



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ-
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**Διερεύνηση του βαθμού επίδρασης της μέσης
περιεκτικότητας κοιτάσματος νικελίου στην
οικονομικότητα της εκμετάλλευσης: Η περίπτωση
του κοιτάσματος ΒΑ Άκρες**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΩΡΟΛΟΓΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Επιβλέπουσα : Μενεγάκη Μαρία, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2024

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα: *«Διερεύνηση του βαθμού επίδρασης της μέσης περιεκτικότητας κοιτάσματος νικελίου στην οικονομικότητα της εκμετάλλευσης: Η περίπτωση του κοιτάσματος ΒΑ Άκρες»* εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2023-2024. Η συγκεκριμένη εργασία πραγματεύεται τη σύγκριση της οικονομίας της εκμετάλλευσης σιδηρονικελιούχου κοιτάσματος ανάμεσα σε διαφορετικά σενάρια μέσης περιεκτικότητας σε νικέλιο.

Διαμορφώθηκαν λοιπόν, δύο εναλλακτικά σχέδια για το κοίτασμα βάσει της περιεκτικότητας σε νικέλιο (Ni). Το κοίτασμα προσαρμόζεται κάθε φορά σε χαμηλότερη ή υψηλότερη μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο. Σκοπός της εργασίας είναι να βρεθεί η πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση που θα προκύπτει από την αντίστοιχη σχέση αποκάλυψης.

Στην αρχή της διπλωματικής εργασίας παρατίθενται μια εισαγωγή για το νικέλιο, τις χρήσεις του νικελίου, τη μεταλλουργία του νικελίου και τις τιμές που επικρατούν ανά τα χρόνια. Εν συνεχεία, παρατίθενται τα εναλλακτικά σχέδια και διάφοροι σχολιασμοί ώστε να βρεθεί η πιο συμφέρουσα επιλογή σχεδίου. Τα σχέδια αυτά πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια του μεταλλευτικού προγράμματος GEOVIA SURPAC.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., Μενεγάκη Μαρία τόσο για την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής εργασίας, όσο και την σωστή καθοδήγηση και υποστήριξη που έλαβα καθ' όλο το διάστημα της συνεργασίας μας. Παράλληλα, την ευχαριστώ για τον χρόνο που διέθεσε για τη μελέτη και διόρθωση της εργασίας, για την επιμονή και υπομονή που έδειξε απέναντί μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής.

Τις θερμές ευχαριστίες στον κ. Μαυρίκο Αθανάσιο (Ε.Δι.Π) για την γενναιόδωρη βοήθεια του στο πειραματικό μέρος της εργασίας αλλά και σε οποιαδήποτε δυσκολία και αν εμφανιζόταν. Τέλος, ευχαριστώ και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Μπενάρδο Ανδρέα που πλαισίωσε την τριμελή επιτροπή και αφιέρωσε χρόνο για την εξέταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Όμως, κυρίως, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου, τους γονείς και την αδελφή μου καθώς και συγγενείς και φίλους για την υποστήριξη και υπομονή που έδειξαν όλο το διάστημα των σπουδών μου αλλά και κατά την χρονική διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο την διερεύνηση του βαθμού επίδρασης της αλλαγής της μέσης περιεκτικότητας αλλά και της οριακής περιεκτικότητας (cut off grade) του νικελίου στον σχεδιασμό αλλά και στην οικονομικότητα της εκμετάλλευσης ενός νικελιούχου κοιτάσματος. Χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα γεωτρήσεων και εξετάστηκαν εναλλακτικά σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν δύο περιπτώσεις, μία περίπτωση στην οποία το νικέλιο παραμένει ίσο με τα αρχικά δεδομένα και μία στην οποία προσαρμόστηκαν τα πραγματικά δεδομένα των γεωτρήσεων αυξάνοντας την περιεκτικότητα των δειγμάτων κατά 10%. Ταυτόχρονα, εξετάστηκαν και τρεις διαφορετικές παραδοχές οριακής περιεκτικότητας (COG) για την κάθε περίπτωση.

Για τη διερεύνηση του βαθμού επίδρασης των συγκεκριμένων παραμέτρων στην οικονομικότητα της εκμετάλλευσης επιλέχθηκε κοιτάσμα στην περιοχή ΒΑ Άκρες Ευβοίας, το οποίο ανήκει στην εταιρία Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού, ο σχεδιασμός του κοιτάσματος έγινε με την χρήση του λογισμικού Geovia Surpac. Συγκεκριμένα, έγινε ο σχεδιασμός δύο διαφορετικών περιπτώσεων που αφορούσαν στα διαφορετικά μοντέλα κοιτάσματος που διαμορφώθηκαν με βάση τις παραπάνω παραδοχές και πραγματοποιήθηκε οικονομική ανάλυση για κάθε ένα από τα σενάρια που διαμορφώθηκαν για διαφορετικές τιμές πώλησης του Νικελίου.

Από την σύγκριση των εναλλακτικών σεναρίων και των αποτελεσμάτων της οικονομικής ανάλυσης, επιβεβαιώθηκε ότι η μεταβολή της μέσης περιεκτικότητας δεν έχει καμία επίδραση στην οικονομικότητα της εκμετάλλευσης, ενώ καθοριστικής σημασίας είναι, όπως αναμενόταν, η οριακή περιεκτικότητα. Πιο συγκεκριμένα, όταν για παράδειγμα, μειώνοντας την οριακή περιεκτικότητα στο κοιτάσμα, η μέση περιεκτικότητα, ως συνάρτηση της οριακής επίσης μειώνεται, βελτιώνονται όμως σημαντικά τα οικονομικά αποτελέσματα, καθώς αυξάνεται η ποσότητα του χρήσιμου συστατικού.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to investigate the degree of impact that changes in both the average grade and the cut-off grade of nickel have on the design and economic viability of exploiting a nickel deposit. Available drilling data were utilized, and alternative scenarios were examined. Specifically, two cases were selected: one in which the nickel grade remains equal to the initial data, and another in which the actual drilling data were adjusted by increasing the grade of the samples by 10%. Simultaneously, three different cut-off grade (COG) assumptions were examined for each case.

To explore the impact of these specific parameters on the economic viability of the exploitation, a deposit owned by the company G.M.M.A.E. LARCO, located in the northeastern region of Euboea, was selected. To achieve this objective, the deposit was designed using Geovia Surpac software. Specifically, two different cases concerning the different deposit models formed based on the above assumptions were designed, and an economic analysis was conducted for each of the scenarios formed for different nickel selling prices.

From the comparison of the alternative scenarios and the results of the economic analysis, it was confirmed that changes in the average grade have no impact on the economic viability of the exploitation, while the cut-off grade is of critical importance, as expected. Specifically, for example, by reducing the cut-off grade of the deposit, the average grade, as a function of the cut-off grade, also decreases, but the economic results improve significantly due to the increase in the quantity of the useful component.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
Εισαγωγικά στοιχεία για το Νικέλιο.....	11
1.1 Νικέλιο (^{28}Ni).....	11
1.2 Χρήσεις νικελίου – σιδηρονικελίου.....	12
1.2.1 Χρήσεις νικελίου.....	12
1.2.2 Χρήσεις σιδηρονικελίου.....	14
1.3 Κοιτάσματα Νικελίου.....	14
1.3.1 Κοιτάσματα νικελίου στην Ελλάδα.....	16
1.3.2 Νικελιούχα κοιτάσματα παγκοσμίως.....	19
1.4 Τιμή νικελίου	20
Κεφάλαιο 2	23
Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ και κοιτάσματα Κεντρικής Ευβοίας.....	23
2.1 Σχετικά με την εταιρεία Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ	23
2.2 Γεωλογικά, Κοιτασματολογικά, Ορυκτολογικά στοιχεία Κεντρικής Εύβοιας.....	23
2.2.1 Στρωματογραφία περιοχής.....	24
2.2.2 Ορυκτολογικά στοιχεία.....	26
2.2.3 Υδρογεωλογία Περιοχής.....	27
2.3 Γεωγραφική θέση του κοιτάσματος.....	28
2.4 Κλιματολογικά στοιχεία περιοχής.....	30
Κεφάλαιο 3	32
Μέθοδοι εκμεταλλεύσεων.....	32
Γενικά στοιχεία για υπαίθριες εκμεταλλεύσεις.....	32
• Φυσικές παράμετροι εκμετάλλευσης.....	32
• Οικονομικές παράμετροι.....	32
• Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	35
• Τεχνολογικές παράμετροι	36
Κεφάλαιο 4.....	37
Μεταλλουργία Νικελίου.....	37

4.1 Μεταλλουργία Νικελίου.....	37
4.2 Παραγωγική διαδικασία με τη μέθοδο της ΛΑΡΚΟ.....	37
Κεφάλαιο 5.....	42
Σχεδιασμός Υπαίθριας Εκμετάλλευσης στην περιοχή ΒΑ Άκρες στην Εύβοια.....	42
5.1 Γεωτρήσεις και Βάση Δεδομένων	43
5.2 Προσδιορισμός τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων	44
5.3 Block Model	44
5.3.1 Κατασκευή Block Model.....	45
5.3.2 Εισαγωγή παραμέτρων στο Block Model.....	46
5.4 Προσδιορισμός ορίου εκσκαφής	49
5.5 Σχεδιασμοί εκμετάλλευσης.....	49
5.5.1 Σχεδιασμός βασικής εκμετάλλευσης νικελίου με βάση τα πραγματικά δεδομένα γεωτρήσεων (cut off grade 0,5%).	49
5.5.2 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με εναλλακτικό cut off grade 0,45%	52
5.5.3 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με εναλλακτικό cut off grade 0,55%	53
5.5.4 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,5%	54
5.5.5 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,45%	57
5.5.6 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,55%	58
Κεφάλαιο 6.....	60
Οικονομική ανάλυση εκμεταλλεύσεων βάσει των περιεκτικοτήτων.....	60
6.1 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,5%	61
6.2 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,45%	64
6.3 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,55%	66
6.4 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,5%	69
6.5 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,45%	71
6.6 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,55%	74
6.7 Οριακή Τιμή Πώλησης και σχολιασμός αποτελεσμάτων	77
Κεφάλαιο 7.....	80
Συμπεράσματα και ανάλυση αυτών.....	80
Βιβλιογραφία.....	82
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	83

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1: Νικέλιο (Nickel)</i>	<i>11</i>
<i>Εικόνα 2: Παγκόσμια εξάπλωση νικελιούχων κοιτασμάτων (Αποστολίκας, 2010)</i>	<i>15</i>
<i>Εικόνα 3: Γεωλογικές περιόδους στις οποίες δημιουργήθηκαν οι νικελιούχοι λατερίτες και τα ιζηματογενή σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα στην Ελλάδα.....</i>	<i>17</i>
<i>Εικόνα 4: Χάρτης περιοχών μεταλλευτικής δραστηριότητας για την εξόρυξη σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων στον Ελλαδικό χώρο</i>	<i>17</i>
<i>Εικόνα 5: Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα (geo.auth.gr, 2022)</i>	<i>18</i>
<i>Εικόνα 6: Χάρτης χωρών με τη μεγαλύτερη εξορυκτική δραστηριότητα Ni (mapsofworld.com)</i>	<i>19</i>
<i>Εικόνα 7: Παραγωγή Ni στις βασικότερες χώρες τη δεκαετία 2010-2020 (USGS 2019)....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 8: Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής Άκρες Ψαχνών Ευβοίας (Google Earth)</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 9: Δορυφορική εικόνα της περιοχής μελέτης ΒΑ Άκρες Ευβοίας (Google Earth).....</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 10: Άνω όψη προϋπάρχουσας εκμετάλλευσης της ΛΑΡΚΟ ΒΑ Άκρες (fysiolatris.gr)..</i>	<i>30</i>
<i>Εικόνα 11: Τεχνολογικός εξοπλισμός (Dumper) εργοταξίου ΛΑΡΚΟ (larko.gr).....</i>	<i>36</i>
<i>Εικόνα 12 : Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας της ΛΑΡΚΟ (Αποστολίκας, 2020)</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 13: Εικόνες από το χρώμιο που υπάρχει στο λατομείο ΒΑ Άκρες</i>	<i>42</i>
<i>Εικόνα 14: Οι γεωτρήσεις στο αρχικό ανάγλυφο της περιοχής</i>	<i>43</i>
<i>Εικόνα 15: Οι γεωτρήσεις στο αρχικό ανάγλυφο της περιοχής σε άλλη όψη</i>	<i>44</i>
<i>Εικόνα 16: Το block model του κοιτάσματος.....</i>	<i>45</i>
<i>Εικόνα 17: Το block model του κοιτάσματος με το αρχικό ψηφιακό ανάγλυφο</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 18: Block model για $Ni \geq 0.5$.....</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 19: Block model για $Ni \geq 0.5$ σε άλλη όψη</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 20: Block model για $Ni +10\% \geq 0.5$.....</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 21: Απεικόνιση του μοντέλου του κοιτάσματος βάσει περιεκτικότητας</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 22: Κατώτερο και ανώτερο όριο πρώτου εναλλακτικού σχεδιασμού με $Ni \geq 0.5$</i>	<i>49</i>
<i>Εικόνα 23: Κλίσεις πρανούς για το σχεδιασμό της βασικής εκμετάλλευσης Ni</i>	<i>50</i>
<i>Εικόνα 24 : Κάτοψη σχεδιασμού εκμετάλλευσης για το αρχικό κοίτημα νικελίου</i>	<i>51</i>
<i>Εικόνα 25: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni \geq 0.5$</i>	<i>51</i>
<i>Εικόνα 26: Ψηφιακό μοντέλο του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni \geq 0.5$</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 27: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni \geq 0.45$</i>	<i>53</i>
<i>Εικόνα 28: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni \geq 0.55$</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 29: Κλίσεις πρανούς για το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης $Ni+10\%$.....</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 30: Κάτοψη σχεδιασμού εκμετάλλευσης για το κοίτημα $Ni +10\%$.....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 31: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni +10\% \geq 0.5$.....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 32: Ψηφιακό μοντέλο του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni +10\% \geq 0.5$</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 33: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση για οριακή περιεκτικότητα $Ni +10\% \geq 0.45$</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 34: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση για οριακή περιεκτικότητα $Ni +10\% \geq 0.55$</i>	<i>59</i>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Τιμές Ni στο LME από το 2014 μέχρι το 2024 (Investing.com).....	21
Διάγραμμα 2: Τιμές Ni στο LME (London Metal Exchange Market) το τελευταίο έτος (Investing.com).....	21
Διάγραμμα 3: Κέρδη βασικής εκμετάλλευσης Ni για διαφορετικές τιμές πώλησης σε 3 παραδοχές COG.....	69
Διάγραμμα 4: Κέρδη προσαυξημένης κατά 10% εκμετάλλευσης Ni για διαφορετικές τιμές πώλησης σε 3 παραδοχές COG.....	77

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χρωματική διαβάθμιση περιεκτικότητας νικελίου	48
Πίνακας 2: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.5	52
Πίνακας 3: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.45	53
Πίνακας 4: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.55	54
Πίνακας 5: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.5	57
Πίνακας 6: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.45	58
Πίνακας 7: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.55	59
Πίνακας 8: Ενδεικτικές τιμές κόστους	61
Πίνακας 9: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$	62
Πίνακας 10: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$...	63
Πίνακας 11: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$...	63
Πίνακας 12: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$	64
Πίνακας 13: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$.	65
Πίνακας 14: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$.	66
Πίνακας 15: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$	66
Πίνακας 16: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$.	68
Πίνακας 17: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$.	68
Πίνακας 18: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$ προσαυξημένη κατά 10%.....	69
Πίνακας 19: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$ προσαυξημένη κατά 10%	71
Πίνακας 20: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$ προσαυξημένη κατά 10%	71
Πίνακας 21: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$ προσαυξημένη κατά 10%.....	72
Πίνακας 22: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$ προσαυξημένη κατά 10%	73
Πίνακας 23: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$ προσαυξημένη κατά 10%	74
Πίνακας 24: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$ προσαυξημένη κατά 10%.....	74

<i>Πίνακας 25: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$ προσαυξημένη κατά 10%</i>	<i>76</i>
<i>Πίνακας 26: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$ προσαυξημένη κατά 10%</i>	<i>76</i>
<i>Πίνακας 27: Οριακή τιμή πώλησης (€/ton) για την βασική εκμετάλλευση νικελίου.....</i>	<i>77</i>
<i>Πίνακας 28: Οριακή τιμή πώλησης (€/ton) για την προσαυξημένη κατά 10% εκμετάλλευση νικελίου</i>	<i>78</i>
<i>Πίνακας 29: Ποσοστιαίες μεταβολές κερδών, χρήσιμου υλικού και αγόνων βασικής εκμετάλλευσης Ni</i>	<i>78</i>
<i>Πίνακας 30: Ποσοστιαίες μεταβολές κερδών, χρήσιμου υλικού και αγόνων πλασματικά προσαυξημένης εκμετάλλευσης Ni +10%.....</i>	<i>79</i>

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγικά στοιχεία για το Νικέλιο

Το Νικέλιο (^{28}Ni) είναι μέταλλο της όγδοης ομάδας του περιοδικού συστήματος. Στην αρχαιότητα δεν ήταν γνωστό, χρησιμοποιήθηκε όμως σε κράματα « Λευκού Χαλκού» ή ορειχάλκου. Νομίσματα που κόπηκαν 2.220 χρόνια πριν στο Αφγανιστάν περιείχαν 20% Ni, ενώ ορειχάλκινα αντικείμενα της Ανατολής 2% Ni. Παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1751 μ.Χ. από το Σουηδό Cronstedt. Το όνομα του (Nickel) προήλθε από μεταλλωρύχους της Σαξονίας (Γερμανία) και θεωρούνταν αρχικά ως βρισιά. Το Νικέλιο (^{28}Ni) έχει μεγάλη χημική συγγένεια με το κοβάλτιο (^{27}Co) και το σίδηρο (^{26}Fe), για το λόγο αυτό άλλωστε συνυπάρχουν σε πολλούς τύπους κοιτασμάτων και μπορεί το ένα να αντικαθιστά το άλλο σε πολύ μεγάλο βαθμό.

1.1 Νικέλιο (^{28}Ni)

Το Νικέλιο (Nickel) αποτελεί το 5^ο πιο κοινό στοιχείο στη Γη. Είναι ένα μέταλλο με χρώμα ασημί-λευκό, με λαμπερή εμφάνιση και εκτενώς εμφανίζεται τόσο στο φλοιό όσο και τον πυρήνα της Γης. Συναντάται κυρίως σε δομές θειούχων, οξειδίων και αλάτων ανόργανων ουσιών.



Εικόνα 1: Νικέλιο (Nickel)

Το νικέλιο είναι ένα μέταλλο που έχει πάρα πολλές εφαρμογές και τεράστια εμπορική αξία, σχεδόν μεγαλύτερη ίσως από όλα τα υπόλοιπα βιομηχανικά μέταλλα λόγω των φυσικών και των χημικών ιδιοτήτων του. Παρουσιάζει σημαντικές φυσικές ιδιότητες, όπως είναι η ελαστικότητά του, η μαγνητική συμπεριφορά του αλλά και η καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητά του. Όμως η πιο σημαντική φυσική

ιδιότητά του, η οποία καθορίζει και τις περισσότερες εφαρμογές αυτού, είναι η ικανότητα του να διατηρεί την τόσο την αντοχή, τη σκληρότητα αλλά και την αντίσταση στην οξείδωση και τη διάβρωση σε υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, εξίσου σημαντικές είναι οι καταλυτικές του ιδιότητες, που κάνουν διαδεδομένη τη χρήση του και στη Χημεία.

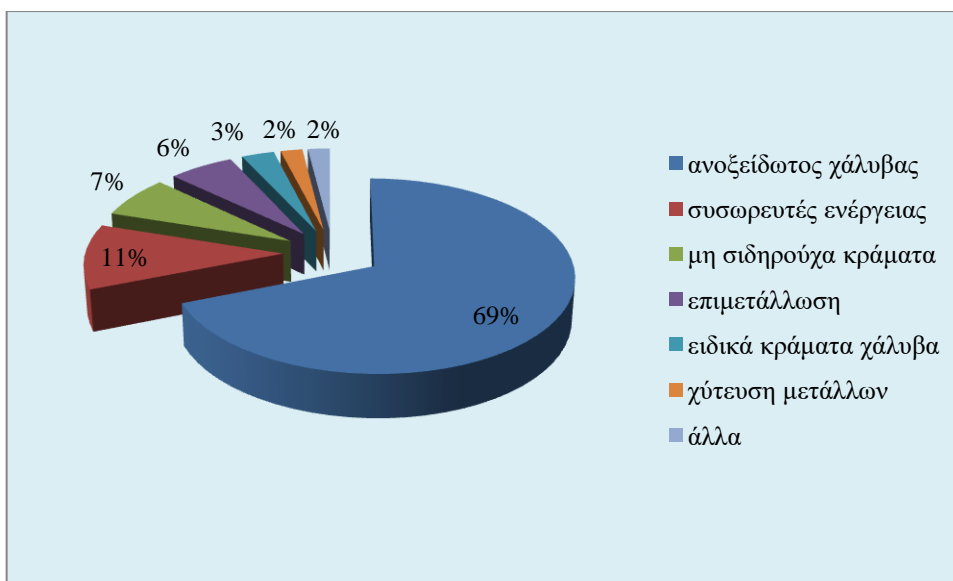
Λόγω όλων των παραπάνω ιδιοτήτων του, το νικέλιο χαρακτηρίζεται ως ένα εξαιρετικά σημαντικό εμπορικό προϊόν, καθώς διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην παγκόσμια βιομηχανική ανάπτυξη, παραμερίζοντας σχεδόν όλα τα υπόλοιπα βιομηχανικά μέταλλα. Το βασικότερο κράμα αυτού είναι το σιδηρονικέλιο. Πρόκειται για ένα κράμα που περιέχει νικέλιο και σίδηρο σε αναλογίες που διαφέρουν μεταξύ των παραγωγών και κυμαίνονται από 20%-40% σε νικέλιο και από 60%-80% σε σίδηρο αντίστοιχα.

1.2 Χρήσεις νικελίου – σιδηρονικελίου

1.2.1 Χρήσεις νικελίου

Το νικέλιο εμπεριέχεται σε πολλά υλικά που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ζωή μας. Η εφαρμογή του τα παλαιότερα χρόνια κυρίως περιοριζόταν στην παραγωγή νομισμάτων. Ωστόσο, σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό του παραγόμενου νικελίου καταλήγει σε παραγωγή κραμάτων, τα οποία αναμειγνύονται συχνά με ανοξείδωτο χάλυβα και έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή κτιρίων, την κατασκευή στρατιωτικών όπλων και αρμάτων, σε παραγωγή ιατρικού εξοπλισμού και εξοπλισμού παραγωγής τροφίμων, καθώς ακόμα και στην αεροδιαστημική.

Επιπροσθέτως, συμβάλλει σε αποδοτικές τηλεπικοινωνίες, σε αποδοτική παραγωγή πετρελαίου, στην καθαρή κι αξιόπιστη παραγωγή ενέργειας, στην υγιεινή κατεργασία τροφίμων και αξιόπιστο ιατρικό εξοπλισμό. Κυρίως χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή ανοξείδωτου χάλυβα μέσω του κράματος του σιδηρονικελίου (69%). Χρησιμοποιείται ωστόσο και κατά την παραγωγή συσσωρευτών ενέργειας (11%), στην παραγωγή μη σιδηρούχων κραμάτων (7%), στην επιμετάλλωση (6%), την δημιουργία ειδικών κραμάτων χάλυβα (3%), στη χύτευση των μετάλλων (2%) και σε άλλα (2%).

