτσοβο (ενώ μερικά χιλιόμετρα πιο μακριά βρίσκονται και οι πηγές ενός άλλου ζωογόνου ποταμού, του Αχελώου). Οι παραπόταμοι Βάρδας και Ζαγορίτικος, συγκεντρώνουν τα νερά από το Ανατολικό και Κεντρικό Ζαγόρι και αφού ενωθούν στη θέση «Καμπέρ Αγά» στους Μηλιωτάδες, εισρέουν στο Μετσοβίτικο (Θέση Μπαλντούμα) και σχηματίζουν τον Άραχθο.

Ο Άραχθος διέρχεται από ένα μοναδικής ομορφιάς φαράγγι που έχει σχηματιστεί μέσα στο γεωλογικό χρόνο από τη διάβρωση του νερού. Ο Καλλαρύτικος ένας ιδιαίτερα σημαντικός παραπόταμος του Αράχθου, ξεκινάει από τις δυτικές παρυφές του όρους Περιστερίου, ενώνεται με τον Μελισσουργιώτικο ποταμό και ακολουθώντας μια πορεία μέσα από φαράγγια, καταρράκτες και πέτρινα γεφύρια, εκβάλλει στον Άραχθο.

Ο Άραχθος μετά από μια δαιδαλώδη διαδρομή περίπου 110 χιλιομέτρων, χύνεται τελικά στον Αμβρακικό κόλπο, κοντά στην Άρτα. Τα πλούσια σε φερτά υλικά νερά του ποταμού συνέβαλαν στο σχηματισμό των λιμνοθαλασσών Λογαρού, Ροδιά και Τσουκαλιό που αποτελούν και τμήμα της ιδιαίτερα σημαντικής προστατευόμενης περιοχής Υγροτόπων Αμβρακικού. Μερικά χιλιόμετρα πριν την εκβολή του ποταμού Αράχθου στον Αμβρακικό κόλπο και την πόλη της Άρτας δημιουργήθηκε το 1981 η τεχνητή λίμνη Πουρναρίου.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού είναι 2005 km² και το μήκος της κύριας μισγάγγειας είναι περίπου 110 km. Οι πηγές της λεκάνης του Αράχθου είναι οι εξής:

- Στην ανατολική πλευρά της λεκάνης αναβλύζουν δύο πηγές:

Πίνακας 1.5. Ανατολικές πηγές Αράχθου (Υδρολογική Διερεύνηση και Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Αράχθου – Ευθυμία Α. Γεωργίου 2005)

Πηγή	Παροχή m³/s
Κλίφκη	0.48
Πλατανούσα	0.10

- Στην πεδιάδα της Άρτας εμφανίζεται ο λόφος της Βαλαώρας από τον οποίο αναβλύζουν δύο πηγές:

Πίνακας 1.6. Πηγές λόφου Βαλαώρας (Υδρολογική Διερεύνηση και Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Αράχθου – Ευθυμία Α. Γεωργίου 2005)

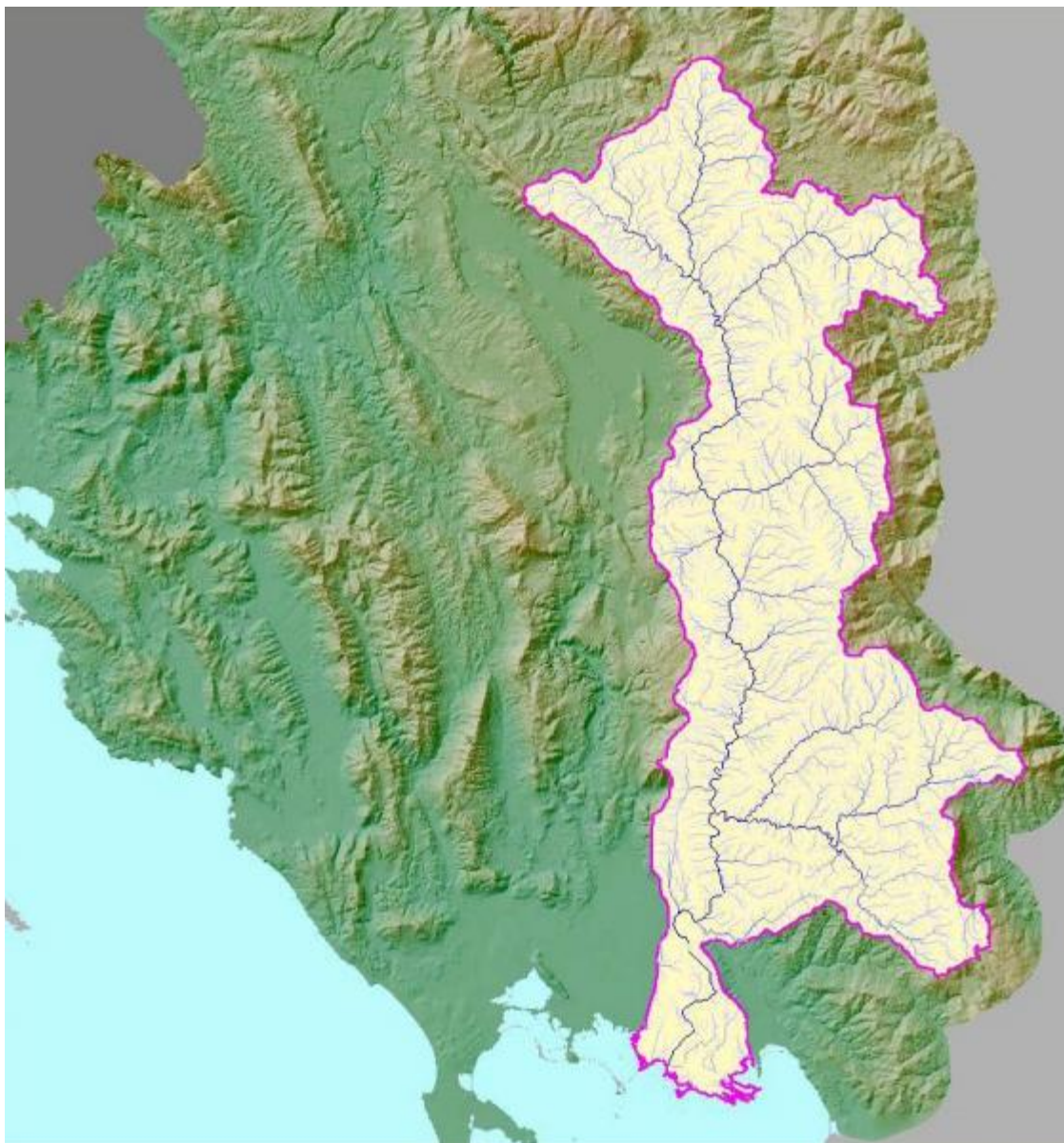
Πηγή	Παροχή m³/s
Αγ. Γεώργιος Γλυκόριζου	0.30
Περάνθης	0.20

- Στο καρστικό σύστημα Λάκμου-Τζουμέρκων υπάρχει μια σειρά καρστικών πηγών:

Πίνακας 1.7. Καρστικές πηγές συστήματος Λάκμου-Τζουμέρκων (Υδρολογική Διερεύνηση και Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Αράχθου – Ευθυμία Α. Γεωργίου 2005)

Πηγή	Παροχή m³/s
Ανθοχώρι	0.240
Κίπηνα	0.063
Μέγα Πλάι	0.169
Σκάλα Αράπη	0.084
Ματσούκι	0.033
Στεφάνια	0.133
Μύλοι	0.125
Βλαχιώτη	0.302

Το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από αδιαπέραστους σχηματισμούς φλύσχη και η παροχή του ποταμού παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση μέσα στην διάρκεια του έτους. Διακρίνονται δύο είδη υπόγειων υδροφορέων. Το όχι πολύ διαπερατό επιφανειακό στρώμα από αργιλική μαργώδη ιλύ και το διαπερατό βαθύ στρώμα από κροκάλες, χάλικες και άμμο. Η μέση διακύμανση του φρεατίου ορίζοντα είναι της τάξεως του ενός μέτρου και η ανώτατη στάθμη του βασίζεται στο ανάγλυφο του εδάφους λόγω της μικρής σχετικά διαπερατότητας της ιλύος, από την οποία συνιστάται το υδροφόρο στρώμα. Ο εμπλουτισμός του φρεατίου στρώματος οφείλεται κατά βάση στις βροχοπτώσεις και στις αρδεύσεις. Όσον αφορά την ποιότητα των υδάτων του ποταμού, είναι ικανοποιητική και τα υπόγεια νερά κατατάσσονται ως νερά μέσης αλατότητας και μικρής αλκαλικότητας.



Χάρτης 1.2. Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής Αράχθου (Υδρολογική Διερεύνηση και Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Αράχθου – Ευθυμία Α. Γεωργίου 2005)

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

2.1. Εισαγωγικά στοιχεία της πολυκριτήριας ανάλυσης

Η απόφαση για την επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης του λατομείου λήφθηκε αναλύοντας πολλαπλά κριτήρια. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Πολυκριτηριακής Λήψης Αποφάσεων (MCDM-Multi Criteria Decision Making ή αλλιώς MCDA-Multi Criteria Decision Aid). Η πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων είναι ένας εξελισσόμενος χώρος της επιχειρησιακής έρευνας, ο οποίος τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχει γνωρίσει ιδιαίτερη άνθηση τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Βασικό ρόλο στην ανάπτυξη και διάδοση της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτέλεσε η απλή διαπίστωση ότι η επίλυση πολύπλοκων και ιδιαίτερα σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι δυνατό να πραγματοποιείται μέσω μιας μονόπλευρης και μονοδιάστατης ανάλυσης.

Κατά την προσπάθεια, όμως, εξέτασης όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος και των κριτηρίων/παραγόντων που επηρεάζουν τη λήψη της κατάλληλης απόφασης, γεννάται ένα ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα, το οποίο ορισμένες φορές αποθαρρύνει τους αποφασίζοντες και αναλυτές από την υιοθέτηση αυτής της πιο ρεαλιστικής προσέγγισης. Το πρόβλημα αυτό αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνθεση όλων των παραμέτρων ώστε να επιτευχθεί η λήψη ορθολογικών αποφάσεων.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αποτελεί το βασικό αντικείμενο της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων. Η κύρια όμως ειδοποιός διαφορά της πολυκριτηριακής ανάλυσης από άλλες εναλλακτικές προσεγγίσεις, δεν είναι η απλή σύνθεση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος. Αυτή πραγματοποιείται και μέσω άλλων μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι η πραγματοποίηση της αναγκαίας σύνθεσης υπό το πρίσμα της πολιτικής λήψης των αποφάσεων και του συστήματος προτιμήσεων και αξιών, το οποίο συνειδητά ή ασυνειδητά χρησιμοποιεί ο αποφασίζων.

Το χαρακτηριστικό αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στο χώρο της λήψης αποφάσεων. Όπως είναι κατανοητό, το αποτέλεσμα της όποιας ανάλυσης που πραγματοποιείται με σκοπό την αντιμετώπιση ενός προβλήματος λήψης αποφάσεων, έχει ως τελικό αποδέκτη τον ίδιο τον αποφασίζοντα. Συνεπώς, η ανάπτυξη υποδειγμάτων λήψης αποφάσεων μέσω μεθοδολογικών προσεγγίσεων που δεν είναι σε θέση να ενσωματώσουν τον αποφασίζοντα και τις προτιμήσεις του στη διαδικασία ανάπτυξης των υποδειγμάτων αυτών, ουσιαστικά προσδίδουν στον αποφασίζοντα έναν παθητικό ρόλο, ο οποίος περιορίζεται στην παρακολούθηση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων μαθηματικών υποδειγμάτων.

Υπό το πρίσμα των παρατηρήσεων αυτών, η πολυκριτηριακή ανάλυση έχει δώσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην έρευνα θεμάτων που σχετίζονται με την ανάλυση, μαθηματική μοντελοποίηση και αναπαράσταση των προτιμήσεων που διέπουν την πολιτική λήψης αποφάσεων από τη πλευρά του εκάστοτε αποφασίζοντα. Απώτερος στόχος είναι η παροχή των απαραίτητων πληροφοριών για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης των αποφάσεων, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών του εξεταζόμενου προβλήματος καθώς και των ιδιαιτεροτήτων των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων.

2.2. Ορισμός

Η Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων ορίζεται από την International Society on Multiple Criteria Decision Making, ως εξής: «Η Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων είναι η μελέτη των μεθόδων και των διαδικασιών αυτών με τις οποίες το ενδιαφέρον για πολλαπλά αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια μπορεί επισήμως να ενσωματωθεί στην διαδικασία διοικητικού προγραμματισμού».

2.3. Ιστορικά στοιχεία

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι ένα θέμα που απασχολεί τον άνθρωπο από τα χρόνια της αρχαιότητας. Πολλοί στοχαστές ανά τους αιώνες έχουν στρέψει την προσοχή τους σε αυτό το θέμα, ενώ αρκετοί επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να προσεγγίσουν τον τρόπο που οι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις. Οι μεγάλοι φιλόσοφοι Αριστοτέλης και Πλάτωνας ασχολήθηκαν με την δυνατότητα του ανθρώπου να λαμβάνει αποφάσεις και υποστήριξαν ότι, η δυνατότητα του αποφασίζειν κατόπιν στοχασμού είναι αυτό που διακρίνει τον άνθρωπο από τα ζώα (Figueira 2005). Στην αρχαιότητα βέβαια η διαδικασία αυτή δεν είχε μια

μαθηματική μορφή, αλλά βασιζόταν κυρίως στην εμπειρία του εκάστοτε αποφασίζοντα σε συνδυασμό με τις συνθήκες μέσα στις οποίες αντιμετωπιζόταν το εξεταζόμενο πρόβλημα. Ως πρώτη τεκμηριωμένη προσπάθεια επιστημονικής αντιμετώπισης του προβλήματος της σύνθεση πολλαπλών κριτηρίων μπορεί να θεωρηθεί η εργασία του Pareto (1896), ο οποίος έθεσε τις απαραίτητες αξιωματικές βάσεις, εισάγοντας παράλληλα μια εκ των πλέον βασικών εννοιών της σύγχρονης πολυκριτηριακής ανάλυσης, την έννοια της αποτελεσματικότητας (efficiency).

Μεταπολεμικά, ο Koopmans (1951) επέκτεινε την έννοια της αποτελεσματικότητας του Pareto εισάγοντας την έννοια του αποτελεσματικού συνόλου, δηλαδή του συνόλου των εναλλακτικών δραστηριοτήτων οι οποίες δεν κυριαρχούνται από καμία άλλη εναλλακτική δραστηριότητα (non dominated set of alternatives). Κατά την ίδια περίπου χρονική περίοδο (1940- 1950) οι Von Neumann και Morgenstern (1944) αναπτύσσουν τη θεωρία χρησιμότητας, η οποία αποτελεί τη βάση ενός από τα κυριότερα μεθοδολογικά ρεύματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων.

Στη δεκαετία του 1960 όλες οι προαναφερθείσες «προκαταρκτικές» ερευνητικές εργασίες αποτέλεσαν το έναυσμα για την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας από τους Charnes και Cooper (1961) όσον αφορά τη σύνδεση της θεωρίας του γραμμικού προγραμματισμού και της πολυκριτηριακής ανάλυσης (προγραμματισμός στόχων-goal programming), καθώς και από τον Fishburn (1965) όσον αφορά την επέκταση της θεωρίας χρησιμότητας σε προβλήματα λήψης αποφάσεων υπό καθεστώς πολλαπλών κριτηρίων. Περί τα τέλη της δεκαετίας του 1960 η πολυκριτηριακή ανάλυση άρχισε να απασχολεί και τους Ευρωπαίους επιχειρησιακούς ερευνητές. Πρωτοπόρος μεταξύ αυτών υπήρξε ο Roy (1968) ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations) και θεωρείται ο ιδρυτής της «Ευρωπαϊκής σχολής» της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

Τις επόμενες δύο δεκαετίες (1970-1990) η πολυκριτηριακή ανάλυση αναπτύχθηκε ραγδαία σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε θέματα πρακτικών εφαρμογών για την αντιμετώπιση διαφόρων πολύπλοκων πραγματικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Προς την κατεύθυνση αυτή σημαντική υπήρξε η συμβολή της πληροφορικής και της επιστήμης των υπολογιστών. Η ταχύτατη τεχνολογική πρόοδος που συντελέστηκε στους χώρους αυτούς, κυρίως κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έδωσε τα απαραίτητα μέσα για την υλοποίηση των

μεθοδολογικών εξελίξεων της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε ολοκληρωμένα πληροφορικά συστήματα (πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων), τα οποία παράλληλα συνέβαλλαν και στην προώθηση των πρακτικών εφαρμογών της πολυκριτηριακής ανάλυσης.

2.4. Θεωρητικές προσεγγίσεις

Οι διαφοροποιήσεις στη μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται αλλά και στη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των υποδειγμάτων είναι η αιτία της ομαδοποίησης των μεθοδολογικών προσεγγίσεων της πολυκριτηριακής ανάλυσης από διάφορους ερευνητές. Ο Roy (1985) έχοντας υπόψη τη μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται πρότεινε μία ομαδοποίηση σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Προσεγγίσεις μοναδικής σύνθεσης των κριτηρίων αγνοώντας κάθε ασυγκριτικότητα μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων (unique synthesis criterion).
- Προσεγγίσεις βασιζόμενες στις σχέσεις υπεροχής λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή ασυγκριτικότητα μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων (outranking synthesis approach).
- Αλληλεπιδραστικές προσεγγίσεις (interactive local judgment approach).

Οι Pardalos et al. (1995) πρότειναν μια εναλλακτική ομαδοποίηση των πολυκριτηριακών προσεγγίσεων, η οποία παράλληλα με τη μορφή των υποδειγμάτων που αναπτύσσονται, λαμβάνει υπόψη και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η ανάπτυξή τους:

- Πολυκριτηριακός μαθηματικός προγραμματισμός (multiobjective mathematical programming).
- Πολυκριτηριακή θεωρία χρησιμότητας (multiattribute utility theory).
- Θεωρία των σχέσεων υπεροχής (outranking relations).
- Αναλυτική-συνθετική προσέγγιση (preference disaggregation approach).

Επίσης μία διάκριση των μεθόδων μπορεί να γίνει βάσει της θεωρητικής τάσης που ακολουθείται. Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες στο χώρο της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης έχουν καταγραφεί τέσσερις θεωρητικές τάσεις/ρεύματα (Ευαγγέλου 2005):

1. Η Αμερικάνικη Σχολή η οποία αφορά στις προσεγγίσεις του Συστήματος Αξιών (Value System-Fishburn 1970, French 1993, Keeney και Raiffa 1976, Von Winterfeldt και Edwards 1993). Η συγκεκριμένη προσέγγιση στοχεύει στην κατασκευή ενός συστήματος αξίας το οποίο προκύπτει από τη σύνθεση των προτιμήσεων των ληπτών αποφάσεων σε ότι αφορά τα κριτήρια. Το παραγόμενο σύστημα αξίας παρέχει μια ποσοτική εκτίμηση που οδηγεί στην τελική απόφαση.
2. Η Γαλλική ή Ευρωπαϊκή Σχολή στοχεύει στην κατασκευή μιας Σχέσης Υπεροχής(Outranking Relation), επιτρέποντας έτσι την αντιμετώπιση του προβλήματος της μη-συγκρισιμότητας μεταξύ των εναλλακτικών λύσεων (Roy 1985,1996, Roy και Bouyssou 1993, Vincke 1992, van der Pooten 1989).
3. Το θεωρητικό ρεύμα της Αναλυτικής-Συνθετικής Προσέγγισης στοχεύει στην ανάλυση της συμπεριφοράς του λήπτη αποφάσεων και στον τρόπο αντίληψής του (Jacquet - lagreize και Siskos 1982, Siskos 1980). Ειδικότερα, με τη χρήση επαναληπτικών διαδικασιών, αναλύονται και στη συνέχεια συντίθενται σε ένα σύστημα αξιών όλες οι παράμετροι του προβλήματος και η μέθοδος κρίσης του λήπτη αποφάσεων. Ο στόχος της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η υποστήριξη του λήπτη αποφάσεων στη βελτίωση του επιπέδου γνώσης του για το υπό θεώρηση πρόβλημα.
4. Η προσέγγιση της Πολυκριτηριακής Βελτιστοποίησης αποτελεί μία επέκταση του Μαθηματικού Προγραμματισμού (Zeleny 1974, Evans και Steuer 1973, Zionts και Wallenius 1976, Korhonen 1990). Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι η επίλυση προβλημάτων όπου δεν υπάρχουν διακριτές εναλλακτικές επιλογές και οι στόχοι είναι περισσότεροι του ενός. Η επίλυση του προβλήματος γίνεται μέσω επαναληπτικών μεθόδων που οδηγούν: (α) στην ικανοποίηση των κριτηρίων (β) στην κατασκευή ενός μοντέλου χρησιμότητας και (γ) στο συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων.

Ως αντιπροσωπευτικές των παραπάνω προσεγγίσεων, αναφέρονται οι μέθοδοι:

- **Θεωρία Χρησιμότητας (Σύστημα Αξιών):** MAUT, MAVT, AHP
- **Θεωρία Σχέσεων Υπεροχής:** ELECTRE, PROMETHEE
- **Αναλυτική-Συνθετική Προσέγγιση:** UTA
- **Πολυκριτήρια Βελτιστοποίηση:** DEA, TOPSIS

2.5. Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (Analytical Hierachy Process- AHP)

Σε αυτό το σημείο θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα με την AHP επειδή είναι και η μέθοδος η οποία θα επιλέξουμε για να καταλήξουμε στον καταλληλότερο τρόπο για την αποκατάσταση του λατομείου.

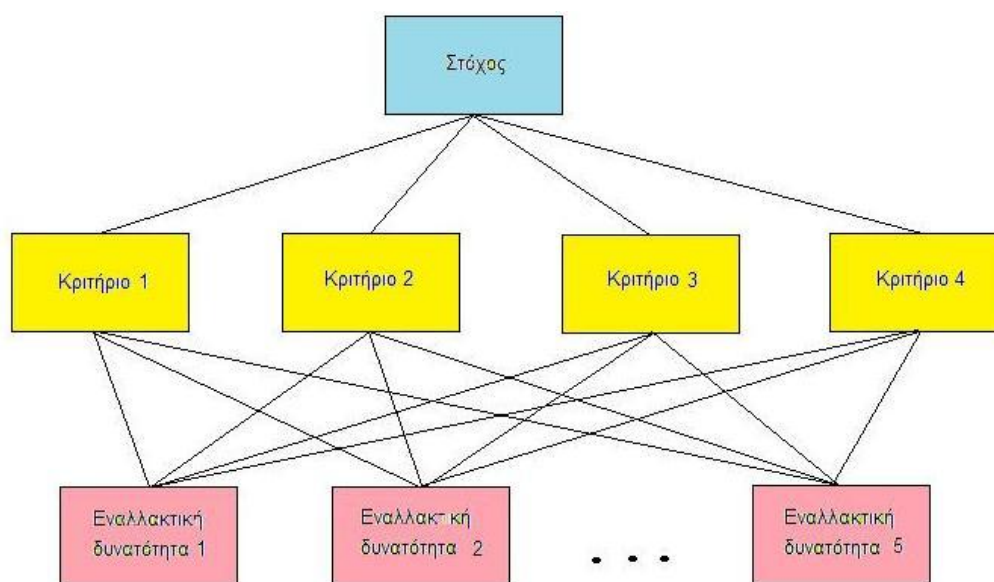
Η αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (AHP) αναπτύχθηκε από τον Thomas Saaty στη δεκαετία του 1970 και από τότε έχει μελετηθεί εκτενώς. Η AHP παρέχει ένα ολοκληρωμένο και ορθολογικό πλαίσιο για τη δόμηση ενός προβλήματος απόφασης, για την αναπαράσταση και ποσοτικοποίηση των στοιχείων του, ώστε να τα συνδέσει με τον τελικό στόχο και να αξιολογήσει τις εναλλακτικές λύσεις. Χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για «καταστάσεις αποφάσεων» σε τομείς όπως: η κυβέρνηση, επιχειρήσεις, βιομηχανία, υγειονομική περίθαλψη και εκπαίδευση. Η ουσία της AHP είναι ότι η ανθρώπινη κρίση, και όχι απλά οι υποκείμενες πληροφορίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση της αξιολόγησης.

Το ισχυρό σημείο της AHP είναι η ικανότητά της να διαρθρώνει ιεραρχικά ένα πολύπλοκο, πολυπρόσωπο πρόβλημα πολλαπλών κριτηρίων και στη συνέχεια να ερευνά κάθε επίπεδο ιεραρχίας χωριστά, συνδυάζοντας τα αποτελέσματα καθώς προχωρά η ανάλυση. Γίνονται συγκρίσεις ανά ζεύγη παραγόντων χρησιμοποιώντας μια κλίμακα που δείχνει το ισχυρό σημείο με το οποίο ένας παράγοντας κυριαρχεί σε σχέση με έναν παράγοντα υψηλότερου επιπέδου. Η κλιμακωτή αυτή διαδικασία μπορεί στη συνέχεια να εκφραστεί με βαρύτητες προτεραιότητας ή βαθμολογίες για την κατάταξη των εναλλακτικών δυνατοτήτων.

Όπως και η MAUT, η AHP ξεκινά με την ιεράρχηση των στόχων. Η ιεραρχία μπορεί να απεικονιστεί ως ένα διάγραμμα όπως το παρακάτω, με στόχο την κορυφή. Οι εναλλακτικές δυνατότητες βρίσκονται στο κάτω μέρος και τα κριτήρια στη μέση. Υπάρχουν χρήσιμοι όροι για την περιγραφή των στοιχείων αυτών των διαγραμμάτων: κάθε κουτί ονομάζεται κόμβος. Τα κουτιά που «κατεβαίνουν» από κάθε κόμβο λέγονται «παιδιά» του, ενώ ο κόμβος αυτός ονομάζεται «γονιός». Οι ομάδες των παιδιών που συνδέονται με κάποιο τρόπο μεταξύ τους ονομάζονται «ομάδες σύγκρισης».

