



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ-ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Νικόλαος Ποτήρης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Οικονομοτεχνική ανάλυση περιστροφικής
καμίνου τήξης αλουμινίου**

Επιβλέπων: Δημήτριος Δαμίγος, Καθηγητής ΕΜΠ

**ΑΘΗΝΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Οικονομοτεχνική ανάλυση περιστροφικής καμίνου τήξης
αλουμινίου

Διπλωματική Εργασία

Νικόλαος Ποτήρης

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις/...../.....

Δημήτριος Δαμίγος, Καθηγητής Ε.Μ.Π (Επιβλέπων)..... (Υπογραφή)

Άνθιμος Ξενίδης, Καθηγητής ΕΜ.Π. (Μέλος)..... (Υπογραφή)

Δημήτριος Πάνιας, Καθηγητής Ε.Μ.Π (Μέλος)..... (Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023

© Νικόλαος Ποτήρης, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Οικονομοτεχνική ανάλυση περιστροφικής καμίνου τήξης αλουμινίου – *Διπλωματική Εργασία*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT.....	iii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΤΡ	3
2.1 Ο πίνακας ταμειακών ροών.....	3
2.1.1 Γενικά.....	3
2.1.2 Τα βασικά μεγέθη του πίνακα ταμειακών ροών.....	4
2.2 Παραδείγματα πινάκων ταμειακών ροών για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων	5
2.2.1 Επενδύσεις σε ακίνητα.....	5
2.2.2 Μεταποιητικές επενδύσεις	5
2.2.3 Επενδύσεις τεχνολογίας	5
2.2.4 Επενδύσεις στο ενεργειακό τομέα ορυκτών καυσίμων.....	6
2.3 Το επιτόκιο προεξόφλησης.....	6
2.3.1 Ορισμός και εξήγηση του προεξοφλητικού επιτοκίου	6
2.3.2 Σημασία του προεξοφλητικού επιτοκίου στην αξιολόγηση των επενδύσεων...	7
2.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν το επιτόκιο έκπτωσης.....	8
2.3.4 Μέθοδοι Υπολογισμού για το προεξοφλητικό επιτόκιο.....	9
2.3.5 Παραδείγματα επιτοκίων έκπτωσης για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων ...	9
2.4 Κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων	10
2.4.1 Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης.....	10
2.4.2 Κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης.....	12
2.4.3 Βοηθητικά (μη οικονομικά) κριτήρια αξιολόγησης.....	13
2.4.4 Διαχείριση κινδύνου στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων	13
3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΠΑΛΜΕ - ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟΣ.....	16
3.1 Διάγραμμα ροής ΕΠΑΛΜΕ ΑΕ	16
3.2 Περιστροφική κάμιнос	17
3.3 Η υπάρχουσα περιστροφική κάμιнос	19
3.4 Η νέα περιστροφική κάμιнос.....	19
3.4.1 Γενικά στοιχεία	19
3.4.2 Περιγραφή της διαδικασίας.....	20
3.4.3 Πλεονεκτήματα	22
3.5 Βασικά χαρακτηριστικά της καμίνου	24
3.5.1 Πόρτα πολλαπλών κατευθύνσεων	24