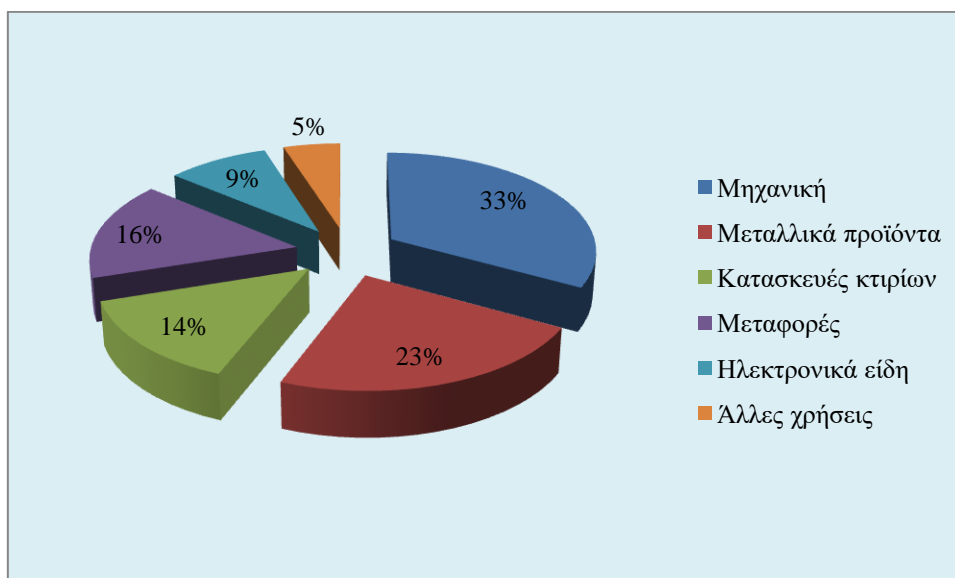


Διάγραμμα 1: Αρχικές χρήσεις νικελίου (nickelinstitute.org)

Συνοψίζοντας, τα παραπάνω οι τελικές χρήσεις του νικελίου χωρίζονται ποσοστιαία στους παρακάτω κλάδους με τον εξής τρόπο:

- μηχανική σε ποσοστό 33%,
- κατασκευή γενικότερα μεταλλικών προϊόντων σε ποσοστό 23%,
- κατασκευές κτιρίων σε ποσοστό 14%,
- μεταφορές σε ποσοστό 16%,
- ηλεκτρονικά είδη σε ποσοστό 9% και
- άλλες χρήσεις σε ποσοστό 5%.

(www.nickelinstitute.org/)



Διάγραμμα 2: Τελικές χρήσεις νικελίου (nickelinstitute.org)

1.2.2 Χρήσεις σιδηρονικελίου

Τα νικελιούχα υλικά σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία και το σιδηρονικέλιο κυριαρχεί σε όλες τις προηγμένες χώρες. Σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι τα παλαιότερα χρόνια η μεταλλουργική διεργασία του νικελίου απαντώνταν κατά κύριο λόγο σε νομίσματα.

Το σιδηρονικέλιο χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς και πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή προϊόντων με μαγνητικές, ηλεκτρονικές και καταλυτικές ιδιότητες. Γενικότερα δηλαδή με ιδιότητες που σχετίζονται με την τεχνολογία επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών.

Το σιδηρονικέλιο συμβάλλει στην παραγωγή προϊόντων για τηλεπικοινωνίες, ασφαλείς μεταφορές, παραγωγή πετρελαίου και βενζίνης, καθαρή και αξιόπιστη παραγωγή ενέργειας κατεργασία τροφίμων και ποτών, ασφαλή και αξιόπιστο ιατρικό εξοπλισμό, καθώς και σε εξοπλισμό μειωμένων εκπομπών από συσκευές έκλυσης απαερίων έως υβριδικά οχήματα.

Η χρήση του σιδηρονικελίου είναι εξαιρετικά διαδεδομένη, αντισταθμίζοντας έτσι το σχετικά υψηλό κόστος του.

Το σιδηρονικέλιο χρησιμοποιείται πρώτα και κύρια στην κατασκευή οστενιτικών ανοξειδωτων χαλύβων (γνωστών και ως σειρές 200 και 300). Αυτοί είναι μη μαγνητικοί χάλυβες που περιέχουν μεταξύ 8.5% και 25% νικέλιο (Ni), ενισχύοντας την αντιδιαβρωτική τους αντίσταση. Είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη ομάδα ανοξειδωτων χαλύβων, που χρησιμοποιείται στο 70%-75% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής. Οι Φερριτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες (γνωστοί και ως σειρά 400) δεν περιέχουν νικέλιο. (www.nickelinstitute.org/)

1.3 Κοιτάσματα Νικελίου

Τα μεταλλεύματα νικελίου σύμφωνα με τον τρόπο γένεσής τους, ταξινομούνται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Θειούχα
- Λατεριτικά
- Ιζηματογενή

Τα ιζηματογενή κοιτάσματα νικελίου διαφέρουν γενετικά και από τα λατεριτικά και από τα θειούχα. Δημιουργούνται από προϊόντα αποσάθρωσης και μεταφοράς λατεριτικού υλικού, Βέβαια τα λατεριτικά με τα ιζηματογενή κοιτάσματα νικελίου δεν έχουν κάποια αξιοσημείωτη ποιοτική διαφορά στη χημική τους σύσταση. Στον παρακάτω χάρτη φαίνονται αυτού του είδους κοιτάσματα.



Εικόνα 2: Παγκόσμια εξάπλωση νικελιούχων κοιτασμάτων (Αποστολίκας, 2010)

Θειούχα κοιτάσματα

Τα θειούχα κοιτάσματα νικελίου είναι συνδεδεμένα με βασικά και υπερβασικά πυριγενή πετρώματα. Τα κοιτάσματα αυτά σχηματίστηκαν είτε σε ζώνες απόκλισης είτε σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών. Τα μεγαλύτερα θειούχα κοιτάσματα παρουσιάζονται στον Καναδά, στην Αυστραλία, στις Η.Π.Α. και στην Ρωσία.

Λατεριτικά κοιτάσματα

Τα λατεριτικά κοιτάσματα αποτελούν το 72% των παγκόσμιων αποθεμάτων νικελίου. Η πλειοψηφία των κοιτασμάτων αυτών αναπτύσσεται επιφανειακά χωρίς να καλύπτονται από υπερκείμενα πετρώματα. Τα σημαντικότερα λατεριτικά κοιτάσματα εντοπίζονται στην Αυστραλία, στη Νέα Καληδονία, στην Κούβα, στην Ινδονησία, στις Φιλιππίνες, στη Βραζιλία και στην Κολομβία.

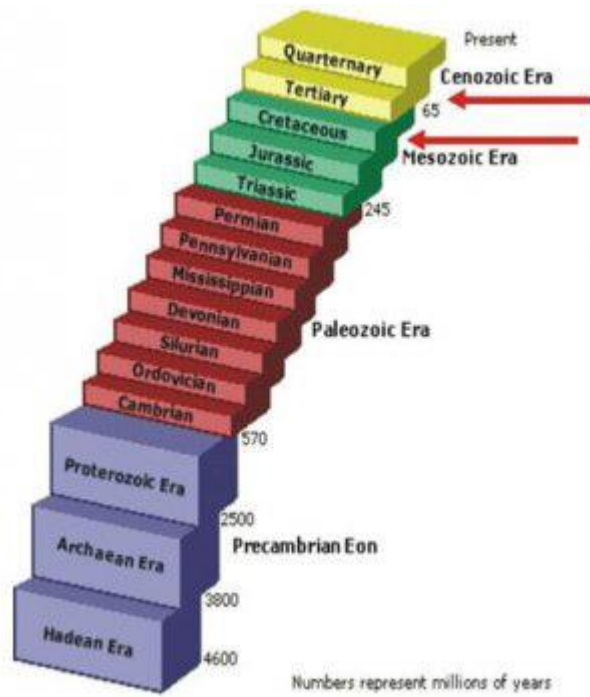
Ιζηματογενή κοιτάσματα

Τα ιζηματογενή κοιτάσματα νικελίου διαφέρουν γενετικά σε σχέση με τα κοιτάσματα των άλλων δύο τύπων. Δημιουργούνται από προϊόντα αποσάθρωσης καθώς και μεταφοράς του λατεριτικού υλικού. Είναι ωστόσο σημαντικό να γίνει αντιληπτό ότι δεν υπάρχει καμία ποιοτική διαφορά στη χημική σύσταση μεταξύ ιζηματογενών και λατεριτικών κοιτασμάτων νικελίου.

1.3.1 Κοιτάσματα νικελίου στην Ελλάδα

Ο φορέας που διεξάγει κυρίως γεωλογική έρευνα στην Ελλάδα είναι το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη γεωλογική δομή της χώρας, καθώς και για το μέγεθος, την τοποθεσία και την ποιότητα των μεταλλείων της Ελλάδας.

Στην Ελλάδα απαντώνται λατεριτικά κοιτάσματα τα οποία ονομάζονται σιδηρονικελιούχα καθώς η σύστασή του αποτελείται από σίδηρο, νικέλιο και κάποια ποσότητα χρωμίου (Fe, Ni ± Cr). Τα κοιτάσματα αυτά θεωρούνται “φτωχά” αφού η μέση περιεκτικότητά τους σε νικέλιο είναι της τάξης του 1%. Τα μεγάλα κέντρα εκμετάλλευσης βρίσκονται στην Κεντρική Εύβοια (βλ. και περιοχή μελέτης), Βοιωτία – Λοκρίδα και Καστοριά. Τα κυριότερα σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα βρίσκονται στις περιοχές που προαναφέρθηκαν, ενώ συναντώνται με περιεκτικότητα σε νικέλιο από 0.8% έως 1.5%. Τα συνολικά αποθέματα εκτιμάται ότι υπερβαίνουν τα 500 εκατομμύρια τόνους ($500 \cdot 10^6$ ton) των οποίων οι 240 είναι εκμεταλλεύσιμοι.



Εικόνα 3: Γεωλογικές περίοδοι στις οποίες δημιουργήθηκαν οι νικελιούχοι λατερίτες και τα ιζηματογενή σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα στην Ελλάδα



Εικόνα 4: Χάρτης περιοχών μεταλλευτικής δραστηριότητας για την εξόρυξη σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων στον Ελλαδικό χώρο

Τα κοιτάσματα νικελίου στον ελλαδικό χώρο χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Αυτόχθονα κοιτάσματα που εμφανίζονται στην Κεντρική Εύβοια, στην Λοκρίδα και στην Καστοριά
- Αλλόχθονα κοιτάσματα που βρίσκονται στην Λοκρίδα
- Ψευδοαυτόχθονα που απαντώνται στην Έδεσσα

Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν οι περιοχές Κοζάνης, Γρεβενών, Σκύρου, Έδεσσας, Πάρνηθας και Μυτιλήνης. Η βιομηχανία νικελίου είναι μια πλουτοπαραγωγική μονάδα που αποτελεί εθνική σημασία για τη χώρα.



Εικόνα 5: Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα (geo.auth.gr, 2022)

1.3.2 Νικελιούχα κοιτάσματα παγκοσμίως

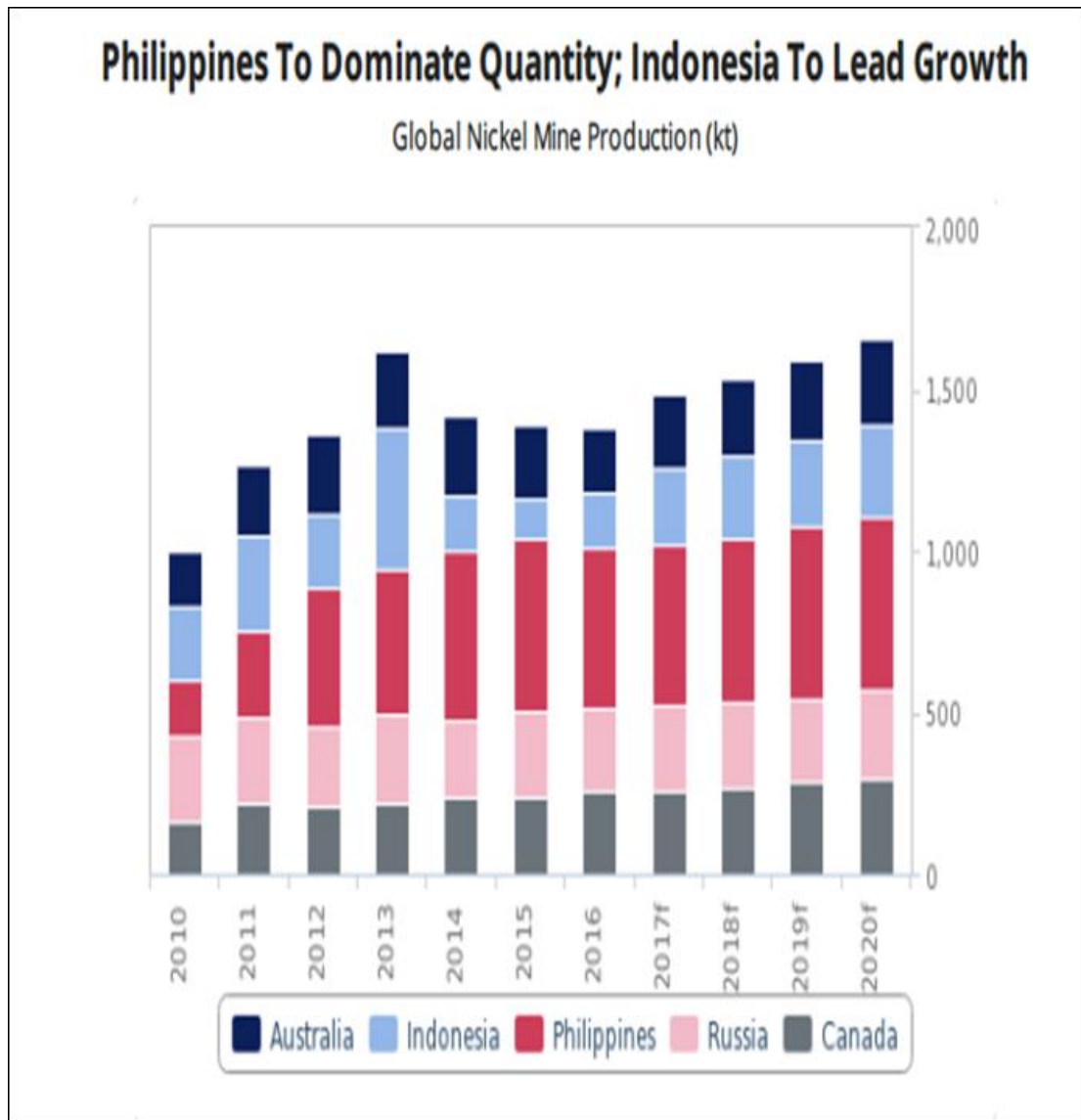
Το νικέλιο αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά μέταλλα, το οποίο εξορύσσεται και υφίσταται εκμετάλλευση από τον Καναδά μέχρι και την Αυστραλία. Μεταλλεύματα που περιέχουν νικέλιο εξορύσσονται σήμερα, παγκοσμίως σε περισσότερες από 25 χώρες. Κάποιες από τις γνωστότερες και μεγαλύτερες χώρες παραγωγής νικελίου παγκοσμίως είναι : η Αυστραλία, η Ινδονησία, οι Φιλιππίνες, η Βραζιλία, η Ρωσία, ο Καναδάς και η Κίνα.

Αναλυτικότερα, τα υψηλότερα αποθέματα νικελίου στον κόσμο περίπου 21 εκατομμύρια τόνοι ($21 \cdot 10^6$ ton) συναντώνται στην Ινδονησία ενώ παράλληλα η εν λόγω χώρα κατέχει και την πρώτη θέση στην παραγωγή, καθώς ανέρχεται στους $560 \cdot 10^3$ ton (το έτος 2018).



Εικόνα 6: Χάρτης χωρών με τη μεγαλύτερη εξορυκτική δραστηριότητα Ni (mapsofworld.com)

Τα χαρτογραφημένα κοιτάσματα που έχουν εντοπιστεί σε χερσαίο έδαφος έχοντας μέση περιεκτικότητα 1% και πάνω περιέχουν περισσότερο από $130 \cdot 10^6$ ton νικέλιο. Περίπου το 60% αυτών των κοιτασμάτων αφορά σε λατεριτικά κοιτάσματα ενώ το υπόλοιπο 40% σε θειούχα κοιτάσματα.



Εικόνα 7: Παραγωγή Ni στις βασικότερες χώρες τη δεκαετία 2010-2020 (USGS 2019)

1.4 Τιμή νικελίου

Γενικά, η τιμή του νικελίου στις αρχές του 21^{ου} αιώνα κυμαινόταν κάτω από 10.000 \$/ton, συγκεκριμένα περίπου στα 8.600 \$/ton.

Τον Ιούνιο του 2014 η τιμή του ήταν στα 17.293€/ton. Σήμερα η τιμή του Ni βρίσκεται περίπου στα 16.500€/ton (Ιούνιος 2024), ενώ τον Ιούνιο του 2019 κυμαινόταν στα 11.200€/ton. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέγιστη (max) τιμή μέσα στην τελευταία δεκαετία παρουσιάστηκε το Μάρτιο του 2022, όταν εν περίοδο

πολέμου (Ουκρανίας-Ρωσίας) παρουσίασε αύξηση της τάξης του 70% και έσπασε το ιστορικό ημερήσιο ρεκόρ των 77.000€ ανά τόνο.



Διάγραμμα 1: Τιμές Ni στο LME από το 2014 μέχρι το 2024 (Investing.com)



Διάγραμμα 2: Τιμές Ni στο LME (London Metal Exchange Market) το τελευταίο έτος (Investing.com)

Σύγχρονα δεδομένα

Παρατηρείται μια αυξανόμενη τάση στην τιμή του νικελίου (Ni) που ξεκίνησε από το δεύτερο εξάμηνο του έτους 2020. Η τιμή του Ni τους πρώτους οκτώ μήνες του 2021 αυξήθηκε, αλλά δεν κατάφερε να ξεπεράσει το ποσό των 19.349,90 € ανά μετρικό τόνο μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2021.

Το νικέλιο σαφώς επηρεάστηκε και είχε σημαντικές επιπτώσεις οικονομικά από την πανδημία του COVID-19 το 2020. Η τιμή του μετάλλου, κατέβηκε αρκετά δηλ. στα 11.370,97 €/ton τον Απρίλιο του 2020 από την κορυφή των 17.098,54€/ton που βρισκόταν τον Σεπτέμβριο του 2019. Στο δεύτερο εξάμηνο του έτους, όμως η ταχεία οικονομική ανάκαμψη της Κίνας υπήρξε σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της τιμής του νικελίου για το έτος 2020. Αυτό συνεχίστηκε ως και το έτος 2021. Αναλυτικότερα, τον Φεβρουάριο του 2021 το νικέλιο ανέβηκε στην τιμή των 18.382,40 €/ton σε σύγκριση με τα 16.447,42 €/ton που βρισκόταν. (capital.com)

Κεφάλαιο 2

Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ και κοιτάσματα Κεντρικής Ευβοίας

2.1 Σχετικά με την εταιρεία Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ

Η εκμετάλλευση νικελίου στην Ελλάδα πραγματοποιείται από τη Γενική Μεταλλευτική Μεταλλουργική Εταιρεία ΛΑΡΚΟ. Πρόκειται για μια εταιρεία που κατέχει την πέμπτη θέση στην παραγωγή σιδηρονικελίου παγκοσμίως αλλά είναι και η μεγαλύτερη παραγωγός του στην Ευρώπη.

Η Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ είναι μια από τις πέντε μεγαλύτερες παραγωγούς σιδηρονικελίου στον κόσμο. Εισήγαγε πρώτη στη διεθνή αγορά το κοκκοποιημένο σιδηρονικέλιο το 1976 και εξακολουθεί και σήμερα να αποτελεί τον μεγαλύτερο παραγωγό σιδηρονικελίου στην Ευρώπη. Η ΛΑΡΚΟ διαθέτει πέντε μεταλλεία επιφανειακής εκμετάλλευσης στην περιοχή της Εύβοιας. Τα μεταλλεία της Εύβοιας είναι τα πλέον σημαντικά με ετήσια παραγωγή που αγγίζει τους $1,5 \cdot 10^6$ τόνους (1,0%-1,03% Ni). Το μεταλλείο που απασχολεί την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι το ΒΑ ΑΚΡΕΣ.

Η κύρια μέθοδος εκμετάλλευσης που χρησιμοποιεί η Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ είναι η επιφανειακή συνδυάζοντας ανοιχτή και κλειστή εκσκαφή. Μερικά βασικά στοιχεία των εκμεταλλεύσεων της εταιρείας είναι:

- Ύψος βαθμίδων: 12-15m
- Πλάτος βαθμίδων: εξαρτάται από το όριο εκσκαφής (αρχικά το πλάτος τους είναι 25 m το οποίο μειώνεται προοδευτικά στα 12m προς το όριο της τελικής εκσκαφής
- Αποκάλυψη κοιτάσματος με χρήση εκρηκτικών
- Κοπή μεταλλεύματος με υδραυλική τσάπα ή προωθητή γαιών

(larco.gr)

2.2 Γεωλογικά, Κοιτασματολογικά, Ορυκτολογικά στοιχεία Κεντρικής Εύβοιας

Στην Κεντρική Εύβοια συναντάται πλήθος παλαιοτεκτονισμένων ενοτήτων, οι οποίες έχουν ομογενοποιηθεί από την Ανωκρητιδική επίκλυση. Συγκεκριμένα, στην

Κεντρική Εύβοια απαντούν η “Υποπελαγονική” ενότητα, η ύπαρξη της οποίας περιορίζεται στο Τριαδικο-Ιουρασικό (μέχρι το Κάτω Κρητιδικό), ενώ για τη μεταγενέστερη περίοδο εντάσσεται στην ενότητα της Ανατολικής Ελλάδας, όπως και η Πελαγονική.

Κύριο γνώρισμα αυτής της ζώνης είναι η συνύπαρξη τόσο της σχιστοκερατολιθικής μετ’ οφιολίθων διάπλασης όσο και της άνω κρητιδικής επίκλυσης. Χαρακτηριστικό δε της τεκτονικής είναι η έντονη λεπίωση με τοπικές επωθήσεις.

Η Υποπελαγονική ζώνη στον Ελλαδικό χώρο διαθέτει ένα παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο. Κάνει την εμφάνιση της τόσο στις περιοχές της Βόρειας Εύβοιας όσο και στην περιοχή των Στροπώνων-Μετοχίου της Κεντρικής Εύβοιας. Σημειώνεται ότι η ηλικία των σχηματισμών είναι προμεσολιθανθορακοφόρα. Στη Βόρεια Εύβοια το υπόβαθρο φθάνει τα 800 m, Οι σχηματισμοί είναι κυρίως βιοτιτικοί και διμαρμαρυγιακοί γνεύσιοι και γνευσιοσχιστόλιθοι, που κατά θέσεις μεταπίπτουν σε μιγματίτες. Αντίθετα στην Κεντρική Εύβοια, απαντώνται ενστρώσεις λευκών μαρμάρων ενώ στην Β. Εύβοια απουσιάζουν παντελώς τα ανθρακικά πετρώματα. (Μερμίγκη Α., 2009).

2.2.1 Στρωματογραφία περιοχής

Στην στρωματογραφία της περιοχής της Βόρειας και Κεντρικής Εύβοιας συναντώνται οι παρακάτω σχηματισμοί, αναφερόμενοι από πάνω μέχρι κάτω :

•**Τεταρτογενείς αποθέσεις:** αυτές διακρίνονται σε αλλουβιακές αποθέσεις, παλαιούς και νέους κώνους κορημάτων, υλικά χειμαρρωδών αναβαθμίδων και από διάφορους παράκτιους σχηματισμούς.