Στο παρακάτω διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μια ομάδα τεσσάρων κριτηρίων και μία ομάδα πέντε εναλλακτικών δυνατοτήτων. Πολλές φορές για να αποφευχθεί η ακαταστασία

στα AHP διαγράμματα, οι γραμμές που συνδέουν εναλλακτικές δυνατότητες και καλύπτουν τα κριτήρια, συχνά παραλείπονται. Γενικά ο σχεδιασμός της κάθε AHP ιεραρχίας δεν εξαρτάται μόνο από τη φύση του προβλήματος αλλά και από τη γνώση, την κρίση, τις αξίες, τις ανάγκες, τις απόψεις, τα θέλω. Καθώς μπαίνουν νέα στοιχεία στην AHP, η ιεραρχία μπορεί να αλλάξει και να προστεθούν σε αυτήν κριτήρια που αρχικά δεν είχαν θεωρηθεί σημαντικά. Επίσης, με την ίδια λογική, εναλλακτικές δυνατότητες μπορούν να προστεθούν, να διαγραφούν, ή να αλλάξουν.



Εικόνα 2.1. Συνοπτική ιεραρχία τριών επιπέδων για πρόβλημα επιλογής (Σιαμπίρη Ανθή 2010)

2.5.1. Καθορισμός τοπικών προτεραιοτήτων

Αφού διαρθρωθεί η ιεραρχία, πρέπει να θεσπιστούν τοπικές προτεραιότητες για κάθε παράγοντα σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο σε σχέση με κάθε παράγοντα στο αμέσως ανώτερο επίπεδο. Στο βήμα αυτό αναπτύσσονται οι σχετικές βαρύτητες ή προτεραιότητες διενεργώντας συγκρίσεις ανά ζεύγη. Η βαρύτητα του i -οστού παράγοντα εκφράζεται ως w_i . Η προσέγγιση που κάνουμε είναι κυρίως ποιοτική, επομένως δεν είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθούν όλες οι προϋποθέσεις ανεξαρτησίας ή να διατυπωθούν όλες οι συναρτήσεις

προτίμησης, όπως γίνεται στη MAUT. Όμως, για να είναι έγκυρη η μεθοδολογία, θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες υποθέσεις-αξιώματα:

1. Ο υπεύθυνος για τη λήψη αποφάσεων είναι σε θέση να συγκρίνει ανά ζεύγη a_{ij} τις εναλλακτικές δυνατότητες (i και j) βάσει του κριτηρίου (c) σε κλίμακα αντίστροφου λόγου, δηλαδή: $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ για κάθε i, j .
2. Όταν συγκρίνει δύο εναλλακτικές i, j , ο υπεύθυνος για τη λήψη αποφάσεων ποτέ δεν θεωρεί μία απεριόριστα καλύτερη από την άλλη. Δηλαδή, $a_{ij} \neq \infty$ για κάθε i, j .
3. Το πρόβλημα απόφασης μπορεί να διατυπωθεί ως ιεραρχία.
4. Όλα τα κριτήρια και οι εναλλακτικές δυνατότητες που έχουν αντίκτυπο σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα απόφασης αναπαριστώνται στην ιεραρχία.

Τα αξιώματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τις βασικές εργασίες της AHP: διατύπωση και επίλυση του προβλήματος ως ιεραρχίας (3 και 4) και διατύπωση κρίσεων υπό μορφή συγκρίσεων ανά ζεύγη (1 και 2). Ο Saaty πρότεινε τη χρήση μιας κλίμακας από το 1 έως το 9 (πίνακας 2.1.) προκειμένου να ποσοτικοποιήσει τη δύναμη της διαίσθησης του υπευθύνου για τη λήψη αποφάσεων όσον αφορά οποιαδήποτε από τις δύο εναλλακτικές δυνατότητες σε σχέση με ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Τα στοιχεία a_{ij} υπολογίζονται ως ο λόγος βαρύτητας των παραγόντων i και j , δηλαδή: $a_{ij} = w_i / w_j$. Έτσι για n εναλλακτικές δυνατότητες έχουμε: $a_{i1}w_1 + a_{i2}w_2 + \dots + a_{in}w_n = nw_i \quad i=1, \dots, n \quad (1)$

Υπό μορφή πίνακα συγκρίσεων η εξίσωση (1) γράφεται: $\mathbf{Aw} = n\mathbf{w}$. Από εδώ μπορούν να υπολογιστούν οι βαρύτητες.

Πίνακας 2.1. Κλίμακα χρησιμοποιούμενη για συγκρίσεις ανά ζεύγη (Σιαμπίρη 2010)

Τιμή	Ορισμός	Εξήγηση
1	Ίση σπουδαιότητα	Και οι δύο παράγοντες συμβάλλουν εξίσου στον στόχο ή το κριτήριο.
3	Μικρή σπουδαιότητα ενός σε σχέση με άλλον	Η πείρα και η κρίση ευνοούν ελαφρώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
5	Βασική ή μεγάλη σπουδαιότητα	Η πείρα και η κρίση ευνοούν σαφώς τον έναν παράγοντα σε σχέση με τον άλλον.
7	Πολύ ισχυρή ή αποδεδειγμένη σπουδαιότητα	Ένας παράγοντας ευνοείται ιδιαίτερα σε σχέση με έναν άλλον. Η κυριαρχία του αποδεικνύεται στην πράξη.
9	Απόλυτη σπουδαιότητα σε σχέση με άλλον	Τα στοιχεία που ευνοούν έναν παράγοντα είναι αδιαμφισβήτητα.
2,4,6,8	Ενδιάμεσες τιμές	Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται συμβιβασμός.
0	Καμία σχέση	Ο παράγοντας δεν συμβάλλει στον στόχο.

Όταν συγκρίνονται n παράγοντες πρέπει να τεθούν $n(n-1)/2$ ερωτήσεις για την συμπλήρωση του πίνακα συγκρίσεων $A \equiv (a_{ij})$. Τα στοιχεία που βρίσκονται στο κάτω τρίγωνο είναι αντίστροφα με αυτά που βρίσκονται πάνω από την διαγώνιο (σύμφωνα με το πρώτο αξίωμα) και δεν χρειάζεται να υπολογιστούν. Έτσι αν για παράδειγμα συγκριθούν τα κριτήρια 1 και 2 μεταξύ τους (ανθρώπινη παραγωγικότητα με οικονομικό παράγοντα), βλέποντας το στοιχείο a_{12} του πίνακα συγκρίσεων παρατηρείται ότι η τιμή είναι 3, οπότε σύμφωνα με τον πίνακα 2, αποφασίζουμε ότι το πρώτο επικρατεί «ελαφρώς» έναντι του δεύτερου.

Κατά τη σύγκριση δύο παραγόντων, ο αναλυτής διακρίνει πρώτα ποιος παράγοντας είναι πιο σημαντικός και στη συνέχεια επιβεβαιώνει σε ποιο βαθμό ισχύει αυτό, ζητώντας από τον υπεύθυνο για τη λήψη αποφάσεων να επιλέξει μία τιμή από την κλίμακα των εννέα. Αφού ληφθεί αυτή η απόφαση, επιλύεται η ακόλουθη εξίσωση:

$$A\mathbf{w}=\lambda_{\max}\mathbf{w} \quad (2)$$

Η σχέση (2) είναι ίδια με τη σχέση (1) με μόνη διαφορά ότι το n αντικαταστάθηκε με το λ_{\max} , γεγονός που επιτρέπει κάποια ασυνέπεια εκ μέρους του υπευθύνου για τη λήψη αποφάσεων.

Στην πράξη οι βαρύτητες υπολογίζονται από τον τύπο:

$$w_i = \frac{u_i}{\sum_{k=1}^n u_k} \quad \text{για } i=1, \dots, n$$

Η τιμή του λ_{\max} υπολογίζεται από τη σχέση (2) και προκύπτει: $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i$.

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού των βαρυτήτων (λιγότερο ορθός) βασίζεται στο γεωμετρικό μέσο των στοιχείων της γραμμής του A και είναι ο εξής: πρώτα υπολογίζεται:

$$u_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} = \sqrt[n]{a_{i1} a_{i2} \dots a_{in}} \quad \text{για } i=1, \dots, n$$

Στη συνέχεια κανονικοποιείται το $w_i = \frac{u_i}{u_1 + u_2 + \dots + u_n}$ για κάθε γραμμή.

Για να βρούμε το λ_{\max} λύνουμε τις εξισώσεις $A_i w = \lambda_i w$ ως προς λ_i για κάθε $i=1, \dots, n$. Υπό ιδανικές συνθήκες οι τιμές πρέπει να είναι ίσες, αλλά επειδή η μέθοδος είναι προσεγγιστική, κάποια απόκλιση είναι αναπόφευκτη και γι' αυτό προτείνεται ο υπολογισμός του μέσου όρου των τιμών των επιμέρους λ_i .

2.5.2. Έλεγχος συνέπειας

Η συνέπεια των απαντήσεων ή η μεταβατικότητα των προτιμήσεων ελέγχεται υπολογίζοντας κατά πόσο ισχύει: $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}$ για κάθε i, j, k . Στην πράξη, η απόλυτα συνεπής περίπτωση δεν είναι πιθανόν να συμβεί. Έτσι, για την αξιολόγηση της ποιότητας του πίνακα συγκρίσεων A , δημιουργήθηκε ένας δείκτης συνέπειας (CI), ο οποίος εκφράζεται από τη σχέση:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Για να αποκτήσουμε μεγαλύτερη προοπτική, συγκρίνουμε τον CI με το δείκτη που προκύπτει από έναν τελείως αυθαίρετο πίνακα συγκρίσεων, του οποίου τα δεδομένα εισόδου επιλέγονται τυχαία. Μέσω προσομοίωσης ο Saaty πέτυχε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 2.2. Πίνακας δείκτη τυχαίας συνέπειας (Σημειώσεις μαθήματος Διαχείριση Περιβάλλοντος – Νομοθεσία)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

όπου n αντιπροσωπεύει τη διάσταση ενός συγκεκριμένου πίνακα συγκρίσεων και RI υποδηλώνει τον τυχαίο δείκτη που υπολογίζεται από τον μέσο όρο του CI για ένα μεγάλο δείγμα τυχαίων πινάκων σύγκρισης. Μπορούμε να καθορίσουμε το λόγο συνέπειας (CR) από τη σχέση : $CR = \frac{CI}{RI}$. Η εμπειρία δείχνει ότι ο λόγος CR πρέπει να είναι μικρότερος του 0,1 για να έχουμε απόλυτη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα.

2.5.3. Καθορισμός καθολικών προτεραιοτήτων

Το επόμενο βήμα στην ανάλυση είναι η ανάπτυξη των προτεραιοτήτων για τους παράγοντες του τρίτου επιπέδου σε σχέση με τους παράγοντες του δευτέρου επιπέδου. Εδώ, συγκρίνουμε τις πέντε εναλλακτικές δυνατότητες με καθένα από τα βασικά κριτήρια. Υποθέτουμε ότι έχουν γίνει όλοι οι υπολογισμοί για τις μήτρες σύγκρισης που χρειαζόμαστε και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3. Τοπικές και καθολικές προτεραιότητες για το πρόβλημα της επιλογής ενός συστήματος συναρμολόγησης σε τροχιά. (Σιαμπίρη Ανθή 2010)

Εναλλακτική δυνατότητα	Τοπικές προτεραιότητες				Καθολικές προτεραιότητες
	Ανθρώπινη παραγωγικότητα (0,521)	Οικονομικός παράγοντας (0,205)	Σχεδιασμός (0,227)	Λειτουργίες (0,047)	
1	0,066	0,415	0,122	0,389	0,165
2	0,212	0,309	0,224	0,151	0,232
3	0,309	0,059	0,206	0,178	0,228
4	0,170	0,111	0,197	0,105	0,161
5	0,243	0,106	0,251	0,177	0,214

Από τον παραπάνω πίνακα, υπολογίζονται οι καθολικές προτεραιότητες σταθμίζοντας καθεμία από τις τιμές αυτές με τις τοπικές προτεραιότητες και αθροίζοντάς τις. Δηλαδή, για την εναλλακτική ιδιότητα 1 οι υπολογισμοί που γίνονται είναι οι εξής:

$$(0,066)(0,521) + (0,415)(0,205) + (0,122)(0,227) + (0,389)(0,047) = 0,165.$$

Ο γενικός τύπος υπολογισμού των καθολικών προτεραιοτήτων στο επίπεδο l είναι:

$$w_i^l = \sum_{j=1}^{n_{l-1}} w_{ij}^i w_j^{l-1},$$

όπου n_l : αριθμός παραγόντων στο επίπεδο l , w_i^l : καθολική βαρύτητα στο επίπεδο l του παράγοντα i και w_j^{l-1} : τοπική βαρύτητα στο επίπεδο l του παράγοντα i σε σχέση με τον παράγοντα j στο επίπεδο $l-1$.

2.5.4. Χρήσεις και εφαρμογές

Η AHP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απλές αποφάσεις, αλλά είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τις ομάδες των ατόμων που εργάζονται πάνω σε σύνθετα προβλήματα, ιδίως εκείνα που αφορούν ανθρώπινες αντιλήψεις και κρίσεις των οποίων οι λύσεις έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. Έχει μοναδικά πλεονεκτήματα όταν σημαντικά στοιχεία της απόφασης είναι

δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν ή να συγκριθούν ή όπου η επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας είναι δύσκολη λόγω της χρήσης ορολογίας διαφορετικών ειδικοτήτων. Η εφαρμογή της ΑΗΡ έδωσε λύση σε προβλήματα που αφορούν σχεδιασμό, κατανομή πόρων, καθορισμό προτεραιοτήτων και την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών δυνατοτήτων.

Πολλές εφαρμογές ΑΗΡ έχουν αναφερθεί σε όλο τον κόσμο, δεδομένου ότι λαμβάνουν χώρα σε υψηλά επίπεδα μεγάλων οργανισμών, όπου η ασφάλεια και η προστασία της ανθρώπινης ζωής είναι ευαίσθητα δεδομένα. Άλλες χρήσεις της ΑΗΡ έχουν συζητηθεί στη λογοτεχνία. Πρόσφατα αυτές έχουν περιληφθεί σε βιβλία όπως: «Αποφασίζοντας τον καλύτερο τρόπο για να μειωθούν οι επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής», «Ποσοτικοποιώντας τη συνολική ποιότητα των συστημάτων λογισμικού» (Microsoft Corporation), «Επιλέγοντας Πανεπιστημιακές Σχολές» (Bloomsburg University of Pennsylvania), «Επιλογή του τόπου για να εντοπίσετε υπεράκτιες εγκαταστάσεις παραγωγής» (University of Cambridge), «Αξιολόγηση των κινδύνων στη λειτουργία αγωγών που διασχίζουν τη χώρα» (American Society of Civil Engineers), «Αποφασίζοντας τον καλύτερο τρόπο διαχείρισης των υδρορροών στις ΗΠΑ» (US Department of Agriculture).

Η ΑΗΡ χρησιμοποιείται και για το σχεδιασμό πολύ συγκεκριμένων διαδικασιών, όπως η βαθμολόγηση των κτιρίων με ιστορική σημασία. Πρόσφατα μάλιστα χρησιμοποιήθηκε σ' ένα έργο για την αξιολόγηση της κατάστασης των αυτοκινητοδρόμων στη Βιρτζίνια. Οι μηχανικοί του αυτοκινητοδρόμου αρχικά τη χρησιμοποίησαν για να καθορίσουν το βέλτιστο πεδίο εφαρμογής και στη συνέχεια για να δικαιολογήσουν τον προϋπολογισμό του έργου.

2.6. Εφαρμογή της Διαδικασίας Αναλυτικής Ιεράρχησης για την επιλογή μεθόδου αποκατάστασης στο λατομείο προς μελέτη.

Κατά την εξέταση της περίπτωσης του λατομείου προς μελέτη επιλέχθηκαν τρεις εναλλακτικές λύσεις για την αποκατάστασή του. Οι επιλογές αυτές είναι οι εξής:

- Λύση 1: Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή θεματικού πάρκου το οποίο θα αφορά την αρχιτεκτονική των μαστόρων στην ευρύτερη περιοχή των Τζουμέρκων.

- Λύση 2: Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή χώρου εκδηλώσεων. (χώρος συναυλιών, αναψυκτήριο)
- Λύση 3: Πλήρης αποκατάσταση χώρου. (εκσκαφή, επιχωμάτωση, δεντροφύτευση)

Στην συνέχεια αποφασίστηκε ότι για την αξιολόγηση αυτών των εναλλακτικών λύσεων θα χρησιμοποιηθούν τέσσερα διαφορετικά κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά είναι:

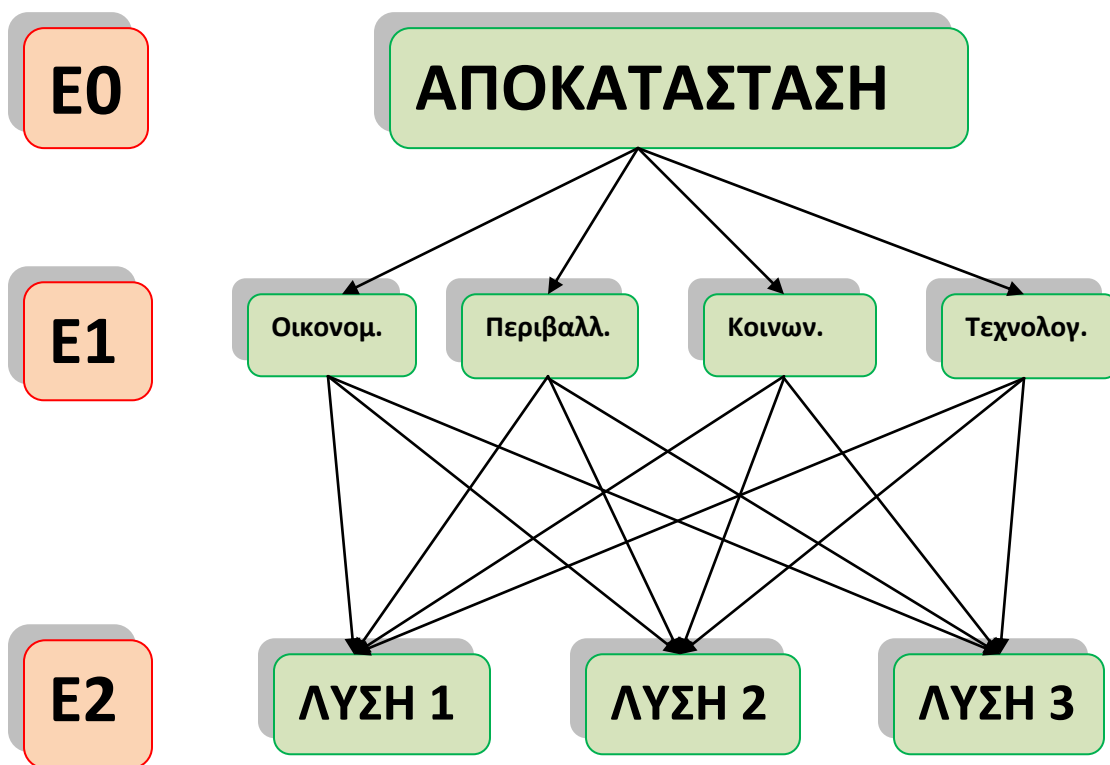
- Το Οικονομικό κριτήριο (συνολικό κόστος αποκατάστασης)
- Το Περιβαλλοντικό κριτήριο (ελαχιστοποίηση των κινδύνων για το περιβάλλον)
- Το Κοινωνικό κριτήριο (αποδοχή από την τοπική κοινωνία)
- Το Τεχνολογικό κριτήριο (ευκολία εφαρμογής)

2.6.1. Επίπεδα Ιεράρχησης

E0- Στόχος: Αποκατάσταση εγκαταλειμμένου λατομείου

E1- Κριτήρια: Οικονομικό, Περιβαλλοντικό, Κοινωνικό, Τεχνολογικό

E2- Εναλλακτικές λύσεις: Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή θεματικού πάρκου το οποίο θα αφορά την αρχιτεκτονική των μαστόρων στην ευρύτερη περιοχή των Τζουμέρκων-Λύση 1, Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή χώρου εκδηλώσεων-Λύση 2(χώρος συναυλιών, αναψυκτήριο), Πλήρης αποκατάσταση χώρου-Λύση 3 (εκσκαφή, επιχωμάτωση, δεντροφύτευση).



Εικόνα 2.2. Επίπεδα Ιεράρχησης (Σημειώσεις μαθήματος Διαχείριση Περιβάλλοντος – Νομοθεσία)

Τα στοιχεία κάθε επιπέδου συγκρίνονται το καθένα με τα υπόλοιπα του ίδιου επιπέδου σε σχέση με τα στοιχεία των ανώτερων επιπέδων:

- Κάθε λύση του E2 συγκρίνεται με όλες τις υπόλοιπες λύσεις αναφορικά με τα στοιχεία του E1.
- Κάθε κριτήριο του E1 συγκρίνεται με τα υπόλοιπα κριτήρια σε σχέση με τη σημασία που έχει στην επίλυση του προβλήματος (αποκατάσταση) που ορίζεται στο E0.

Ο υπολογισμός της βαρύτητας των κριτηρίων πραγματοποιείται με σύγκριση κατά ζεύγη (paired comparisons). Για όλα τα ζεύγη κριτηρίων j, j^* , όπου το κριτήριο j θεωρείται πιο σημαντικό από το j^* , προσδιορίζεται ο βαθμός διαφορικής σημασίας του ενός ως προς το άλλο (που συμβολίζεται ως b_{ij^*}) σε μια κλίμακα μεταξύ 1 και 9. Η κλίμακα αυτή παρουσιάστηκε προηγουμένως στον Πίνακα 2.1.

2.6.2. Υπολογισμός Βαρύτητας Κριτηρίων

Τα κριτήρια για την αποκατάσταση συνδέονται με τις εξής σχέσεις:

- Το οικονομικό κριτήριο έχει μία μικρή σπουδαιότητα σε σχέση με το κοινωνικό κριτήριο και βασική/μεγάλη σπουδαιότητα σε σχέση με το τεχνολογικό.
- Το περιβαλλοντικό κριτήριο έχει μία μικρή σπουδαιότητα σε σχέση με το οικονομικό κριτήριο, λίγο μεγαλύτερη σπουδαιότητα σε σχέση με το κοινωνικό και πολύ ισχυρή/αποδεδειγμένη σπουδαιότητα σε σχέση με το τεχνολογικό.
- Το κοινωνικό κριτήριο έχει μία μικρή σπουδαιότητα σε σχέση με το τεχνολογικό κριτήριο.

Κατασκευή Μήτρας Σύγκρισης Κριτηρίων

Πίνακας 2.4. Μήτρα Σύγκρισης Κριτηρίων

ΜΗΤΡΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ				
	Ο	Π	Κ	Τ
Ο	1	1/3	3	5
Π	3	1	4	7
Κ	1/3	1/4	1	3
Τ	1/5	1/7	1/3	1
+	4,533	1,726	8,333	16

Πίνακας 2.5. Κανονικοποιημένη Μήτρα Σύγκρισης Κριτηρίων

ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΗΤΡΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ					Χ:	
	Ο	Π	Κ	Τ	ΙΔΙΟΔΙΑΝΥΣΜΑ	
	Ο	Π	Κ	Τ	+	/4
Ο	0,221	0,193	0,360	0,313	1,086	0,272
Π	0,662	0,579	0,480	0,438	2,159	0,540
Κ	0,074	0,145	0,120	0,188	0,526	0,131
Τ	0,044	0,083	0,040	0,063	0,229	0,057

Ακολουθεί ο έλεγχος συνέπειας στις βαρύτητες των κριτηρίων. Αρχικά

- υπολογίζεται η ιδιοτιμή λ_{\max} ώστε να υπολογιστεί αρχικά ο δείκτης CI και, τελικά, ο δείκτης CR.
- Εφόσον $A \cdot x = \lambda_{\max} \cdot x$, όπου x είναι το ιδιοδιάνυσμα ισχύει:

A			
1	1/3	3	5
3	1	4	7
1/3	1/4	1	3
1/5	1/7	1/3	1

*

X
0,272
0,54
0,131
0,057

=

1,130
2,279
0,528
0,232

X
0,272
0,54
0,131
0,057

* $\lambda_{\max} =$

1,130
2,279
0,528
0,232

- Στην συνέχεια υπολογίζεται η ιδιοτιμή λ_{\max} ως εξής:

$$\lambda_{\max} = \text{average}(\{1,33/0,272\}, \{2,282/0,540\}, \{0,529/0,131\}, \{0,233/0,057\})$$

$$\lambda_{\max} = (\{4.165\}, \{4.225\}, \{4.038\}, \{4.087\})$$

$$\lambda_{\max} = 4.128$$

- Ο δείκτης CI υπολογίζεται ακολούθως:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (4.128 - 4) / (4 - 1) = 0.128 / 3 = 0.042$$

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως στην ανάλυση του ελέγχου συνέπειας, σύμφωνα με τον Saaty για να καθοριστεί ο λόγος συνέπειας: $CR = CI / RI$, χρειάζεται να προσδιορίσουμε έναν

τυχαίο δείκτη που υπολογίζεται από το μέσο όρο του CI για ένα μεγάλο δείγμα τυχαίων πινάκων σύγκρισης (RI). Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιούμε τον πίνακα του δείκτη τυχαίας συνέπειας (βλ. Πίνακας 2.2.).

Οπότε για $n=4$ ο δείκτης $RI=0.90$ και

- Ο λόγος συνέπειας $CR=CI/RI$

$$\Rightarrow CR=0.042/0.90=0.046$$

Άρα $CR<0.10$ το οποίο σημαίνει ότι μπορούμε να έχουμε απόλυτη εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα.

2.6.3. Κατάταξη κάθε εναλλακτικής λύσης για κάθε κριτήριο

Με την ίδια διαδικασία κατασκευάζονται οι πίνακες σύγκρισης των εναλλακτικών σχεδίων για κάθε κριτήριο, οι οποίοι στη συνέχεια κανονικοποιούνται και λαμβάνονται οι προτεραιότητες (βαρύτητες) κάθε εναλλακτικού σχεδίου. Στο τελευταίο βήμα εξετάζεται, επίσης, ο λόγος συνέπειας CR κάθε πίνακα.