3.5.2	Εξοικονόμηση ενέργειας.....	24
3.5.3	Κλίση προς τα πίσω	25
4	ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HSC– ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟ	26
4.1	Γενικά.....	26
4.2	Περιγραφή του HSC SIM.....	27
4.3	Προσομοίωση της Περιστροφικής Καμίνου	30
4.3.1	Γενικά.....	30
4.3.2	Περιγραφή του μοντέλου	30
4.3.3	Αποτελέσματα.....	37
5	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	42
5.1	Εισαγωγή.....	42
5.2	Παραδοχές για τα δεδομένα εισόδου στον πίνακα ταμειακών ροών	42
5.2.1	Παραδοχές για την υπάρχουσα περιστροφική κάμινο	42
5.2.2	Παραδοχές για τη νέα περιστροφική κάμινο.....	45
5.3	Αξιολόγηση των δύο επενδυτικών σεναρίων	47
5.4	Ανάλυση αβεβαιότητας	47
5.4.1	Ανάλυση ευαισθησίας της παρούσας περιστροφικής καμίνου.....	47
5.4.2	Ανάλυση ρίσκου της παρούσας περιστροφικής καμίνου	48
5.4.3	Ανάλυση ευαισθησίας της νέας περιστροφικής καμίνου	50
5.4.4	13.2.2 Ανάλυση ρίσκου της νέας περιστροφικής καμίνου	51
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χημική ανάλυση διαφόρων τύπων κρασσών και ποσότητες τροφοδοσίας τους στο Σενάριο 2.....	32
Πίνακας 2. Παράμετροι λειτουργίας για το Σενάριο 2.....	33
Πίνακας 3. Γενικό ισοζύγιο μάζας (σενάριο 1).....	38
Πίνακας 4. Ισοζύγιο μάζας στοιχείων (tn/έτος, σενάριο 1).....	38
Πίνακας 5. Αναλυτικό Ισοζύγιο (σενάριο 1).....	39
Πίνακας 6. Αναλυτικό Ισοζύγιο (σενάριο 2).....	40
Πίνακας 7. Διάφορα κόστη που υπάρχουν στην υπάρχουσα περιστροφική κάμινο.....	44
Πίνακας 8. Διάφορα κόστη που υπάρχουν στην καινούργια περιστροφική κάμινο.....	46
Πίνακας 9. Αθροιστική κατανομή (πάνω από ποια τιμή βρίσκεται το X% των παρατηρήσεων) της ΚΠΑ για την παρούσα περιστροφική κάμινο.....	49
Πίνακας 10. Αθροιστική κατανομή (πάνω από ποια τιμή βρίσκεται το X% των παρατηρήσεων) της ΚΠΑ και του ΕΒΑ για την νέα περιστροφική κάμινο.....	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής κατεργασίας.....	16
Εικόνα 2. Αναλυτικό διάγραμμα ροής κατεργασίας.....	17
Εικόνα 3. Εικόνες από την περιστροφική κάμινο (ALTEK, 2023).....	20
Εικόνα 4. Φόρτιση του φούρνου (ALTEK, 2023).....	20
Εικόνα 5. Έκχυση οξυγόνου και αέρα (ALTEK, 2023).....	21
Εικόνα 6. Εκφόρτωση υγρού αλουμινίου από τον φούρνο (ALTEK, 2023).....	21
Εικόνα 7. Περιστροφή του φούρνου σε υψηλή ταχύτητα (ALTEK, 2023).....	21
Εικόνα 8. Τελευταία εκφόρτωση καθαρού αλουμινίου από τις σκωρίες (ALTEK, 2023).....	22
Εικόνα 9. Μεταφορά των σκωριών από τον φούρνο σε καλούπια (ALTEK, 2023).....	22
Εικόνα 10. Καθαρισμός του φούρνου (ALTEK, 2023).....	22
Εικόνα 11. Θερμικές εικόνες κατά τη διάρκεια τήξης του αλουμινίου (Πάνω απεικόνιση: Ανοιχτή πόρτα, Κάτω απεικόνιση: Μερικώς ανοιχτή πόρτα) (ALTEK, 2023).....	24
Εικόνα 12. Απόψεις από διαφορετικές κλίσεις (ALTEK, 2023).....	25
Εικόνα 13. Κεντρική οθόνη επιλογών του HSC 10 (HSC 10 Program, 2023).....	28
Εικόνα 14. Βιβλίο εργασίας μιας μονάδας (HSC 10 Program, 2023).....	29
Εικόνα 15. Φάσεις και μεταβλητές συστήματος (HSC 10 Program, 2023).....	31
Εικόνα 16. Διάγραμμα ροής (HSC 10 Program, 2023).....	31
Εικόνα 17. Controls στην Περιστροφική Κάμινο.....	33
Εικόνα 18. Χημικό μοντέλο Περιστροφικής Καμίνου.....	35