•**Νεογενή Ιζήματα:** οι Νεογενείς αποθέσεις της Εύβοιας ομαδοποιούνται σε τρεις ιζηματογενείς λεκάνες. Τη λεκάνη Αλιβερίου-Κύμης, τη λεκάνη Λίμνης-Ιστιαίας καθώς και τη λεκάνη Πάλιουρα-Γίδες. Οι λεκάνες αυτές και οι τρεις παρουσιάζουν παρόμοια λιθολογία, όπου συναντάται μια κατώτερη ακολουθία λιμναίων ιζημάτων συχνά με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις καθώς και μια ανώτερη ακολουθία από ποτάμια ιζήματα. Αυτά τα νεογενή ιζήματα εγκλείουν συχνά και κοιτάσματα λιγνίτη.

•**Φλύσχης:** Ο Φλύσχης αποτελείται κατά κύριο λόγο από ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και πιο σπάνια από κροκαλοπαγή. Στα κατώτερα στρώματα του

Φλύσχη, εμφανίζονται τοπικά μπλοκ νηριτικών καθώς και ημιπελαγικών ασβεστόλιθων.

•Ακολουθούν στη συνέχεια οι **Ανωκρητιδικοί επικλυσιογενείς ασβεστόλιθοι**, η απόθεση των οποίων άρχισε στο Κενομάνιο και συνεχίστηκε μέχρι και το Μαιστρίτσιο. Στη βάση αυτών των ασβεστόλιθων βρίσκονται συχνά μεγάλα κοιτάσματα σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος.

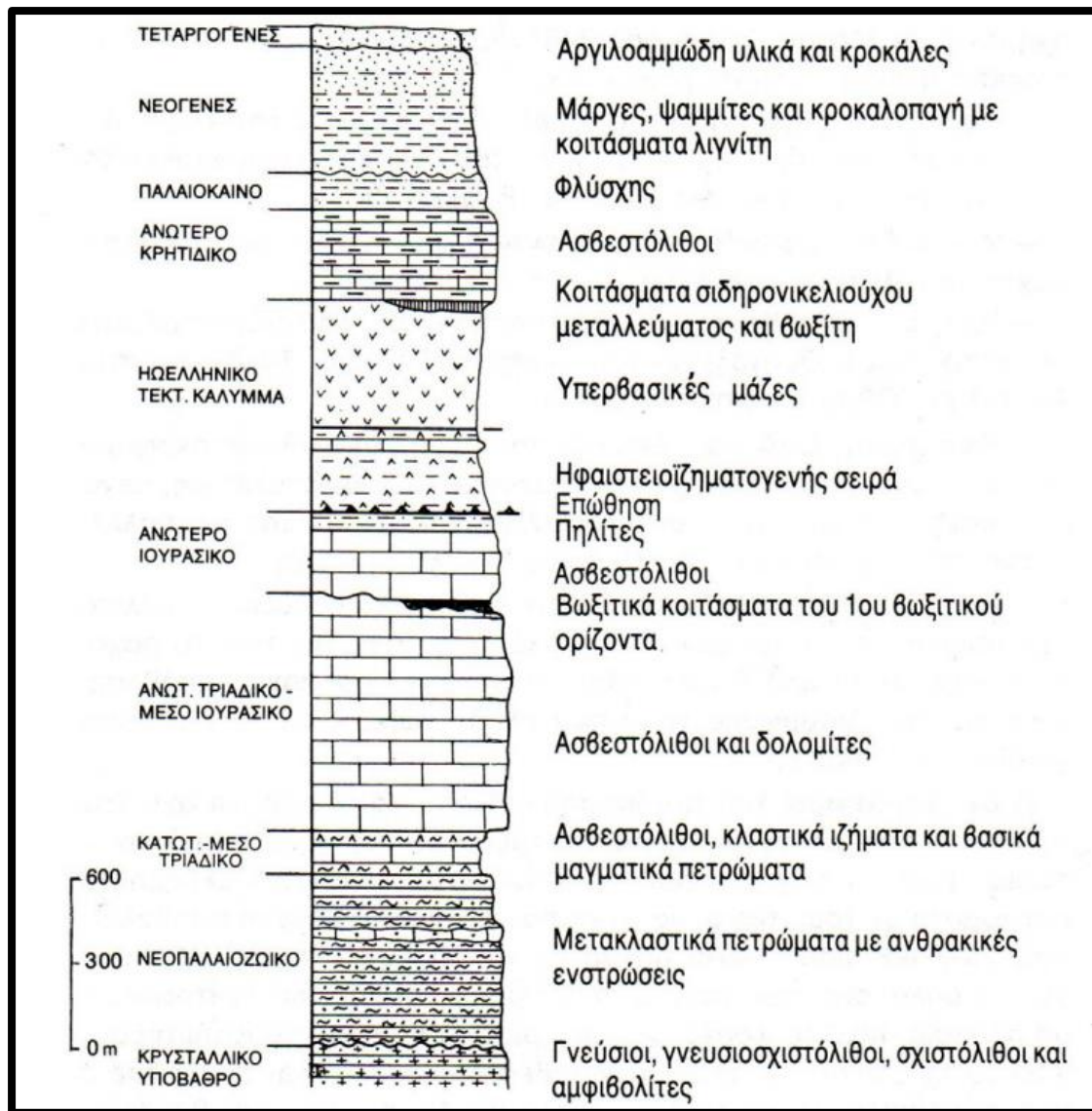
Τεκτονικό κάλυμμα: Η κύρια μάζα του τεκτονικού αυτού μείγματος αποτελείται από σερπεντινίτες καθώς και από ένα μπλοκ κερατόλιθων, αμφιβολιτών, ψαμμιτών κι ασβεστόλιθων. Το μπλοκ αυτό είναι όμοιο και με αντίστοιχο σε άλλες περιοχές της Ελλάδας.

•**Άνω Τριαδικά – άνω Ιουρασικά κυρίως νηριτικού τύπου ανθρακικά ιζήματα:** Πρόκειται για ασβεστόλιθους και δολομίτες μεγάλου πάχους, που διακόπτονται κατά ορισμένες περιόδους από τις γνωστές και σαν σχιστοψαμμιτοκερατολιθικές διαπλάσεις. Οι διαπλάσεις αυτές αποτελούνται : από ψαμμίτες, πηλίτες, μάργες, κερατόλιθους, ασβεστόλιθους ραδιολαρίτες, καθώς και οφιολιθικά τεμάχια στα ανώτερα μέρη τους, σερπεντινωμένα στο μεγαλύτερο μέρος τους.

•**Ασβεστόλιθοι, κλαστικά ιζήματα και βασικά μαγματικά πετρώματα** του κατώτερου – μέσου Τριαδικού.

•**Νεοπαλαιοζωικής ηλικίας σχηματισμοί** (μέσω & άνω Λιθανθρακοφόρου) με σχιστοψαμμίτες, σερικιτικούς σχιστόλιθους και κλαστικά πετρώματα με πολλές ανθρακικές ενστρώσεις του Περμίου.

•**Το κρυσταλλικό υπόβαθρο ηλικίας προ-μέσο-Λιθανθρακοφόρου**, που αποτελείται κατά κύριο λόγο από βιοτικούς, διμαρμαρυγικούς γενέσιους και γενευσιοσχιστόλιθους, που κατά θέσεις μεταπίπτουν σε μειγματίτες. (Κατσικάτσος, 1992)



Εικόνα 7: Στρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης μη μεταμορφωμένων σχηματισμών της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας (Κατσικάτσος, 1992)

2.2.2 Ορυκτολογικά στοιχεία

Τα νικελιούχα σιδηρομεταλλεύματα της Λοκρίδας, της Εύβοιας και της Σκύρου αποτελούνται από αιματίτη, λειμωνίτη, γκαιτίτη, μαγνητίτη, τιτανομαγνητίτη, λεπιδοκροκίτη, μαρκίτη, κοβελλίνη, μαλαχίτη, μαρκασίτη και κλαστικούς κόκκους χρωμίτη. Ένας φλοιός λατεριτικής αποσάθρωσης σε βάρος πετρωμάτων που περιέχουν ολιβίνη ή σερπεντίνη, δεν εμφανίζει ορυκτολογική και γεωχημική ομοιογένεια τόσο στο ανώτερο τμήμα του όσο και μέχρι τη βάση του, που είναι το μητρικό πέτρωμα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην διαφορετική κινητικότητα των στοιχείων στο υπεργενετικό περιβάλλον.

Τόσο η ορυκτολογική όσο και η ιστολογική μελέτη των μεταλλευμάτων δείχνει ότι αυτά αποτελούνται από σιδηρούχα σφαιροειδή σωματίδια, θραύσματα silcrete και σαπρολίτη. Επίσης και από κλαστικούς κόκκους χλωρίτη, νικελιούχου χλωρίτη, γκαιίτη, αιματίτη, χρωμίτη, ιλμενίτη, οξειδίων Ti, μαγνητίτη, μαγκαιμίτη, μαρτίτη, χαλαζία. Τα σιδηρούχα σφαιροειδή σωματίδια είναι κυρίως πελοειδή, σε μικρό βαθμό πισοειδή. Αντίθετα τα ωοειδή σπανίζουν. Πολύ διαδεδομένα είναι τα σύνθετα σφαιροειδή. Αυτά αποτελούνται από πλήθος πελοειδών και πισοειδών. Τα σφαιροειδή του είδους αυτού προέρχονται από το ανώτερο τμήμα της σιδηρούχου ζώνης των φλοιών λατεριτικής αποσάθρωσης. Μακροσκοπικά η επιφάνεια των περισσότερων σιδηρούχων σφαιροειδών εμφανίζεται λειασμένη, το οποίο είναι ένα χαρακτηριστικό που αποτελεί ένδειξη διαδικασίας απότριψης (abrasion), πολύ πιθανόν κατά τη διαδικασία της μεταφοράς. Κοντά στην επαφή του μεταλλεύματος με τον υποκείμενο ασβεστόλιθο όπου βρίσκονται κοιτάσματα καρστικού τύπου, παρατηρούνται μάζες σιδηροπυρίτη – μαρκασίτη, ασβολάνη καθώς και συγκεντρώσεις αυθιγενών ορυκτών των σπανίων γαιών. (<http://www.orykta.gr>)

2.2.3 Υδρογεωλογία Περιοχής

Στην περιοχή της Εύβοιας εμφανίζονται δύο κύριες ομάδες πετρωμάτων, στις οποίες τόσο ο μηχανισμός κίνησης του υπόγειου νερού, όσο και η ικανότητα αποθήκευσης και απόληψής τους, παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση. Στη μία ομάδα κατατάσσονται όλα τα κοκκώδη πετρώματα, των οποίων η περατότητα οφείλεται στους πόρους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων (τεταρτογενείς - νεογενείς σχηματισμοί). Στη δεύτερη ομάδα ταξινομούνται τα συμπαγή πετρώματα του υπόβαθρου, δηλαδή οι ασβεστόλιθοι καθώς και οι οφιόλιθοι, των οποίων η περατότητα οφείλεται στο δίκτυο των διαρρήξεων, ρωγμών, καρστικών αγωγών και άλλων ασυνεχειών που διασχίζουν τη μάζα τους. Στην ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν ποταμοί. Τα ρέματα και οι χείμαρροι που υφίστανται εμφανίζουν ουσιαστικά χαμηλή παροχή και ενεργοποιούνται περιοδικά και σπάνια, αναλόγως των καιρικών συνθηκών. (Βασιλείου, 2013)

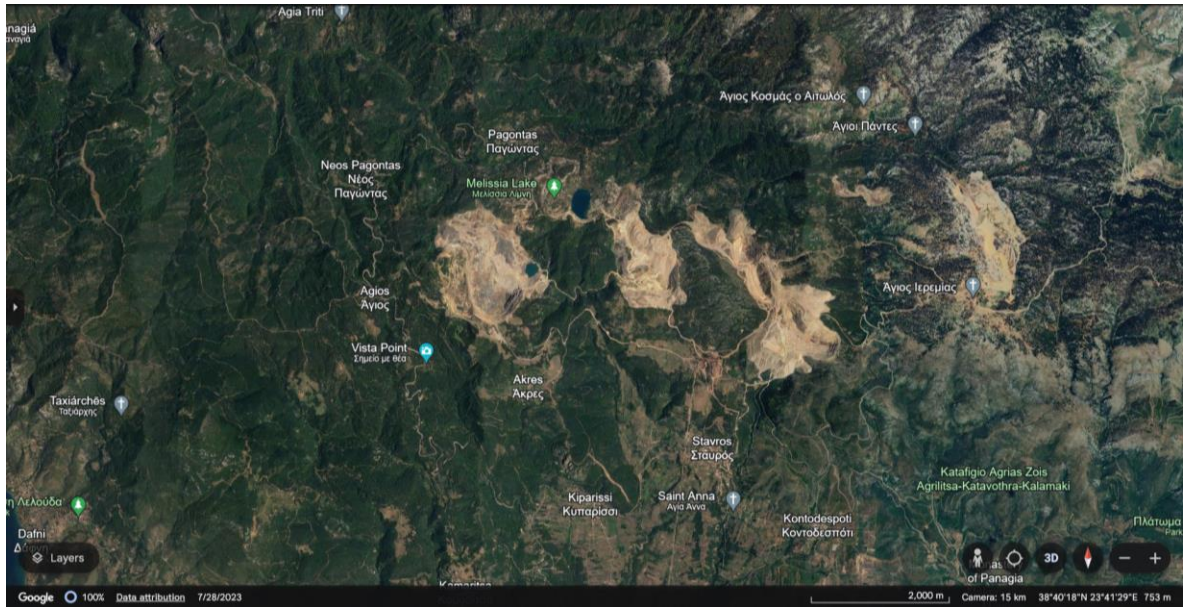
Σημειώνεται εδώ, ότι μέρος των ποσοτήτων αυτών χρησιμοποιούνται για εργοταξιακές ανάγκες (καταστολή σκόνης, πότισμα περιοχών αποκατάστασης κ.λ.π.). Οι υπόλοιπες ποσότητες νερού παροχετεύονται στην εσωτερική πλευρά των επιχωμάτων διηθούνται μέσα από αυτές (αδρομερές υλικό) και εξέρχονται στην

εξωτερική πλευρά τους ακολουθώντας το τεχνητό κανάλι που καταλήγει στον φυσικό αποδέκτη.

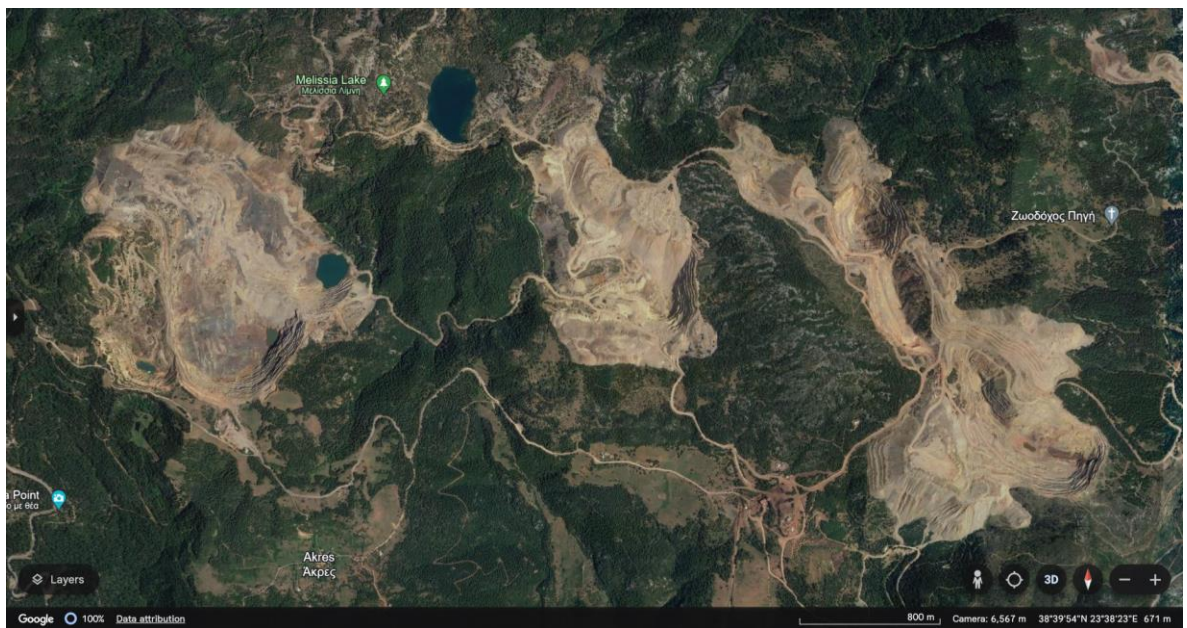
Οι σχηματισμοί αυτής της περιοχής με βάση την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά διακρίνονται σε: υδροπερατούς, ημιπερατούς και πρακτικά υδροστεγανούς σχηματισμούς. Στους υδροπερατούς σχηματισμούς ανήκουν οι αλλουβιακές αποθέσεις του Τεταρτογενούς, οι ψαμμίτες του Νεογενούς, τα κροκαλοπαγή, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και οι μεσοζωικοί ασβεστόλιθοι. Στους ημιπερατούς σχηματισμούς ανήκουν τα νεογενή ιζήματα, στα οποία παρατηρείται εναλλαγή αδρομερών και λεπτομερών στοιχείων και ο μανδύας, αποσάθρωσης του σχηματισμού του φλύσχη και των οφιολίθων. Τέλος, στους υδατοστεγούς σχηματισμούς ανήκουν τα νεογενή ιζήματα αργιλικής σύστασης, ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Οι περιοχές όπου ο φλύσχη και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφιόλιθους παρουσιάζουν έντονη διάρρηξη, χαρακτηρίζονται από ημιπερατοί έως υδροστεγανοί σχηματισμοί. (Βασιλείου, 2013)

2.3 Γεωγραφική θέση του κοιτάσματος

Οι Άκρες είναι ένας μικρός ορεινός οικισμός στην Κεντρική Εύβοια και ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Εύβοιας. Οι Άκρες βρίσκονται σε απόσταση περίπου 4 χλμ. Β.-ΒΔ. από το Κυπαρίσσι, 15 χλμ. Β.-ΒΔ. από τα Ψαχνά (έδρα του Δήμου), 29 χλμ. Β. από την Χαλκίδα. Ο οικισμός βρίσκεται σε υψόμετρο 500 μέτρα. Βόρεια καθώς και βορειοανατολικά του χωριού βρίσκονται τα μεταλλεία της ΛΑΡΚΟ και οι τεχνητές λίμνες που δημιουργήθηκαν για αυτά.



Εικόνα 8: Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής Άκρες Ψαχνών Ευβοίας (Google Earth)



Εικόνα 9: Δορυφορική εικόνα της περιοχής μελέτης ΒΑ Άκρες Ευβοίας (Google Earth)



Εικόνα 10: Άνω όψη προϋπάρχουσας εκμετάλλευσης της ΛΑΡΚΟ ΒΑ Άκρες (fysiolatris.gr)

2.4 Κλιματολογικά στοιχεία περιοχής

Το κλίμα στην περιοχή χαρακτηρίζεται ως εύκρατο, με θερμοκρασίες όχι πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές το καλοκαίρι ή το χειμώνα αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει γιατί επηρεάζεται άμεσα από το ιδιαίζον ανάγλυφο της οροσειράς Δίρφυος αφ' ενός και αφετέρου από την γειτνίαση της με τη θάλασσα.

Συμπερασματικά, για κάθε ένα από τα κλιματολογικά στοιχεία, σημειώνονται τα παρακάτω:

Α. Θερμοκρασία: Δεν παρατηρούνται πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ των μέσων θερμοκρασιών του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα του έτους (Ιούλιος $26,7^{\circ}\text{C}$ και Ιανουάριος $8,9^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα). Η μέση μέγιστη θερμοκρασία (Ιούλιος $30,7^{\circ}\text{C}$) και η μέση ελάχιστη (Ιανουάριος $5, 7^{\circ}\text{C}$) δεν υπερβαίνουν τα όρια πέρα για τα οποία η διαβίωση στην περιοχή γίνεται γενικά προβληματική.

Β. Βροχοπτώσεις: Γενικά η περιοχή χαρακτηρίζεται ως υγρή. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος ανέρχεται σε 76,38 cm. Ο Δεκέμβριος είναι ο πλέον βροχερός μήνας (128,1 cm), σε αντίθεση με τον Ιούλιο που είναι ο μήνας του χρόνου με τις λιγότερες βροχές.

Γ. Χιόνι: Τους χειμερινούς μήνες η περιοχή καλύπτεται συχνά από χιόνι.

Δ. Πάχνη-Παγετοί: Σημειώνονται συχνά επίσης κατά την διάρκεια του χειμώνα.

Ε. Χαλάζι-Καταιγίδες: Συναντώνται μάλλον συχνά. Ιδιαίτερες οι καταιγίδες που ενσκήπτουν κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο.

Κεφάλαιο 3

Μέθοδοι εκμεταλλεύσεων

Γενικά στοιχεία για υπαίθριες εκμεταλλεύσεις

Ο σχεδιασμός κάθε υπαίθριας εκμετάλλευσης πρέπει να βασίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Η οικονομικότητα
- Η ασφάλεια
- Η περιβαλλοντική προστασία

Πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψιν μια σειρά από παραμέτρους, οι οποίες συνοπτικά δίνονται παρακάτω:

• Φυσικές παράμετροι εκμετάλλευσης

Τα βασικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν μια εκμετάλλευση είναι:

1. Η τεκτονική της περιοχής, δηλαδή η ύπαρξη ρηγμάτων ή συστήματος κατακλάσεων
2. Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής
3. Η τοπογραφία της περιοχής
4. Η γεωμετρία του κοιτάσματος
5. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος καθώς και των γειτονικών αυτού πετρωμάτων
6. Η γεωγραφική θέση κοιτάσματος
7. Το κλίμα

(Μενεγάκη, 2010)

• Οικονομικές παράμετροι

Στις οικονομικές παραμέτρους περιλαμβάνονται η οικονομική σχέση αποκάλυψης και η οριακή περιεκτικότητα (cut-off grade).

Οικονομική ή οριακή ή μέγιστη σχέση αποκάλυψης

Η σχέση αποκάλυψης R_E ορίζεται ως παρακάτω:

$$R_E = \frac{A - B}{C} \quad (4.1)$$

όπου είναι:

A: Έσοδα ανά τόνο (ton) χρήσιμου συστατικού

B: Κόστος εξόρυξης και επεξεργασίας ανά τόνο (ton) χρήσιμου συστατικού

C: Κόστος αποκάλυψης ανά τόνο (ton) αγόνων

(Μενεγάκη, 2010)

Οριακή περιεκτικότητα (cut off grade)

Η οριακή περιεκτικότητα ή αλλιώς cut-off grade (COG) είναι μια τυποποιημένη, αποδεκτή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του μέρους του κοιτάσματος που θα συμπεριληφθεί στην εκτίμηση των ορυκτών πόρων ή των αποθεμάτων ή ενδεχομένως στο σχέδιο ζωής του μεταλλείου (Life of Mine Plan, LOM). Αποτελεί δηλαδή τον ελάχιστο βαθμό στον οποίο το υλικό μπορεί να εξορυχθεί ή να υποστεί οικονομική επεξεργασία. Η οριακή περιεκτικότητα είναι μια βασική παράμετρος όσο αφορά στον προσδιορισμό των αποθεμάτων προκειμένου να δημιουργηθούν σχέδια παραγωγής και επιχειρηματικά σχέδια με σκοπό την κερδοφορία μιας ανοιχτής εκμετάλλευσης.