Προτεραιότητες σχεδίων ως προς το Οικονομικό κριτήριο

Πίνακας 2.6. Αρχικός πίνακας ως προς το Οικονομικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3
ΛΥΣΗ 1	1	1/5	1/7
ΛΥΣΗ 2	5	1	1/3
ΛΥΣΗ 3	7	3	1
+	13	4,2	1,476

Πίνακας 2.7. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Οικονομικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3	+	X
ΛΥΣΗ 1	0,077	0,048	0,097	0,221	0,074
ΛΥΣΗ 2	0,385	0,238	0,226	0,849	0,283
ΛΥΣΗ 3	0,538	0,714	0,677	1,930	0,643

Έλεγχος συνέπειας στις βαρύτητες των εναλλακτικών σχεδίων ως προς το οικονομικό κριτήριο

	A				X			
1	1/5	1/7		*	0,074	=	0,222	
5	1	1/3			0,283		0,867	
7	3	1			0,643		2,010	

Δηλαδή $\lambda_{\max} = \text{average}(\{0.222/0.074\}, \{0.867/0.283\}, \{2.010/0.643\}) = (\{3\}, \{3.063\}, \{3.125\}) = 3.062$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = (3.062-1) / (3-1) = 0.031$$

Για $n=3$, $RI=0.58$

$$\text{Οπότε } CR=CI/RI=0.031/0.58 \Rightarrow CR=0.053 < 0.10$$

Ο λόγος CR είναι μικρότερος του 0.1 οπότε τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

Προτεραιότητες σχεδίων ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο

Πίνακας 2.8. Αρχικός Πίνακας ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3
ΛΥΣΗ 1	1	1/3	1/4
ΛΥΣΗ 2	3	1	1/2
ΛΥΣΗ 3	4	2	1
+	8	3,333	1,75

Πίνακας 2.9. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3	+	X
ΛΥΣΗ 1	0,125	0,100	0,143	0,368	0,123
ΛΥΣΗ 2	0,375	0,300	0,286	0,961	0,320
ΛΥΣΗ 3	0,500	0,600	0,571	1,671	0,557

Έλεγχος συνέπειας στις βαρύτητες των εναλλακτικών σχεδίων ως προς το Περιβαλλοντικό κριτήριο

	A				X			
1	1/3	1/4		*	0,123	=	0,369	
3	1	1/2			0,32		0,968	
4	2	1			0,557		1,689	

$$\lambda_{\max} = \text{average} (\{0.369/0.123\}, \{0.968/0.32\}, \{1.689/0.557\}) = \text{average}(\{3\}, \{3.025\}, \{3.032\}) = 3.019$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = (3.019-3) / (3-1) = 0.009$$

Για n=3 , RI=0.58

$$\text{Οπότε } CR=CI/RI= 0.009/0.58 = 0.015 < 0.10$$

Ο λόγος CR είναι μικρότερος του 0.1 οπότε τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

Προτεραιότητες σχεδίων ως προς το Κοινωνικό κριτήριο

Πίνακας 2.10. Αρχικός Πίνακας ως προς το Κοινωνικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3
ΛΥΣΗ 1	1	2	6
ΛΥΣΗ 2	1/2	1	4
ΛΥΣΗ 3	1/6	1/4	1
+	1,667	3,250	11

Πίνακας 2.11. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Κοινωνικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3	+	X
ΛΥΣΗ 1	0,600	0,615	0,545	1,761	0,587
ΛΥΣΗ 2	0,300	0,308	0,364	0,971	0,324
ΛΥΣΗ 3	0,100	0,077	0,091	0,268	0,089

Έλεγχος συνέπειας στις βαρύτητες των εναλλακτικών σχεδίων ως προς το κοινωνικό κριτήριο

			A				X			
1	2	6	*	0,587	=	1,769				
1/2	1	4		0,324		0,974				
1/6	1/4	1		0,089		0,268				

$$\lambda_{\max} = \text{average} \left(\{1.769/0.587\}, \{0.974/0.324\}, \{0.268/0.089\} \right) = \text{average} (\{3.013\}, \{3.006\}, \{3.011\})$$

$$\lambda_{\max} = 3.01$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = (3.01-3) / (3-1) = 0.005$$

Για $n=3$, $RI=0.58$

$$\text{Οπότε } CR=CI/RI=0.005/0.58=0.008 < 0.10$$

Ο λόγος CR είναι μικρότερος του 0.1 οπότε τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

Προτεραιότητες σχεδίων ως προς το Τεχνολογικό κριτήριο

Πίνακας 2.12. Αρχικός Πίνακας ως προς το Τεχνολογικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3
ΛΥΣΗ 1	1	1/2	1/4
ΛΥΣΗ 2	2	1	1/3
ΛΥΣΗ 3	4	3	1
+	7,000	4,500	1,583

Πίνακας 2.13. Κανονικοποιημένος Πίνακας-Προτεραιότητες(Ιδιοδιάνυσμα-X) ως προς το Τεχνολογικό κριτήριο

	ΛΥΣΗ 1	ΛΥΣΗ 2	ΛΥΣΗ 3	+	X
ΛΥΣΗ 1	0,143	0,111	0,158	0,412	0,137
ΛΥΣΗ 2	0,286	0,222	0,211	0,718	0,239
ΛΥΣΗ 3	0,571	0,667	0,632	1,870	0,623

Έλεγχος συνέπειας στις βαρύτητες των εναλλακτικών σχεδίων ως προς το τεχνολογικό κριτήριο

	A		X	
1	1/2	1/4	0,137	0,412
2	1	1/3	0,239	0,721
4	3	1	0,623	1,888

$$\lambda_{\max} = \text{average} \left(\{0.412/0.137\}, \{0.721/0.239\}, \{1.888/0.623\} \right) = \text{average} \left(\{3.007\}, \{3.016\}, \{3.03\} \right)$$

$$\lambda_{\max} = 3.017$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = (3.017-3) / (3-1) = 0.008$$

Για $n=3$, $RI=0.58$

$$\text{Οπότε } CR=CI/RI=0.008/0.58=0.013 < 0.10$$

Ο λόγος CR είναι μικρότερος του 0.1 οπότε τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά.

2.6.4. Υπολογισμός της τελικής βαθμολογίας κάθε εναλλακτικού σχεδίου

Πίνακας 2.14. Σχηματική αναπαράσταση του προβλήματος

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

	Ο	Π	Κ	Τ
	0,272	0,54	0,131	0,057
ΛΥΣΗ 1	0,074	0,123	0,587	0,137
ΛΥΣΗ 2	0,283	0,32	0,324	0,239
ΛΥΣΗ 3	0,643	0,557	0,089	0,623

Συνολική Προτεραιότητα = Προτ. Οικ.×Βαθμ. Εναλ. Λύσης για το Οικ.+ Προτ. Περ.× Βαθμ. Εναλ. Λύσης για το Περ. + Προτ. Κοιν.× Βαθμ. Εναλ. Λύσης για το Κοιν. + Προτ. Τεχν.× Βαθμ. Εναλ. Λύσης για το Τεχν.

	Ο	Π	Κ	Τ		Χ	
ΛΥΣΗ 1	0,074	0,123	0,587	0,137		0,272	0,171
ΛΥΣΗ 2	0,283	0,32	0,324	0,239	*	0,54	0,306
ΛΥΣΗ 3	0,643	0,557	0,089	0,623		0,131	0,523
						0,057	

Η τελική βαθμολογία για την Λύση 1 (Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή θεματικού πάρκου το οποίο θα αφορά την αρχιτεκτονική των μαστόρων στην ευρύτερη περιοχή των Τζουμέρκων) είναι 0.171 , για την Λύση 2 (Πλήρης αποκατάσταση χώρου με παράλληλη κατασκευή χώρου εκδηλώσεων) είναι 0.306 και για την Λύση 3 (Πλήρης αποκατάσταση χώρου-εκσκαφή, επιχωμάτωση, δεντροφύτευση) είναι 0.523 . Δηλαδή σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Πολυκριτηριακής Μελέτης ΑΗΡ που

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών
Τζουμέρκων»

ακολουθήθηκε το βέλτιστο σχέδιο αποκατάστασης του ανενεργού λατομείου στη θέση «Τζούμα» είναι η Πλήρης Αποκατάσταση, δηλαδή ο επανασχεδιασμός των βαθμίδων και η κατόπιν δεντροφύτευση του χώρου.

3. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

3.1. Εργασίες αποκατάστασης χώρου επέμβασης και επιδιωκόμενο αποτέλεσμα

Με τον όρο αποκατάσταση δεν εννοούμε την επαναφορά του τοπίου στην αρχική του μορφή αλλά την επαναφορά του σε κάποια μορφή φυσικής ισορροπία (κατά το μέτρο του δυνατού) που να εναρμονίζεται στα χαρακτηριστικά του ευρύτερου φυσικού περιβάλλοντος και στη μείωση των οπτικών επιπτώσεων της λατομικής εκμετάλλευσης. Έτσι υποβοηθείται η φύση να αναλάβει το ρόλο της και επιταχύνεται η διαδικασία φυσικής αποκατάστασης της οικολογικής ισορροπίας.

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η φύτευση του χώρου με γεωπονικά είδη τα οποία απαντώνται στην ορεινή περιοχή των Τζουμέρκων με σκοπό την όσο το δυνατόν γρηγορότερη αφομοίωση του λατομικού χώρου από το φυσικό περιβάλλον. Παράλληλα προτείνεται η δημιουργία μικρής λιμνοδεξαμενής-ταμιευτήρα βρόχινου ύδατος που θα καλύπτει τις ανάγκες της αποκατάστασης σε πότισμα των νέων δενδρυλλίων και διαβροχή του εδάφους.

Με τον τρόπο αποκατάστασης που προτείνεται, επιδιώκονται τα εξής αποτελέσματα :

- Να εξαλειφθούν οι οπτικές επιπτώσεις της λατομίας.
- Να επιταχυνθούν οι διαδικασίες εγκατάστασης της αυτοφυούς βλάστησης με τελικό σκοπό την επιτυχέστερη εγκατάσταση της κλιματικής φυτοκοινωνίας.
- Να εναρμονιστεί οπτικά ο χώρος του λατομείου και της αποκατάστασης με το γύρω φυσικό τοπίο.
- Να τύχουν όσο το δυνατόν καλύτερης εκμετάλλευσης, οι δυνατότητες που παρέχει το τοπίο του λατομείου (μεγάλες κλίσεις πρανών, πλατώματα κλπ)

Σημαντικό στοιχείο για την επιτυχία των εργασιών αποκατάστασης, αποτελεί η σωστή διαμόρφωση των τελικών επιφανειών του χώρου.

Η αποκατάσταση του δαπέδου των βαθμίδων πραγματοποιείται με κύριο σκοπό την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση. Για το λόγο αυτό γίνονται φυτεύσεις με αυτοφυή φυτά που συμβάλλουν τα μέγιστα στην προστασία του εδάφους από τη διάβρωση τόσο του αέρα όσο και του νερού και προσαρμόζονται ευκολότερα στην τοπική πλούσια χλωρίδα της περιοχής.

Οι βαθμίδες θα έχουν μικρή εσωτερική κλίση και θα ανοιχθούν λάκκοι συγκρατήσεως του ύδατος της βροχής για την αποφυγή της διάβρωσης, ενώ με την δημιουργία τεχνητού υδάτινου ταμιευτήρα, παράλληλα με την χρησιμότητά του, βελτιώνεται σημαντικά και το αισθητικό αποτέλεσμα της αποκατάστασης.

Όσον αφορά το χώρο περιμετρικά του λατομικού χώρου κρίνεται σκόπιμο να διατηρείται αποψιλωμένος κατά την εξέλιξη του έργου για την παρατήρηση τυχόν επιπτώσεων στην επιφάνεια (π.χ. ρωγμές, καθιζήσεις).

3.2. Γενικά χαρακτηριστικά της μεθόδου της αναδάσωσης (ίδρυση τεχνητών συστάδων)

Οι αναδασώσεις (ίδρυση τεχνητών συστάδων) κατέχουν σαν αντικείμενο μία πολύ αξιόλογη θέση στην παγκόσμια δασοπονία. Οι τεχνητές συστάδες σήμερα, αποτελούμενες από ένα ευρύ φάσμα δασοπονικών ειδών, παρέχουν στην παγκόσμια οικονομία βιομηχανικό ξύλο και καύσιμη ύλη (καυσόξυλα), τροφή στη μελισσοκομία κλπ. Επιπλέον, οι αναδασώσεις προστατεύουν το έδαφος και το περιβάλλον από τις δυσμενείς επιδράσεις των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, βελτιώνουν αισθητά το τοπίο, έχουν μια εξισορροπητική επίδραση στην υδάτινη οικονομία και μας παρέχουν ψυχική ηρεμία και γαλήνη.

Στη χώρα μας η περίοδος των παραγωγικών αναδασώσεων άρχισε το 1950. Μέχρι το 1950 και συγκεκριμένα την περίοδο 1900-1930 γίνονταν μόνο από ιδιωτική πρωτοβουλία με κύριο σκοπό τη βελτίωση της αισθητικής του τοπίου, ενώ την περίοδο 1930-1950 έγιναν οι πρώτες αναδασώσεις με την επάνδρωση με Δασολόγους της Δασικής Υπηρεσίας και φύτευση 250.000 περίπου στρεμμάτων με τη μέθοδο της φύτευσης σε λάκκους με σκοπό κυρίως προστατευτικό και αισθητικό.

Η τεχνητή ίδρυση συστάδων παρουσιάζεται σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις στις οποίες το φυσικό δάσος έχει καταστραφεί ή η καταστροφή του έχει προχωρήσει τόσο πολύ ώστε να μην είναι δυνατή η φυσική αναγέννηση. Τεχνητή ίδρυση συστάδων έχουμε επίσης στην περίπτωση που σκοπεύουμε να αλλάξουμε το δασοπονικό είδος με την εισαγωγή νέων ειδών.

Η τεχνητή ίδρυση συστάδων διακρίνεται σε:

α) Δάσωση, όταν ιδρύεται για πρώτη φορά δάσος σε μη δασικό έδαφος. Τέτοια εδάφη είναι:

1. Νεοδημιουργηθέντα εδάφη: προσχώσεις, κώνοι αποθέσεως χειμάρρων, θίνες, διαβρωσιγενείς επιφάνειες κλπ.
2. Επιφάνειες που σήμερα δεν έχουν δάσος, όπως έλη και στέπες.

β) Αναδάσωση, όταν επανιδρύεται δάσος σε πρώην δασικά εδάφη.

1. Πριν από πολλά χρόνια εκδασωθείσες επιφάνειες: σημερινοί βοσκότοποι, παλαιές εκτάσεις καμένων δασών
2. Πρόσφατα εκδασωθείσες εκτάσεις

γ) Ενηρτηίνωση, όταν εισάγουμε τεχνητά είδη κωνοφόρων προς εμπλουτισμό υποβαθμισμένων δασών φυλλοβόλων ή αείφυλλων πλατύφυλλων όπως:

1. Ανασυγκρότηση θαμνωδών αείφυλλων ή φυλλοβόλων πλατύφυλλων
2. Ανασυγκρότηση υποβαθμισμένων δασών δρυός ή οξυάς.

Οι προς αναδάσωση προσφερόμενες επιφάνειες προέρχονται ως επί το πλείστον από άλλοτε δασοσκεπείς περιοχές, των οποίων τα δάση καταστράφηκαν λόγω μακροχρόνιων ληστρικών υλοτομιών, εκχερσώσεων, υπερβόσκησης, πυρκαγιάς κλπ. Όλες οι παραπάνω υποβαθμισμένες σήμερα επιφάνειες καλύπτονται από βοσκότοπους, αραιούς θαμνώνες, φρύγανα ή εγκαταλειμμένους αγρούς.

3.2.1. Σκοπός των αναδασώσεων

Η αναδάσωση αυτή καθ' αυτή δεν αποτελεί αυτοσκοπό, αλλά μέσο για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου σκοπού, ο οποίος μπορεί να είναι η παραγωγή ξύλου ή άλλων προϊόντων (οικονομικός σκοπός), η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και η ρύθμιση της ροής των ορεινών υδάτων (υδρονομικός σκοπός), η αναψυχή και η υγιεινή επίδραση του δάσους, η

ρυθμιστική επίδραση στην οικολογική ισορροπία βεβαρημένων οικοσυστημάτων (βιομηχανικών και αστικών περιοχών) κλπ.

3.2.2. Βασικές αρχές αναδάσωσης

Οι βασικές αρχές που πρέπει να τηρούνται κατά τη διάρκεια των αναδάσωσης είναι:

α) Μια επιτυχημένη αναδάσωση είναι δυνατή μόνο εκεί όπου ο σταθμός θα μπορούσε να αναδασωθεί και μόνος του φυσικά.

β) Η φυσική αναδάσωση αποτελεί το ιδεώδες αρχικό στάδιο της αναδάσωσης.

γ) Η αναδάσωση πρέπει να ακολουθεί ή να εκμεταλλεύεται κατά το δυνατόν τη φυσική διαδοχή, να τη συντομεύει κατά το δυνατό και να την οδηγεί σε τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα στις δικές μας απαιτήσεις.

δ) Κατά τις αναδάσώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά το δυνατό αυτόχθονα είδη.

ε) Κατά τις αναδάσώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται προελεύσεις από όμοιους ή ανάλογους σταθμούς με εκείνους της υπό αναδάσωσης περιοχής.

στ) Κατά τις αναδάσώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι οικολογικές συνθήκες.

3.2.3. Εκλογή δασοπονικών ειδών

Η εκλογή των δασοπονικών ειδών τα οποία συνθέτουν τη μελλοντική συστάδα, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα δασοκομικά μέτρα που καθορίζουν τους παραπέρα χειρισμούς για πολλές δεκαετίες. Η επιτυχία ή αποτυχία τόσο των αναδάσωσης όσο και του επιδιωκόμενου δασοπονικού σκοπού εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από την επιτυχημένη ή μη εκλογή του είδους ή ειδών που θα χρησιμοποιηθούν. Γι' αυτό θα πρέπει να πληρούν τις εξής βασικές προϋποθέσεις:

α) Να είναι βιολογικά προσαρμοσμένα προς τις οικολογικές συνθήκες του σταθμού στον οποίο θα εισαχθούν.

β) Να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του τεθέντα δασοπονικού σκοπού.

γ) Η εγκατάστασή τους και ο παραπέρα χειρισμός τους να είναι εύκολος χωρίς ιδιαίτερα υψηλές δαπάνες.

3.2.4. Μέθοδοι αναδάσωσης (τεχνητής ίδρυσης συστάδων)

Η τεχνητή ίδρυση των συστάδων μπορεί να γίνει ή με την απευθείας σπορά στην οριστική θέση με σπόρους από επιλεγέντα είδη και οικοτύπους ή με φύτευση φυταρίων ή δενδρυλλίων, παραχθέντων σε φυτώρια από σπόρους ή μοσχεύματα.

α) Η προετοιμασία της προς αναδάσωσης επιφάνειας περιλαμβάνει:

- Τη στερέωση του εδάφους
- Την απομάκρυνση ή καταστροφή του νεκρού εδαφοκαλύματος
- Την απομάκρυνση ή καταστροφή του τυχόν υφιστάμενου ζώντος ανταγωνιστικού εδαφοκαλύματος και
- Την κατεργασία και προπαρασκευή του εδάφους.

Η απομάκρυνση της βλάστησης γίνεται με μηχανικά μέσα (εκθαμνωτήρες, βαριές ναυτικές αλυσίδες συρόμενες από δύο ελκυστήρες, δισκοπρίονες προσαρμοσμένες σε ελκυστήρες, προωθητήρες με ειδική κοπτική λεπίδα κα) για τη νεκρή και ζωντανή βλάστηση, ενώ με χημικά για την καταπολέμηση της ζωντανής βλάστησης.

Η κατεργασία του εδάφους γίνεται για τη βελτίωση των φυσικώς και εμμέσως των χημικών ιδιοτήτων αυτού με τη χαλάρωση και την ανάμιξή του.

β) Τεχνητή ίδρυση συστάδων με σπορά.

Αποτελεί την πιο φυσική μέθοδο. Ενδείκνυται σε μέτριους σταθμούς με μικρή χορτοβρίθεια εδάφους και στα είδη που καρποφορούν αφθόνως. Σημασία πρέπει να δοθεί στην εκλογή της εποχής σποράς και την εκλογή της μεθόδου σποράς.

γ) Τεχνητή ίδρυση συστάδων με φύτευση.

Αποτελεί τη συνηθέστερη μέθοδο τεχνητής ίδρυσης συστάδων. Χρησιμοποιείται για δυσμενή κλιματοεδαφικά περιβάλλοντα όπως και σε πολύ χορτομανή εδάφη.

3.2.5. Τρόποι επαναφοράς της βλάστησης και στοιχεία εφαρμογής στην ειδική περίπτωση του λατομείου

Ο πλέον κατάλληλος και αξιόπιστος τρόπος επαναφοράς της βλάστησης σε λατομικούς και μεταλλευτικούς χώρους σε ορεινές περιοχές, είναι ο συνδυασμός θαμνώδους βλάστησης με αυτοφυή δασικά είδη, συνήθως κωνοφόρα.

Ο συνδυασμός αυτός, προστατεύει τα νέα εδάφη από την διάβρωση (νερού και αέρα), ενώ παράλληλα δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες για ικανοποιητική εξέλιξη της βλάστησης.

Η επαναφορά της βλάστησης στο λατομικό χώρο θα γίνεται σταδιακά και με τη σειρά που θα δημιουργούνται οι τελικές προς αποκατάσταση επιφάνειες αφού γίνει η μεταφορά κατάλληλου βελτιωτικού εδάφους και η ενσωμάτωσή του.

Τα είδη που προτείνονται για την αναδάσωση του λατομείου είναι τα εξής:

- Μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*)
- Δρυς η κοκκοφόρος (*Quercus coccifera*)



Εικόνα 3.1. Εικόνα δρυός κοκκοφόρου (*Quercus coccifera*)

Οι φυτεύσεις των δρυών των κοκκοφόρων (θαμνώδεις βελανιδιές) προτείνεται να γίνουν στα πρηνή των τελικών βαθμίδων έτσι ώστε να προστατεύεται το χώμα από την διάβρωση και να συγκρατείται στη θέση του.



Εικόνα 3.2. Δάσος μαύρης πεύκης (*pinus nigra*)

Τα δενδρύλλια της μαύρης πεύκης θα φυτευθούν στις επιφάνειες των τελικών βαθμίδων και στην πλατεία του λατομείου. Το δάσος από τα μαυρόπευκα έχει ουσιαστικά μεταβατικό ρόλο. Μέσα σε αυτό βρίσκουν την απαραίτητη σκιά οι καρποί της κεφαλληνιακής ελάτης (*abies cephalonica*), την οποία χρειάζονται τα νεαρά έλατα για να αναπτυχθούν τα πρώτα χρόνια της ζωής τους (σκιόφυτα). Η κεφαλληνιακή ελάτη αποτελεί το κυριότερο είδος στα τοπικά δάση κωνοφόρων της περιοχής των Τζουμέρκων.



Εικόνα 3.3. Νεαρό άτομο κεφαλληνιακής ελάτης (*abies cephalonica*)

Τα παραπάνω φυτά είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένα στο τοπικό κλίμα της περιοχής, με τις χαμηλές θερμοκρασίες και τα μεγάλα ετήσια ύψη νετού, πράγμα το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες επιτυχίας της αναδάσωσης.

Η φύτευση, κατάλληλα, θα γίνει μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου και σε όλη τη διάρκεια του χειμώνα με την διάνοιξη λάκκων. Κατά τη φύτευση πρέπει ο άξονας του φυταρίου να μπαίνει στον λάκκο κατακόρυφα για να μην κάμπτονται τα άκρα της ρίζας. Γύρω από κάθε φυτάριο μετά τη φύτευση θα ανοίγεται λεκάνη για τη συγκράτηση νερού της βροχής, ενώ γύρω από αυτό θα μπορούν να τοποθετηθούν πέτρες ανοικτού χρώματος για

προστασία της εδαφικής υγρασίας με περιορισμό των απωλειών εξάτμισης, μερική σκίαση αλλά γενικότερα για προστασία των νεαρών φυτών. Θα χρησιμοποιηθούν για την αναδάσωση μονοετή και διετή βωλόφυτα φυτάρια, δηλαδή θα έχουν αναπτυχθεί σε σακουλάκι και οι ρίζες τους θα είναι σε μπάλα χώματος (αντίθετα στα γυμνόριζα οι ρίζες τους δεν είναι καλυμμένες).

Τα προτεινόμενα είδη θεωρούνται τα πιο κατάλληλα για τις κλιματοεδαφικές συνθήκες των Τζουμέρκων, εντούτοις πρέπει να φυτευτούν μετά το φθινόπωρο, δηλαδή όταν θα έχει βρέξει αρκετά, ώστε το έδαφος να έχει ποτιστεί σε βάθος 30 – 40 cm.