Εικόνα 19. Χημικό μοντέλο Περιστροφικής Καμίνου (συνέχεια)	36
Εικόνα 20. Συντελεστές κατανομής (σενάριο 2).....	37
Εικόνα 21. Διάγραμμα ΚΠΑ από την ανάλυση ευαισθησίας για την υπάρχουσα περιστροφική κάμινο	48
Εικόνα 22. Κατανομή της ΚΠΑ από την ανάλυση ρίσκου για την παρούσα περιστροφική κάμινο	49
Εικόνα 23. Διάγραμμα ΚΠΑ από την ανάλυση ευαισθησίας για την νέα περιστροφική κάμινο	50
Εικόνα 24. Διάγραμμα ΕΒΑ από την ανάλυση ευαισθησίας για την νέα περιστροφική κάμινο.....	51
Εικόνα 25. Κατανομή της ΚΠΑ από την ανάλυση ρίσκου για την νέα περιστροφική κάμινο.....	53
Εικόνα 26. Κατανομή του ΕΒΑ από την ανάλυση ρίσκου για την νέα περιστροφική κάμινο	53

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, κ. Δημήτρη Δαμίγο, Καθηγητή ΕΜΠ, για την βοήθεια που μου παρείχε ώστε να φέρω εις πέρας τη διπλωματική μου εργασία. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στο μέλος της Τριμελούς Επιτροπής, κ. Άνθιμο Ξενίδη, Καθηγητή ΕΜΠ, χωρίς την αποφασιστική συμβολή του οποίου η διπλωματική εργασία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί, όπως και το μέλος της Τριμελούς Επιτροπής, κ. Δημήτρη Πάνια, Καθηγητή ΕΜΠ, για τις χρήσιμες συμβουλές του. Τέλος, θα ήθελα να τον κ. Αντώνιο Τσόγκα, Μηχανολόγο Μηχανικό της ΕΠΑΛΜΕ Α.Ε. για τη βοήθεια που προσέφερε στην περιγραφή και ανάλυση του τρόπου λειτουργίας της μονάδας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει σκοπό την έρευνα, ανάλυση και οικονομοτεχνική αξιολόγηση μίας σημαντικής επένδυσης στον τομέα της δευτερογενούς μεταλλουργίας. Συγκεκριμένα, η επένδυση αφορά στην προμήθεια μίας περιστροφικής καμίνου από την εταιρεία ΕΠΑΛΜΕ του ομίλου Μυτιληναίος, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση καθαρού αλουμινίου από σκωρίες της εταιρείας «Αλουμίνιο της Ελλάδος Α.Ε.», οι οποίες σήμερα απορρίπτονται σε κατάλληλους χώρους απόθεσης. Η νέα επένδυση ενισχύει τη μετάβαση στην Κυκλική Οικονομία, με σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Η ανάλυση γίνεται τόσο στο τεχνικό όσο, κυρίως, σε οικονομικό επίπεδο. Στο τεχνικό σκέλος, η νέα περιστροφική κάμινο μοντελοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού HSC Chemistry προκειμένου να εξαχθούν τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας καθώς και λοιπές λειτουργικές παράμετροι που ήταν απαραίτητες για την οικονομική αξιολόγηση. Η τελευταία πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των Προεξοφλημένων Ταμειακών Ροών, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων. Για την καλύτερη κατανόηση της υπό εξέταση επένδυσης και την πληρέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων, η νέα επένδυση συγκρίνεται, σε οικονομικό επίπεδο, με την υφιστάμενη περιστροφική κάμινο της μονάδας.