(SME, 3rd edition)

Τα περισσότερα μεταλλεία έχουν σχεδιαστεί και προγραμματιστεί με τη χρήση οριακής περιεκτικότητας. Η χρήση της οριακής περιεκτικότητας οδηγεί σε ένα χρονοδιάγραμμα που μεγιστοποιεί τα μη προ εξοφλημένα κέρδη.

(Ahmadi, Bazzazi, 2019)

Η οριακή περιεκτικότητα ορίζει τη φυσική ετερογένεια στην ποιότητα των υλικών εντός ενός ορυκτού πόρου. Ταξινομεί το χρήσιμο (μετάλλευμα) και το στείρο υλικό σύμφωνα με την επικρατούσα οικονομική κατάσταση. Το μετάλλευμα είναι το υλικό με περιεκτικότητα σε μέταλλα μεγαλύτερη από την οριακή περιεκτικότητα, δηλαδή εάν εξορυχθεί και επεξεργαστεί υπόσχεται να αποφέρει κέρδος, με βάση μία τιμή πώλησης του μετάλλου ανώτερη της οριακής. Αντίθετα, εάν η περιεκτικότητα

του υλικού σε μέταλλα είναι μικρότερη από την οριακή περιεκτικότητα το λειτουργικό κόστος εξόρυξης, διύλισης ή εμπορίας του υλικού αυτού υπερβαίνει τα πιθανά έσοδα από το παραγόμενο μέταλλο. Δηλαδή cut-off grade είναι ο βαθμός που χρησιμοποιείται για να γίνει η διάκριση μεταξύ μεταλλεύματος και στείρων. Τα στείρα υλικά καταλήγουν σε χώρους απόθεσης.

(Khan, Asad, 2021)

Είναι κατανοητό τι εννοείται με τον όρο μετάλλευμα και απόβλητο αντίστοιχα. Ο όρος «cut off grades» (οριακές περιεκτικότητες) αναφέρεται στις ποιότητες που το υλικό αλλάζει ανάλογα με τον προορισμό της εκσκαφής. Πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται η έννοια «grades» και όχι «grade» δεδομένου ότι δύναται να υπάρχουν διάφοροι πιθανοί προορισμοί του υλικού. Η απλούστερη περίπτωση ενός υλικού είναι όταν υπάρχουν δύο προορισμοί δηλαδή το εργοστάσιο εμπλουτισμού ή ο χώρος απόθεσης των αποβλήτων. Βέβαια υπάρχουν και πολλές περιπτώσεις που οι προορισμοί είναι τρεις: ο εμπλουτισμός, ο χώρος έκπλυσης και ο χώρος απόθεσης. Κάθε μια από τις παρακάτω αποφάσεις απαιτεί την αντίστοιχη «οριακή περιεκτικότητα» (cut-off grade):

- Εμπλουτισμός ή έκπλυση
- Έκπλυση ή απόβλητα

(Khan, Asad, 2021)

Η οριακή περιεκτικότητα υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε το υλικό να υποβληθεί σε επεξεργασία και να αποφέρει κέρδος. Αν ο στόχος είναι η μεγιστοποίηση των ταμειακών ροών, η οριακή περιεκτικότητα υπολογίζεται ως ο βαθμός στον οποίο η ταμειακή ροή από την επεξεργασία ισούται με την ταμειακή ροή του αποβλήτου.

Η οριακή τιμή του cut-off grade προκύπτει από το κόστος της επεξεργασίας όταν ισούται με τα έσοδα που λαμβάνονται από το ανακτώμενο προϊόν.

Οι ταμειακές ροές που σχετίζουν τη μεταχείριση του υλικού ως απόβλητο μπορούν να υπολογιστούν ως εξής:

$$C_{mw} = -M \times C_m \quad (4.3) \text{ όπου}$$

M = μάζα του υλικού

C_m = κόστος εξόρυξης ενός τόνου υλικού

Οι ταμειακές ροές που σχετίζονται με την επεξεργασία του υλικού ως μεταλλεύμα μπορούν να υπολογιστούν με την ακόλουθη εξίσωση:

$$C_{mo} = P \times R \times M \times G - M \times C_p - M \times C_m \quad (4.4), \text{ όπου:}$$

P = τιμή που λαμβάνεται για μια μονάδα προϊόντος

R = μεταλλουργική ανάκτηση στη διαδικασία

G = περιεκτικότητα του υλικού

C_p = κόστος πώλησης ενός τόνου υλικού

Η οριακή περιεκτικότητα υπολογίζεται ως ο βαθμός G , στον οποίο η ταμειακή ροή από την επεξεργασία (C_{mo}) είναι η ίδια με την ταμειακή ροή από την επεξεργασία του υλικού ως απόβλητο (C_{mw}):

$$C_{mo} = C_{mw}$$

ή

$$P \times R \times M \times G - M \times C_p - M \times C_m = -M \times C_m \text{ άρα } G = \frac{C_p}{P \times R} \quad (4.5)$$

(Open Pit Mine Planning and Design, 3rd edition)

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες ορισμένες σημαντικές παρατηρήσεις σχετικά με την οριακή περιεκτικότητα:

- ✓ Η οριακή περιεκτικότητα είναι ανεξάρτητη από το κόστος εξόρυξης
- ✓ Το όριο είναι ανεξάρτητο από την κατανομή της περιεκτικότητας στο σώμα του μεταλλεύματος

• Περιβαλλοντικές παράμετροι

Η εκμετάλλευση οποιουδήποτε μεταλλεύματος είναι μια οικονομική δραστηριότητα, η οποία θα πρέπει να έχει θετικά οικονομικά αποτελέσματα. Ταυτόχρονα κατά το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και είναι εξαιρετικά σημαντικό και

επιβεβλημένο να προτείνονται μέτρα για την αντιμετώπισή τους. Η καθυστερημένη αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τη φάση της αποκατάστασης είναι απαγορευτική καθώς το κόστος αυτής θα είναι ιδιαίτερα υψηλό. Επιπρόσθετα η αγνόηση των περιβαλλοντικών παραγόντων κατά τη φάση του σχεδιασμού της εκμετάλλευσης μπορεί να οδηγήσει ακόμη και στον τερματισμό της δραστηριότητας (περιβαλλοντολογική αδειοδότηση).

- **Τεχνολογικές παράμετροι**

Η τεχνολογία έχει προχωρήσει ραγδαία τα τελευταία χρόνια για αυτό και υπάρχει η δυνατότητα σύγχρονου και αυτόματου εξοπλισμού τόσο σε χωματοουργικά αυτοκίνητα όσο και σε εργαλεία. (Μενεγάκη, 2010)

Ο τεχνολογικός εξοπλισμός είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ομαλή και επικερδή λειτουργία της εκμετάλλευσης, καθώς διευκολύνει τη μεταφορά των υλικών, μειώνοντας έτσι τους χρόνους μιας εργασίας. Για αυτούς του λόγους καθίσταται αναγκαίο από ένα λατομείο να έχει στην κατοχή του σύγχρονο μηχανολογικό εξοπλισμό.



Εικόνα 11: Τεχνολογικός εξοπλισμός (Dumper) εργοταξίου ΛΑΡΚΟ (larko.gr)

Στη βάση αυτών των παραμέτρων, δημιουργήθηκαν τα εναλλακτικά σχέδια εκμετάλλευσης που παρουσιάζονται παρακάτω.

Κεφάλαιο 4

Μεταλλουργία Νικελίου

Η μεταλλουργική επεξεργασία του Νικελίου παρουσιάζεται παρακάτω, καθώς είναι ιδιαίτερα σημαντική για το κόστος της εκμετάλλευσης,

4.1 Μεταλλουργία Νικελίου

Το νικέλιο είναι ένα από τα μέταλλα με εξαιρετικά υψηλή στρατηγική αξία για τη ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας. Επίσης, είναι ένα από τα μέταλλα με υψηλή αξία στην ανάπτυξη της οικονομίας. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι με την εμφάνιση των οικολογικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων που επικρατούν τα τελευταία χρόνια στον κόσμο είναι σημαντική η ανάπτυξη καθαρής ενέργειας και η επίτευξη οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης.

Το νικέλιο αποκτά μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της ολκιμότητας, της αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες και της αντίστασης στη διάβρωση. Το νικέλιο παράγεται και διατίθεται με τη μορφή τριών κυρίως προϊόντων που είναι τα εξής: καθαρό νικέλιο, σιδηρονικέλιο και οξειδίο του νικελίου.

Η παραγωγή του νικελίου βασίζεται στην κατεργασία δύο τύπων μεταλλευμάτων. Συγκεκριμένα τα θειούχα μεταλλεύματα εμπλουτίζονται προς σχηματισμό συμπυκνώματος νικελίου (7-10% Ni περίπου) πριν υποστούν μεταλλουργική κατεργασία. Αντιθέτως, τα οξειδωμένα μεταλλεύματα δέχονται πολύ περιορισμένο εμπλουτισμό με φυσικές μεθόδους (τριβή, κοσκίνιση, μαγνητικό διαχωρισμό, βαρέα διάμεσα), με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η μεταλλουργική κατεργασία του συνόλου τους (με 1-3%, περίπου, νικελίου) προς παραγωγή του νικελίου. (Σακάρογλου Μ., 2015)

4.2 Παραγωγική διαδικασία με τη μέθοδο της ΛΑΡΚΟ

Η συνολική ετήσια ποσότητα μεταλλεύματος που παράγεται καταλήγοντας για επεξεργασία εκτιμάται στους 2.500.000 τόνους. Η παραγωγή σχεδόν στο σύνολο της προωθείται προς το μεταλλουργικό εργοστάσιο παραγωγής σιδηρονικελίου, με μέση ποιότητα 1,01% Ni. Το μεταλλουργικό εργοστάσιο παραγωγής σιδηρονικελίου βρίσκεται στη Λάρυμνα Φθιώτιδας. Πρόκειται για μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες παραγωγής ανοξειδωτων χαλύβων στον Ευρωπαϊκό χώρο. Στο

Μεταλλουργικό Εργοστάσιο γίνεται πυρομεταλλουργική επεξεργασία των Ελληνικών σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων (λατεριτών) με στόχο την παραγωγή σιδηρονικελίου (FeNi), περιεκτικότητας 18-24% σε νικέλιο. Αυτή η μονάδα είναι μία εκ των 57 εγκαταστάσεων μεταλλουργίας νικελίου παγκοσμίως και μία εκ των 22 που επεξεργάζονται λατερίτες. (<http://www.larco.gr>)

Η επεξεργασία του μεταλλεύματος πραγματοποιείται σε 4 κύριες φάσεις.

❖ **1η Φάση: Διακίνηση Α΄ Υλών και Ανάμιξη για προετοιμασία του Μεταλλουργικού Μίγματος (Μ.Μ.)**

Το λειοτριβημένο σε διαστάσεις -25mm μετάλλευμα καθώς και τα στερεά καύσιμα που απαιτούνται, δηλαδή ο γαιάνθρακας και οι λιγνίτες, καταφθάνουν είτε οδικώς είτε δια θαλάσσης και αποθηκεύονται στους χώρους απόθεσης (στις πλατείες) πρώτων υλών. Από εκεί μεταφέρονται μέσω ταινιοδρόμων οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με δοσιμετρικούς ζυγούς προς τη δεύτερη φάση επεξεργασίας, εντός των Περιτροφικών Καμίνων.

Τα στερεά καύσιμα, που απαιτούνται δηλ. γαιάνθρακας - λιγνίτες, κυμαίνονται περίπου στα 200 - 230 kg/ton φυσικού μεταλλεύματος. Η παραπάνω αναλογία πρωτίστως υπαγορεύεται από τον όγκο των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων, την περιεκτικότητα των κοιτασμάτων σε νικέλιο, την δυνατότητα και δυναμικότητα των εκμεταλλεύσεων καθώς επίσης και από την εν γένει χημική αλλά και ορυκτολογική σύνθεση του μεταλλεύματος.

Η χρήση ποικιλίας καυσίμων αποσκοπεί κυρίως στην καλύτερη αξιοποίηση των συστατικών τους (μόνιμος άνθραξ και πτητικά) για την προθέρμανση και την προαναγωγή του μεταλλεύματος στις Περιτροφικές Καμίνους.

❖ **2η Φάση: Προθέρμανση και Προαναγωγή του Μεταλλεύματος σε Περιτροφικές Καμίνους (Π/Κ)**

Λειτουργούν τέσσερις (4) Περιτροφικές Κάμινοι (Π/Κ). Οι τρεις από αυτές έχουν μήκος 90 περίπου μέτρα και διάμετρο 4,2 m οι δύο και 5,2 m η τρίτη. Η τέταρτη είναι η μεγαλύτερη από αυτές καθώς έχει μήκος 126 μέτρα ενώ έχει και διάμετρο 6,1 m. Αυτή είναι και μια από τις μεγαλύτερες Περιτροφικές Καμίνους που υπάρχουν στην Ευρώπη.

Οι Περιστροφικές Κάμινοι μπορούν να παράγουν προϊόν φρύγματος (ΠΕΚ) της τάξης των 300 ton/h, το οποίο ισοδυναμεί περίπου με την παραγωγή 2.500.000 τόνων ανά έτος. Εκεί παρατηρούνται θερμοκρασίες που είναι της τάξης των 400°C στην είσοδο του μίγματος ενώ στην έξοδο αυτού είναι και 750°-800°C.

Εντός της Π/Κ κατά τη διάρκεια της διέλευσης του μεταλλουργικού μίγματος, σε αντίξοχη με τον αέρα - αέρια καύσης, λαμβάνουν χώρα αναγωγικές αντιδράσεις και έτσι επιτυγχάνεται η ξήρανση και προαναγωγή των οξειδίων τόσο του νικελίου όσο και του σιδήρου.

❖ 3η Φάση: Αναγωγική τήξη σε Ηλεκτρικές Καμίνους (Η/Κ)

Το προϊόν των περιστροφικών καμίνων, ΠΕΚ, τροφοδοτείται εντός πέντε Ηλεκτροκαμίνων εμβαπτισμένου τόξου. Το ύψος του σώματος και των πέντε Ηλεκτροκαμίνων είναι 6m. Η διάμετρος των τεσσάρων Η/Κ είναι 12m, ενώ της πέμπτης που είναι μεγαλύτερη είναι 18m.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται, με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο για την τήξη όσο και για τον διαχωρισμό των συστατικών του ΠΕΚ είναι της τάξης των 1600 °C. Ταυτόχρονα με την τήξη προωθείται και η αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου αλλά και του νικελίου προς μεταλλικό νικέλιο και σίδηρο αντίστοιχα.

Έτσι διαμορφώνονται δύο φάσεις : μια μεταλλική, γνωστή σαν σιδηρονικέλιο ή FeNi 15, όπου συγκεντρώνεται το νικέλιο και μέρος του σιδήρου καθώς και μια φάση σκουριάς με κύρια συστατικά τα οξείδια του σιδήρου, του ασβεστίου και του πυριτίου.

Η περιεκτικότητα του Ni στο FeNi 15 ρυθμίζεται μέσω της αναλογίας του μόνιμου άνθρακα (CFix) στο ΠΕΚ. Οι φάσεις του μετάλλου και της σκουριάς απομακρύνονται συστηματικά από τις κατάλληλες οπές που ευρίσκονται στο σώμα των Ηλεκτροκαμίνων, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 90° – 135° μοίρες κατά περιφέρεια ενώ καθ' ύψος 50 - 70 εκατοστά.

Η παραγόμενη ως παραπροϊόν σκουριά Ηλεκτροκαμίνων αποτελεί το 85% περίπου της τροφοδοσίας και προκύπτει από αναγωγικές διεργασίες, όπως ήδη προαναφέρθηκε, κατά την έξοδό της από τις Η/Κ κοκκοποιείται με ισχυρό ρεύμα θαλασσινού νερού και

απορρίπτεται ή πωλείται στις τσιμεντοβιομηχανίες αλλά και στις μονάδες παραγωγής αμμοβολής. Υπάρχουν σημαντικές ποσότητες για διάθεση στην αγορά και για το σκοπό αυτό καταβάλλονται διαρκείς προσπάθειες.

Επισημαίνεται ότι η σκουριά είναι προϊόν τήξης και διαχωρισμού λόγω διαφοράς ειδικού βάρους των φυσικών συστατικών του μεταλλεύματος και συνεπώς εντελώς αδρανής. Η φάση του σιδηρονικελίου που είναι το προϊόν των Η/Κ παραλαμβάνεται με την περιοδική διάνοιξη της οπής απομετάλλωσης και με χρήση σωλήνων οξυγόνου και προωθείται με κατάλληλους κάδους των 50 ton στην επόμενη βαθμίδα της τελικής επεξεργασίας.

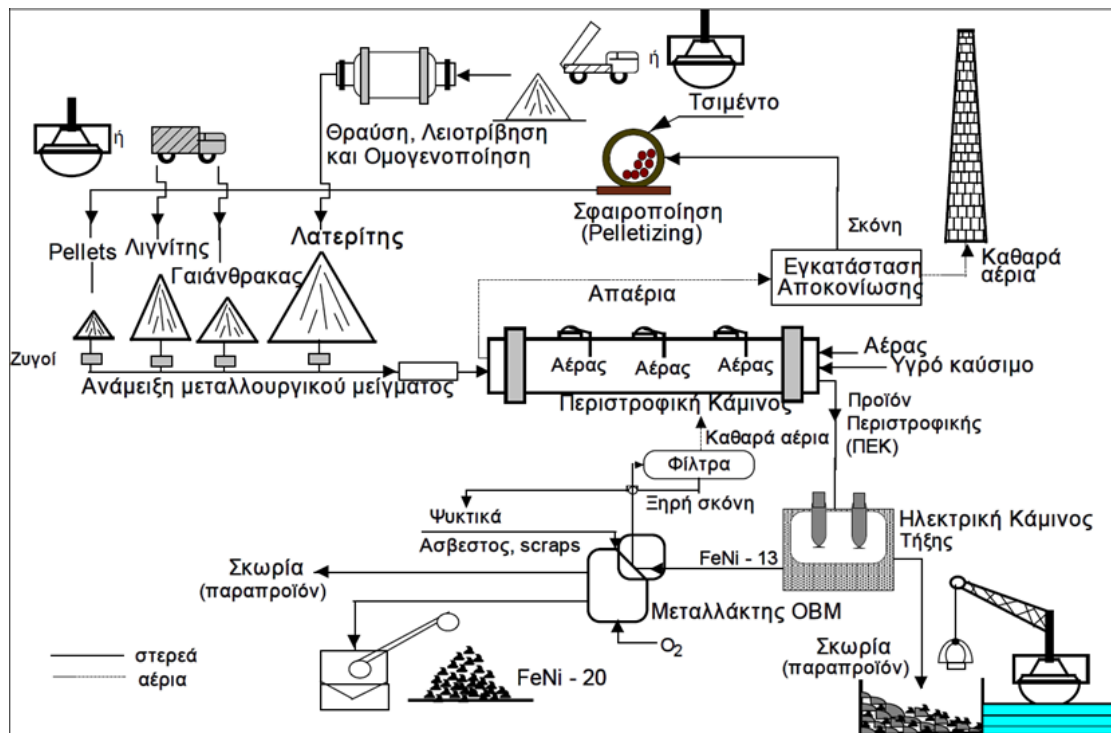
❖ 4η Φάση: Εμπλουτισμός - Εξευγενισμός σε Μεταλλάκτες (M/T) OBM

Το προϊόν των Η/Κ (FeNi) με κατάλληλους κάδους χωρητικότητας 50 ton και γερανογέφυρα ανυψωτικής ικανότητας 100 ton τροφοδοτείται σε μεταλλάκτες τύπου OBM, όπου με εμφύσηση οξυγόνου και προπανίου από τον πυθμένα οξειδώνεται μία ποσότητα σιδήρου, Έτσι επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του σιδηρονικελίου στην επιθυμητή τελική περιεκτικότητα σε Ni (συνήθως 18-23% Ni).

Για τον σκοπό αυτό διατίθενται δύο μεταλλάκτες των 50 τόνων ο καθένας. Ταυτόχρονα με τον εμπλουτισμό σε Ni επιτυγχάνεται όμως και ο εξευγενισμός του προϊόντος, με την προσθήκη κατάλληλων συλλιπασμάτων, περιορίζοντας έτσι τις περιεκτικότητες θείου και φωσφόρου στα εμπορικά επιτρεπτά επίπεδα.

Κατά την επεξεργασία οι θερμοκρασίες είναι της τάξης των 1600 - 1700 °C. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας το τελικό τήγμα κοκκοποιείται σε διαστάσεις 3 έως 40 mm. Αυτό και αποτελεί το εμπορεύσιμο τελικό προϊόν, το οποίο συγκεντρώνεται σε σωρούς, ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε Ni και από το λιμάνι της Λάρυμνας από όπου προωθείται στην αγορά.

Η παραγόμενη κατά τον εμπλουτισμό σκουριά αποτελεί παραπροϊόν. Το προϊόν αυτό αποθηκεύεται προσωρινά και αφού λειοτριβηθεί σε διαστάσεις -5mm πωλείται σαν βαρύ και αδρανές υλικό για την παραγωγή ειδικού τύπου μπετόν που χρησιμοποιείται για επικάλυψη αγωγών πετρελαίου ή άλλων παρόμοιων έργων στην Ευρώπη αλλά και στην Βόρειο Αφρική και στην Μέση Ανατολή. (larco.gr)



Εικόνα 12 : Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας της LARCO (Αποστολίκας, 2020)

Κεφάλαιο 5

Σχεδιασμός Υπαίθριας Εκμετάλλευσης στην περιοχή ΒΑ Άκρες στην Εύβοια

Η μοντελοποίηση του κοιτάσματος, η εκτίμηση των αποθεμάτων του μεταλλείου και ο τελικός σχεδιασμός της υπαίθριας εκμετάλλευσης είναι το βασικό στάδιο της κατασκευής. Για την υλοποίηση των παραπάνω σταδίων χρησιμοποιείται το μεταλλευτικό πρόγραμμα Gemcom Surpac. Στη συνέχεια περιγράφεται τόσο η διαδικασία που ακολουθήθηκε, όσο και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Το λατομείο βρίσκεται στη Βόρεια Εύβοια στο νταμάρι «Άκρες» στην περιοχή Κοτρώνι, όπου κυριαρχεί ένα κίτρινο χρώμα που προέρχεται από τις αντιδράσεις των σιδηρούχων μεταλλευμάτων (βλ. «οξινη διάβρωση των εδαφών»).

Αποδεκτό γίνεται από πολλούς μελετητές ότι το λατομείο διοχετεύει μείγμα βαρέων μετάλλων που εξαπλώνεται στον υδροφόρο ορίζοντα.

Οι μετρήσεις που έγιναν σε συνεργασία του Πανεπιστημίου Αθηνών και του ΙΓΜΕ ανίχνευσαν και συγκεντρώσεις νικελίου που ξεπερνούν τα 30 $\mu\text{g}/\text{l}$, με όριο ασφαλείας τα 20 $\mu\text{g}/\text{l}$. Μάλιστα πρόσφατες αναλύσεις του ΙΓΜΕ ανίχνευσαν εξασθενές χρώμιο 11 $\mu\text{g}/\text{l}$ σε δείγμα από το δίκτυο ύδρευσης των Πολιτικών Ν. Ευβοίας..