3.2.6. Φυτευτικός Σύνδεσμος (αποστάσεις δενδρυλλίων)

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας για την επιβίωση των νεαρών φυτών είναι η απόσταση που θα έχουν μεταξύ τους. Αυτή η απόσταση στην ορολογία των γεωπόνων ονομάζεται φυτευτικός σύνδεσμος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή του φυτευτικού συνδέσμου είναι: ο ρυθμός της καθ' ύψος αύξησης, η αυξητική μορφή, η περιεκτικότητα του εδάφους, ο σκοπός παραγωγής ή πολλές φορές κριτήρια οικονομικής φύσης. Όσον αφορά τη μαύρη πεύκη, ο φυτευτικός σύνδεσμος είναι τρία μέτρα εξαιτίας περισσότερο του κωνικού της σχήματος. Σε πρηνή με κλίση αυτή η απόσταση μπορεί να μικρύνει. Στην περίπτωση του θάμνου της δρυός της κοκκοφόρου, εξαιτίας του χαμηλού της ύψους αλλά και της κλίσης του πρηνούς στο οποίο θα τοποθετηθεί θα ορίσουμε το φυτευτικό σύνδεσμο στα δύο μέτρα. Ακολουθούν ακριβείς οδηγίες (αρχές) που πρέπει να τηρούνται σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης, κατά τη διάρκεια μίας οποιασδήποτε δεντροφύτευσης. Κατά τη διάρκεια των φυτεύσεων πρέπει να τηρούνται οι παρακάτω αρχές:

- Ο άξονας του φυταρίου πρέπει να τοποθετείται κατά κανόνα κατακόρυφα.
- Τα φυτάρια πρέπει να φυτεύονται σε τόσο βάθος όσο ήταν και το βάθος τους στο φυτώριο από όπου ξεριζώθηκαν. Ο ριζικός κόμβος δηλαδή του φυταρίου πρέπει να βρίσκεται μετά την κατακάθιση του εδάφους, στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια του εδάφους που περιβάλλει τις ρίζες. Στην πράξη, φυτεύουμε λίγα εκατοστόμετρα (2-3) βαθύτερα, γιατί το έδαφος κατακάθεται μετά την φύτευση, ιδίως όταν αυτή γίνεται σε λάκκους.
- Σε ξηρά εδάφη και κλίματα με παρατεταμένες ξηρές περιόδους, τα φυτάρια πρέπει να φυτεύονται κατά τη μέθοδο της χαμηλής φύτευσης. Ο διαμορφούμενος γύρω από το φυτάριο λάκκος, ονομάζεται «λάκκος συντηρήσεως» και έχει βάθος 0,10-0,12 μ., εφόσον το πλάτος

του λάκκου είναι ίσο με 0,25-0,30 μ. Για μεγαλύτερους λάκκους, πλάτους 0,50-0,60 μ. ή και περισσότερο, ο λάκκος συντήρησης μπορεί να είναι βαθύτερος (0,20 μ. ή και περισσότερο). Κατά τον τρόπο αυτό, αφενός συγκρατείται περισσότερο νερό κατά την περίοδο των βροχών και αφετέρου το ριζικό σύστημα βρίσκεται ήδη από την φύτευση βαθύτερα κατά το βάθος του λάκκου συντήρησης. Σε βαριά όμως, συνεκτικά εδάφη, πρέπει να αποφεύγεται η χαμηλή φύτευση, γιατί το νερό διηθούμενο με βραδύ ρυθμό παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στους λάκκους συντήρησης και μπορεί να προκαλέσει ασφυξία στα φυτάρια.

- Σε υγρά η κάθυγρα εδάφη, η φύτευση πρέπει να γίνεται σε μικροϋψώματα που αποστραγγίζονται εύκολα (υψηλή φύτευση).
- Σε απότομες κλιτύες, όπως και σε ξηρά περιβάλλοντα η φύτευση πρέπει να γίνεται σε βαθμίδες (πεζούλια), που η επιφάνεια τους να κλίνει ελαφρά προς τα μέσα (2% αντίκλιση).
- Το φυτάριο πρέπει να φυτεύεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε το ριζικό του σύστημα να διατηρεί κατά το δυνατό τη φυσική του διάταξη, που είχε στο έδαφος προέλευσής του. Τέλεια τήρηση του κανόνα αυτού δεν είναι πάντοτε δυνατή, ιδίως στη φύτευση με σχισμές. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην τυχόν ανάκαμψη του άκρου της ρίζας, αυτό πρέπει να αποφεύγεται οπωσδήποτε.
- Η περικοπή των ριζών που πλεονάζουν πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατό και να γίνεται λίγο πριν από τη φύτευση του φυταρίου.
- Το ριζικό σύστημα των φυταρίων πρέπει να περιβάλλεται από το καλύτερα διαθέσιμο νωπό χώμα.
- Το έδαφος που περιβάλλει άμεσα τις ρίζες, πρέπει να συμπιέζεται καλά για να έρθει σε στενή επαφή με όλες τις ρίζες, χωρίς όμως αυτές να συνθλίβονται ή να κόβονται.
- Σε ξηρά κλίματα, το ανώτερο στρώμα του εδάφους, πρέπει να διατηρείται χαλαρό με επιπόλαια σκαλίσματα και σε βάθος 2-4 εκατ. ή να καλύπτεται με πλακόμορφες πέτρες, για παρεμπόδιση της εξάτμισης και γενικά της απώλειας εδαφικής υγρασίας.
- Η εκλογή της θέσης φύτευσης πρέπει να γίνεται με μεγάλη επιμέλεια και να εκλέγεται το εκάστοτε ευνοϊκό για την φύτευση μικρό περιβάλλον.
- Η φύτευση πρέπει να γίνεται κατά νεφοσκεπείς και υγρές ημέρες και να διακόπτεται τις ηλιόλουστες ημέρες και όταν φυσούν ισχυροί άνεμοι.

- Οι φυτευτές εργάτες ή εργάτριες, πρέπει να μεταφέρουν μαζί τους λίγα φυτάρια, μέσα σε ειδικά φυτοκιβώτια, οι ρίζες δε των φυταρίων πρέπει να διατηρούνται συνεχώς νωπές. Για το σκοπό αυτό πρέπει να καλύπτονται με υγρά βρύα ή υγρή λινάτσα.

3.3. Απαραίτητες εργασίες πριν την φύτευση και η συντήρηση των δενδρυλλίων

Για την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιτυχία της φύτευσης και της μετέπειτα συντήρησης των φυτών προτείνονται τα εξής:

Πριν τη φύτευση

3.3.1. Γενική μόρφωση της επιφάνειας του εδάφους

Αποκομιδή πλεοναζόντων χωμάτων, καθάρισμα, συγκέντρωση και αποκομιδή κάθε άχρηστου υλικού (πέτρες, υπολείμματα ριζών, κλαδιά κλπ), αναμόχλευση της επιφάνειας με οποιοδήποτε μέσο, γενική ισοπέδωση των χώρων και γενική μόρφωση του ανάγλυφου της επιφάνειας του εδάφους για την φύτευση των φυτών.

3.3.2. Ενσωμάτωση βελτιωτικών εδάφους

Ενσωμάτωση ενός ή περισσότερων βελτιωτικών στο υπάρχον έδαφος (όπως τύρφη, οργανοχημικά, περλίτης κλπ), σε βάθος τουλάχιστον 10 cm.

Μετά τη φύτευση

3.3.3. Λίπανση

Λόγω του ότι το έδαφος του λατομικού χώρου είναι φτωχό σε οργανική ουσία και σχεδόν μηδενικό σε άζωτο, είναι αναγκαίο κάθε χρόνο (στο τέλος του χειμώνα) να γίνονται υδρολιπάνσεις με την βοήθεια του υδροσπορέα. Παράλληλα μαζί με το λίπασμα αναμιγνύονται και μικρές ποσότητες οργανικής ουσίας (κομπόστ) για αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους.

3.3.4. Βοτάνισμα του χώρου των φυτών για την καταπολέμηση των ζιζανίων(σκάλισμα)

Η εκρίζωση με τσάπα των ζιζανίων μεταξύ των φυτών ή σε επιφάνειες που δεν έχουν φυτευτεί, η απομάκρυνση από τον χώρο του έργου όλων των υλικών που προέκυψαν και η απόρριψή τους σε οποιαδήποτε απόσταση, σε θέσεις που επιτρέπουν οι αρμόδιες Αρχές. Με τη διαδικασία αυτή απομακρύνεται η αυτοφυής βλάστηση γύρω από το δενδρύλλιο και σε ακτίνα 0,30 m γύρω από το φυτό. Η αυτοφυής βλάστηση επειδή είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο περιβάλλον ανταγωνίζεται πολύ έντονα τα δενδρύλλια τόσο σε θρεπτικά συστατικά όσο και σε νερό. Επίσης, με το σκάλισμα διακόπτονται τα τριχοειδή και η εξάτμιση του ύδατος από το έδαφος. Το σκάλισμα πρέπει να γίνεται την Άνοιξη.

3.3.5. Άρδευση

Τα φυτά που έχουν προταθεί για την περιβαλλοντική αποκατάσταση του λατομικού χώρου είναι αυτοφυή.

Έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς για να αντέχουν στις τοπικές καιρικές συνθήκες, ακόμα και σε μικρές περιόδους ξηρασίας, συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες. Παρόλα αυτά για τα πρώτα δύο χρόνια το πότισμα των δενδρυλλίων κατά του καλοκαιρινούς μήνες κρίνεται απαραίτητο, μέχρι το δέντρο να ξεπεράσει το «σοκ» της μεταφύτευσης. Μεγάλη σημασία έχει η εποχή της φύτευσης που πρέπει να ξεκινάει το φθινόπωρο, μετά τις πρώτες βροχές ώστε τα φυτά να έχουν τον απαιτούμενο χρόνο για να προσαρμοστούν στο νέο περιβάλλον.

3.3.6. Περίφραξη

Το λατομείο διαθέτει ήδη περίφραξη, η οποία είναι απαραίτητη για την προφύλαξη των μελλοντικών αναδασώσεων από τυχόν παράνομη βόσκηση. Σε περίπτωση που η περίφραξη δεν βρίσκεται σε καλή κατάσταση, η επιδιόρθωσή της κρίνεται απαραίτητη.

3.4. Εκτίμηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

3.4.1. Αέρια απόβλητα

Όπως είναι αντιληπτό τα μόνα αέρια απόβλητα κατά τις εργασίες της αποκατάστασης του λατομείου, θα είναι ο παραγόμενος καπνός από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης των μηχανημάτων τα οποία θα εκτελούν τις εργασίες της εκσκαφής και της επιχωμάτωσης (ποσότητα αμελητέα και δίχως να δημιουργεί προβλήματα ώστε να απαιτείται ιδιαίτερη αντιμετώπιση) και η οποιαδήποτε εκλυόμενη σκόνη από τις εργασίες φόρτωσης και μεταφοράς. Τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται κατά την λειτουργία λατομείου από την τυχούσα παραγόμενη σκόνη είναι τα εξής:

- **Κατά τη φόρτωση:** Λόγω της φυσικής υγρασίας η έκλυση σκόνης είναι ελάχιστη. Για τον περιορισμό και καταστολή της οποιασδήποτε σκόνης στις πλατείες φόρτωσης επί των αυτοκινήτων, διενεργείται συστηματική διαβροχή με ειδικό όχημα - βυτίο.
- **Κατά την εσωτερική διακίνηση του υλικού:** Για τον περιορισμό και καταστολή της οποιασδήποτε σκόνης στους δρόμους κίνησης των οχημάτων διενεργείται συστηματική διαβροχή σε όλο το μήκος του δρόμου. Επίσης διαβροχή διενεργείται και στο εσωτερικό δίκτυο διακίνησης υλικού, όπου η κίνηση των οχημάτων μπορεί να δημιουργήσει σκόνη στο κατάστρωμα του δρόμου.
- **Κατά τη διακίνηση του υλικού εξωτερικά του λατομείου:** Ο δρόμος εξωτερικής προσπέλασης όταν χρησιμοποιείται διαβρέχεται με βυτιοφόρα οχήματα ενώ τα φορτηγά αυτοκίνητα που μεταφέρουν το εξορυγμένο υλικό πρέπει να είναι εφοδιασμένα με τα κατάλληλα προστατευτικά καλύμματα. Η υγρασία του υλικού είναι υψηλή και επομένως δεν δημιουργούνται εκπομπές από τη διαχείρισή του.

3.4.2. Υγρά απόβλητα

Κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης του χώρου δεν παράγονται και δεν χρησιμοποιούνται υγρά απόβλητα. Τα μόνα υγρά απόβλητα θα μπορούσαν να θεωρηθούν τα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια των μηχανημάτων που αντικαθίστανται από τα καινούργια.

Για την αντιμετώπιση της διαρροής των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων στο υπέδαφος της περιοχής, οι εργασίες αντικατάστασής τους προτείνεται να γίνονται σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο (συνεργείο) με ειδική υποδομή, δηλ. κατάλληλη ράμπα, ελαιοπαγίδες κλπ., τα δε παραγόμενα μεταχειρισμένα ορυκτέλαια συγκεντρώνονται σε κάδους και ειδικά δοχεία και παραλαμβάνονται από τους προμηθευτές ορυκτελαίων με σκοπό τον καθαρισμό - αναγέννησή τους.

Τα βρόχινα νερά, που δεν θεωρούνται υγρά απόβλητα, και που θα συγκεντρώνονται στην ειδικά διαμορφωμένη λιμνοδεξαμενή του αποκατεστημένου λατομείου θα αντλούνται από βυτιοφόρα οχήματα και θα επαναχρησιμοποιούνται για τη διαβροχή του χωμάτινου οδικού δικτύου και των δαπέδων φόρτωσης.

3.4.3. Στερεά απόβλητα – Ιλύες – Τοξικά απόβλητα – Απορρίμματα

Λόγω του ότι κατά την λειτουργία του λατομείου_δεν παρήχθησαν στερεά απόβλητα, ιλύες και τοξικά απόβλητα δεν απαιτείται και μέριμνα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεών τους.

Τα στερεά απόβλητα από τις διάφορες συσκευασίες αναλώσιμων υλικών και τα παραγόμενα «αστικά» απορρίμματα του προσωπικού πρέπει να συλλέγονται με μέριμνα της εκμεταλλεύτριας εταιρείας και να αποστέλλονται σε χώρους συγκέντρωσης προς ανακύκλωση ή καταστροφή. Ομοίως απομακρύνονται προς ανακύκλωση τα μεταχειρισμένα ελαστικά, ανταλλακτικά κλπ. που αφορούν τον κινητό εξοπλισμό.

3.4.4. Μέτρα προστασίας από το θόρυβο

Λόγω του ότι ο χώρος στον οποίο βρίσκεται το λατομείο είναι η κορυφή ενός λόφου, ο ήχος από τις εργασίες των μηχανημάτων θα διαχέεται ομοιόμορφα στην ατμόσφαιρα και δεν θα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό ή σχεδόν καθόλου τα χωριά που περιβάλλουν τον λόφο. Αυτό

δεν οφείλεται μόνο στην ιδιαίτερη θέση του σημείου αλλά και στην απόστασή του από τους οικισμούς.

Πίνακας 3.1. Αποστάσεις κοντινότερων χωριών (Google)

Άνω Γραϊκικό	Κάτω Γραϊκικό	Κουκκούλια	Γραβιά	Σέλι	Ρωμανός	Γουριανά
1,1 χλμ	1,4 χλμ	1,17 χλμ	1,25 χλμ	1,36 χλμ	1,76 χλμ	1,46 χλμ

Βέβαια η πανίδα της περιοχής ίσως επηρεάζεται από τον οποιοδήποτε εκλυόμενο θόρυβο της δραστηριότητας, όμως η προσεκτική και συστηματική συντήρηση των μηχανημάτων και των οχημάτων είναι ο μόνος τρόπος μείωσης του εν λόγω θορύβου στο ελάχιστο δυνατόν.

3.4.5. Χλωρίδα – Πανίδα

Κατά τη φάση της αποκατάστασης, σημειώνεται σημαντική βελτίωση στο χώρο του λατομείου, τόσο με τη διάσπρωση φυσικού εδάφους καλής ποιότητας σε όλη την έκταση, όσο και με τη φύτευση δέντρων. Οι πιέσεις που ασκεί στο περιβάλλον η εξόρυξη κατά τη φάση λειτουργίας του λατομείου, είναι η απομάκρυνση της φυσικής βλάστησης στα τμήματα, όπου αυτή υπήρχε και οι επιπτώσεις στην πανίδα λόγω του θορύβου, ο οποίος προέρχεται από την λειτουργία των μηχανημάτων.

3.4.6. Μορφολογία – Έδαφος

Η κυριότερη επίπτωση στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ενός λατομείου είναι η αλλοίωση της μορφολογίας του εδάφους στα μέτωπα εξόρυξης και στους χώρους αποθέσεων. Η οπτική ρύπανση που προκαλείται και οι ενδεχόμενες καθιζήσεις και κατολισθήσεις του εδάφους, είναι και οι κυριότεροι λόγοι της αναγκαιότητας της αποκατάστασης.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

4.1. Γενικά στοιχεία για το πρόγραμμα Surpac

Για τον ψηφιακό επανασχεδιασμό των βαθμίδων της αποκατάστασης του λατομείου στην θέση «Τζούμα» (Δήμος Κεντρικών Τζουμέρκων, Δ.Δ. Γραϊκικού) χρησιμοποιήθηκε το μεταλλευτικό λογισμικό Surpac 6.1.2. Η χρήση προγραμμάτων CAD (από τα αρχικά των λέξεων Computer Aided Design) στο σχεδιασμό υπόγειων εξορυκτικών έργων παρέχει ένα πλήθος δυνατοτήτων στο μηχανικό, όπως ταχύτητα, δυνατότητα δημιουργίας και αξιολόγησης εναλλακτικών σχεδίων εκμετάλλευσης, ακρίβεια στις μετρήσεις εμβαδών, όγκων, κ.ά., αλλαγές κλιμάκων σχεδίασης, απεικόνιση σε τρεις διαστάσεις, δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης των εργασιών με τη βοήθεια τοπογραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, κ.α.

Το μεταλλευτικό λογισμικό Surpac είναι ένα ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού εξειδικευμένο στο σχεδιασμό υπόγειων και υπαίθριων εκμεταλλεύσεων. Παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία ώστε να μπορεί ο μηχανικός να σχεδιάσει, να παρακολουθεί τις μεταλλευτικές δραστηριότητες και να τροποποιεί το σχεδιασμό και τις παραμέτρους της εκμετάλλευσης ώστε να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της πραγματικότητας.

Το λογισμικό είναι βασισμένο στην υπόθεση, ότι αφού ο πραγματικός κόσμος είναι τρισδιάστατος, τότε και τα εργαλεία, που θα χρησιμοποιηθούν για να τον αναπαραστήσουν, θα πρέπει να είναι τρισδιάστατα. Το Surpac επιτυγχάνει ακριβώς αυτό, χρησιμοποιώντας σε όλα τα modules, τα string files.

Τα αρχεία αυτά αποθηκεύουν τα δεδομένα σε μορφή strings (αλληλουχίες). Ένα string file περιέχει τις συντεταγμένες X, Y, Z των σημείων, διασυνδεδεμένες με ένα κοινό δείκτη, που ονομάζεται string number. Η συνθήκη για τις συντεταγμένες, που χρησιμοποιεί το Surpac, είναι: Y = η διεύθυνση του Βορρά (Northing), X = η διεύθυνση της Ανατολής (Easting). Μπορεί όμως να αποθηκεύσει και επιπλέον πληροφορίες για κάθε σημείο, όπως για παράδειγμα την περιεκτικότητα ή τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται, στα περιγραφικά πεδία (description fields), που ακολουθούν τις σειρές των συντεταγμένων. Με

τον τρόπο αυτό, μπορούν να αναπαρασταθούν οποιαδήποτε χαρακτηριστικά του χώρου, όπως τοπογραφικά σχέδια και γεωλογικά όρια.

4.1.1. Βασικά εργαλεία

Τα βασικά εργαλεία (modules), για τη δημιουργία και την επεξεργασία των string files στο Surpac, είναι:

- **Graphics:** εργαλείο τρισδιάστατης σχεδίασης γραφικών, που ενσωματώνει την δυνατότητα φωτοσκίασης (rendering), για τη δημιουργία στερεών αντικειμένων. Περιλαμβάνει επίσης, τη δυνατότητα ψηφιοποίησης δεδομένων (digitizing interface), καθώς και εργαλεία CAD, για το σχεδιασμό υπόγειων εκσκαφών.
- **String Tools:** συλλογή εργαλείων, για τη διαχείριση των string files. Περιλαμβάνει διασύνδεση (interface) για αρχεία CAD, DXF.
- **DTM Tools:** εργαλείο δημιουργίας ψηφιακών μοντέλων εδάφους (Digital Terrain Models), δηλαδή τριγωνοποιημένα δίκτυα σημείων. Εδώ, δίνεται η δυνατότητα, για την δημιουργία τομών και για τον υπολογισμό όγκων.
- **Plotting:** χαρτογραφικό εργαλείο, για την εκτύπωση δεδομένων από τα υπόλοιπα εργαλεία.
- **Grid Tools:** εργαλείο για την αποθήκευση, διαχείριση και εξαγωγή δεδομένων, τα οποία είναι διατεταγμένα σε κανονικό κάρναβο.
- **Block model:** εργαλείο για τη μοντελοποίηση διάφορων ιδιοτήτων του χώρου, οι οποίες έχουν οριστεί από τον χρήστη (π.χ. κατανομή περιεκτικότητας κοιτάσματος).
- **Geostatistics:** εργαλείο για την επεξεργασία των δεδομένων με κλασική στατιστική ή με γεωστατιστική.

Το Surpac επίσης, για την καλύτερη διαχείριση πολλών δεδομένων, όπως τα αρχεία γεωτρήσεων, δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας βάσης δεδομένων, μέσω του module Geological Database. Η βάση αυτή μπορεί να είναι συμβατή με άλλες εξωτερικές βάσεις δεδομένων, όπως η Microsoft Access, η Paradox, ή η Dbase. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα, που έχει αποθηκεύσει στη βάση, σε άλλα modules του προγράμματος, όπως το Geostatistics, για τη δημιουργία βαριογραμμμάτων και στοχαστικών μοντέλων.

4.1.2. Βασικά Μενού

Βασικά μενού εντολών του προγράμματος είναι τα εξής:

- Μενού File: Δημιουργία ενός αρχείου (New), αποθήκευση (Save) ή ανάκτησή του (Open). Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής αρχείων CAD (Import), όπως και εξαγωγής αρχείων ως εικόνες (Export).
- Μενού Edit: Επεξεργασία σημείων (points) ή τμημάτων (segments), ως προς την αντιγραφή τους (Copy), την μετακίνησή τους (Move) και τη διαγραφή τους (Delete). Ακόμα μπορεί να γίνει επεξεργασία των επιπέδων σχεδίασης (layers).
- Μενού Create: Δημιουργία ενός σημείου με απλό κλικ του ποντικιού (Digitise → New point at mouse location), δημιουργία αλλά και κλείσιμο ενός segment, όπως επίσης και εύρεση του μέσου ενός segment (Digitise → New midpoint).
- Μενού Inquire: Αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με την κλίση (Dip), το μήκος (Length), τη διεύθυνση (Direction), καθώς και τις συντεταγμένες των σημείων.
- Μενού Surfaces: Δημιουργία αρχείου DTM από αρχείο String (DTM file functions → Create DTM from String file) και τοποθέτηση ενός αρχείου DTM πάνω σε ένα αρχείο String (DTM file functions → Create String over a DTM). Στο μενού αυτό συμπεριλαμβάνονται και τα ακόλουθα: Volumes: Υπολογισμός διαφορών όγκου μεταξύ δυο αρχείων DTM, πριν και μετά από εξόρυξη ή απόθεση υλικού (Net Volume) και Contouring: Δημιουργία ισοϋψών γραμμών (Contour DTM file) μέσω ενός αρχείου DTM.
- Μενού Solids: Δημιουργία ενός αντικειμένου μέσω τριγωνοποίησης πάνω σε ένα segment ή μεταξύ δυο segments.
- Μενού Design: Δημιουργία βαθμίδων, με συγκεκριμένη κλίση, πλάτος και ύψος.

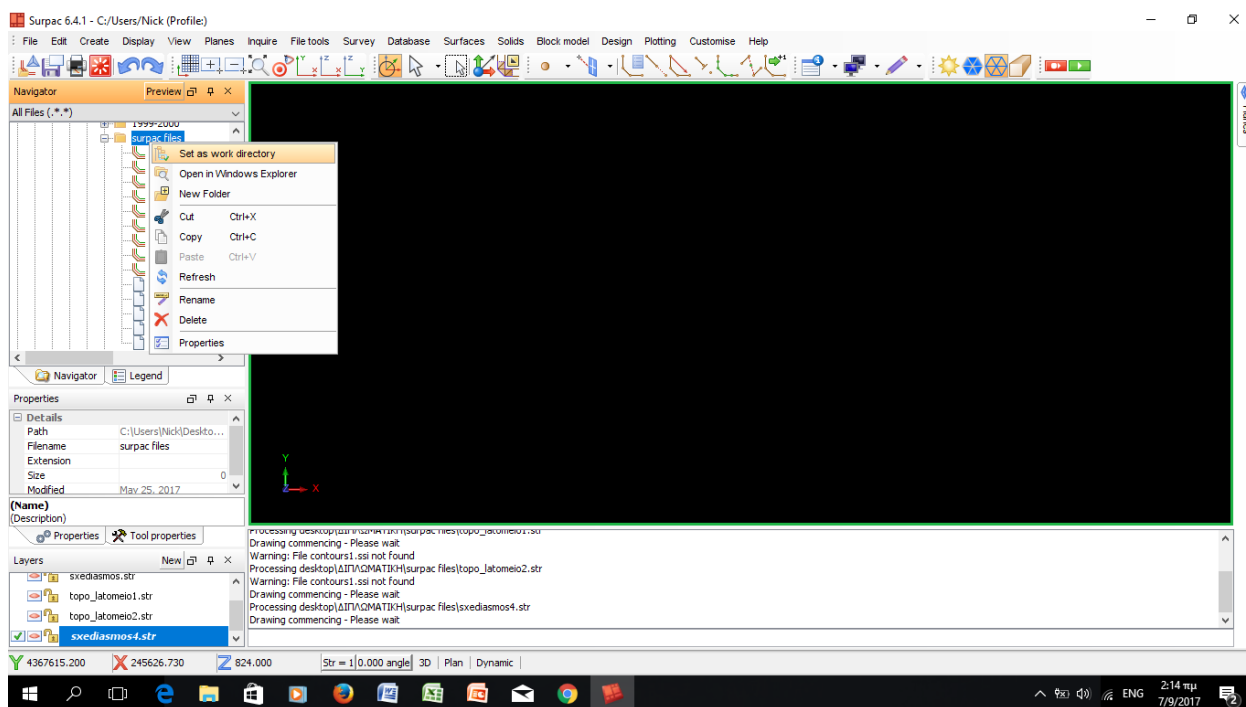


Εικόνα 4.1. Βασικά μενού Surpac

4.2. Αναλυτικά Βήματα Σχεδιασμού στο Surpac

Για να εισάγουμε ένα αρχείο στο πρόγραμμα, πηγαίνουμε στην εντολή File → Open ή σύρουμε το αρχείο που μας ενδιαφέρει από την αριστερή στήλη (Navigator), η οποία μας δείχνει όλα τα αρχεία που βρίσκονται στα αποθηκευτικά μέσα του υπολογιστή μας, στην επιφάνεια εργασίας.