(<https://antigoldgr.org/2009/09/21/larco-evi/>)

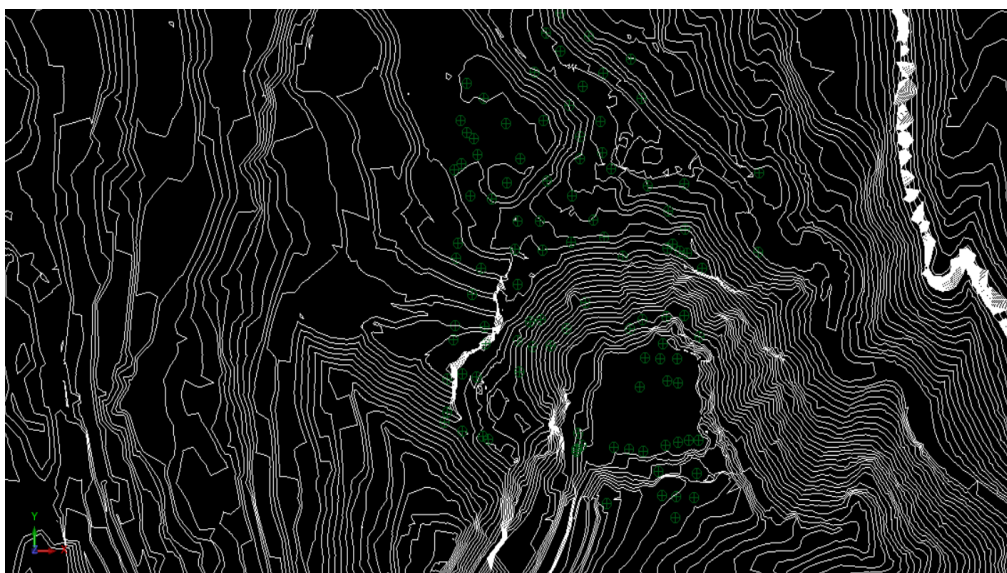


Εικόνα 13: Εικόνες από το χρώμιο που υπάρχει στο λατομείο ΒΑ Άκρες

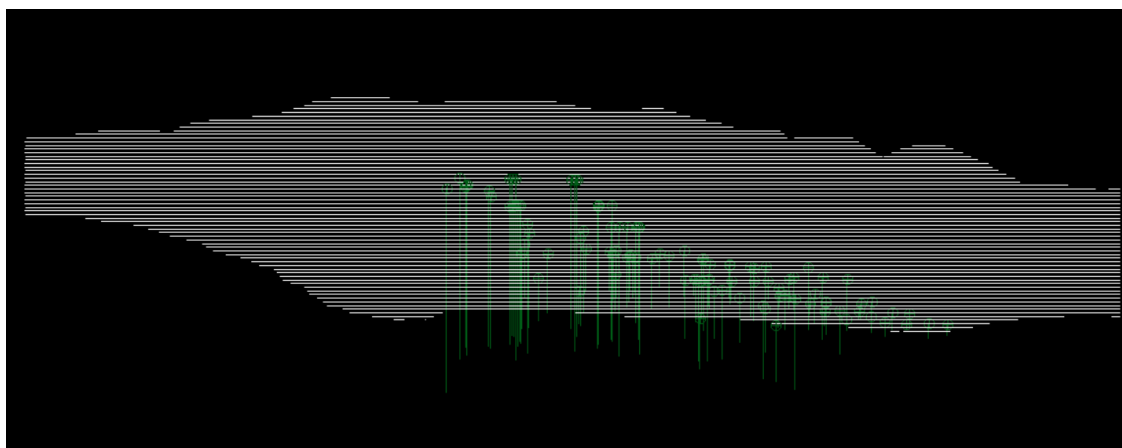
Βάσει των δεδομένων που μας δίνονται από τη ΛΑΡΚΟ, αποφασίστηκε να σχεδιαστούν δύο (2) διαφορετικές εκμεταλλεύσεις. Η μία εξ' αυτών απευθύνεται στην περίπτωση με την περιεκτικότητα νικελίου όπως αυτή καθορίζεται από τα αρχικά δεδομένα, ενώ η δεύτερη πρόταση σχεδιασμού αφορά την εκμετάλλευση ενός «πλουσιότερου» σε Νί κοιτάσματος με υποθετική περιεκτικότητα αυξημένη κατά 10%.

5.1 Γεωτρήσεις και Βάση Δεδομένων

Αρχική και απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να επιτευχθεί η μοντελοποίηση του κοιτάσματος αλλά και για την εκτίμηση των αποθεμάτων αυτού είναι η κατασκευή μιας βάσης δεδομένων (database) μέσα από το πρόγραμμα. Ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων και των γεωτρήσεων (drillholes) που δόθηκαν από την ΛΑΡΚΟ για την περιοχή προέκυψε η βάση δεδομένων. Δημιουργήθηκε επομένως μια βάση δεδομένων που περιλαμβάνει τα δεδομένα των γεωτρήσεων, τις συντεταγμένες, καθώς και την περιεκτικότητα αυτών σε νικέλιο στα διάφορα βάθη των γεωτρήσεων.



Εικόνα 14: Οι γεωτρήσεις στο αρχικό ανάγλυφο της περιοχής



Εικόνα 15: Οι γεωτρήσεις στο αρχικό ανάγλυφο της περιοχής σε άλλη όψη

5.2 Προσδιορισμός τιμών κατά μήκος των γεωτρήσεων

Στη συνέχεια και ύστερα από την κατασκευή της βάσης δεδομένων δίνεται εντολή στο πρόγραμμα να προσδιορίσει τιμές ενδιαφέροντος κατά μήκος των γεωτρήσεων. Αυτό γίνεται με σκοπό να προσδιοριστούν τιμές σε όλα τα μήκη της γεώτρησης και όχι μόνο σημειακά της δειγματοληψίας. Έπειτα από αρκετές δοκιμές των παραμέτρων κατασκευής, για την δημιουργία των διαστημάτων (composite length) στη γεώτρηση δόθηκε τιμή 0,5 m, με ποσοστό ταύτισης με την πραγματική τιμή της δειγματοληψίας 95%.

5.3 Block Model

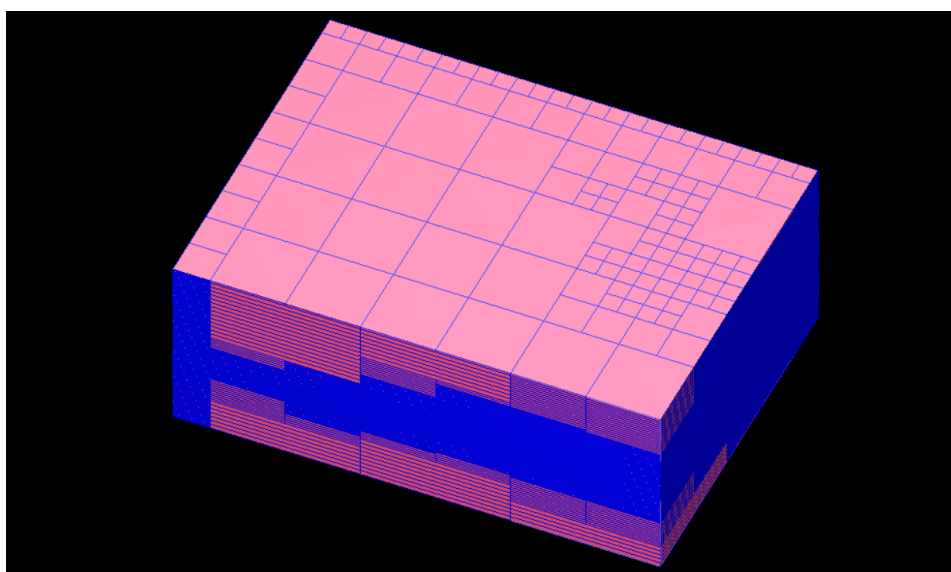
Το δεύτερο στάδιο είναι η δημιουργία του block model. Το μοντέλο που κατασκευάζεται προσαρμόζεται σε πραγματικές συνθήκες με την εφαρμογή τόσο των τοπογραφικών όσο και των κοιτασματολογικών περιορισμών. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει την κατάτμηση του κοιτάσματος σε blocks και στη συνέχεια την εκτίμηση της περιεκτικότητας σε κάθε block. Τελικά, από το block model του κοιτάσματος μπορεί να προκύψουν πληροφορίες σχετικά με το συνολικό όγκο, τη μάζα του κοιτάσματος, τις ποσότητες των στείρων υλικών κ.λπ.

(Μενεγάκη, 2010)

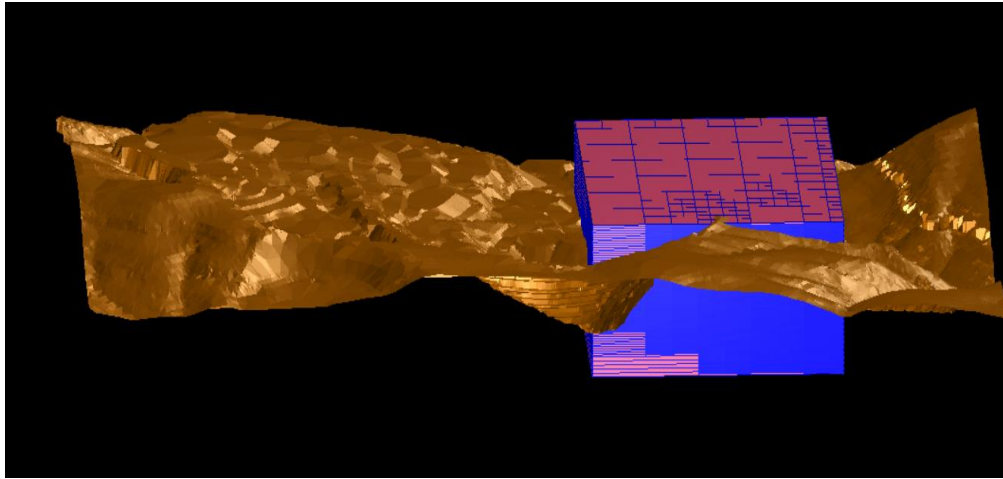
5.3.1 Κατασκευή Block Model

Από τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε στο πρώτο στάδιο αντλούνται τα απαραίτητα στοιχεία για τη δημιουργία του block model. Αρχικά δημιουργείται το αρχείο με τις συντεταγμένες της περιοχής που εισάγονται αυτόματα από τη βάση και δημιουργούν το όριο του μοντέλου με βάση τις γεωτρήσεις που έχουν δοθεί προς εξέταση. Ακολούθως ορίστηκε το μέγεθος των blocks που θα δημιουργηθούν. Στη συνέχεια, ορίζεται το μέγεθος των blocks που θα δημιουργηθούν. Το μέγεθος αυτών εξαρτάται από την απόσταση των γεωτρήσεων και από την πυκνότητα της δειγματοληψίας κατά μήκος των γεωτρήσεων.

Οι διαστάσεις του τελικού block είναι : $20 \times 20 \times 2$, (x,y,z), ενώ οι διαστάσεις του μικρότερου block (sub-blocks) : $10 \times 10 \times 1$ (x,y,z).



Εικόνα 16: Το block model του κοιτάσματος

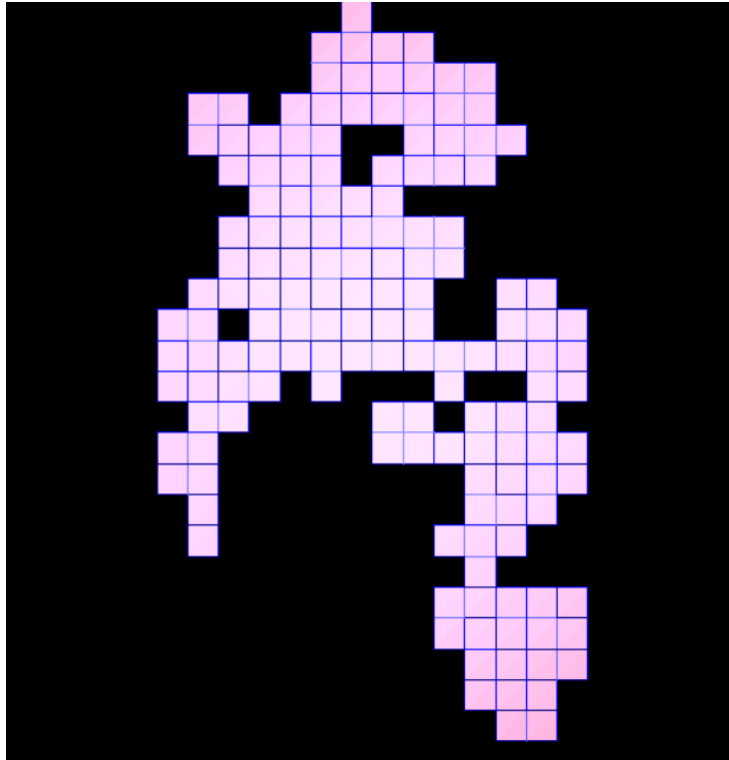


Εικόνα 17: Το block model του κοιτάσματος με το αρχικό ψηφιακό ανάγλυφο

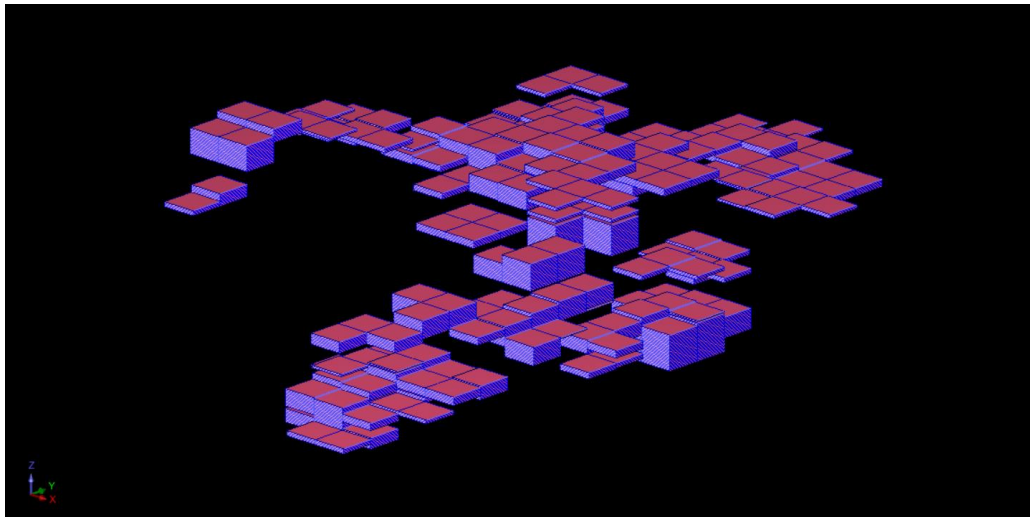
5.3.2 Εισαγωγή παραμέτρων στο Block Model

Πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή των στοιχείων, δηλαδή το νικέλιο με οριακή περιεκτικότητα 0,5% ($Ni \geq 0,5\%$) και το προσαυξημένο κατά 10% νικέλιο με την ίδια οριακή περιεκτικότητα ($Ni + 10\% \geq 0,5\%$).

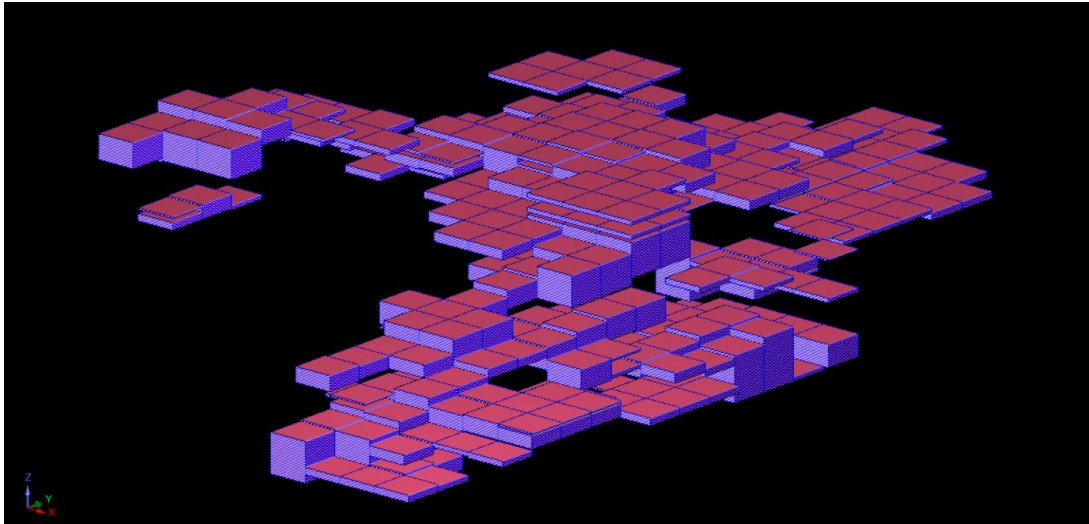
Στη συνέχεια, έπρεπε να γίνει η εκτίμηση των αποθεμάτων με τη μέθοδο της αντίστροφης απόστασης. Γίνονται οι κατάλληλες δοκιμές για να προκύψει ο τελικός συνδυασμός των παραμέτρων μιας και οι τιμές των παραμέτρων δεν είναι σταθερές.



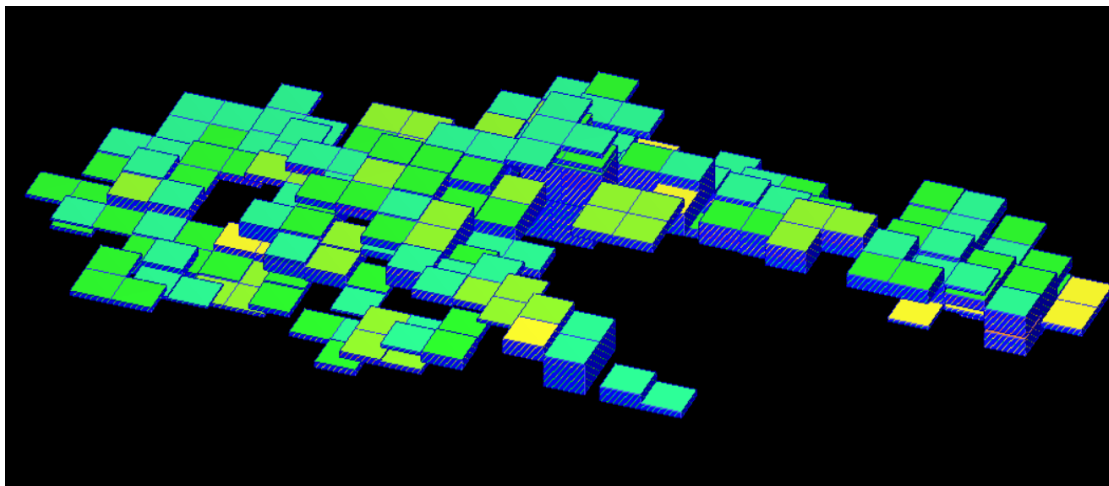
Εικόνα 18: Block model για $Ni \geq 0.5$



Εικόνα 19: Block model για $Ni \geq 0.5$ σε άλλη όψη



Εικόνα 20: Block model για Ni +10% ≥ 0.5



Εικόνα 21: Απεικόνιση του μοντέλου του κοιτάσματος βάσει περιεκτικότητας

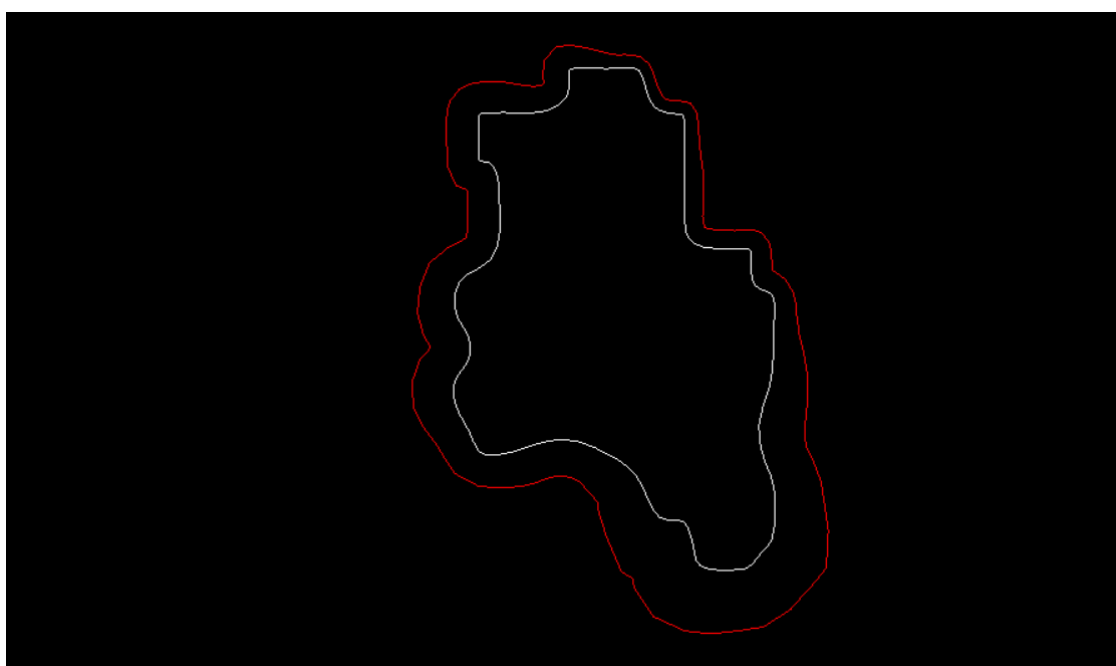
Πίνακας 1: Χρωματική διαβάθμιση περιεκτικότητας νικελίου

< 0.2%
0.2% – 0.4%
0.4% - 0.6%
0.6% - 0.8%
0.8% - 1.00%
1.00% - 1.2%
1.2% - 1.4%
1.4% -1.6%

5.4 Προσδιορισμός ορίου εκσκαφής

Το σημείο αυτό κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού είναι άκρως σημαντικό καθώς απαιτεί μεγάλη προσοχή να είναι ορθό το όριο εκσκαφής. Το όριο εκσκαφής επηρεάζει κατά πολύ την σχέση αποκάλυψης. Επομένως κατά τη δημιουργία του χρειάζονται πολλές προσπάθειες.

Ύστερα από τη δημιουργία του ορίου εκσκαφής και πιο συγκεκριμένα του κάτω ορίου πρέπει να δημιουργηθεί το πάνω όριο για να προκύψει ο τελικός κώνος που θα περιλαμβάνει όλο το κοίτασμα της εκμετάλλευσης.



Εικόνα 22: Κατώτερο και ανώτερο όριο πρώτου εναλλακτικού σχεδιασμού με $Ni \geq 0.5$

5.5 Σχεδιασμοί εκμετάλλευσης

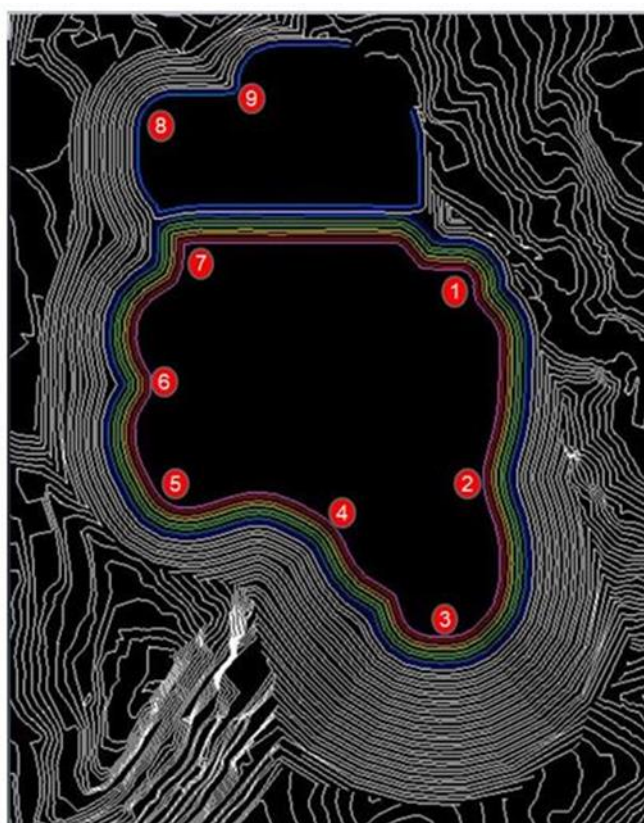
5.5.1 Σχεδιασμός βασικής εκμετάλλευσης νικελίου με βάση τα πραγματικά δεδομένα γεωτρήσεων (cut off grade 0,5%).

Βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού

Ως κοίτασμα της εκμετάλλευσης θεωρείται το μέταλλευμα με περιεκτικότητα σε νικέλιο μεγαλύτερη ή ίση από 0,5% ($Ni \geq 0,5\%$).

Η επιλογή των παραμέτρων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της εκμετάλλευσης, έγινε με βάση τον κανονισμό μεταλλευτικών και λατομικών εργασιών (ΚΜΛΕ).

Η εκμετάλλευση ξεκινάει από το υψόμετρο των 552 m και καταλήγει στον πυθμένα της εκμετάλλευσης ο οποίος βρίσκεται στα 288 m. Το πλάτος των βαθμίδων ορίστηκε στα 6 m, η κλίση της εκμετάλλευσης στις 70°, ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση πρηνούς στις 54°. Σχεδιάστηκαν συνολικά 22 βαθμίδες ύψους 12 m. Όμως, κατά τον σχεδιασμό παρατηρήθηκε, σύμφωνα με τα δεδομένα του block model για την κατανομή του κοιτάσματος, ότι στο βόρειο τμήμα της τα απολήψιμα blocks σταματούσαν να εμφανίζονται από το υψόμετρο 336 m έως τον πυθμένα της εκμετάλλευσης. Οπότε επιλέχθηκε να δημιουργηθούν δύο διαφορετικές πλατείες στην εκμετάλλευση, μία στο βόρειο και μία στο νότιο τμήμα. Η μία στο υψόμετρο 331 m με τη δημιουργία μίας τελευταίας βαθμίδας ύψους 5 m, καθώς δεν εμφανίζονταν απολήψιμα blocks σε κατώτερο υψόμετρο, με αποτέλεσμα τη μη επιθυμητή αύξηση του όγκου των αγόνων. Η άλλη πλατεία της εκμετάλλευσης δημιουργήθηκε στο κατώτερο υψόμετρο 288 m, όπως προαναφέρθηκε.

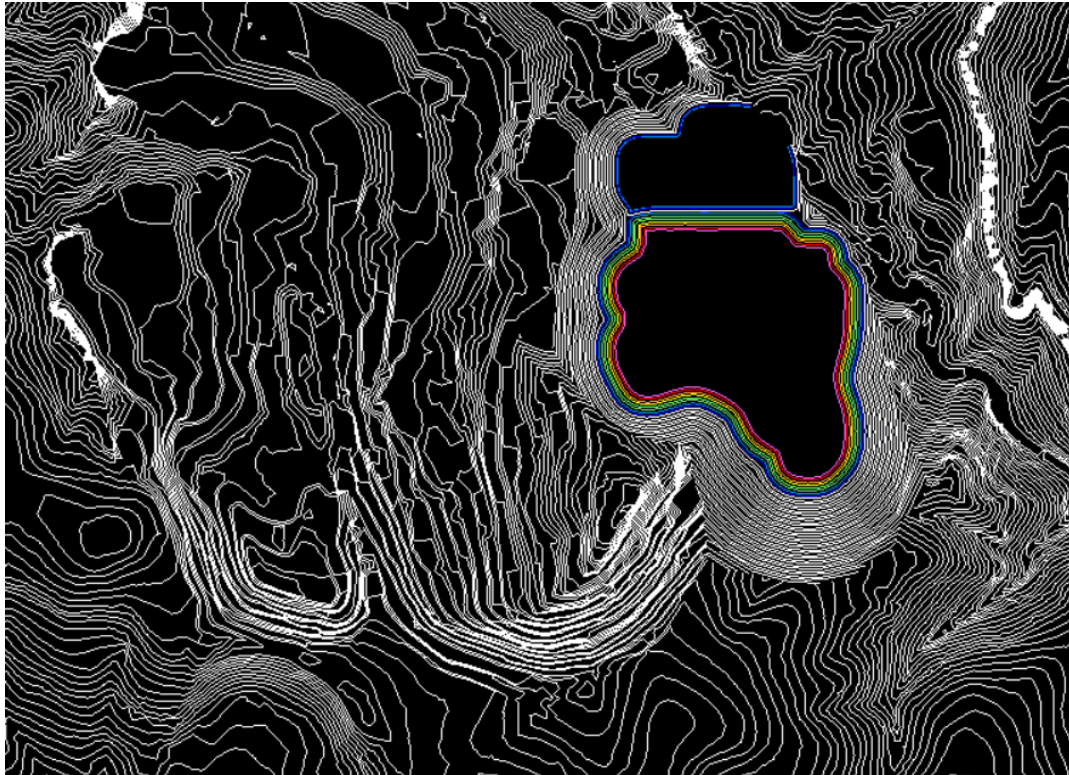


Κλίσεις Πρηνούς
όπως εμφανίζονται
στην εικόνα:

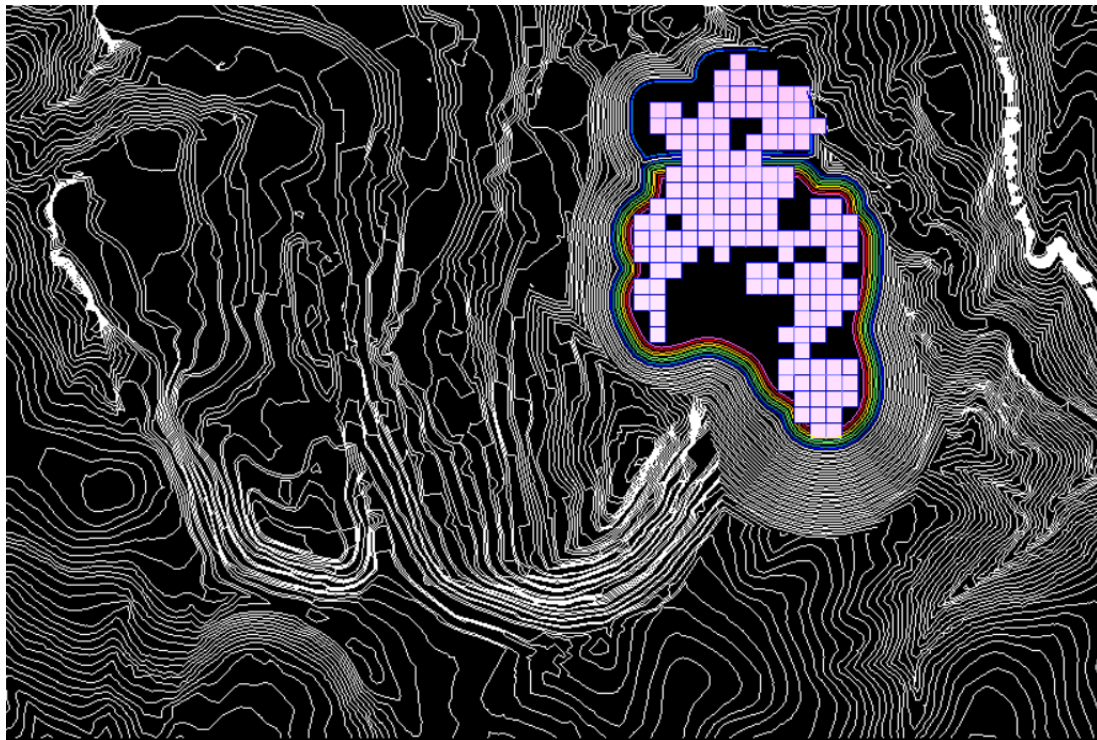
1. 52,5°
2. 50,5°
3. 49,9°
4. 49,8°
5. 53,8°
6. 47°
7. 49,9°
8. 47,2°
9. 41,2°

Εικόνα 23: Κλίσεις πρηνούς για το σχεδιασμό της βασικής εκμετάλλευσης Ni

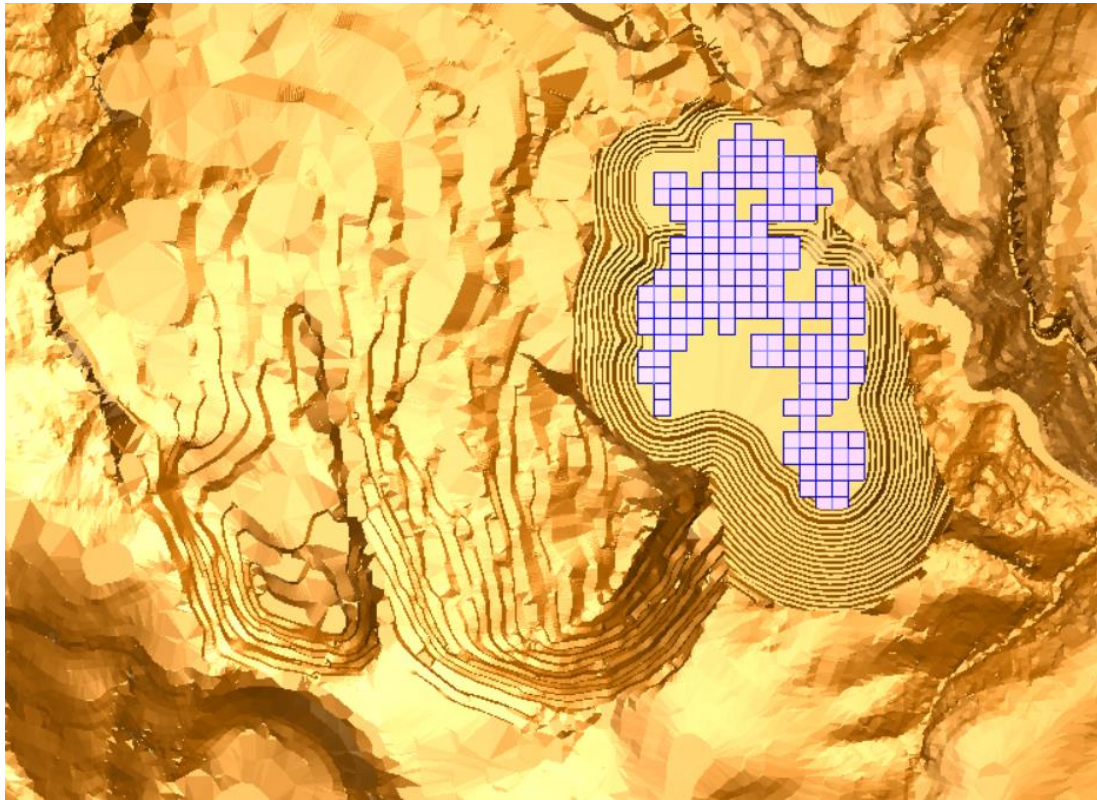
Η πρώτη περίπτωση αφορά το σχεδιασμό με νικέλιο μεγαλύτερο ή ίσο του 0,5% και μέση περιεκτικότητα 0,88%



Εικόνα 24 : Κάτοψη σχεδιασμού εκμετάλλευσης για το αρχικό κοίτσμα νικελίου



Εικόνα 25: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα $Ni \geq 0.5$



Εικόνα 26: Ψηφιακό μοντέλο του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.5

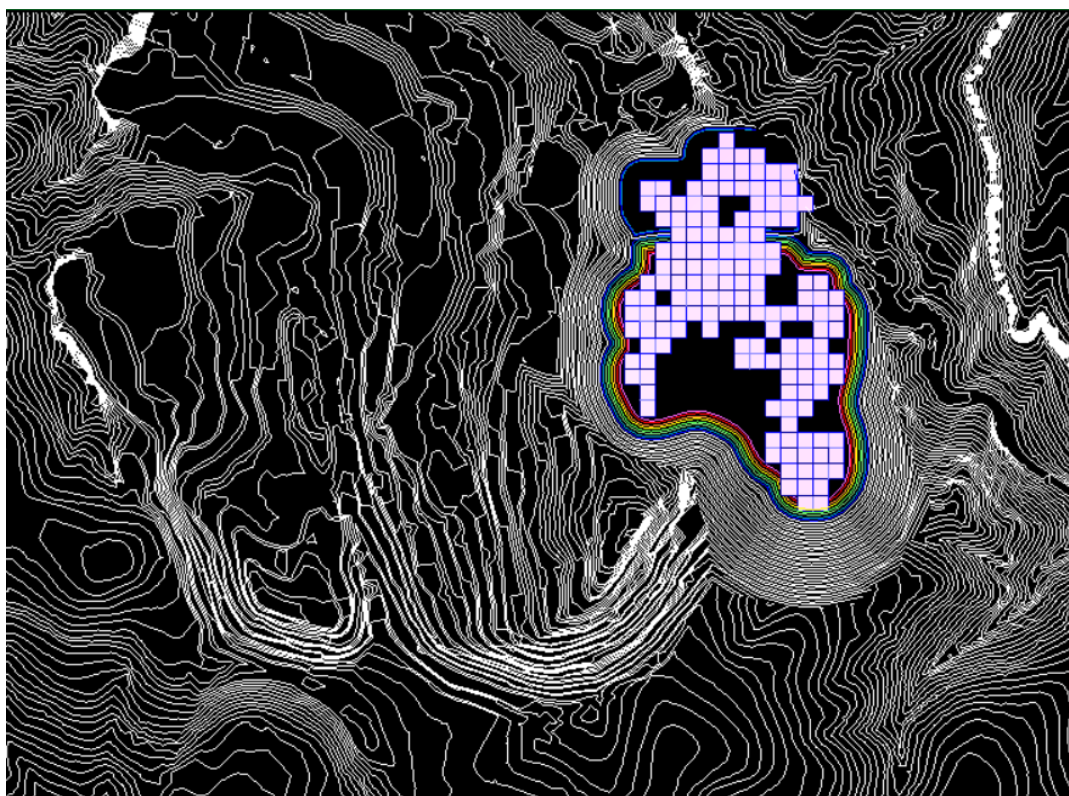
Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.5

<i>Όγκος εκσκαφών</i>	42.346.431,00 m ³
<i>Όγκος κοιτάσματος</i>	1.375.200,00 m ³
<i>Όγκος αγόνων</i>	40.971.231,00 m ³

5.5.2 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με εναλλακτικό cut off grade 0,45%

Η δεύτερη περίπτωση που θα εξεταστεί αφορά σε κοιτάσμα που έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0,45% σε νικέλιο. Η μέση περιεκτικότητα της δεύτερης περίπτωσης ανέρχεται στο 0,85%.



Εικόνα 27: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.45

Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.45

Όγκος εκσκαφών	42.346.431,00 m ³
Όγκος κοιτάσματος	1.489.613,00 m ³
Όγκος αγόνων	40.856.818,00 m ³

5.5.3 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με εναλλακτικό cut off grade 0,55%

Η τρίτη περίπτωση που θα εξεταστεί αφορά σε κοιτάσμα που έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα από 0,55% σε νικέλιο. Η μέση περιεκτικότητα της δεύτερης περίπτωσης ανέρχεται στο 0,9%.

Εικόνα 28: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.55

Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ογκομέτρησης με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.55

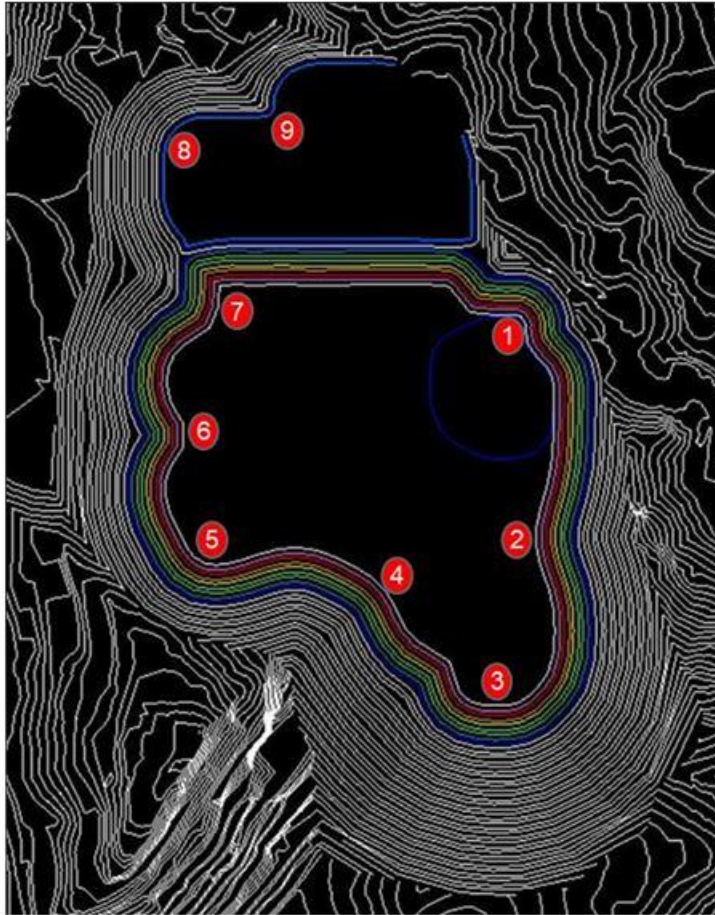
Όγκος εκσκαφών	42.346.431,00 m ³
Όγκος κοιτάσματος	1.287.563,00 m ³
Όγκος αγόνων	41.058.868,00 m ³

5.5.4 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,5%

Βασικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού

Ως κοίτασμα της εκμετάλλευσης θεωρείται αυτή τη φορά το μέταλλευμα με περιεκτικότητα σε νικέλιο μεγαλύτερη ή ίση από 0,5% για προσαυξημένο νικέλιο κατά 10% από τα πραγματικά δεδομένα ($Ni + 10\% \geq 0,5\%$).

Η εκμετάλλευση ξεκινάει από το υψόμετρο των 552 m και καταλήγει στον πυθμένα που βρίσκεται στα 285 m. Το πλάτος των βαθμίδων ορίστηκε στα 6 m, η κλίση της εκμετάλλευσης στις 70°, ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση πρηνούς στις 54°. Σχεδιάστηκαν 22 βαθμίδες ύψους 12 m. Επιλέχθηκε, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, να δημιουργηθούν δύο διαφορετικοί πυθμένες στον σχεδιασμό. Ο ένας βρίσκεται στο υψόμετρο των 285 m, με τη δημιουργία μιας έξτρα, πιο κλειστής βαθμίδας τριών (3) μέτρων που ξεκινάει από το ύψος των 288 m ώστε να εκμεταλλευτεί και το τελευταίο block κοιτάσματος. Ο άλλος πυθμένας, στο βόρειο μέρος της εκμετάλλευσης, σχεδιάστηκε στο υψόμετρο 331 m, ύστερα από την δημιουργία μίας τελευταίας βαθμίδας ύψους 5 m από το υψόμετρο 336 m, όπου χωρίστηκε η εκμετάλλευση.

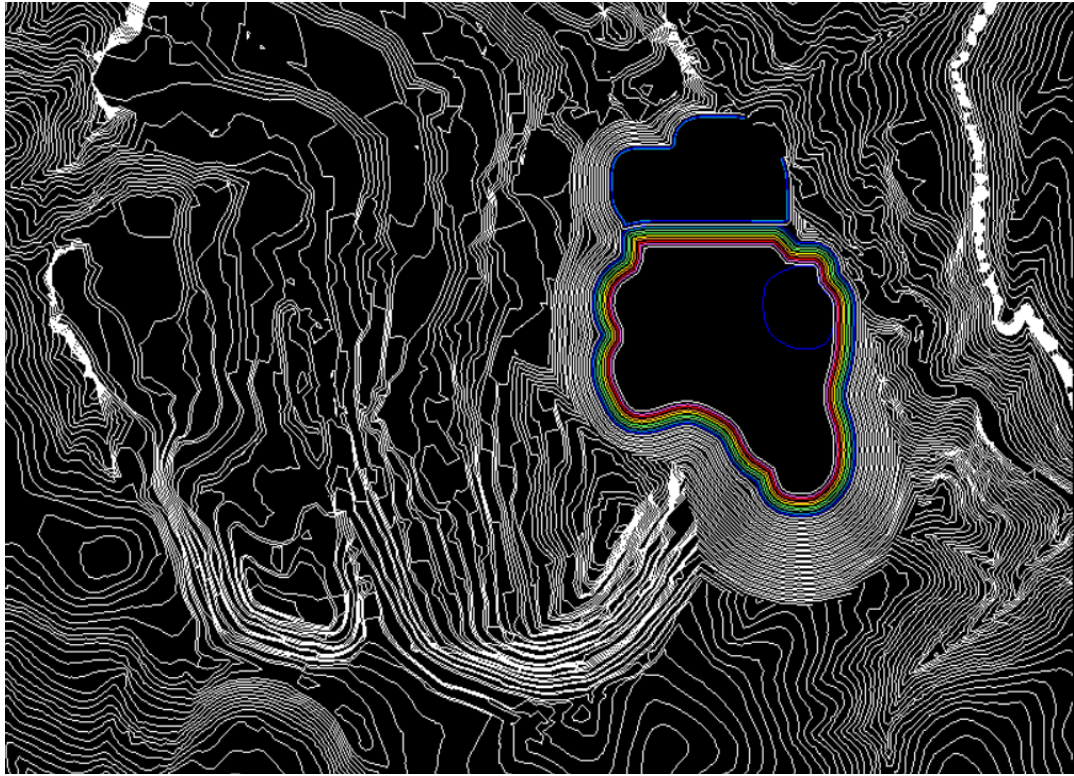


Κλίσεις Πρανούς
όπως εμφανίζονται
στην εικόνα:

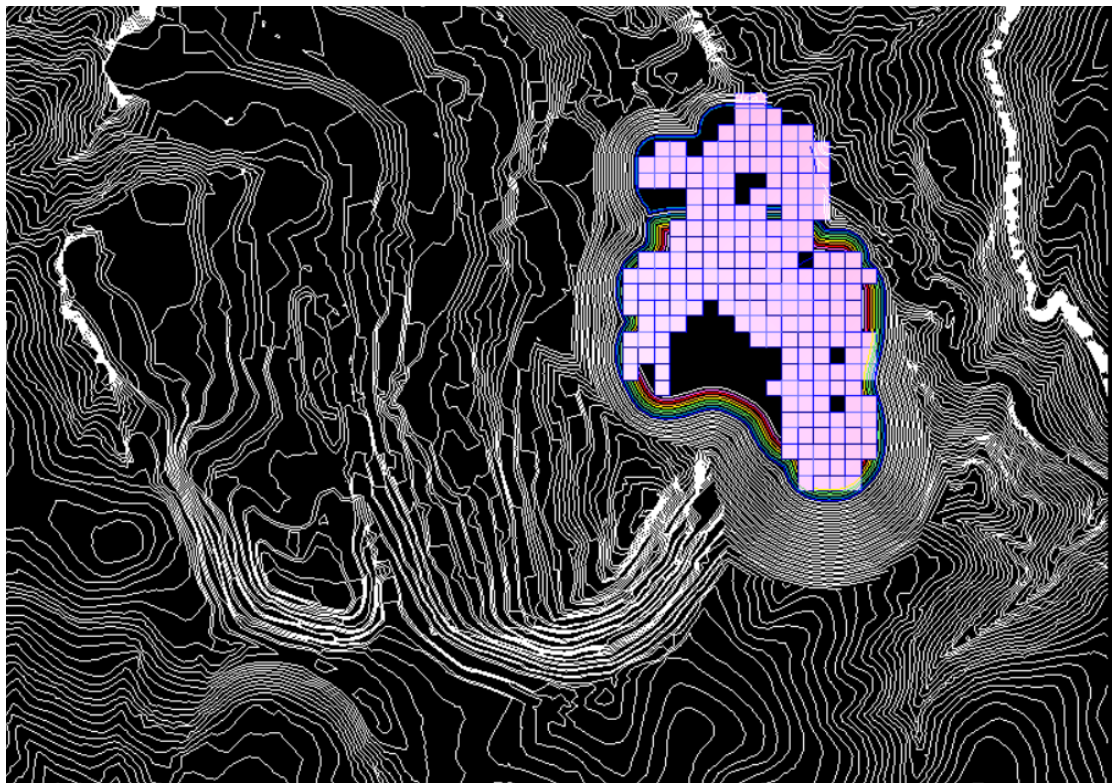
1. $49,6^\circ$
2. $50,5^\circ$
3. $49,9^\circ$
4. $49,8^\circ$
5. $53,8^\circ$
6. 47°
7. $49,9^\circ$
8. $47,2^\circ$
9. $41,2^\circ$