Πριν ξεκινήσουμε οποιαδήποτε εργασία ορίζουμε το φάκελο εργασίας, όπου και θα αποθηκεύονται τα αρχεία μας. Από την πάνω αριστερή στήλη του παραθύρου (Navigator) εντοπίζουμε το φάκελο που θέλουμε και με δεξί κλικ του ποντικιού επιλέγουμε την εντολή Set as work directory. (Εικόνα 4.2.)



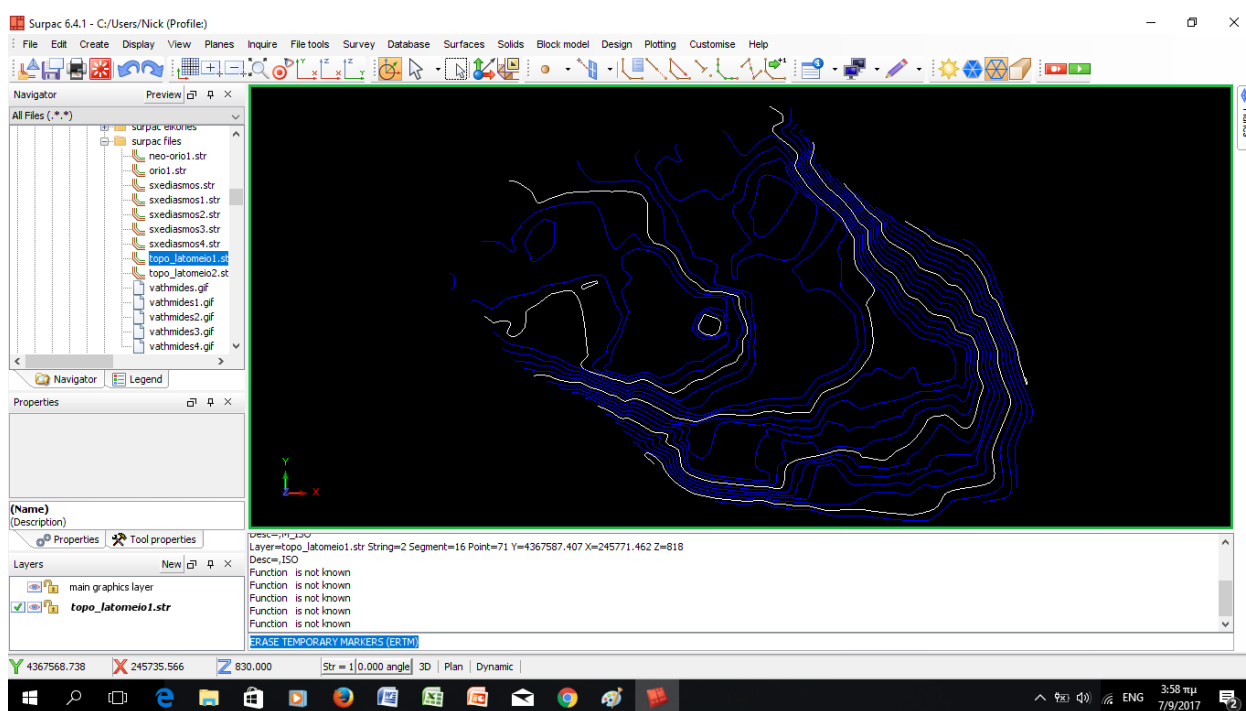
Εικόνα 4.2. Εντολή Set as work directory

4.2.1. Εισαγωγή δεδομένων

Το πρώτο βήμα για την εκκίνηση της διαδικασίας του έργου της αποκατάστασης στο χώρο του λατομείου, αποτελεί η εισαγωγή των διαθέσιμων δεδομένων στο περιβάλλον εργασίας

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»

του Surpac. Τα δεδομένα αυτά είναι το τοπογραφικό σχέδιο της περιοχής εντός των ορίων του λατομικού χώρου, το οποίο δημιουργήθηκε από πληροφορίες που αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα του Εθνικού Κτηματολογίου. Το τοπογραφικό σχέδιο του λατομείου ήταν σε μορφή αρχείου με επέκταση .dwg , δηλαδή αρχείο CAD. Στην συνέχεια το αρχείο .dwg μετατράπηκε σε αρχείο .dxf και τελικώς σε string file, δηλαδή σε αρχείο με επέκταση .str. Για λόγους διευκόλυνσης της διαδικασίας του σχεδιασμού δημιουργήθηκε με βάση το τοπογραφικό, ένα απλοποιημένο αρχικό ανάγλυφο του λατομείου, αποτελούμενο από ισοϋψείς καμπύλες ανά 2 μέτρα. (Εικόνα 4.3.)



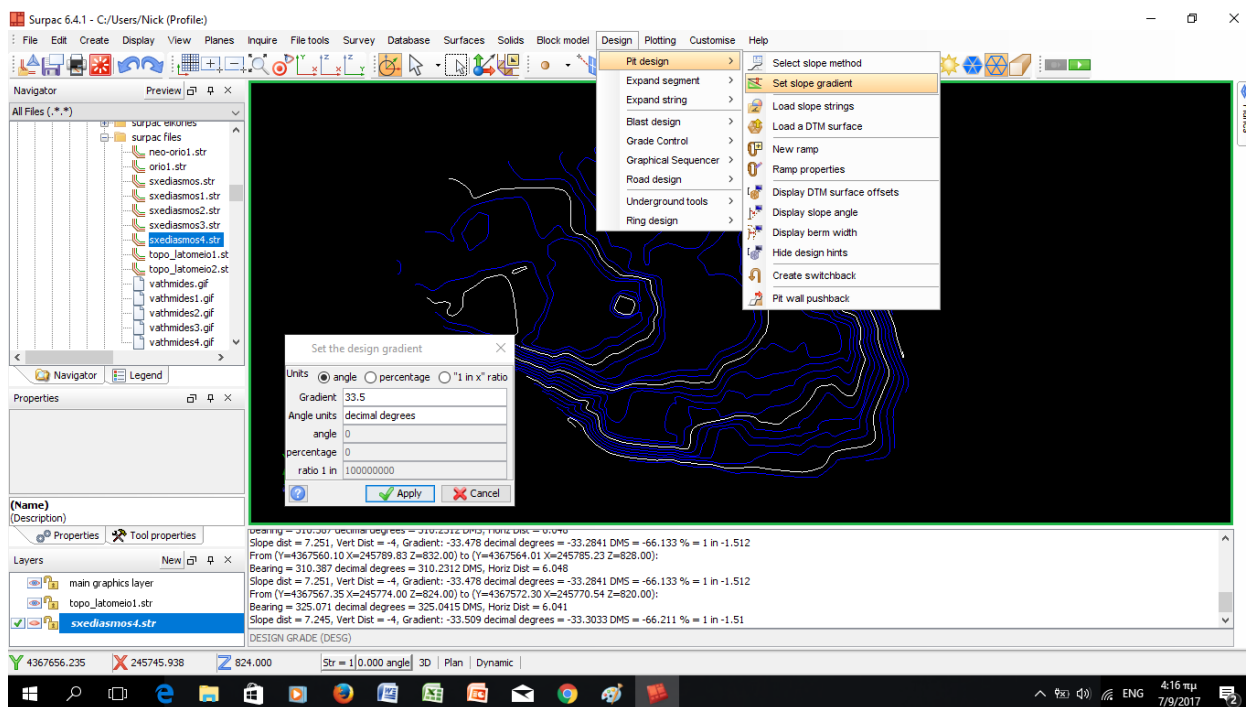
Εικόνα 4.3. Εισαγωγή τοπογραφικού αρχείου αποτελούμενο από ισοϋψείς ανά δύο μέτρα

Πάνω σε αυτό το ανάγλυφο σχεδιάστηκαν οι νέες βαθμίδες της αποκατάστασης του λατομείου οι οποίες ικανοποιούν μερικές συνθήκες, όπως το πλάτος, το ύψος και την κλίση.

4.2.2. Ορισμός κλίσεων των πρανών

Για να οριστεί η κλίση των βαθμίδων χρησιμοποιούμε την παρακάτω εντολή:

Design → Pit design → Set slope gradient (Εικόνα 4.4.)



Εικόνα 4.4. Εντολή ορισμού κλίσης βαθμίδων

Η κλίση των πρανών των βαθμίδων ορίστηκε στις 33.5°, ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα, λαμβάνοντας υπόψη και τη σαθρότητα του εδάφους με τη βοήθεια του πίνακα 4.1. Σύμφωνα με τον πίνακα κατά την περίπτωση A (κατά γενικό κανόνα και εφόσον το επιτρέπει το έδαφος) και για ύψος επιχώματος πάνω από τρία μέτρα (στην περίπτωσή μας τέσσερα μέτρα), η συνιστώμενη κλίση του πρανούς θα πρέπει να είναι 1:1,5.

Πίνακας 4.1. Συνιστώμενες κλίσεις Πρανών, Επιχωμάτων κατά ΠΤΠ XI (<http://users.ntua.gr/mgsakel/Slopes-Embank&Cuts.html>)

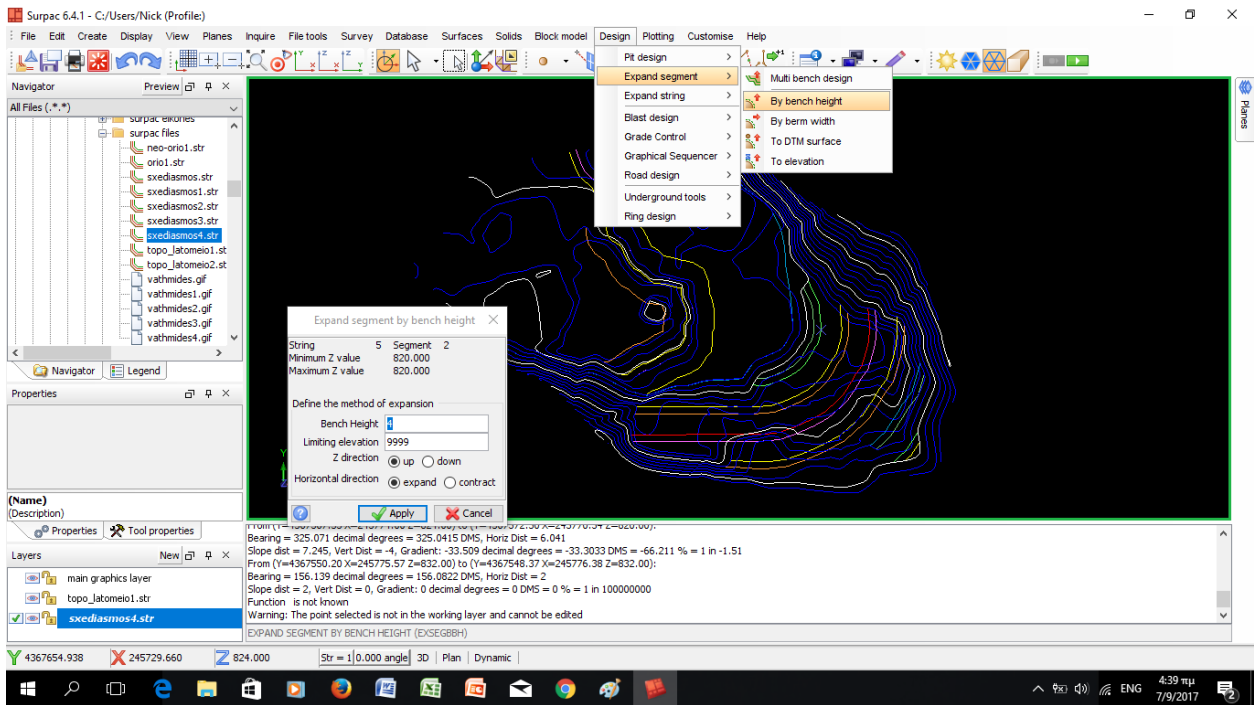
	Κλίσεις πρανών επιχωμάτων (υ:β)	
Περίπτωση	Ύψος πρανού επιχώματος υ σε μέτρα	Κλίση πρανού (υ:β)
Α. Κατά γενικό κανόνα, εφόσον το επιτρέπει το έδαφος.	Έως 1.5	1:3
	1,5 έως 3	1:2
	Πλέον των 3	1:1,5 (2:3)
Β. Βραχώδη προϊόντα μορφούμενα με το χέρι		1:1
Γ. Σε περίπτωση κινδύνου διάβρωσης		1:3

4.2.3. Σχεδίαση διαστάσεων βαθμίδων

Προκειμένου να διαμορφωθούν οι βαθμίδες, εκτός από την κλίση τους θα πρέπει να οριστούν και οι διαστάσεις τους, δηλαδή το ύψος και το πλάτος τους. Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω του ιδιαίτερου ανάγλυφου του λατομικού χώρου, το οποίο χαρακτηρίζεται από το ακανόνιστο σχήμα του και τις μεγάλες υψομετρικές διαφορές, οι βαθμίδες σχεδιάστηκαν με πλάτος 2 και ύψος 4 μέτρα. Για να οριστεί το επιθυμητό ύψος της βαθμίδας κάθε φορά που σχεδιάζουμε καθ' ύψος χρησιμοποιούμε την εντολή:

Design → Expand segment → By bench height (Εικόνα 4.5.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»

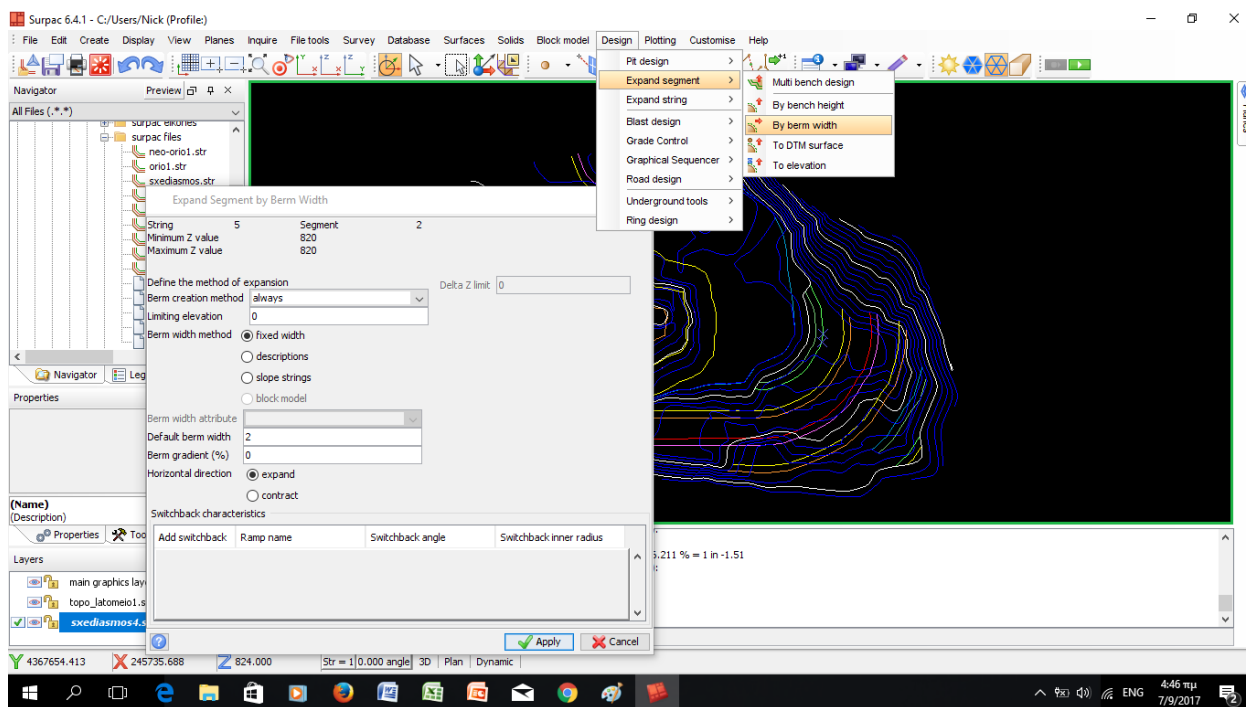


Εικόνα 4.5. Εντολή ορισμού επιθυμητού ύψους βαθμίδων

Στο αναδυόμενο παράθυρο διαλόγου εισάγουμε τα κατάλληλα δεδομένα, δηλαδή 4 μέτρα και στην συνέχεια ορίζουμε το πλάτος της βαθμίδα 2 μέτρα, κάθε φορά με την εντολή:

Design → Expand segment → By berm width (Εικόνα 4.6.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



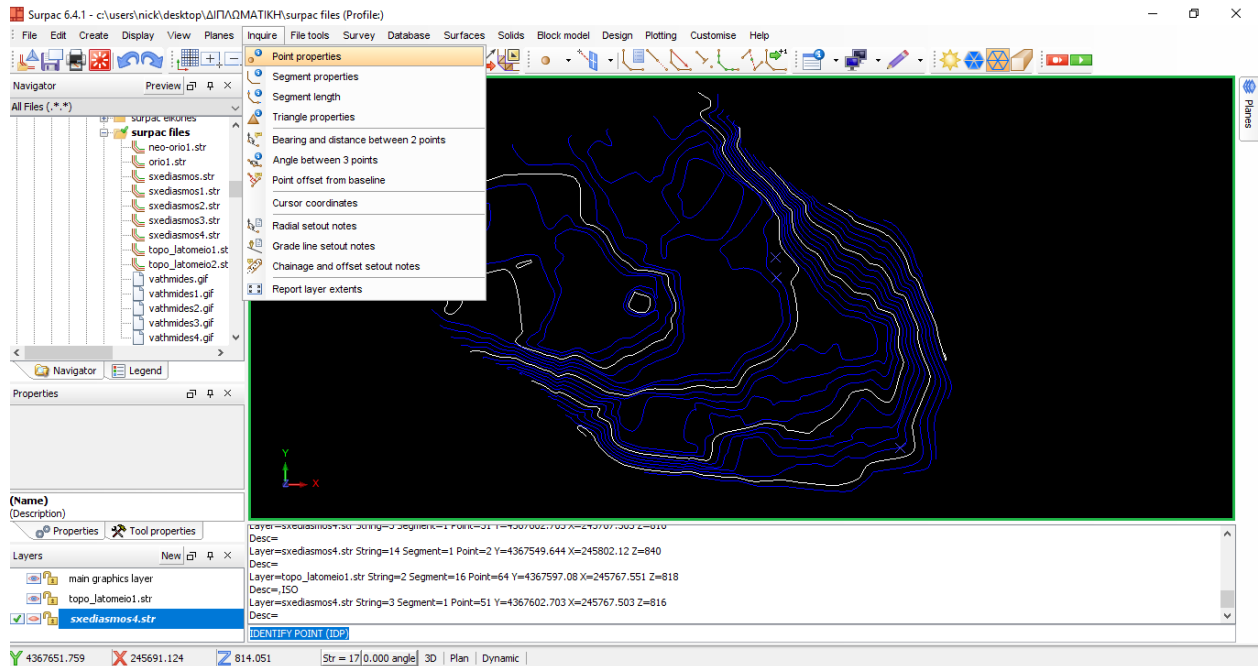
Εικόνα 4.6. Εντολή ορισμού επιθυμητού πλάτους βαθμίδων

Όσον αφορά το σχεδιασμό των βαθμίδων, ως σημείο εκκίνησης θεωρήθηκε η ισοϋψής με υψόμετρο 816, η οποία ουσιαστικά ορίζει και την κεντρική πλατεία του λατομείου. Από το υψόμετρο αυτό μέχρι και το υψόμετρο 840 κατασκευάστηκαν βαθμίδες με κλίση πρανών, όπως αναφέρθηκε και πριν, 33.5° , ύψους τεσσάρων μέτρων και πλάτους δύο μέτρων.

4.2.4. Σχεδίαση βαθμίδων

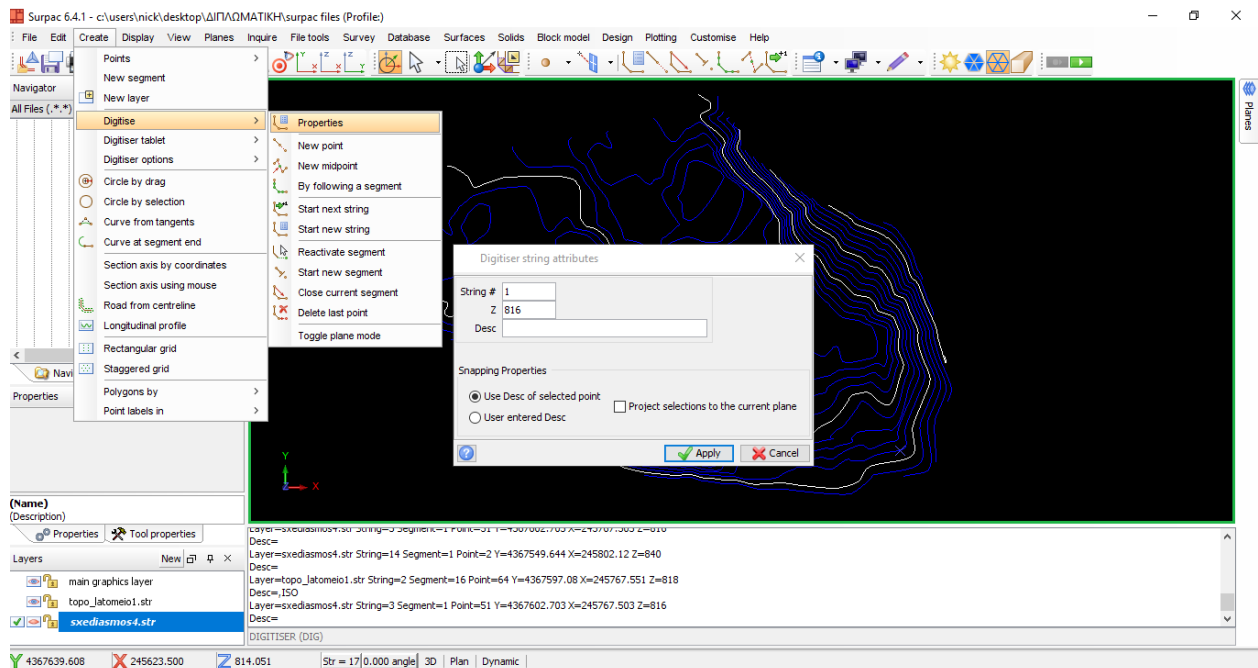
Για την σχεδίαση της πρώτης βαθμίδας, πρώτα ελέγχθηκε σε τι υψόμετρο θέλουμε να την σχεδιάσουμε, χρησιμοποιώντας την εντολή: Inquire → Point properties. Στη συνέχεια κάνοντας κλικ πάνω στο string από το οποίο ξεκινάει η σχεδίαση, το πρόγραμμα μας δίνει τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε. (Εικόνα 4.7.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



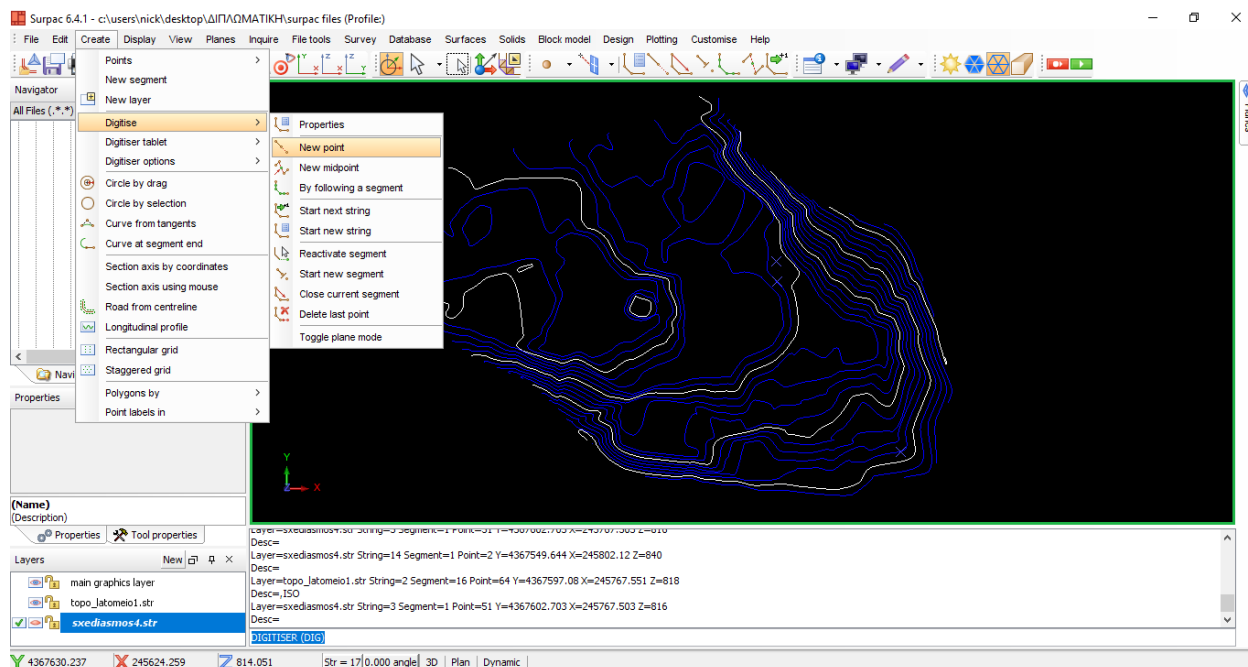
Εικόνα 4.7. Εντολή ορισμού αρχικού υψομέτρου για τον σχεδιασμό της πρώτης βαθμίδας

Ακολούθως χρησιμοποιήθηκε η εντολή: Create → Digitize → Properties για να οριστούν ο αριθμός του string που επιθυμούμε(χρώμα) και το υψόμετρο, του υπό σχεδίαση segment.