Εικόνα 29: Κλίσεις πρανούς για το σχεδιασμό της εκμετάλλευσης Ni+10%

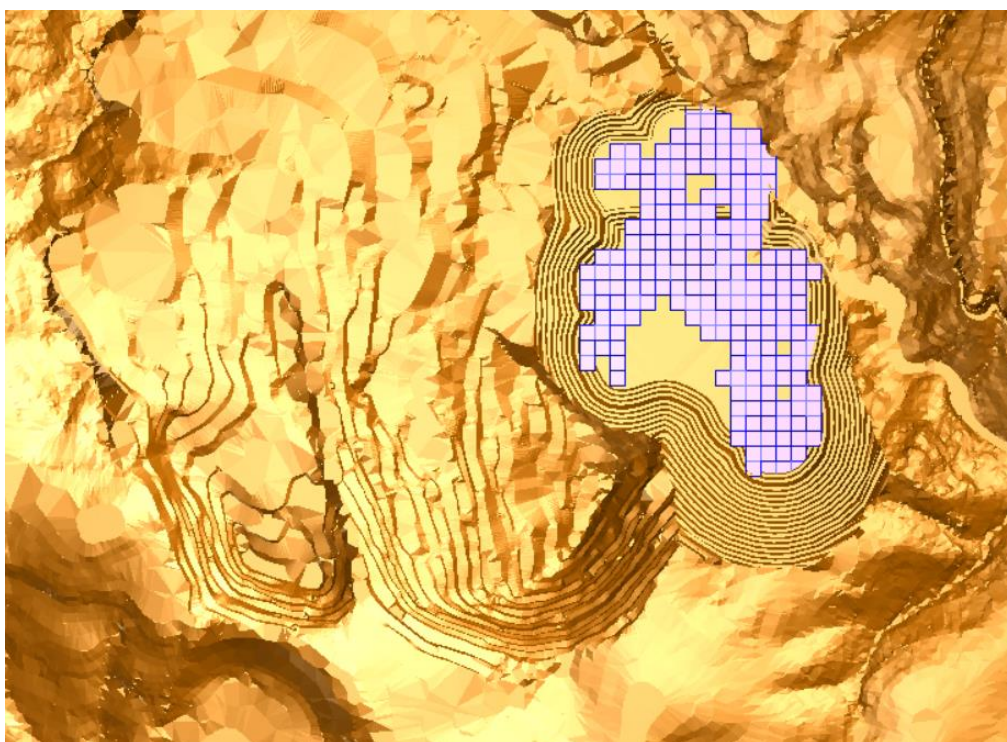
Η περίπτωση αυτή αφορά το σχεδιασμό με νικέλιο προσαυξημένο κατά 10% μεγαλύτερο ή ίσο του 0,5% και μέση περιεκτικότητα 0,96%



Εικόνα 30: Κάτοψη σχεδιασμού εκμετάλλευσης για το κοίτασμα Ni +10%



Εικόνα 31: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.5



Εικόνα 32: Ψηφιακό μοντέλο του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.5

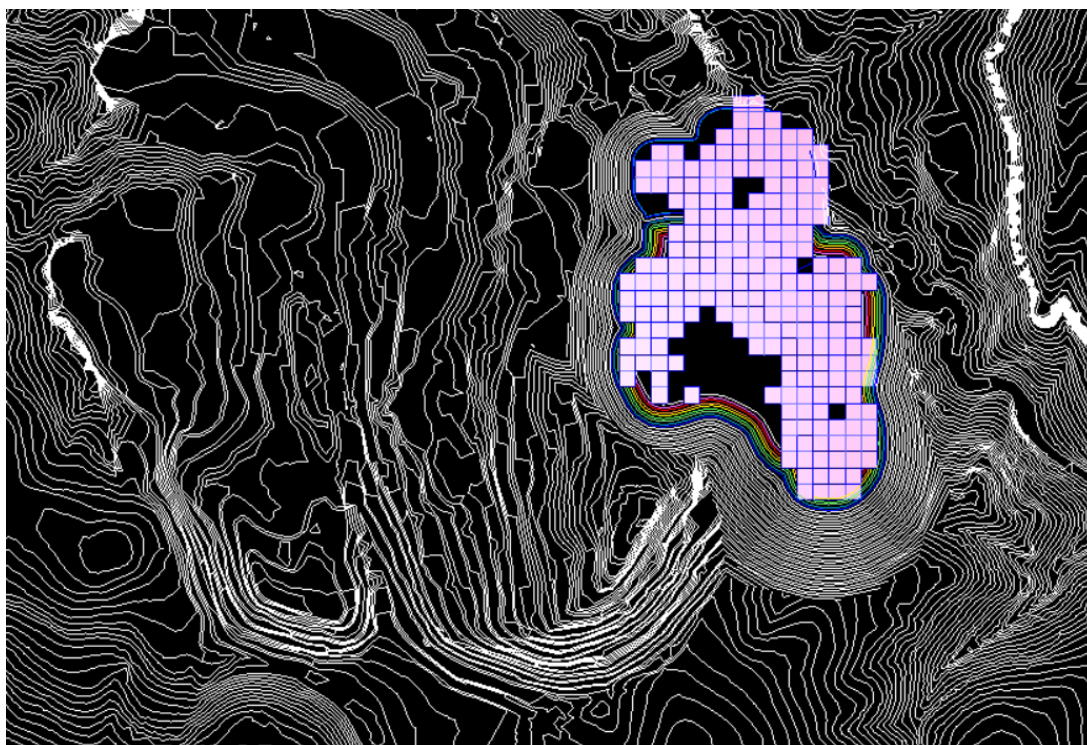
Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.5

Όγκος εκσκαφών	42.487.448,00 m ³
Όγκος κοιτάσματος	2.187.563,00 m ³
Όγκος αγόνων	40.299.885,00 m ³

5.5.5 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,45%

Η περίπτωση αυτή αφορά το σχεδιασμό με νικέλιο προσαυξημένο κατά 10% μεγαλύτερο ή ίσο του 0,45% και μέση περιεκτικότητα 0,92% .



Εικόνα 33: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.45

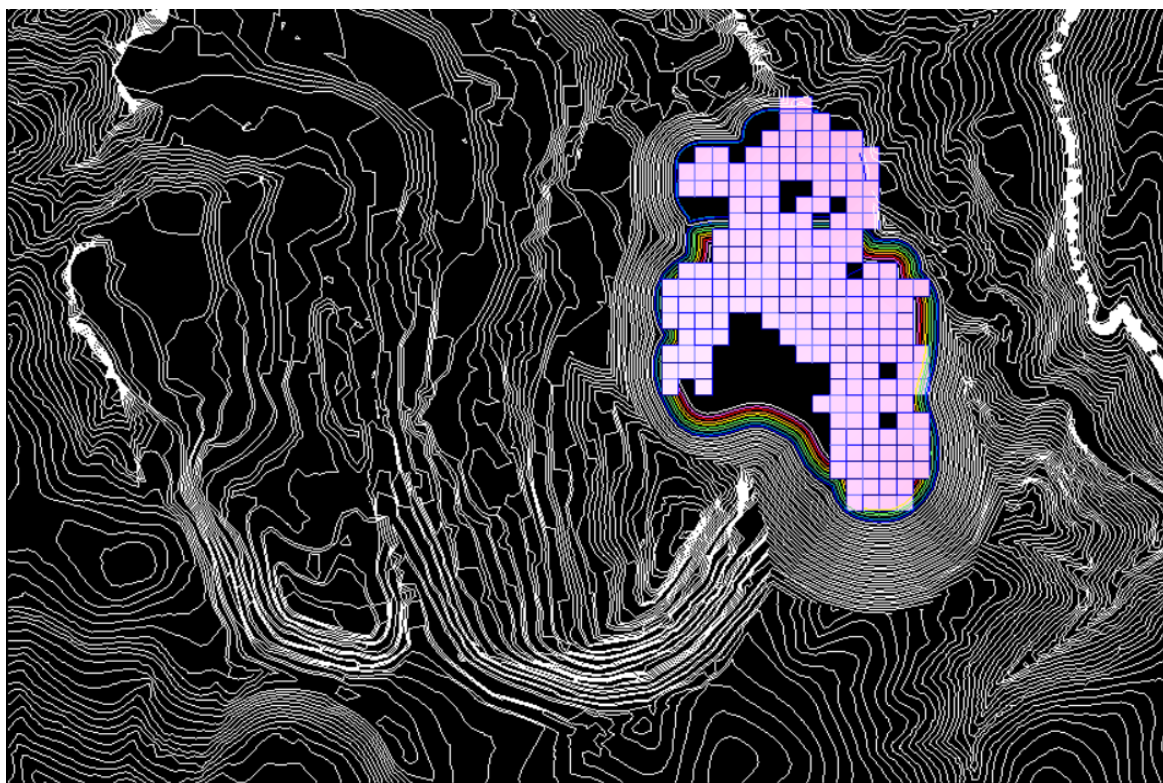
Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.45

<i>Όγκος εκσκαφών</i>	42.487.448,00 m ³
<i>Όγκος κοιτάσματος</i>	2.374.200,00 m ³
<i>Όγκος αγόνων</i>	40.113.248,00 m ³

5.5.6 Σχεδιασμός εκμετάλλευσης νικελίου με αυξημένη περιεκτικότητα κατά 10% για cut off grade 0,55%

Η περίπτωση αυτή αφορά το σχεδιασμό με νικέλιο προσαυξημένο κατά 10% μεγαλύτερο ή ίσο του 0,55% και μέση περιεκτικότητα 0,98% .



Εικόνα 34: Ψευδοτριδιάστατη απεικόνιση για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.55

Από τη διαδικασία της ογκομέτρησης προκύπτουν τα reports για τα χρήσιμα συστατικά και το σύνολο των εκσκαφών όπως παρακάτω:

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ογκομέτρησης για οριακή περιεκτικότητα Ni +10% ≥ 0.55

<i>Όγκος εκσκαφών</i>	42.487.448,00 m ³
<i>Όγκος κοιτάσματος</i>	2.079.113,00 m ³
<i>Όγκος αγόνων</i>	40.408.335,00 m ³

Κεφάλαιο 6

Οικονομική ανάλυση εκμεταλλεύσεων βάσει των περιεκτικοτήτων

Όσον αφορά το βαθμό ανάκτησης του νικελίου κατά την πυρομεταλλουργική διεργασία στο εργοστάσιο είναι:

$$\frac{\text{Βάρος περιεχόμενου νικελίου στο μίγμα του τροφοδοτηθέντος φυσικού λατερίτη}}{\text{Βάρος περιεχόμενου νικελίου στο τελικό προς πώληση σιδηρονικέλιο}} \times 100$$

Ο παραπάνω λόγος είχε αρκετές διακυμάνσεις όλα τα χρόνια, αλλά ο μέσος όρος των τελευταίων 20 ετών προκύπτει να είναι 82,5%.

Κατά την αξιολόγηση ενός μεταλλευτικού έργου, πρέπει να γίνουν υποθέσεις σχετικά με τα κέρδη που θα αποφέρει το προϊόν που θα εξορυχθεί. Πράγματι, η τιμή του προϊόντος επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα της αξιολόγησης από οποιαδήποτε άλλη μεταβλητή.

Για να προσδιοριστεί η ανάπτυξη του έργου καλό θα ήταν να ληφθεί υπόψιν η τιμή του προϊόντος. Οι υποθέσεις για τις τιμές θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν και τους εγγενείς κινδύνους. Για να πραγματοποιηθεί σωστά αυτό, μπορεί να γίνει εξέταση προηγούμενων προτύπων τιμών.

Η βασική έννοια που ενδιαφέρει τις επιχειρήσεις είναι «η εξόρυξη που οδηγεί σε κέρδος». Τα κέρδη μπορούν να εκφραστούν σε απλή μορφή εξίσωσης δηλαδή:

$$\text{Κέρδη} = \text{Έσοδα} - \text{Κόστος} \quad (6.1)$$

Το τμήμα των εσόδων μπορεί να γραφτεί ως:

$$\text{Έσοδα} = \text{Υλικό προς πώληση} \times \left(\frac{\text{τιμή}}{\text{μονάδας}} \right) \quad (6.2)$$

Το κόστος μπορεί να εκφραστεί παρομοίως ως:

$$\text{Κόστος} = \text{Υλικό προς πώληση} \times \left(\frac{\text{κόστος}}{\text{μονάδας}} \right) \quad (6.3)$$

Ο συνδυασμός των παραπάνω εξισώσεων αποδίδει:

$$\text{Κέρδη} = \text{Τελικό προϊόν} \times (\text{Τιμή} - \text{Κόστος}) \quad (6.4)$$

Η τιμή που λαμβάνεται για κάθε προϊόν καθορίζεται από την προσφορά και ζήτηση της παγκόσμιας αγοράς. Ο περιορισμός και η μείωση του κόστους με περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο είναι μια σοβαρή προσέγγιση των τελευταίων χρόνων που όλο και εξελίσσεται. Η αποτυχία της προσέγγισης αυτής αντικατοπτρίζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Κέρδη} < 0 \quad (6.5)$$

Πίνακας 8: Ενδεικτικές τιμές κόστους

Κόστος αποκάλυψης (€/ m³)	2,20
Κόστος εξόρυξης (€/ton)	1,10
Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος - Εμπλουτισμός (€/ton)	3,00
Μεταλλουργική επεξεργασία (€/ton)	10.000,00
B.A. (82.5)	0,825
E.B. Αγόνων	2,75
E.B. Μεταλλεύματος	3,30

Για τον υπολογισμό του κόστους της υπαίθριας εκμετάλλευσης χρησιμοποιείται ένα ενδεικτικό κοστολόγιο της εταιρείας ΛΑΡΚΟ από το οποίο προκύπτει ότι το κόστος αποκάλυψης είναι 2,20 €/m³ και το κόστος για την εξόρυξη μεταλλεύματος είναι 1,10 €/m³. (Σαντοριναίου, 2017)

Επίσης, για το κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος – εμπλουτισμό λήφθηκε υπόψιν η τιμή 3€/ton. Τέλος, ως ενδεικτική τιμή για το κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας ελήφθη η τιμή 10.000 €/ton, μία εκτίμηση δεδομένου ότι το κόστος της ενέργειας και των ηλεκτροδίων είναι πολύ σημαντικά στην μεταλλουργική επεξεργασία.

Οι τιμές αυτές, συμβαδίζουν με τις γενικές τιμές της αγοράς.

6.1 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,5%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,5%.

Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 9: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.346.431,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	1.375.200,00
Όγκος αγόνων (m ³)	40.971.231,00
Τόνοι αγόνων (ton)	112.670.885,25
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	4.538.160,00
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	3.743.982,00

Η σχέση εκμετάλλευσης για την πρώτη περίπτωση (Ni basic COG $\geq 0,5$) προκύπτει:

$$\begin{aligned} \text{Σχέση εκμετάλλευσης} &= \frac{\text{Άγωνα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E. B. Μεταλλεύματος}} = \\ &= \frac{40.971.231,00 \text{ (m}^3\text{)}}{1.375.200,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = \\ &= 9,03 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων \times Κόστος αποκάλυψης €/m³

$$\rightarrow \text{Κόστος αποκάλυψης} = 40.971.231 \times 2,2 = 90.136.708,2 \text{ €}$$

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος εξόρυξης €/ton

$$\rightarrow \text{Κόστος εξόρυξης} = 4.538.160,00 \times 1,1 = 4.991.976,00 \text{ €}$$

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος} &= 4.538.160,00 \times 3 \\ &= 13.614.480,00 \text{ €} \end{aligned}$$

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού \times οριακή περιεκτικότητα) \times Μεταλλουργική επεξεργασία

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας} \\ &= 3.743.982,00 \times 0,88 \times 10.000 = 329.470.416,00 \text{ €} \end{aligned}$$

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 438.213.580,20 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για τις διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 10: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.5%

Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	233.923.995,36
14.575	480.203.131,32
39.381	1.297.487.445,25
16.499	543.593.239,36

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,88%.

Πίνακας 11: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.5%

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-204.289.584,84
14.575	41.989.551,12
39.381	859.273.865,05
16.499	105.379.659,16

6.2 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,45%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,45%. Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 12: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.346.431,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	1.489.613,00
Όγκος αγόνων (m ³)	40.856.818,00
Τόνοι αγόνων (ton)	112.356.249,50
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	4.915.722,90
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	4.055.471,39

Η σχέση εκμετάλλευσης για την δεύτερη περίπτωση (Ni basic COG $\geq 0,45$) προκύπτει:

$$\text{Σχέση εκμετάλλευσης} = \frac{\text{Άγωνα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E.B. Μεταλλεύματος}} =$$
$$\frac{40.856.818,00 \text{ (m}^3\text{)}}{1.489.613,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = 8,31 \text{ m}^3/\text{ton}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων \times Κόστος αποκάλυψης €/m³

→ Κόστος αποκάλυψης = **89.884.999,60 €**

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος εξόρυξης €/ton

→ Κόστος εξόρυξης = **5.407.295,19 €**

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

→ Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος = **14.747.168,70 €**

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού × οριακή περιεκτικότητα) × Μεταλλουργική επεξεργασία

→ Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = 344.715.068,36 €

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 454.754.531,85 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 13: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.45%

Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	244.747.698,54
14.575	502.422.212,14
39.381	1.357.522.410,72
16.499	568.745.391,29

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,85%.

Πίνακας 14: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.45%

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-210.006.833,32
14.575	47.667.680,29
39.381	902.767.878,87
16.499	113.990.859,44

6.3 Οικονομική ανάλυση του νικελίου με cut off grade 0,55%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,55%.

Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 15: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni ≥ 0.55%

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.346.431,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	1.287.563,00
Όγκος αγόνων (m ³)	41.058.868,00
Τόνοι αγόνων (ton)	112.911.887,00
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	4.248.957,90
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	3.505.390,27

Η σχέση εκμετάλλευσης για την τρίτη περίπτωση (Ni basic COG ≥ 0,55) προκύπτει:

$$\begin{aligned} \text{Σχέση εκμετάλλευσης} &= \frac{\text{Άγωνα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E.B. Μεταλλεύματος}} = \\ &= \frac{41.058.868,00 \text{ (m}^3\text{)}}{1.287.563,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = \\ &= 9,66 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων × Κόστος αποκάλυψης €/m³

→ Κόστος αποκάλυψης = **90.329.509,60 €**

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος × Κόστος εξόρυξης €/ton

→ Κόστος εξόρυξης = **4.673.853,69 €**

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος × Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

→ Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος = **12.746.873,70 €**

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού × οριακή περιεκτικότητα) × Μεταλλουργική επεξεργασία

→ Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = **315.485.124,08 €**

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 423.235.361,07 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 16: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$

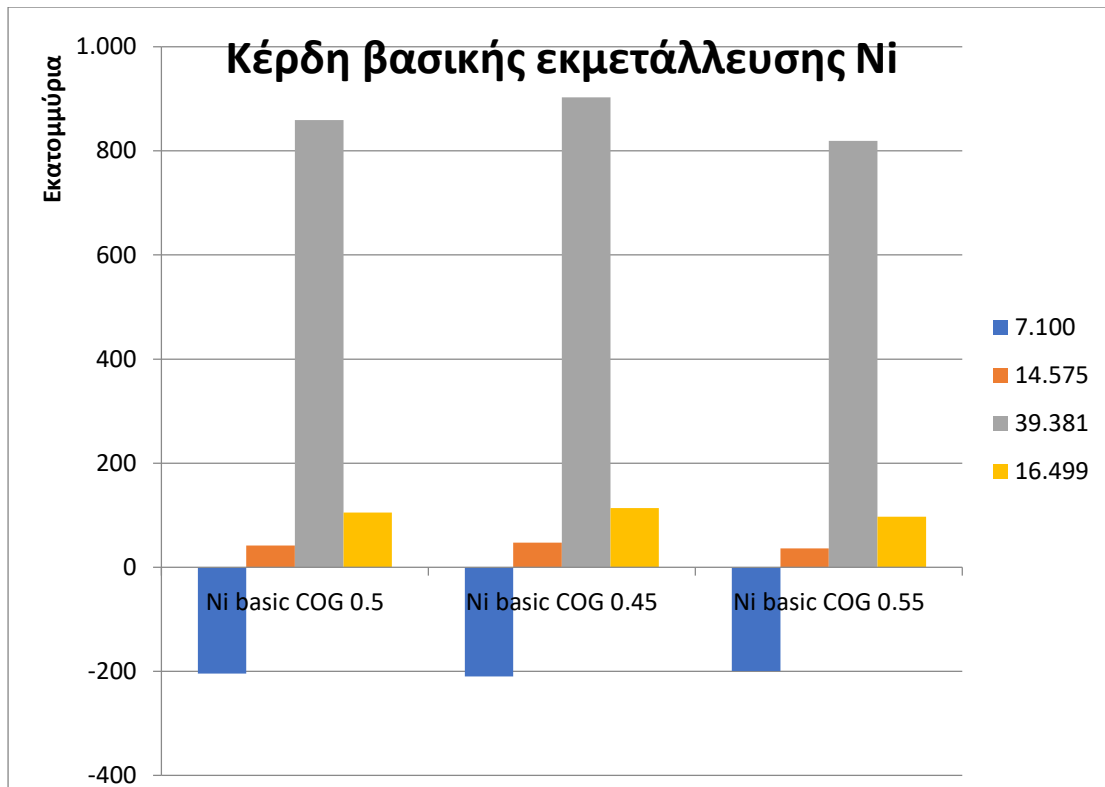
Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	223.994.438,09
14.575	459.819.568,34
39.381	1.242.411.967,12
16.499	520.518.906,21

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,90 %.

Πίνακας 17: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-199.240.922,97
14.575	36.584.207,27
39.381	819.176.606,05
16.499	97.283.545,15



Διάγραμμα 3: Κέρδη βασικής εκμετάλλευσης Ni για διαφορετικές τιμές πώλησης σε 3 παραδοχές COG

6.4 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,5%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,5%. Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 18: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.5\%$ προσαυξημένη κατά 10%

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.487.448,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	2.187.563,00
Όγκος αγόνων (m ³)	40.299.885,00
Τόνοι αγόνων (ton)	110.824.683,75
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	7.218.957,90
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	5.955.640,27

Η σχέση εκμετάλλευσης για την τρίτη περίπτωση ($Ni + 10\% \text{ COG} \geq 0,5$) προκύπτει:

$$\begin{aligned} \text{Σχέση εκμετάλλευσης} &= \frac{\text{Άγονα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E. B. Μεταλλεύματος}} = \\ &= \frac{40.299.885,00 \text{ (m}^3\text{)}}{2.187.563,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = \\ &= 5,58 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων \times Κόστος αποκάλυψης €/m³

→ **Κόστος αποκάλυψης = 88.659.747,00 €**

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος εξόρυξης €/ton

→ **Κόστος εξόρυξης = 7.940.853,69 €**

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

→ **Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος = 21.656.873,70 €**

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού \times οριακή περιεκτικότητα) \times Μεταλλουργική επεξεργασία

→ **Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = 571.741.465,68 €**

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 689.998.940,07 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 19: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni \geq 0.5% προσαυξημένη κατά 10%

Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	405.936.440,63
14.575	833.313.186,23
39.381	2.251.575.065,99
16.499	943.316.244,23

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,96 %.

Πίνακας 20: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni \geq 0.5% προσαυξημένη κατά 10%

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-284.062.499,44
14.575	143.314.246,16
39.381	1.561.576.125,92
16.499	253.317.304,16

6.5 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,45%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,45%. Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 21: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$ προσαυξημένη κατά 10%

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.487.448,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	2.374.200,00
Όγκος αγόνων (m ³)	40.113.248,00
Τόνοι αγόνων (ton)	110.311.432,00
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	7.834.860,00
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	6.463.759,50

Η σχέση εκμετάλλευσης για την τρίτη περίπτωση (Ni +10% COG $\geq 0,45$) προκύπτει:

$$\begin{aligned} \text{Σχέση εκμετάλλευσης} &= \frac{\text{Άγονα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E.B.Μεταλλεύματος}} = \\ &= \frac{40.113.248,00 \text{ (m}^3\text{)}}{2.374.200,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = \\ &= 5,12 \text{ m}^3/\text{ton} \end{aligned}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων \times Κόστος αποκάλυψης €/m³

→ Κόστος αποκάλυψης = **88.249.145,60 €**

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος εξόρυξης €/ton

→ Κόστος εξόρυξης = **8.618.346,00 €**

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος \times Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

→ Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος = **23.504.580,00 €**

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού \times οριακή περιεκτικότητα) \times Μεταλλουργική επεξεργασία

→ Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = **595.958.625,90 €**

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 716.330.697,50 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 22: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni \geq 0.45% προσαυξημένη κατά 10%

Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	423.130.624,39
14.575	868.609.697,25
39.381	2.346.944.664,66
16.499	983.272.136,87

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,922 %.

Πίνακας 23: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.45\%$ προσαυξημένη κατά 10%

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-293.200.073,11
14.575	152.278.999,75
39.381	1.630.613.967,16
16.499	266.941.439,37

6.6 Οικονομική ανάλυση του προσαυξημένου Ni (+10%) με cut off grade 0,55%

Στην εκμετάλλευση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, βασική παράμετρο αποτελεί το χρήσιμο συστατικό να έχει περιεκτικότητα μεγαλύτερη ή ίση του 0,55%. Από τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης μέσω του προγράμματος Surpac προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 24: Υπολογισμοί του σχεδιασμού με οριακή περιεκτικότητα Ni $\geq 0.55\%$ προσαυξημένη κατά 10%

Όγκος εκσκαφών (m ³)	42.487.448,00
Όγκος κοιτάσματος (m ³)	2.079.113,00
Όγκος αγόνων (m ³)	40.408.335,00
Τόνοι αγόνων (ton)	111.122.921,25
Τόνοι κοιτάσματος (ton)	6.861.072,90
Τόνοι χρήσιμου συστατικού (ton)	5.660.385,14

Η σχέση εκμετάλλευσης για την τρίτη περίπτωση (Ni +10% COG $\geq 0,55$) προκύπτει:

$$\text{Σχέση εκμετάλλευσης} = \frac{\text{Άγωνα (m}^3\text{)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (m}^3\text{)} \times \text{E.B. Μεταλλεύματος}} =$$

$$\frac{40.408.335,00 \text{ (m}^3\text{)}}{2.079.113,00 \text{ (m}^3\text{)} \times 3,30} = 5,89 \text{ m}^3/\text{ton}$$

ΕΞΟΔΑ

Κόστος αποκάλυψης = Όγκος αγόνων × Κόστος αποκάλυψης €/m³

→ Κόστος αποκάλυψης = **88.898.337,00 €**

Κόστος εξόρυξης = Τόνοι κοιτάσματος × Κόστος εξόρυξης €/τον

→ Κόστος εξόρυξης = **7.547.180,19 €**

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος =

Τόνοι κοιτάσματος × Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος (Εμπλουτισμός)

→ Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος = **20.583.218,70 €**

Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = (Τόνοι χρήσιμου συστατικού × οριακή περιεκτικότητα) × Μεταλλουργική επεξεργασία

→ Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας = **555.849.820,99 €**

Το συνολικό κόστος υπολογίζεται ως εξής:

Συνολικό κόστος =

Κόστος αποκάλυψης + Κόστος εξόρυξης +

Κόστος επεξεργασίας μεταλλεύματος + Κόστος μεταλλουργικής επεξεργασίας

→ **Συνολικό κόστος = 672.878.556,88 €**

ΕΣΟΔΑ

Οι τιμές πώλησης νικελίου κυμαίνονται από 7.100 € ο μετρικός τόνος έως 39.381 € ο μετρικός τόνος. Οι τιμές αυτές αποτελούν πραγματικές τιμές των τελευταίων δέκα (10) ετών. Πιο συγκεκριμένα έχουν ληφθεί υπόψη η χαμηλότερη, η υψηλότερη, η μέση τιμή της δεκαετίας 2014-2024, καθώς και η σημερινή τιμή Ni στην αγορά για να υπολογιστούν τα έσοδα της εκμετάλλευσης για διαφορετικές πραγματικές τιμές πώλησης των τελευταίων ετών. (investing.gr)

Πίνακας 25: Έσοδα για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni \geq 0.55% προσαυξημένη κατά 10%

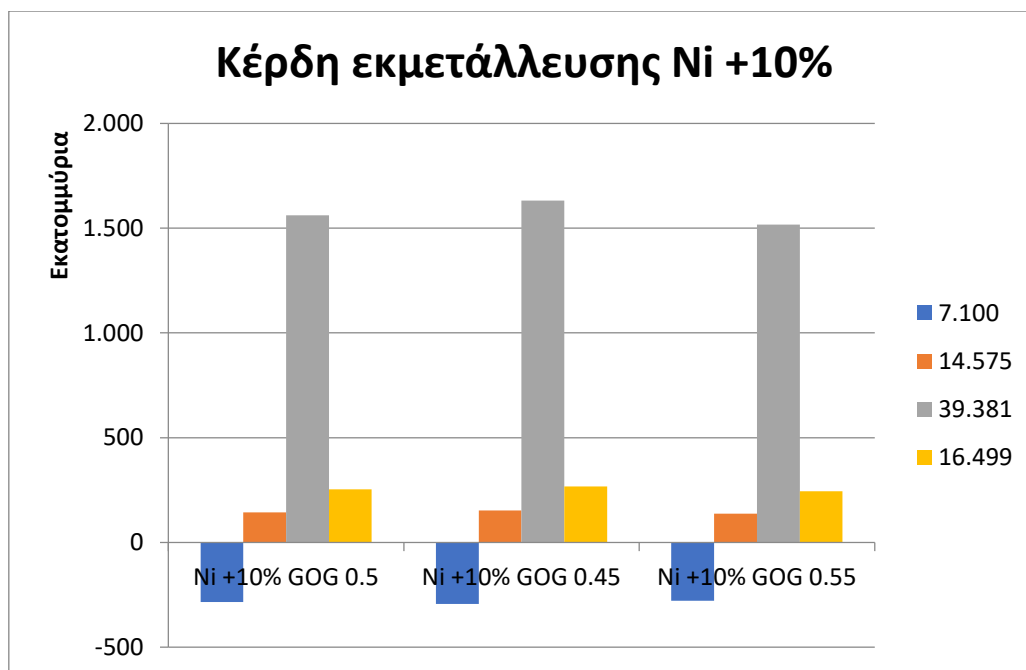
Τιμή Νικελίου (€)	ΕΣΟΔΑ (€)
7.100	394.653.372,91
14.575	810.151.114,10
39.381	2.188.992.180,05
16.499	917.096.619,66

ΚΕΡΔΗ

Έπειτα υπολογίστηκαν τα κέρδη της εκμετάλλευσης του πρώτου σχεδιασμού για κάθε διαφορετική τιμή πώλησης. Τα κέρδη υπολογίζονται με βάση τη μέση περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε νικέλιο δηλαδή 0,982 %.

Πίνακας 26: Κέρδη για διαφορετικές τιμές προϊόντος με οριακή περιεκτικότητα Ni \geq 0.55% προσαυξημένη κατά 10%

Τιμή Νικελίου (€)	ΚΕΡΔΗ (€)
7.100	-278.225.183,98
14.575	137.272.557,21
39.381	1.516.113.623,17
16.499	244.218.062,77



Διάγραμμα 4: Κέρδη προσαυξημένης κατά 10% εκμετάλλευσης Ni για διαφορετικές τιμές πώλησης σε 3 παραδοχές COG

6.7 Οριακή Τιμή Πώλησης και σχολιασμός αποτελεσμάτων

Η οριακή τιμή πώλησης προκύπτει από την εξίσωση του συνολικού κόστους της εκμετάλλευσης με τα έσοδα από την πώληση του παραγόμενου προϊόντος.

Συγκεκριμένα, $\text{Συνολικό Κόστος} - \text{Έσοδα} = 0 \rightarrow$

$\text{Συνολικό Κόστος} = \text{Οριακή τιμή πώλησης} \times \text{Τόνοι καθαρού Ni}$

Επομένως, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες:

	Ni basic COG 0.5	Ni basic COG 0.45	Ni basic COG 0.55
Συνολικό Κόστος (€)	438.213.580,20	454.754.531,85	423.235.361,07
Τόνοι καθαρού Ni (ton)	32.947,04	34.471,51	31.548,51
ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ (€/ton)	13.300,54	13.192,19	13.415,38

Πίνακας 27: Οριακή τιμή πώλησης (€/ton) για την βασική εκμετάλλευση νικελίου

	Ni +10% GOG 0.5	Ni +10% GOG 0.45	Ni +10% GOG 0.55
Συνολικό Κόστος (€)	689.998.940,07	716.330.697,50	672.878.556,88
Τόνοι καθαρού Ni (ton)	57.174,15	59.595,86	55.584,98
ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ (€/ton)	12.068,37	12.019,81	12.105,40

Πίνακας 28: Οριακή τιμή πώλησης (€/ton) για την προσαυξημένη κατά 10% εκμετάλλευση νικελίου

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, η οριακή τιμή πώλησης για το ίδιο κοίτασμα δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά με αλλαγή της οριακής περιεκτικότητας. Αυτό συμβαίνει επειδή η μικρή μεταβολή της οριακής περιεκτικότητας αυτής της τάξης ($\pm 0,05\%$) είναι κοντά στη βέλτιστη οριακή περιεκτικότητα, επομένως δε μεταβάλλει την τελική μορφή της εκσκαφής. Δηλαδή όλα τα blocks που περιέχουν χρήσιμο υλικό είναι εντός του ορίου της εκμετάλλευσης σε όλες τις περιπτώσεις COG, χωρίς την απόληψη πολλών περισσότερων αγόνων. Αυτό ισχύει ακόμα και στην περίπτωση του COG=0,55 όπου μειώνονται τα χρήσιμα blocks σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις και για COG=0,45 όπου αυξάνονται τα χρήσιμα blocks. Για αυτόν τον λόγο άλλωστε επιλέχθηκε η ένταξη και των τριών σεναρίων οριακής περιεκτικότητας του κάθε κοιτάσματος στον ίδιο σχεδιασμό.

				METABOLH	METABOLH
Τιμές Πώλησης (€/ton)	Ni basic COG 0.5	Ni basic COG 0.45	Ni basic COG 0.55	Ni basic COG 0.45	Ni basic COG 0.55
7.100	-204.289.584,84	-210.006.833,32	-199.240.922,97		
14.575	41.989.551,12	47.667.680,29	36.584.207,27	13,52%	-12,87%
39.381	859.273.865,05	902.767.878,87	819.176.606,05	5,06%	-4,67%
16.499	105.379.659,16	113.990.859,44	97.283.545,15	8,17%	-7,68%
Χρήσιμα (ton)	32.947,04	34.471,51	31.548,51	4,63%	-4,24%
Άγωνα (m ³)	40.971.231,00	40.856.818,00	41.058.868,00	-0,28%	0,21%

Πίνακας 29: Ποσοστιαίες μεταβολές κερδών, χρήσιμου υλικού και αγόνων βασικής εκμετάλλευσης Ni

				ΜΕΤΑΒΟΛΗ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ
Τιμές Πώλησης (€/ton)	Ni +10% GOG 0.5	Ni +10% COG 0.45	Ni +10% COG 0.55	Ni +10% COG 0.45	Ni +10% COG 0.55
7.100	-284.062.499,44	-293.200.073,11	-278.225.183,98		
14.575	143.314.246,16	152.278.999,75	137.272.557,21	6,26%	-4,22%
39.381	1.561.576.125,92	1.630.613.967,16	1.516.113.623,17	4,42%	-2,91%
16.499	253.317.304,16	266.941.439,37	244.218.062,77	5,38%	-3,59%
Χρήσιμα (ton)	57.174,15	59.595,86	55.584,98	4,24%	-2,78%
Άγωνα (m ³)	40.299.885,00	40.113.248,00	40.408.335,00	-0,46%	0,27%

Πίνακας 30: Ποσοστιαίες μεταβολές κερδών, χρήσιμου υλικού και αγόνων πλασματικά προσαυξημένης εκμετάλλευσης Ni +10%

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω πίνακες μεταβολών, ιδιαίτερα στην περίπτωση της μέσης τιμής δεκαετίας (14.575€/ton), για ποσοστιαία αύξηση της ποσότητας χρήσιμου υλικού κατά 4,63% και ελάχιστη ποσοστιαία μείωση των αγόνων κατά 0,28%, εμφανίζεται σημαντική ποσοστιαία αύξηση της κερδοφορίας της εκμετάλλευσης (13,5%). Αντίστοιχα, στην πλασματικά προσαυξημένη εκμετάλλευση Ni, το μόνο που διαφοροποιείται, με ουσιαστικά ίδιας τάξης μεταβολές χρήσιμου υλικού και αγόνων, είναι η ποσοστιαία αύξηση της κερδοφορίας που υποδιπλασιάζεται (6,2%).

Καθώς οι οριακές περιεκτικότητες που εξετάζονται (0,45 / 0,55) κυμαίνονται πλησίον της βέλτιστης οριακής περιεκτικότητας (0,5), η αλλαγή του COG προκαλεί ελάχιστη τροποποίηση του όγκου αγόνων. Παρ' όλα αυτά, σημαντική είναι η ποσοστιαία μεταβολή της κερδοφορίας της εκμετάλλευσης.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και ανάλυση αυτών

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη για την επιρροή της αλλαγής της περιεκτικότητας του νικελίου και της οριακής περιεκτικότητας στην κερδοφορία της εκμετάλλευσης ενός νικελιούχου κοιτάσματος συνοψίζονται παρακάτω:

Σύμφωνα με τους πίνακες κερδών προκύπτει ότι μειώνοντας την οριακή περιεκτικότητα (COG) κατά 0,05% (από 0,5% σε 0,45%) στην αρχική εκμετάλλευση νικελίου, μειώθηκε μεν η μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο (από 0,88 σε 0,85), παρουσιάστηκε όμως αύξηση στους τόνους του χρήσιμου υλικού κατά 4,6%, και στα κέρδη της εκμετάλλευσης κατά 5,1% έως 13,5%. Το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης των κερδών παρουσιάζεται στην περίπτωση εφαρμογής της μέσης τιμής πώλησης του νικελίου την τελευταία δεκαετία (14.575€/tn). Αντιθέτως, η μικρότερη αύξηση των κερδών εμφανίζεται στην μέγιστη τιμή πώλησης της δεκαετίας (39.381€/tn).

Προκύπτει επίσης, ότι αυξάνοντας την οριακή περιεκτικότητα (COG) κατά 0,05% στην αρχική εκμετάλλευση νικελίου (από 0,5% σε 0,55%), αυξήθηκε μεν η μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο (από 0,88 σε 0,9), παρουσιάστηκε όμως μείωση στους τόνους του χρήσιμου υλικού κατά 4,2%, και στα κέρδη της εκμετάλλευσης κατά 4,7% έως 12,9%. Το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης των κερδών παρουσιάζεται στην περίπτωση εφαρμογής της μέσης τιμής πώλησης του νικελίου την τελευταία δεκαετία (14.575€/tn). Αντιθέτως, η μικρότερη ποσοστιαία μείωση των κερδών εμφανίζεται στην μέγιστη τιμή πώλησης της δεκαετίας (39.381€/tn).

Αντίστοιχα, για την περίπτωση της πλασματικής περιεκτικότητας +10% σε Ni που δημιουργήθηκε, προκύπτει ότι η ποσότητα του χρήσιμου συστατικού σχεδόν διπλασιάζεται από την αρχική (από 32.947tn σε 57.174tn) με μέση περιεκτικότητα 0,96 αντί για 0,88. Επομένως, εμφανώς αυξημένα παρουσιάζονται και τα κέρδη της εκμετάλλευσης αυτής συγκριτικά με την αρχική. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση κέρδους (241,3%) παρουσιάζεται στην περίπτωση της μέσης τιμής πώλησης δεκαετίας (14.575€/tn), ενώ η μικρότερη ποσοστιαία αύξηση κέρδους (81,7%) παρουσιάζεται στην περίπτωση της μέγιστης τιμής πώλησης της δεκαετίας (39.381€/tn).

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι μεταβάλλοντας την οριακή περιεκτικότητα (COG) του «πλουσιότερου» σε Ni κοιτάσματος δεν παρουσιάζονται τόσο μεγάλες μεταβολές των κερδών για τις διαφορετικές τιμές πώλησης που έχουν προαναφερθεί. Για την ακρίβεια στην περίπτωση του πλασματικού κοιτάσματος +10%, συγκρίνοντας τις παραδοχές με COG 0,5% και 0,45%, παρατηρούνται ποσοστιαίες αυξήσεις κερδών που κυμαίνονται από 4,4% έως 6,2%. Αντίστοιχα, συγκρίνοντας τις παραδοχές με COG 0,5% και 0,55%, παρατηρούνται ποσοστιαίες μειώσεις κερδών που κυμαίνονται από 2,9% έως 4,2%. Δηλαδή παρουσιάζονται πολύ μικρότερες

ποσοστιαίες μεταβολές από ότι στην αρχική περίπτωση με τα πραγματικά δεδομένα νικελίου.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται η ποσότητα του χρήσιμου συστατικού, τόσο λιγότερο επηρεάζεται η μεταβολή των κερδών από την εκάστοτε τιμή πώλησης του υλικού.

Παρατηρείται επιπλέον ότι όσο αυξάνεται η τιμή πώλησης του υλικού στην αγορά, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η κερδοφορία της εκμετάλλευσης για την ίδια ποσότητα χρήσιμου υλικού, καθώς το συνολικό κόστος παραμένει σταθερό, ενώ αυξάνονται τα έσοδα. Αντίθετα, η μείωση της οριακής περιεκτικότητας οδηγεί σε απόληψη μεγαλύτερης ποσότητας χρήσιμου υλικού, επομένως και σε μεγαλύτερα κέρδη για την εκμετάλλευση, με την παραδοχή, βέβαια, τιμής πώλησης μεγαλύτερη από την οριακή τιμή.

Επειδή οι οριακές περιεκτικότητες που εξετάζονται (0,45 / 0,55) κυμαίνονται πλησίον της βέλτιστης οριακής περιεκτικότητας (0,5), η αλλαγή αυτή του COG προκαλεί ελάχιστη τροποποίηση του όγκου αγόνων. Επίσης, η οριακή τιμή πώλησης για το ίδιο κοίτασμα δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά με αλλαγές τέτοιας τάξης της οριακής περιεκτικότητας. Σημαντική είναι όμως η ποσοστιαία μεταβολή της κερδοφορίας της εκμετάλλευσης. Η κερδοφορία της εκμετάλλευσης για ορισμένη χρονική στιγμή (συγκεκριμένη τιμή πώλησης) επηρεάζεται καθοριστικά από την οριακή περιεκτικότητα Ni.

Μπορεί λοιπόν να διαπιστωθεί ότι η αύξηση της τιμής πώλησης (€/tn) αλλά και η μείωση της οριακής περιεκτικότητας (cut off grade), επηρεάζουν θετικά την κερδοφορία της εκμετάλλευσης. Σίγουρα όμως, η μέση περιεκτικότητα δεν επιδρά στην οικονομικότητα της εκμετάλλευσης, τουλάχιστον στις περιπτώσεις που εξετάστηκαν στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, καθώς η κατανομή του κοιτάσματος σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν είναι η ίδια.

Βιβλιογραφία

- Αποστολίκας, Α. (2010) Κοιτασματολογία Νικελίου, Καστοριά, Εκδόσεις Εφύρα.
- Βαζούκης Α. (2017), Συγκριτική μελέτη εμφάνισης σιδηρονικελιούχου μεταλλοφορίας στις περιοχές Αιγάλεω και Νίκαιας Αττικής με τα σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα της περιοχής Άγιου Ιωάννη Θηβών, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα: Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Βασιλείου Ε., (Ιούλιος 2013).
- Ζευγώλης Ε.Ν. (2013), Η ελληνική βιομηχανία νικελίου και η διεθνής της θέση, ΕΜΠ.
- Κατσιακάτσος Γ. (1992), Γεωλογία Ελλάδος.
- Μενεγάκη, Μ. (2010) Σημειώσεις του Μαθήματος, Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
- Μερμίγκη Αντωνίου (2009) Σύντομη Γεωλογική Ιστορία της Κεντρικής και Βόρειας Εύβοιας, Πανεπιστήμιο της Προβηγκίας (Γαλλία).
- Peter Darling SME (3rd edition), Mining Engineering Handbook, Published by Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
- W. Hustrulid, M. Kuchta and R. Martin (3rd edition), Open Pit Mine Planning and Design, Published by CRC Press/Balkema.
- Martin Pittuck, Cut-Off grades for Mineral Resource Reporting: Going the extra rare earth mile, Corporate Consultant (Mining Geology).
- Asif Khan, Mohammad Waqar Ali Asad (2021), A mixed integer programming-based cut-off grade model for open-pit mining of complex poly-metallic resources.
- Mohammad Reza Ahmadi, Abbas Aghajani Bazzazi (2019), Cutoff grades optimization in open pit mines using meta-heuristic algorithms.
- Matt Thompson, Drew Barr (2014), Cut-off grade: A real options analysis.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- <https://antigoldgr.org/2009/09/21/larco-evi/>
- <https://www.capital.gr/finance/comodities>
- https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42303/NiRecovery_MariannaSakaroglouSecured.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- <https://www.fysiolatris.gr>
- http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo645y/pdf_theory/ni.pdf
- <https://www.geo.auth.gr>
- <https://earth.google.com/>
- <https://www.investing.com>
- <http://www.larco.gr/el.nickel.php>
- <https://www.mapsofworld.com>
- <https://www.naftemporiki.gr/finance/1306185/nikelio-protofanis-anodos-250-pagonei-tis-synallages-sto-lme/>
- <https://www.nickelinstitute.org/>
- <https://www.orykta.gr>