Εικόνα 4.8. Εντολή ορισμού αριθμού του string και υψομέτρου του υπό σχεδίαση segment

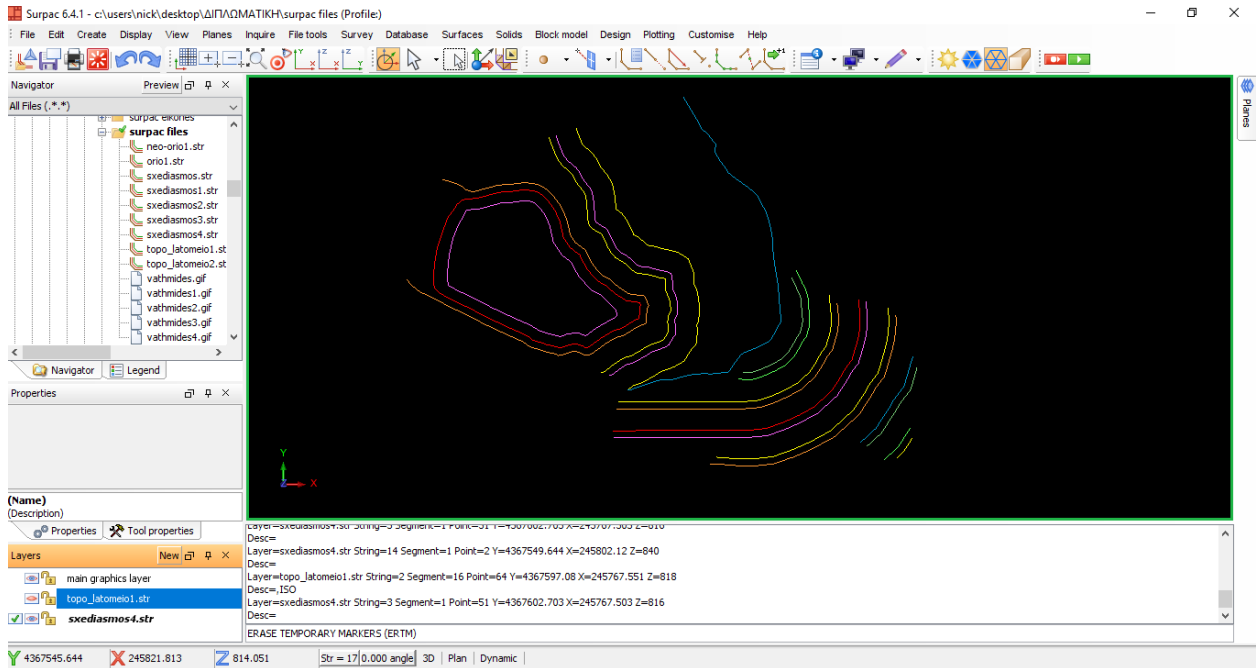
Τέλος για να ξεκινήσει η σχεδίαση χρησιμοποιήθηκε η εντολή: Create → Digitize → New point (Εικόνα 4.9.)



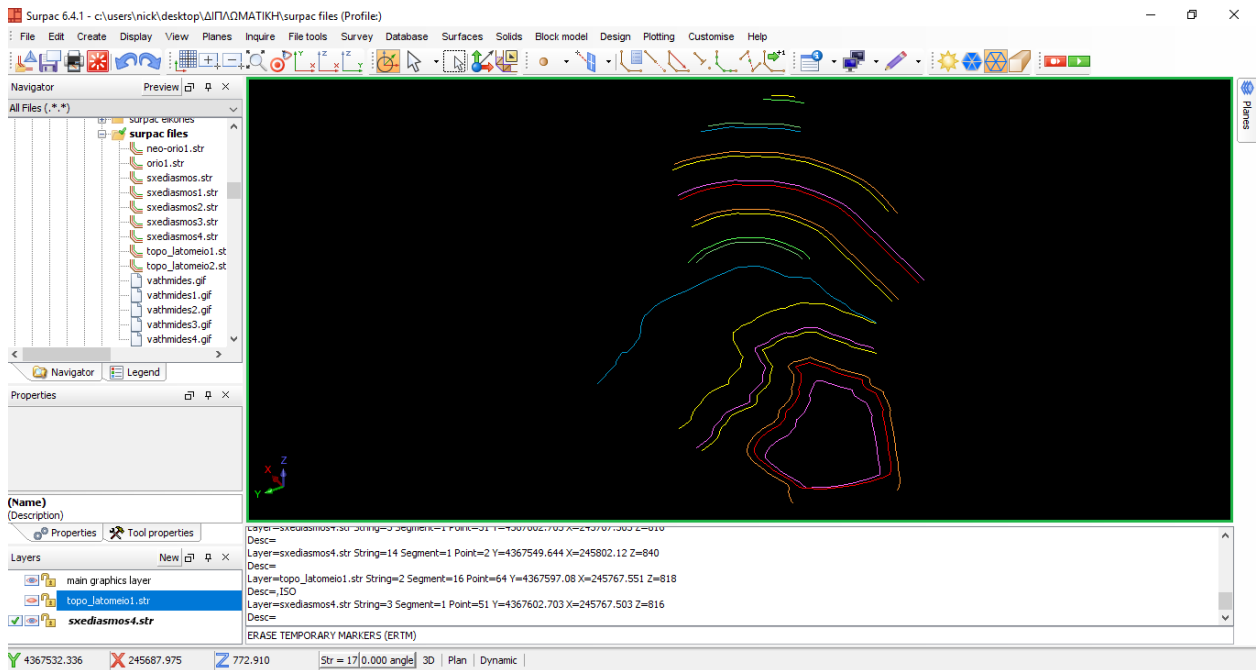
Εικόνα 4.9. Εντολή έναρξης σχεδιασμού

Συνολικά σχεδιάστηκαν 8 βαθμίδες. Από το μέγιστο υψόμετρο μέχρι το υψόμετρο της πλατείας σχεδιάστηκαν 6 και χαμηλότερα σχεδιάστηκαν άλλες 2. Το χαμηλότερο σημείο που σχεδιάστηκε βρίσκεται 2 μέτρα χαμηλότερα από την τελευταία βαθμίδα και ουσιαστικά είναι ο πυθμένας μίας μικρής λιμνοδεξαμενής με βάθος 2 μέτρα η οποία θα συγκεντρώνει βρόχινα ύδατα και θα εξυπηρετεί τις ανάγκες του αποκατεστημένου λατομείου σε νερό για πότισμα των δενδρυλλίων που θα φυτευτούν. Η τελική μορφή των βαθμίδων φαίνεται στις παρακάτω εικόνες:

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



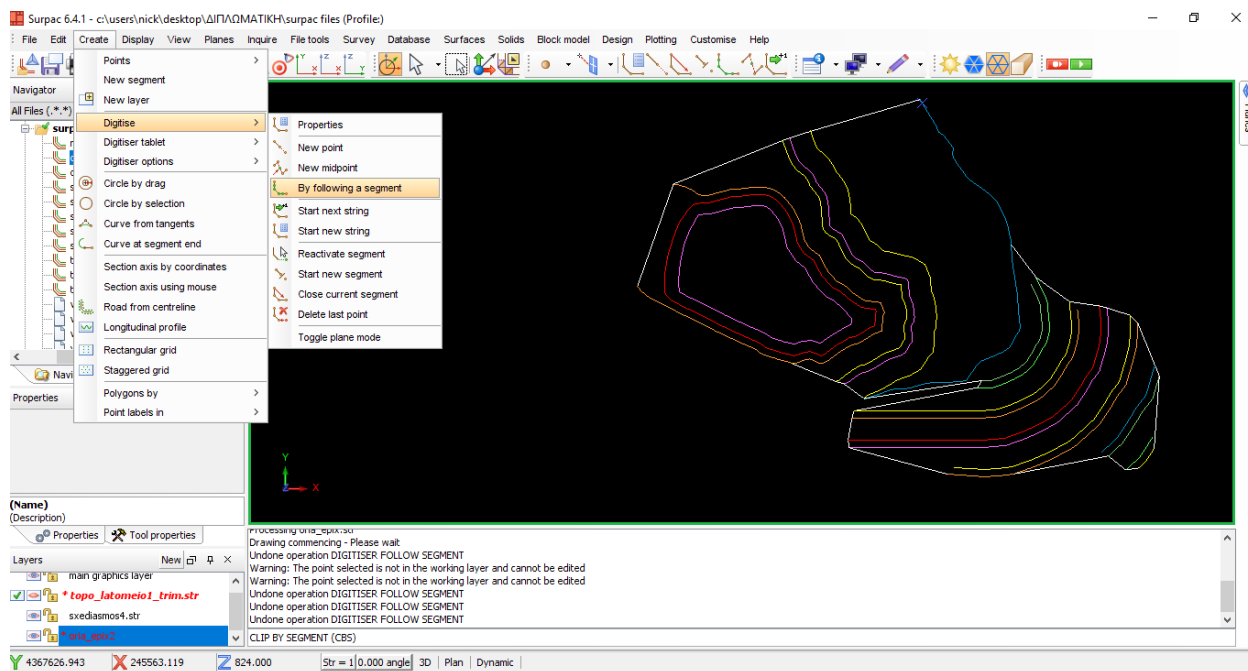
Εικόνα 4.10. Κάτοψη (Plan View) τελικής μορφής βαθμίδων



Εικόνα 4.11. Γενική άποψη τελικής μορφής βαθμίδων

4.2.5. Υπολογισμός του όγκου των επιχωματώσεων και των εκσκαφών

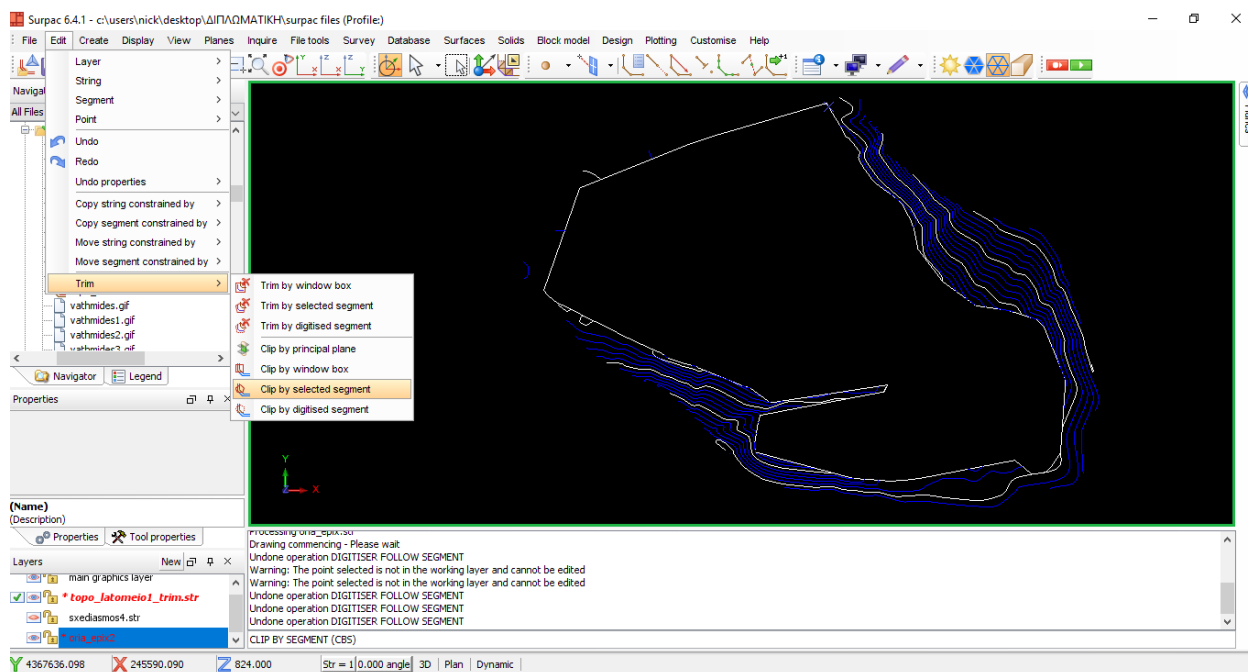
Αρχικά, με την βοήθεια της εντολής: Create → Digitize → By following a segment , σχεδιάστηκε ένα όριο περιμετρικά του σχεδιασμού των τελικών βαθμίδων. (Εικόνα 4.12.)



Εικόνα 4.12. Εντολή σχεδιασμού ορίου περιμετρικά των τελικών βαθμίδων

Στην συνέχεια για να «κόψουμε» από το string file του αρχικού τοπογραφικού, το χώρο της επέμβασης, χρησιμοποιήθηκε η εντολή: Edit → Trim → Clip by selected segment και επιλέγοντας το όριο που σχεδιάστηκε προηγουμένως διαγράφηκαν οι υψομετρικές καμπύλες που εμπεριείχε στο εσωτερικό του. (Εικόνα 4.13.)

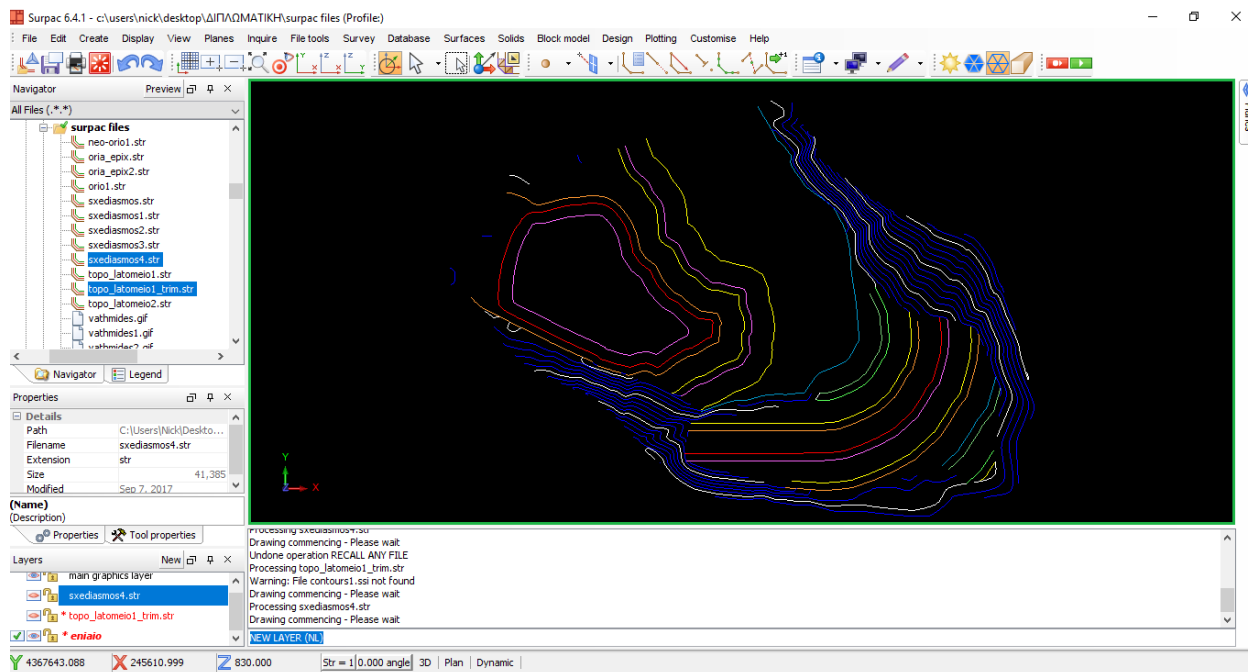
«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



Εικόνα 4.13. Εντολή “κοψίματος” ισοψών αρχικού τοπογραφικού

Ακολούθως επιλέγοντας από το Navigator, με το πλήκτρο Ctrl πατημένο, το αρχείο του σχεδιασμού των βαθμίδων και το «κομμένο» τοπογραφικό, δημιουργήθηκε ένα καινούργιο ενιαίο αρχείο, το οποίο απεικονίζει ουσιαστικά την τελική μορφή που θα πάρει ο χώρος μετά την προτεινόμενη επέμβαση. (Εικόνα 4.14.)

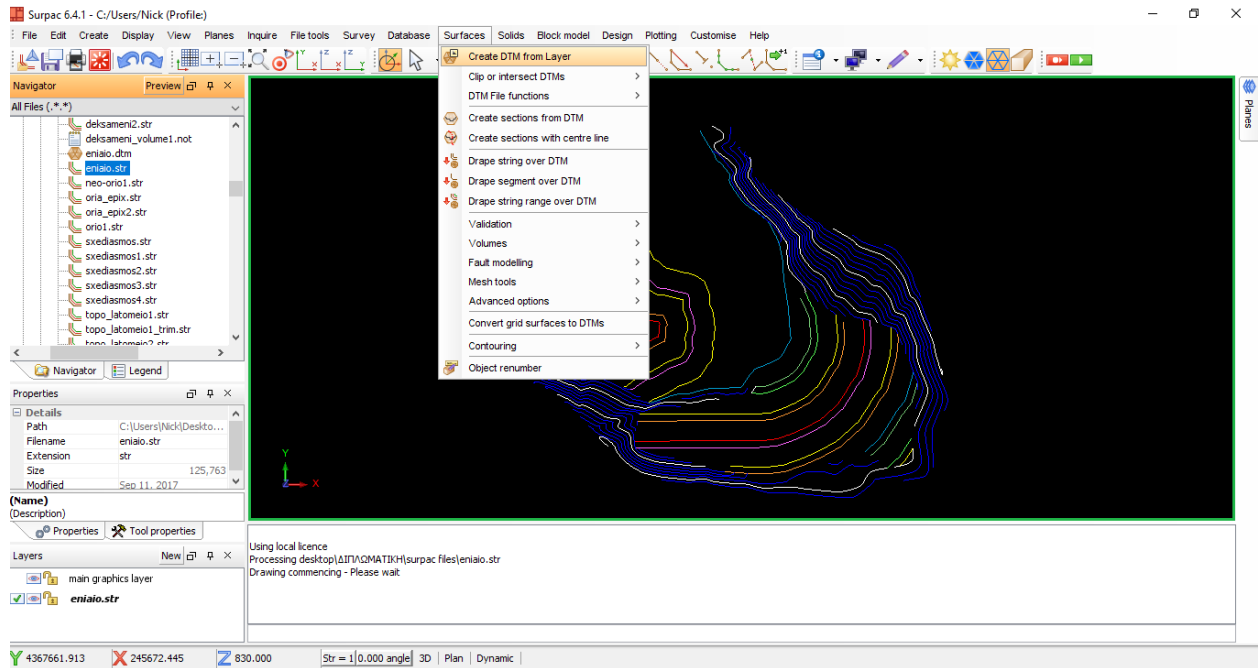
«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



Εικόνα 4.14. Δημιουργία τελικού τοπογραφικού χώρου επέμβασης

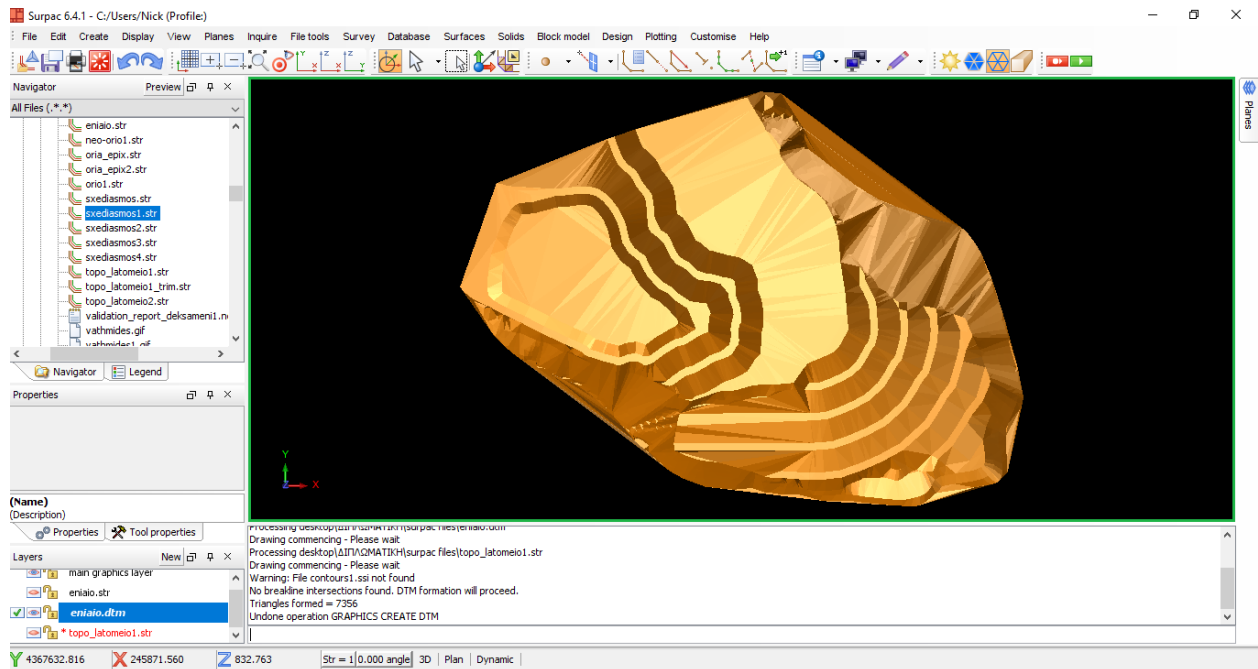
Για να υπολογιστεί ο όγκος των συνολικών επιχωματώσεων και των εκσκαφών δημιουργήθηκε με βάση το ενιαίο αυτό αρχείο ένα τρισδιάστατο αρχείο DTM, χρησιμοποιώντας το DTM Tools module, με την εντολή: Surfaces → Create DTM from layer. (Εικόνα 4.15.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



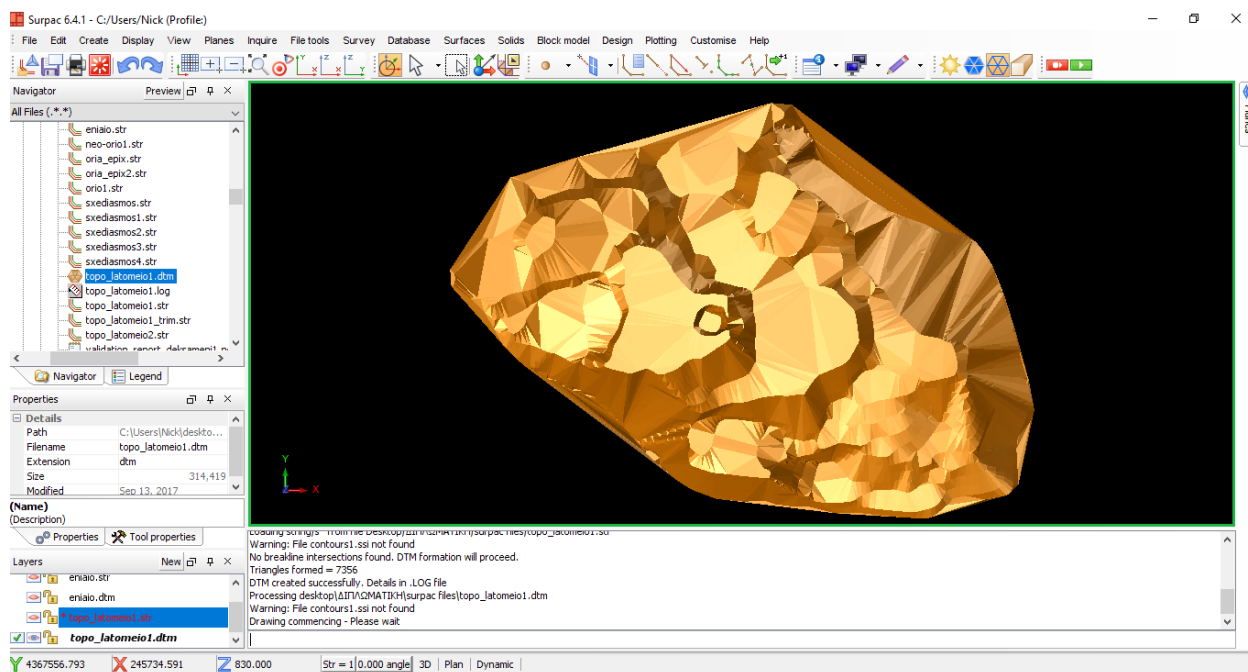
Εικόνα 4.15. Εντολή δημιουργίας αρχείου DTM

Το ίδιο έγινε και για το αρχείο του αρχικού τοπογραφικού. Τα αρχεία DTM που δημιουργήθηκαν είναι τα παρακάτω:



Εικόνα 4.16. Τρισδιάστατο αρχείο τελικού τοπογραφικού

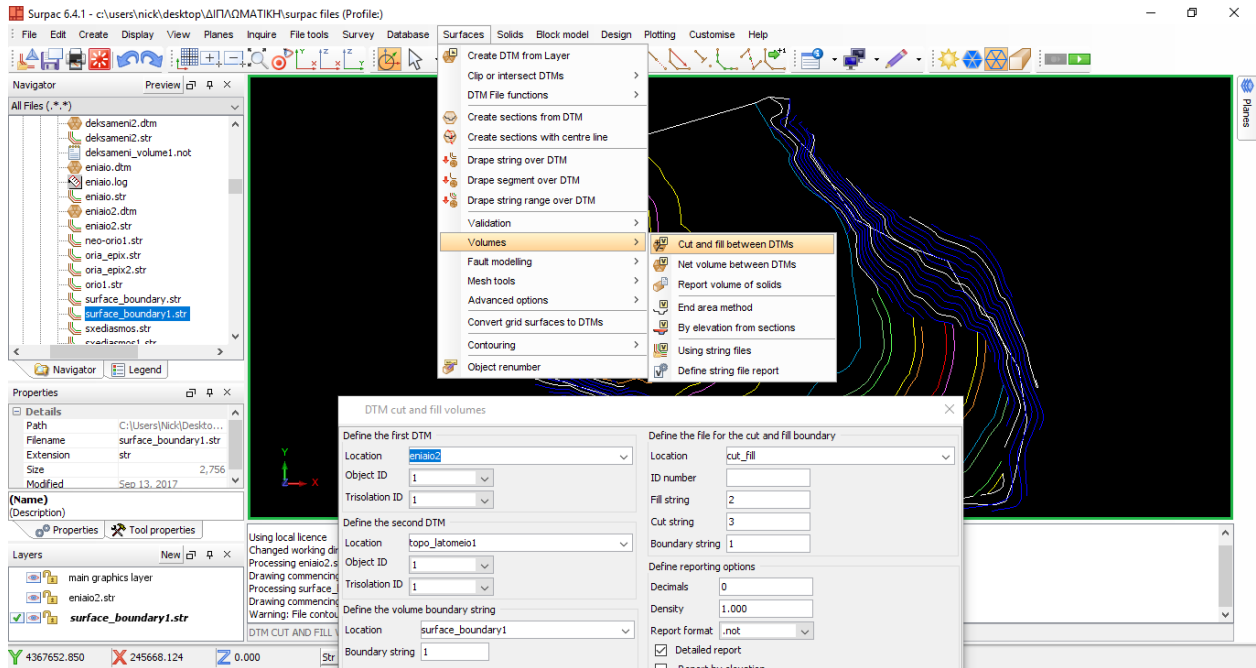
«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



Εικόνα 4.17. Τρισδιάστατο αρχείο αρχικού τοπογραφικού

Τέλος, αφού πρώτα σχεδιάστηκε ένα όριο γύρω από το χώρο επέμβασης στο λατομείο (απαραίτητο για την εκτέλεση της επόμενης εντολής), χρησιμοποιήθηκε η εντολή: Surfaces → Volumes → Cut and fill between DTMs. Στο αναδυόμενο παράθυρο εισήχθησαν τα δύο αρχεία DTMs (αρχικό τοπογραφικό και τελικό ανάγλυφο) και το όριο που σχεδιάστηκε. (Εικόνα 4.18.)

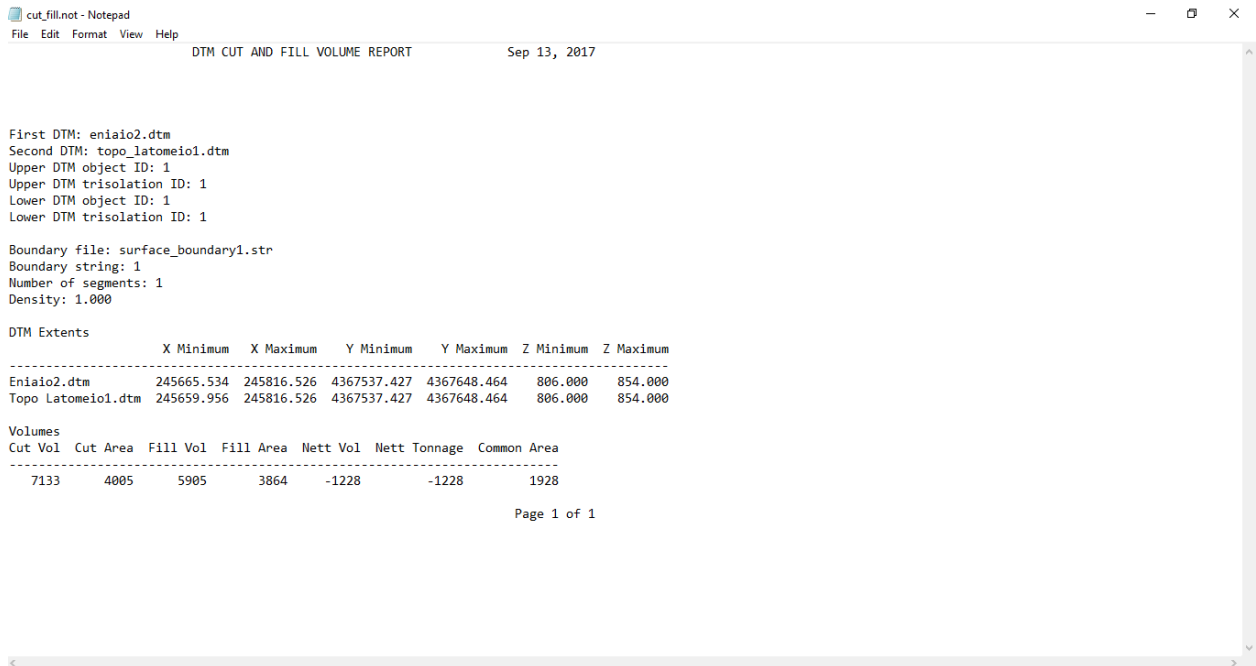
«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



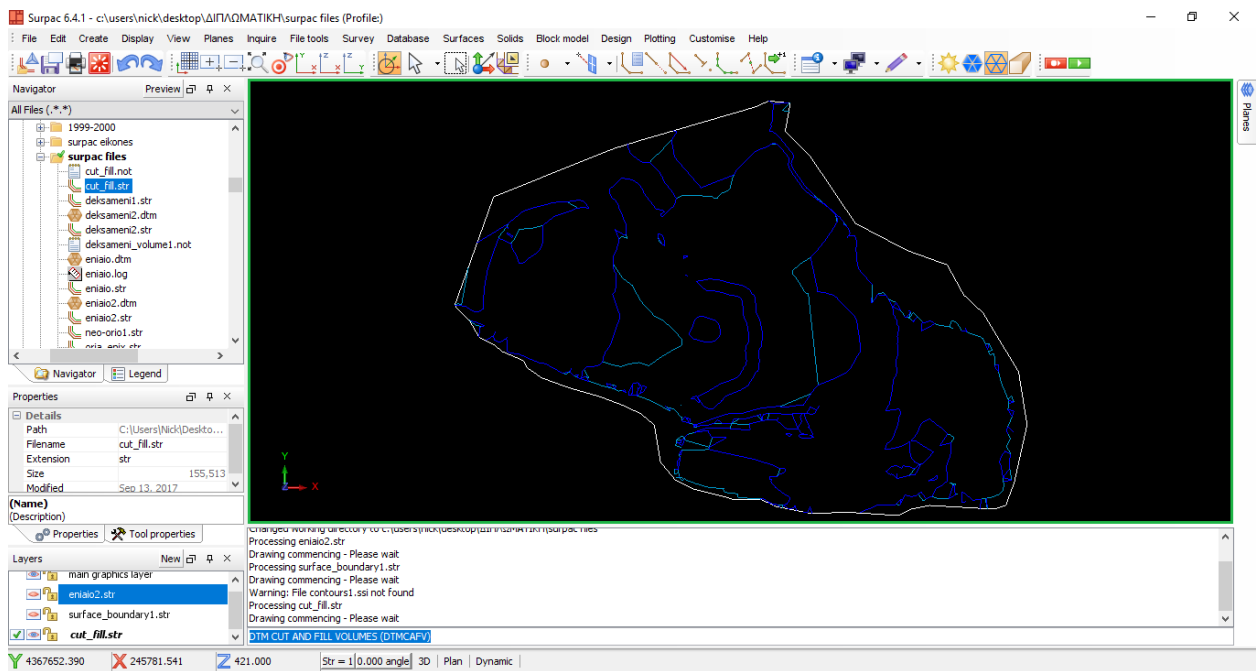
Εικόνα 4.18. Εντολή υπολογισμού όγκων που προκύπτουν από την διαφορά των δύο DTMs

Η εκτέλεση της εντολής δίνει ένα αρχείο .not στο οποίο εμπεριέχονται οι λεπτομέρειες της ογκομέτρησης και ένα αρχείο .str (string file) στο οποίο φαίνονται οι περιοχές στις οποίες θα χρειαστεί να γίνουν οι εκσκαφές και οι επιχωματώσεις. (Εικόνες 4.19. και 4.20.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



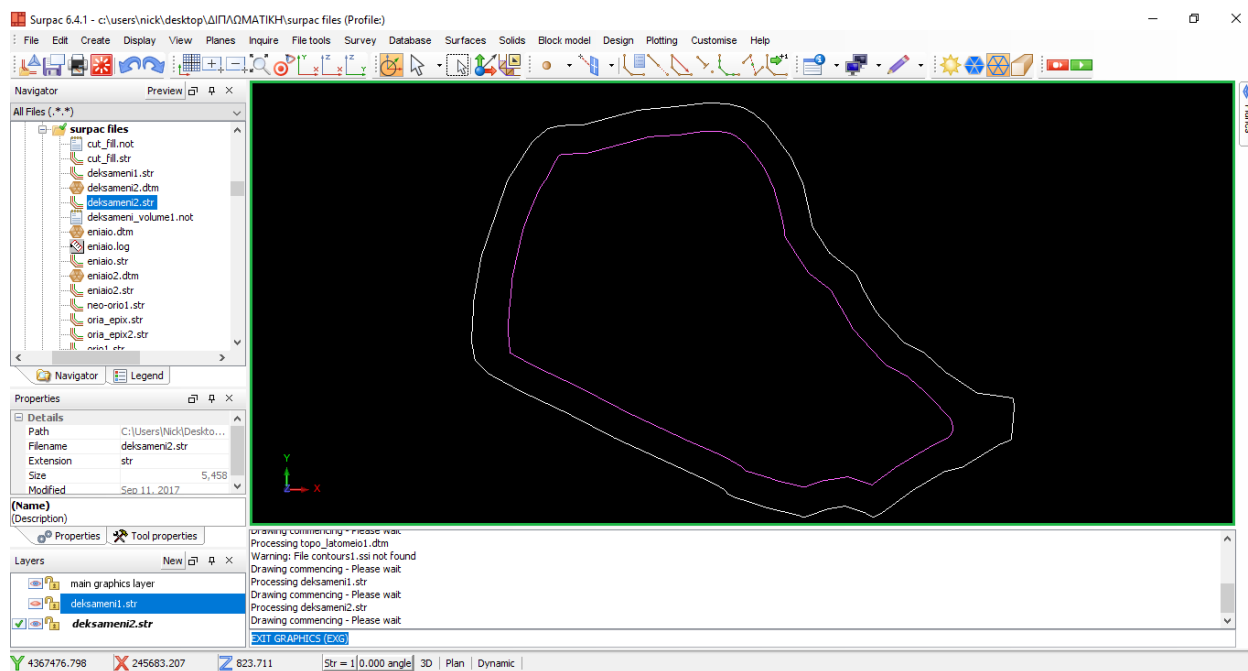
Εικόνα 4.19. Αρχείο υπολογισμού εκσκαφών – επιχωματώσεων



Εικόνα 4.20. Απεικόνιση των εκσκαφών και των επιχωματώσεων

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»

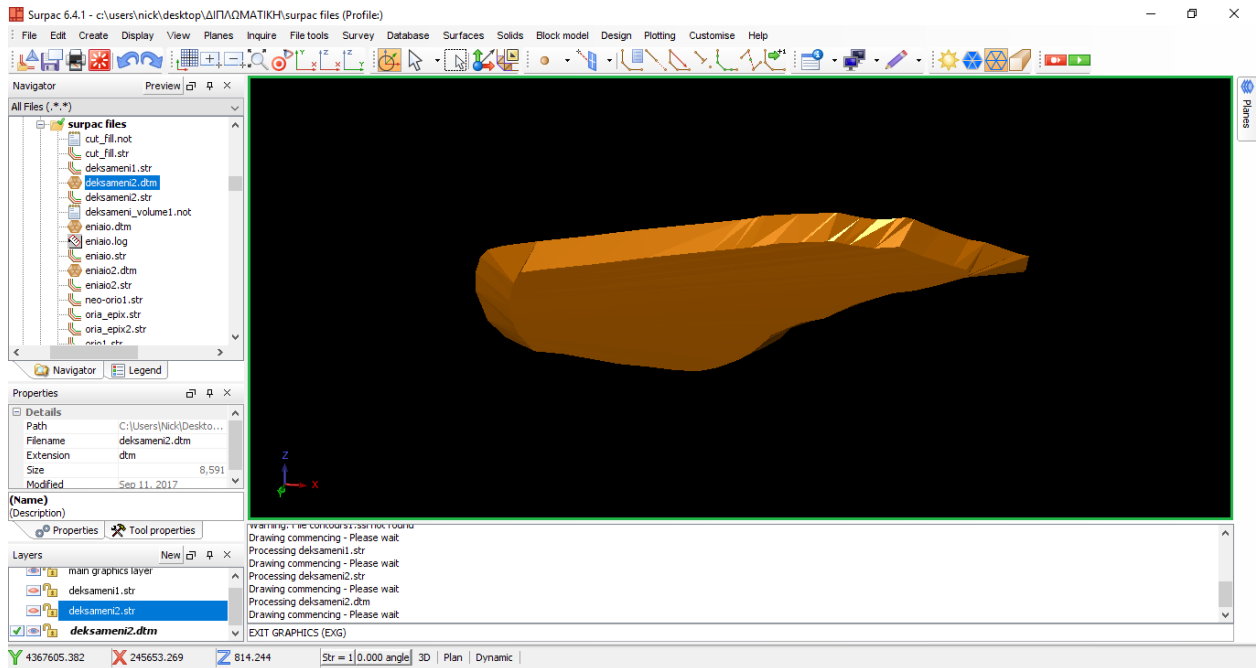
Ακόμα υπολογίστηκε ο όγκος του νερού της δεξαμενής η οποία σχεδιάστηκε στο χαμηλότερο σημείο του λατομείου, για να καλύπτει της ανάγκες της αποκατάστασης σε νερό, συλλέγοντας βρόχινα ύδατα. Αρχικά απομονώθηκε το sting file της δεξαμενής.(Εικόνα 4.21.)



Εικόνα 4.21. Ισοΰψεις λιμνοδεξαμενής

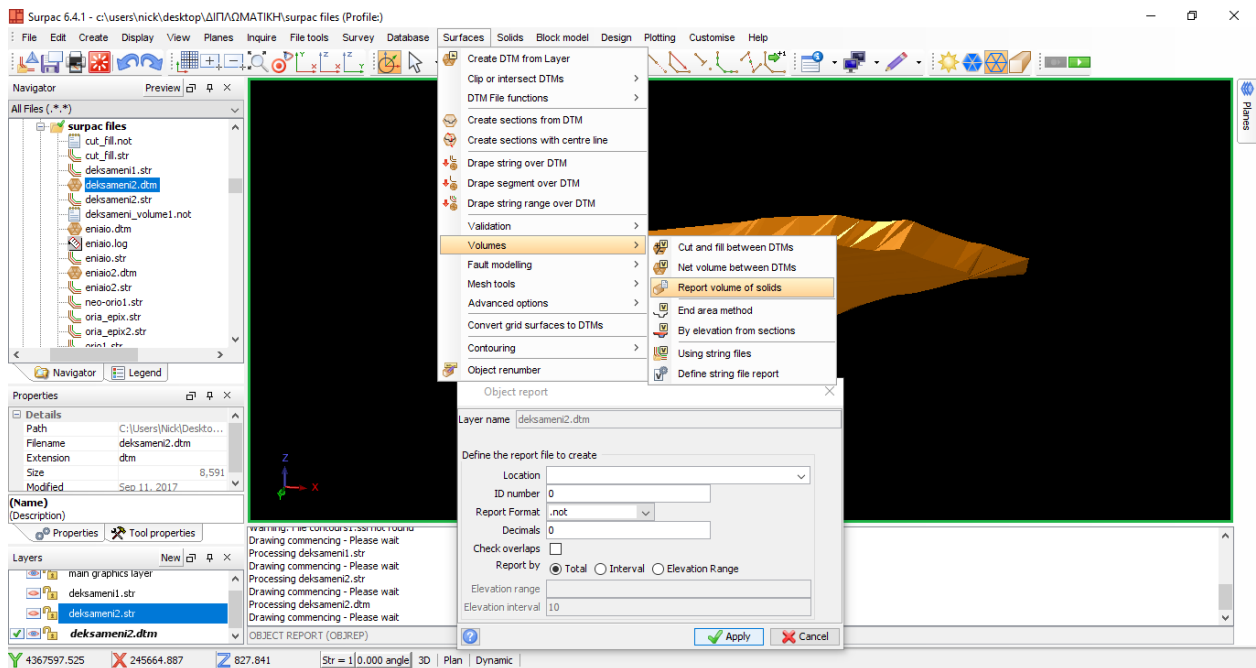
Στην συνέχεια, όπως και προηγουμένως, δημιουργήθηκε το αντίστοιχο DTM αρχείο (αυτή τη φορά κλειστό) (Εικόνα 4.22.)

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



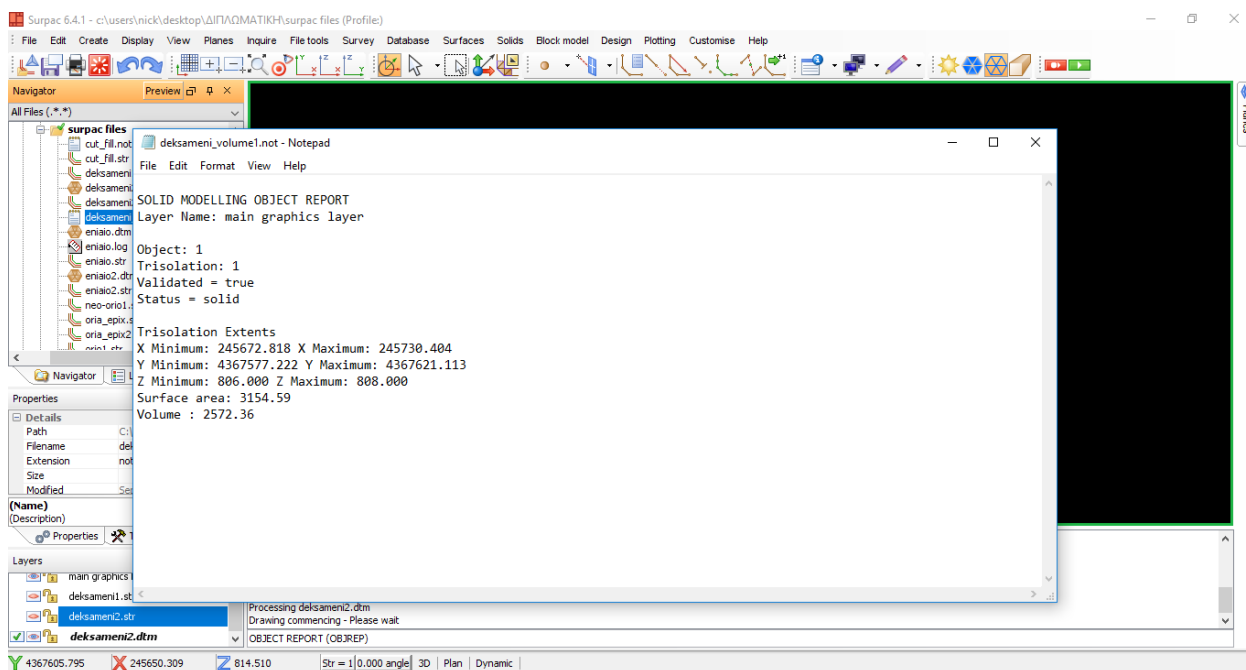
Εικόνα 4.22. DTM αρχείο λιμνοδεξαμενής

Και με την βοήθεια της εντολής: Surfaces → Volumes → Report volume of solids εισάγοντας στο αναδυόμενο παράθυρο το DTM υπολογίστηκε ο όγκος της δεξαμενής.



Εικόνα 4.23. Εντολή υπολογισμού όγκου λιμνοδεξαμενής

«Περιβαλλοντική Αποκατάσταση Ανενεργού Λατομείου στη θέση Τζούμα του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων»



Εικόνα 4.24. Αρχείο υπολογισμού όγκου λιμνοδεξαμενής

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης, προέκυψε ότι ο συνολικός όγκος των εκσκαφών ανέρχεται σε 7.133 κυβικά μέτρα και ο συνολικός όγκος των επιχωματώσεων σε 5.905 κυβικά μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι από τα 7.133 κυβικά μέτρα των εκσκαφών τα 5.905 θα χρησιμοποιηθούν για τις απαιτούμενες επιχωματώσεις και θα περισσέψουν 1.228 κυβικά μέτρα αδρανών υλικών τα οποία θα πρέπει ή να απομακρυνθούν από τον χώρο ή να απλωθούν ομοιόμορφα στην κεντρική πλατεία του λατομείου. Προτείνεται η χρησιμοποίηση μέρους αυτών σε εργασίες οι οποίες ίσως χρειαστεί να γίνουν στον χώρο περιμετρικά του λατομείου. Τέλος ο όγκος της λιμνοδεξαμενής ανέρχεται σε 2.572,36 κυβικά μέτρα. (Εικόνα 4.24.)

Πίνακας 4.2. Όγκοι εκσκαφών – επιχωματώσεων

	Όγκος m³
Εκσκαφές	7.133
Επιχωματώσεις	5.905
Περίσσεια σε αδρανή υλικά	1.228
Λιμνοδεξαμενή	2.572,36

5. ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΕΡΓΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για τον υπολογισμό του κόστους των έργων αποκατάστασης χρησιμοποιήθηκαν, όπως απαιτείται, στοιχεία του Κανονισμού Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών όπως εφαρμόζεται από τις αναθέτουσες αρχές κατά τη διαδικασία ανάθεσης δημοσίων συμβάσεων έργων σύμφωνα με το **N. 4412/2016 (Φ.Ε.Κ. 147 Α / 8-8-2016)**.

5.1. Απαραίτητες προμετρήσεις και πίνακας τιμών

Αρχικά με τη βοήθεια του σχεδιαστικού εργαλείου Surpac πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες προμετρήσεις:

Πίνακας 5.1. Απαραίτητες μετρήσεις στο Surpac πριν τον υπολογισμό του κόστους

<u>Συνολική έκταση(εμβαδόν σε m²) προς αποκατάσταση(δεντροφύτευση):</u>
6.312 m ²
<u>Έκταση φύτευσης μαύρης πεύκης (βαθμίδες, πλατεία):</u>
2.985 m ²
<u>Έκταση φύτευσης θάμνου δρυός (πρανή βαθμίδων):</u>
3.327 m ²
<u>Συνολικός αριθμός δενδρυλλίων μαύρης πεύκης:</u>
1.102
<u>Συνολικός αριθμός θάμνων δρυός:</u>
932
<u>Συνολικός αριθμός λάκκων:</u>
2.034

Στη συνέχεια για τον υπολογισμό του κόστους δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 5.2. Υπολογισμός του κόστους στις επιμέρους εργασίες

Εργασία	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Τελικό Κόστος
Εκσκαφές	7.133 m ³	0,70 €/m ³	4.993,10 €
Επιχωματώσεις	5.905 m ³	1,05 €/m ³	6.200,25 €
Απομάκρυνση Εναπομεινασών Εκσκαφών	1.228 m ³	1.20 €/m ³	1.473,60 €
Αγορά Δέντρων κατηγορίας Δ1	1.102 δέντρα	3,50 €/δέντρο	3.857 €
Αγορά Θάμνων κατηγορίας Θ1	932 θάμνοι	2,30 €/θάμνο	2.143,6 €
Γενική μόρφωση επιφάνειας εδάφους	6,312 στρέμματα	105,00 €/στρέμμα	662,76 €
Ενσωμάτωση βελτιωτικών εδάφους	631,2 m ³	5,00 €/m ³	3.156 €
Άνοιγμα λάκκων	2.034 λάκκοι	0,75 €/λάκκο	1.525,5 €
Φύτευση	2.034 φυτά	1,10 €/φυτό	2.237,4 €
Σχηματισμός λεκανών άρδευσης	2.034 λάκκοι	0,35 €/λάκκο	711,9 €
Λίπανση	2.034 φυτά	0,05 €/φυτό	203,4 €
Βοτάνισμα	6,312 στρέμματα	90,00 €/στρέμμα	1.136,16 €
Άρδευση με βυτίο	2.034 φυτά	0,0625 €/φυτό	762,75 €
Σύνολο			29.063,42 €

5.2. Ανάλυση κόστους στις επιμέρους εργασίες

Παρακάτω αναλύεται ο υπολογισμός του κόστους των επιμέρους βασικών εργασιών και υλικών που προσμετρήθηκαν για την εξαγωγή της εκτίμησης του προϋπολογισμού του έργου.

5.2.1. Κόστος εκσκαφών και επιχωματώσεων

Το κόστος των εκσκαφών σε εδάφη γαιώδη – ημιβραχώδη, βάσει των τιμολογίων των Έργων Οδοποιίας, ανέρχεται σε 0,70 €/m³ για έργα μικρότερα από 1,5 εκ. Οι όγκοι των εκσκαφών της προτεινόμενης διαμόρφωσης υπολογίστηκαν, βάσει του σχεδιασμού, σε 7.133 m³. Συνεπώς, το κόστος των εκσκαφών εκτιμάται σε: 7.133 m³ x 0,70 €/m³ = 4.993,10 €. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε ότι στη συγκεκριμένη τιμή περιλαμβάνονται επίσης:

- η προσέγγιση μηχανημάτων και μεταφορικών μέσων, η εκσκαφή με οποιοδήποτε μέσο και υπό οποιοσδήποτε συνθήκες,
- η αποστράγγιση των υδάτων, η μόρφωση των παρειών, των πρανών και του πυθμένα της σκάφης και ο σχηματισμός των αναβαθμών,
- η διαλογή, φύλαξη, φορτοεκφόρτωση σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο και η μεταφορά των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση για τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων στο έργο (π.χ. κατασκευή επιχωμάτων) ή για απόρριψη των ακατάλληλων ή πλεοναζόντων σε επιτρεπόμενες τελικές ή προσωρινές θέσεις,
- η εναπόθεση σε τελικές ή ενδιάμεσες θέσεις, η επαναφόρτωση από τις θέσεις των προσωρινών αποθέσεων και η εκφόρτωση σε τελικές θέσεις, καθώς και η διάστρωση και διαμόρφωση των χώρων απόθεσης σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους,
- η αντιστήριξη των πρανών εκσκαφής όπου τυχόν αυτή απαιτείται, καθώς και η εκθάμνωση, κοπή, εκρίζωση και απομάκρυνση δένδρων, ανεξαρτήτως περιμέτρου κορμού, σε οποιαδήποτε απόσταση,
- η αντιμετώπιση πάσης φύσεως δυσχερειών που προκύπτουν από τη σύγχρονη κυκλοφορία, όπως περιορισμένα μέτωπα και όγκοι εκσκαφών κλπ,
- οι πάσης φύσεως σταλίες του μηχανικού εξοπλισμού και των μεταφορικών μέσων.

Αντίστοιχα, η κατασκευή των επιχωμάτων από υλικά που έχουν προσκομισθεί επί τόπου κοστολογείται σε 1,05€/m³. Ο όγκος των επιχωματώσεων υπολογίστηκε ότι ανέρχεται σε 5.905m³. Άρα το κόστος της κατασκευής των επιχωματώσεων εκτιμήθηκε:

$$5.905\text{m}^3 \times 1,05\text{€/m}^3 = 6.200,25\text{€}$$

Σύμφωνα με το περιγραφικό τιμολόγιο Έργων Οδοποιίας στην τιμή αυτή περιλαμβάνονται επίσης:

- Η κατασκευή όλων των τμημάτων του επιχώματος, συνήθους ή αυξημένου βαθμού συμπίκνωσης, όπως θεμέλιο, πυρήνας, μεταβατικό τμήμα βραχώδους επιχώματος, τα οποία θα συμπυκνώνονται σε ποσοστό 90% και 95% αντίστοιχα της ξηράς φαινόμενης πυκνότητας που επιτυγχάνεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη δοκιμή Proctor (Proctor modified κατά ΕΛΟΤ EN 13286-2) για τα γαιώδη επιχώματα, ή στο βαθμό που προδιαγράφεται στη μελέτη για τα βραχώδη επιχώματα.
- Η μόρφωση και συμπίκνωση του εδάφους έδρασης των επιχωμάτων, σε βαθμό συμπίκνωσης κατ' ελάχιστον 90% της πυκνότητας, που επιτυγχάνεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη δοκιμή Proctor.
- Η κατασκευή της "στρώσης έδρασης οδοστρώματος", συμπυκνωμένης σε ποσοστό 95% της ξηράς φαινόμενης πυκνότητας που επιτυγχάνεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη δοκιμή Proctor, με κατάλληλο αριθμό διελεύσεων οδοστρωτήρα ελαστικοφόρου ή με λείους κυλίνδρους, ώστε να διαμορφωθεί μια λεία "σφραγιστική" επιφάνεια. Εξαιρείται η κατασκευή της "στρώσης στράγγισης οδοστρώματος" (όπου υπάρχει), η οποία τιμολογείται με το αντίστοιχο άρθρο του τιμολογίου.
- Η συμπίκνωση λωρίδας εδάφους πλάτους μέχρι 2,0 m εκατέρωθεν των ποδών του επιχώματος .
- Η τυχόν επαύξηση του όγκου του επιχώματος λόγω συνίζησης, καθίζησης ή διαπλάτυνσής του πέραν των ορίων που προβλέπει η μελέτη.
- Η προμήθεια και τοποθέτηση μαρτύρων ελέγχου υποχωρήσεως των υψηλών επιχωμάτων, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στη μελέτη, η εξάρτησή τους από χωροσταθμικές αφετηρίες (repairs) εκτός της ζώνης επιχώματος, η εκτέλεση

τοπογραφικών μετρήσεων ακριβείας και η καταχώρησή τους σε φύλλα ελέγχου, καθώς και η εκτέλεση τριών μετρήσεων σε χρόνους που θα καθορίσει η Υπηρεσία.

Στην τιμή δεν περιλαμβάνονται και επιμετρώνται ιδιαίτερα με βάση τα οικεία άρθρα του τιμολογίου:

- Τα μεταβατικά επιχώματα πίσω από τεχνικά έργα (γέφυρες, ημιγέφυρες, τοίχοι, οχετοί, Cut and Cover, στόμια σηράγγων, αγωγοί κ.λ.π),
- Οι εργασίες καθαρισμού του εδάφους έδρασης και δημιουργίας αναβαθμών,
- Η κατασκευή εξυγιαντικής στρώσης υπό τα επιχώματα.

5.2.2. Κόστος απομάκρυνσης εναπομεινσών εκσκαφών

Για τον υπολογισμό του κόστους της απομάκρυνσης του όγκου των εκσκαφών οι οποίες δεν χρησιμοποιήθηκαν για τις επιχωματώσεις και περίσσεψαν, χρησιμοποιήθηκε η τιμή για «Άρση καταπτώσεων για κάθε είδους εδάφους» ως πιο κοντινή λύση, καθώς δεν βρέθηκε στο τιμολόγιο εργασία η οποία να προσεγγίζει περισσότερο την περίπτωση αυτή. Η τιμή μονάδας είναι 1.20 €/m³ και ο όγκος των εναπομεινσών αυτών εκσκαφών είναι 1.228 m³. Επομένως το κόστος απομάκρυνσης εκτιμήθηκε σε 1,20 €/m³ x 1.228 m³ = 1.473,60 €.

Πιο συγκεκριμένα με την «Άρση καταπτώσεων για κάθε είδους εδάφους» νοείται η άρση καταπτώσεων ή κατολισθήσεων εδάφους οποιασδήποτε φύσεως από τα πρανή ορυγμάτων ή επιχωμάτων, με την μεταφορά των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση.

Στην τιμή μονάδος επίσης περιλαμβάνονται:

- η δαπάνη των εργασιών άρσης των καταπτώσεων,
- η δαπάνη φορτοεκφορτώσεων, μεταφοράς σε οποιαδήποτε απόσταση και απόθεσης σε θέσεις της έγκρισης της Υπηρεσίας των προϊόντων κατάπτωσης προς κατασκευή ή συμπλήρωση επιχωμάτων ή προς προσωρινή απόθεση ή προς οριστική απομάκρυνση εκτός του έργου, περιλαμβανομένης και της τυχόν εκθάμνωσης, κοπής ή/και εκρίζωσης δέντρων οποιασδήποτε περιμέτρου και απομάκρυνσής τους από την περιοχή του έργου

- και η δαπάνη μόρφωσης των πρανών και του πυθμένα της περιοχής κατάπτωσης, περιλαμβανομένου του τυχόν αναγκαίου θρυμματισμού ογκολίθων για τη διευκόλυνση της άρσης των προϊόντων κατάπτωσης.

5.2.3. Κόστος αγοράς δέντρων και θάμνων

Σύμφωνα με το Περιγραφικό Τιμολόγιο Εργασιών Έργων Πρασίνου, το κόστος αγοράς των δέντρων κατηγορίας Δ1 είναι 3,5 €/τεμάχιο και αντίστοιχα των θάμνων κατηγορίας Θ1 2,3€/τεμάχιο. Τα δέντρα και οι θάμνοι κατηγορίας Δ1 και Θ1 αντίστοιχα, είναι τα βλώφυτα αυτά φυτάρια των οποίων η μπάλα χόματος που περικλείει τις ρίζες δεν ξεπερνάει τα δύο μετρία λίτρα.

Για τη ακρίβεια στο κόστος περιλαμβάνονται, η προμήθεια καλλωπιστικών δένδρων και θάμνων με τις δαπάνες συσκευασίας, φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς στον τόπο του έργου, τυχόν προσωρινής αποθήκευσης και συντήρησης στο φυτώριο του εργοταξίου, πλαγίων μεταφορών, τυχόν απωλειών κατά την μεταφορά, οι δαπάνες του εργατοτεχνικού προσωπικού και μέσων που θα απασχοληθούν, καθώς και όποια άλλη δαπάνη απαιτείται για την διατήρηση των δένδρων σε αρίστη κατάσταση μέχρι και τη φύτευσή τους. Ο αριθμός των δέντρων κατηγορίας Δ1 που θα φυτευτούν σύμφωνα με του υπολογισμούς οι οποίοι έγιναν θα είναι 1.102 και των θάμνων κατηγορίας Θ1, 932. Οπότε το κόστος αγοράς των δέντρων υπολογίστηκε:

$$1.102 \text{ δέντρα} \times 3,5 \text{ €/δέντρο} = 3.857 \text{ €} \quad \text{και των θάμνων}$$

$$932 \text{ θάμνοι} \times 2,3 \text{ €/θάμνο} = 2.143,6 \text{ €}$$

5.2.4. Κόστος γενικής μόρφωσης επιφάνειας εδάφους

Το κόστος για τη γενική μόρφωση του εδάφους πριν την φύτευση των δενδρυλλίων είναι 105 €/στρέμμα. Τα στρέμματα του λατομείου προς αποκατάσταση είναι 6,312. Οπότε το συνολικό κόστος υπολογίστηκε σε $105 \text{ €/στρέμμα} \times 6,312 \text{ στρέμματα} = 662,76 \text{ €}$. Στην τιμή αυτή συμπεριλαμβάνονται οι δαπάνες του εργατοτεχνικού προσωπικού καθώς και των μηχανημάτων και των εργαλείων που απαιτούνται για την πλήρη ολοκλήρωση της εργασίας. Αναλυτικότερα, με τον όρο μόρφωση του εδάφους εννοούμε την αποκομιδή πλεοναζόντων χωμάτων, το καθάρισμα δηλαδή τη συγκέντρωση και αποκομιδή κάθε άχρηστου υλικού (πέτρες, υπολείμματα ριζών, κλαδιά κλπ), την αναμόχλευση της επιφάνειας με οποιοδήποτε

μέσο, τη γενική ισοπέδωση των χώρων και τη γενική μόρφωση του ανάγλυφου της επιφανείας του εδάφους για τη φύτευση των φυτών.

5.2.5. Κόστος ενσωμάτωσης βελτιωτικών εδάφους

Το κόστος για την ενσωμάτωση ενός ή περισσότερων βελτιωτικών στο υπάρχον έδαφος (όπως τύρφη, οργανοχημικά, περλίτης κλπ), σε βάθος τουλάχιστον 10 cm, με οποιοδήποτε μέσο, ανέρχεται σε 5 €/m³. Η τιμή αναφέρεται σε κάθε κυβικό μέτρο εδάφους επεξεργασμένο με βελτιωτικά. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος προκύπτει ως εξής:

$$5€/m^3 \times 6.312 m^2 \times 0,1 m = 3.156 €$$

Στην τιμή περιλαμβάνονται οι δαπάνες του εργατοτεχνικού προσωπικού, των μηχανημάτων και των εργαλείων που απαιτούνται για την πλήρη ολοκλήρωση της εργασίας.

5.2.6. Κόστος ανοίγματος λάκκων

Το κόστος για το άνοιγμα λάκκων, διαστάσεων 0,3m x 0,3m x 0,3m, σε γαιώδες – ημιβραχώδες έδαφος με εργαλεία χειρός καθώς και για τον καθαρισμό και αποκομιδή των υπολειμμάτων ριζών και των αχρήστων υλικών είναι 0,75 €/λάκκο. Ο αριθμός των λάκκων που θα ανοιχθούν είναι ίσος με τον αριθμό των φυταρίων που θα φυτευτούν, δηλαδή το κόστος θα είναι 0,75 €/λάκκο x 2.34 λάκκοι = 1.525,5 €

Στην τιμή περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες του απαιτούμενου εργατοτεχνικού προσωπικού, εργαλείων και μέσων.

5.2.7. Κόστος φύτευσης των φυτών

Το κόστος για τη φύτευση φυτών με μπάλα χώματος όγκου δύο μέχρι τέσσερα λίτρα ανέρχεται σε 1.10 €/τεμάχιο. Οι εργασίες περιλαμβάνουν τη φύτευση με σωστή τοποθέτηση του φυτού στο λάκκο μέχρι το λαιμό της ρίζας, γέμισμα του λάκκου μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, πάτημα του χώματος μέσα στο λάκκο φύτευσης, λίπανση και σχηματισμός λεκάνης άρδευσης. Πολλαπλασιάζοντας την τιμή με το συνολικό αριθμό των φυτών προκύπτει το κόστος: 1.10 €/τεμάχιο x 2.034 τεμάχια = 2.237,4 €.

Στην τιμή περιλαμβάνονται η αξία του λιπάσματος και του νερού και η δαπάνη απομάκρυνσης όλων των υλικών που θα προκύψουν από τη φύτευση (πέτρες, σακούλες, δοχεία κλπ).

5.2.8. Κόστος σχηματισμού λεκανών άρδευσης

Το κόστος του σχηματισμού λεκάνης άρδευσης, σε έδαφος οποιαδήποτε κλίσεως, με εκσκαφή του εδάφους γύρω από τον κορμό του φυτού σε βάθος 10 cm και εκρίζωση και απομάκρυνση τυχόν ζιζανίων είναι 0,35 €/λάκκο. Ο πολλαπλασιασμός με τον συνολικό αριθμό των λάκκων μας δίνει το εξής αποτέλεσμα: $0,35 \text{ €/λάκκο} \times 2.034 \text{ λάκκοι} = 711,9 \text{ €}$.

Στην τιμή επίσης περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες του απαιτούμενου εργατοτεχνικού προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων.

5.2.9. Κόστος λίπανσης

Η τιμή της λίπανσης των φυτών με λιπαντήρες είναι 0,05 €/φυτό. Στην τιμή επίσης εμπεριέχεται η προμήθεια, η μεταφορά και η τοποθέτηση του λιπάσματος στο δοχείο λίπανσης, η διάλυσή του και η διανομή του διαλύματος με αντλία λίπανσης ή πιεστικό, καθώς και ο έλεγχος της διανομής του για τη λίπανση κάθε φυτού. Συνεπώς το κόστος της λίπανσης θα είναι $0,05 \text{ €/φυτό} \times 2.034 \text{ φυτά} = 101,7 \text{ €}$. Η λίπανση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως προτείνεται να γίνεται μία φορά το χρόνο, στο τέλος του χειμώνα, για τα πρώτα δύο χρόνια. Οπότε το συνολικό κόστος για την λίπανση θα είναι:

$$101,7 \text{ €} \times 2 = 203,4 \text{ €}$$

5.2.10. Κόστος βοτανίσματος

Στο κόστος του βοτανίσματος περιλαμβάνονται τα εξής: Η εκρίζωση με τσάπα των ζιζανίων μεταξύ των φυτών ή σε επιφάνειες που δεν έχουν φυτευτεί, η απομάκρυνση από τον χώρο του έργου όλων των υλικών που προέκυψαν και η απόρριψή τους σε οποιαδήποτε απόσταση, σε θέσεις που επιτρέπουν οι αρμόδιες Αρχές. Περιλαμβάνονται επίσης όλες οι απαιτούμενες δαπάνες του εργατοτεχνικού προσωπικού, των μηχανημάτων και των εργαλείων για την πλήρη εκτέλεση της εργασίας. Η τιμή ανά στρέμμα είναι 90 €. Το βοτάνισμα όπως και η λίπανση θα πρέπει να γίνεται μία φορά το χρόνο, στο τέλος της άνοιξης, για τα πρώτα δύο χρόνια. Επομένως το συνολικό κόστος για το βοτάνισμα προκύπτει ως εξής:

$$90 \text{ €/στρέμμα} \times 6,312 \text{ στρέμματα} \times 2 = 1.136,16 \text{ €}$$

5.2.11. Κόστος άρδευσης

Στο κόστος της άρδευσης περιλαμβάνονται η αξία και η μεταφορά του νερού επί τόπου, η σταλία του αυτοκινήτου και το πότισμα με λάστιχο κατάλληλης διατομής σε ποσότητα 15 lt ανά θάμνο και 30 lt ή περισσότερο ανά δένδρο. Η τιμή ανά φυτό είναι 0,0625 €. Σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε προηγουμένως, η άρδευση θα πρέπει να λαμβάνει χώρα μία φορά το μήνα, τους καλοκαιρινούς μήνες, για τα πρώτα δύο χρόνια. Έτσι το συνολικό κόστος της άρδευσης διαμορφώνεται ως εξής: $0,0625 \text{ €/φυτό} \times 2.034 \text{ φυτά} \times 6 = 762,75 \text{ €}$.

5.3. Εκτίμηση τελικού κόστους έργου αποκατάστασης

Για την τελική εκτίμηση του κόστους του έργου πρέπει να ληφθεί υπόψιν η προσαύξηση του ποσοστού Γενικών Εξόδων και Οφέλους του Αναδόχου όπως επίσης και ο Φ.Π.Α. Στο ποσοστό Γενικών Εξόδων και Οφέλους του Αναδόχου περιλαμβάνονται οι πάσης φύσεως δαπάνες, οι οποίες δεν μπορούν να κατανεμηθούν σε συγκεκριμένες εργασίες, αλλά αφορούν συνολικά το κόστος του έργου όπως, οι κρατήσεις ή οι υποχρεώσεις αυτού, δαπάνες διοίκησης και επίβλεψης του Έργου, σήμανση εργοταξίων, οι φόροι, οι δασμοί, τα ασφάλιστρα, οι τόκοι κεφαλαίων κίνησης, οι προμήθειες εγγυητικών επιστολών, τα έξοδα λειτουργίας γραφείων κ.λπ., τα επισφαλή έξοδα πάσης φύσεως καθώς και το προσδοκώμενο κέρδος από την εκτέλεση των εργασιών. Το παραπάνω ποσοστό ανέρχεται σε δέκα οχτώ τοις εκατό (18%) του προϋπολογισμού των εργασιών. Οπότε $29.063,42 \text{ €} \times 0,18 = 5.231,42 \text{ €}$.

Τέλος ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.) επί των λογαριασμών του Αναδόχου βαρύνει τον Κύριο του έργου και ανέρχεται σε είκοσι τέσσερα τοις εκατό (24%) δηλαδή

$$29.063,42 \text{ €} \times 0,24 = 6.975,22 \text{ €}$$

Συνεπώς το συνολικό κόστος του έργου εκτιμήθηκε σε:

$$29.063,42 + 5.231,42 + 6.975,22 = 41.270,06 \text{ €}$$

6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την τελευταία δεκαετία, κυρίως εξαιτίας της οικονομικής κρίσης και των αρνητικών αποτελεσμάτων που επέφερε στον τομέα του κατασκευαστικού κλάδου, η ζήτηση και η ανάγκη του κλάδου σε αδρανή αλλά και γενικότερα σε δομικά υλικά μειώθηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθεί ο αριθμός των ανενεργών λατομείων σε όλη την επικράτεια. Λατομεία τα οποία δούλευαν συνήθως για την κάλυψη των αναγκών τοπικών κοινοτήτων, έχασαν τη χρησιμότητά τους και εγκαταλείφθηκαν. Στο πλαίσιο αυτό της οικονομικής δυσχέρειας των δήμων και των περιφερειών, συνεχίζουν να εγκαταλείπονται χωρίς να εφαρμόζονται πάντα οι ορθές πρακτικές για την αποκατάστασή τους, παρά το αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο που τα διέπει.

Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο σήμερα, σε μία εποχή που η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ολοένα και αυξάνεται, σε συνδυασμό και με την αυστηρότερη ισχύουσα νομοθεσία, να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στον τομέα αυτόν της αποκατάστασης των πρώην λατομικών χώρων και της διακοπής της παράνομης λατόμευσής τους. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα, εκτός ελληνικού χώρου, αλλά και ορισμένα εντός, που αποτελούν την εξαίρεση στον κανόνα, στα οποία όχι μόνο αποκαταστάθηκαν τα ανενεργά λατομεία, αλλά προσδόθηκαν σε αυτά νέες χρήσεις γης, ταυτόχρονα ωφέλιμες προς τον άνθρωπο αλλά και φιλικές προς το περιβάλλον. Σε αυτή τη λογική κινήθηκε και η προσέγγιση της εργασίας αυτής, για την αποκατάσταση του ανενεργού λατομείου στη θέση «Τζούμα» του Δημοτικού Διαμερίσματος Γραϊκικού του Δήμου Κεντρικών Τζουμέρκων. Ο λατομικός χώρος αυτός προμήθευε κατά το παρελθόν την τοπική κοινότητα και τον πρώην δήμο Αγνάντων με αδρανή υλικά τα οποία κάλυπταν τις ανάγκες του δήμου σε έργα κυρίως οδοποιίας. Η σημερινή του εικόνα φέρει σημάδια εγκατάλειψης αλλά και τυχόν κατά καιρούς άναρχης λατόμευσης καθιστώντας το χώρο επισφαλής και επικίνδυνο για κατολισθήσεις.

Σύμφωνα με τη μέθοδο της πολυκριτήριας ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε, επιλέχθηκε ως καταλληλότερη εναλλακτική λύση η φυσική αποκατάσταση του χώρου, με δημιουργία νέων βαθμίδων και φύτευση δέντρων και θάμνων προσαρμοσμένων στο ιδιαίτερο κλίμα της περιοχής, χωρίς περαιτέρω επεμβάσεις. Επίσης προτείνεται η δημιουργία μικρής λιμνοδεξαμενής, χωρίς ιδιαίτερες επεμβάσεις για την κάλυψη των αναγκών της αποκατάστασης σε άρδευση. Ο σκοπός της αποκατάστασης είναι να βοηθήσει το χώρο να

ενταχθεί γρηγορότερα στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής και να αποφευχθούν έτσι τυχόν κατολισθήσεις εξαιτίας του απότομου και διαβρωμένου ανάγλυφου. Το ανάγλυφο πρέπει να επαναδιαμορφώνεται με τρόπο τέτοιο ώστε η τελική του μορφή να εντάσσεται αρμονικά προς το φυσικό περιβάλλον της περιοχής.

Το κόστος του έργου υπολογίσθηκε περίπου σε 41.300 €. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εναλλακτική λύση που επιλέχθηκε αποτελεί σαφώς την οικονομικότερη σε σύγκριση με τις υπόλοιπες, καθώς και ότι μέσω του υπολογισμού του κόστους αποδεικνύεται πόσο οικονομικά εφικτή είναι η αποκατάσταση.

Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε κυρίως εξαιτίας της απομακρυσμένης θέσης του λατομείου, της δυσκολίας πρόσβασης σε αυτό αλλά και επειδή ανήκει στην Περιοχή Περιφερειακής Ζώνης Νοτιοδυτικών Τζουμέρκων(Ζώνη IVα) του Εθνικού Πάρκου Τζουμέρκων Περιστερίου και Χαράδρας Αράχθου. Ένας επίσης λόγος που επιλέχθηκε η απλή αποκατάσταση είναι ότι παρά την ύπαρξη νομοθετικού πλαισίου για την αποκατάσταση των πληγέντων τοπίων από λατόμευση και την προστασία του περιβάλλοντος, δεν έχει θεσπιστεί ακόμα κάποιος αναπτυξιακός άξονας που να αντιμετωπίζει τους χώρους αυτούς με ενιαία λογική.

Τα ανενεργά λατομεία θα πρέπει να αξιοποιηθούν μελλοντικά, όχι μεμονωμένα, αλλά ως ένα ενιαίο δίκτυο χώρων με νέες δυναμικές χρήσεις. Ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, όπως το ανάγλυφο, την πρόσβαση, το αν ανήκουν σε προστατευόμενες περιοχές κλπ, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ομάδες και με την κατάλληλη αξιοποίηση, σύμφωνα και με τις ανάγκες της κάθε περιοχής, να αποτελέσουν ένα νέο ενεργό πεδίο στο δημόσιο χώρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- T.L. [Saaty](#), “Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process”, Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat., Vol. 102 (2), 2008, pp. 251–318.
- T.L.Saaty and E.H. Forman, “The Hierarchon: A dictionary of Hierarchies”, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992.
- T.L. Saaty, “Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World”, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1999.
- R.L. Keeney and H. Raiffa, “Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs”, New York: Cambridge University Press, 1993.
- N. Bhushan and R. Kanwal, “Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process”, USA: Springer - Verlag London Ltd, 2004.
- E.H. Forman and S.I. Gass, "The analytical hierarchy process—an exposition", Operations Research, Vol 49 (4), 2001, pp. 469–487.
- M. Berrittella, A. Certa, M. Enea, P. Zito, "An Analytic Hierarchy Process for the Evaluation of Transport Policies to Reduce Climate Change Impacts", Milano: Fondazione Eni Enrico Mattei, 2007.
- J. McCaffrey, “Test Run: The Analytic Hierarchy Process”, USA: MSDN Magazine, June 2005.
- J.R. Grandzol, “Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process”, IR Applications, Vol. 6, 2005.
- W. Atthirawong and B. McCarthy, “An Application of the Analytical Hierarchy Process to International Location Decision - Making”, 2002.
- P.K. Dey, "Analytic Hierarchy Process Analyzes Risk of Operating Cross-Country Petroleum Pipelines in India", Natural Hazards Rev, Volume 4 (4), 2003, pp. 213-221.
- J.E de Steiguer, J. Duberstein, V. Lopes, “The Analytic Hierarchy Process as a Means for Integrated Watershed Management”, School of Renewable Natural Resources, University of Arizona, 2003.
- C.D. Larson, E.H. Forman, "Application of the Analytic Hierarchy Process to Select Project Scope for Videologging and Pavement Condition Data Collection", [Journal of the Transportation Research Board](#), Issue No. 1190, 2007, pp 40-47.
- B.C. Lippert and S.F. Weber. "HIST 1.0: Decision Support Software for Rating Buildings by Historic Significance", USA, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, October 1995.
- Πολυκριτηριακές Μέθοδοι Αξιολόγησης – Σιαμπίρη Ανθή (2010)
- Υδρολογική Διερεύνηση και Ανάλυση της λεκάνης του ποταμού Αράχθου – Ευθυμία Α. Γεωργίου 2005

- Σημειώσεις του μαθήματος Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων – Μαρία Μενεγάκη 2010

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

<https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/METAL105/Enotita3.pdf>

<http://www.tzoumerka-park.gr>

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=2nQEp23%2bdeg%3d&tabid=433&language=el-GR>

penteli.meteo.gr/stations/katarraktis

<http://users.ntua.gr/mgsakel/Slopes-Embank&Cuts.html>

https://www.ggde.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=964:%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%84%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CE%AD%CF%81%CE%B3%CF%89%CE%BD-%CF%83%CE%B5-%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B7-%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%AE-2017&Itemid=326

http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=617&language=el-GR&SkinSrc=%5BG%5DSkins%2F_default%2FNo+Skin&ContainerSrc=%5BG%5DContainers%2F_default%2FNo+Container&dnprintmode=true

<http://www.ergotech.gr/fyta.pdf>