Όσον αφορά στην υφιστάμενη κάμινο, η ΚΠΑ της επένδυσης εκτιμάται σε 31 εκατ. € περίπου (ο ΕΒΑ δεν μπορεί να υπολογιστεί λόγω του μηδενικού κόστους επένδυσης), ενώ για τη νέα περιστροφική κάμινο η ΚΠΑ ανέρχεται στα 35,5 εκατ. € και ο ΕΒΑ σε με εσωτερικό βαθμό απόδοσης 320% περίπου, αποδεικνύοντας ότι αποτελεί μία ιδιαίτερα κερδοφόρα επένδυση και πιο συμφέρουσα από τη συνέχιση της λειτουργίας της υφιστάμενης καμίνου (ειδικά αν συνυπολογιστεί ότι μέσα στην επόμενη δεκαετία θα υπάρξουν δαπάνες συντήρησης/ανανέωσης του εξοπλισμού).

ABSTRACT

The present thesis aims at the research, analysis and economical evaluation of an important investment in the secondary metallurgy sector. Specifically, the investment concerns the supply of a rotary furnace by the EPALME S.A. company of the Mytilineos Group, which will be used for the recovery of aluminium from aluminium black drosses of the “Aluminium of Greece S.A.” company, which are currently disposed of in suitable landfills. The new investment supports and strengthens the transition to the Circular Economy, with significant environmental and economic benefits.

The analysis is carried out both at technical and economic levels. On the technical side, the new rotary furnace was modelled using the HSC Chemistry software in order to calculate the mass and energy balances as well as other operational parameters necessary for the economic evaluation. The latter was carried out using the Discounted Cash Flow method, which is widely used in investment decision making. To gain a better understanding of the investment under consideration and to draw more complete conclusions, the new investment is compared, in economic terms, with the existing rotary furnace of the plant.

As regards the existing furnace, the NPV of the investment is estimated at approximately €31 million (the IRR cannot be calculated due to the zero-investment cost), while for the new rotary furnace the NPV is €35.5 million. and the IRR is around 320%, demonstrating that it is a highly profitable investment and more advantageous than the continued operation of the existing furnace (especially if one considers that there will be maintenance/renewal costs for the equipment over the next decade).

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιολόγηση των επενδύσεων είναι μια κρίσιμη διαδικασία για τις επιχειρήσεις και τους επενδυτές, καθώς περιλαμβάνει την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και της κερδοφορίας των δυνητικών επενδύσεων. Στον πυρήνα της, η αξιολόγηση επενδύσεων περιλαμβάνει τη σύγκριση των αναμενόμενων ταμειακών εισροών και εκροών μιας επένδυσης με την πάροδο του χρόνου για τον προσδιορισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) και άλλων χρηματοοικονομικών κριτηρίων. Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να περιπλέξουν αυτή τη διαδικασία, όπως η αβεβαιότητα, ο κίνδυνος και η χρονική αξία του χρήματος. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται ισχυρές και αξιόπιστες μέθοδοι για την αξιολόγηση των επενδύσεων και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Μια τέτοια μέθοδος είναι η αξιολόγηση επενδύσεων με χρήση προεξοφλημένων ταμειακών ροών (ΠΤΡ), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στην εταιρική χρηματοδότηση και τη διαχείριση επενδύσεων. Η μέθοδος ΠΤΡ περιλαμβάνει την εκτίμηση των μελλοντικών ταμειακών ροών μιας επένδυσης και την προεξόφλησή τους στην παρούσα αξία τους χρησιμοποιώντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο. Αυτό επιτρέπει μια πιο ακριβή και ολοκληρωμένη ανάλυση της οικονομικής απόδοσης μιας επένδυσης με την πάροδο του χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως ο πληθωρισμός, ο κίνδυνος και το κόστος ευκαιρίας.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης, η οποία αφορά στην αγορά μίας νέας περιστροφικής καμίνου σε μία μονάδα ανακύκλωσης αλουμινίου, με στόχο την περαιτέρω επεξεργασία αποβλήτων αλουμινίου (κράσες) για τελικό διαχωρισμό καθαρού αλουμινίου από διάφορες άλλες ενώσεις που υποβαθμίζουν την ποιότητά του. Η βιωσιμότητα της νέας επένδυσης πραγματοποιείται συγκριτικά με την υφιστάμενη κάμινο της μονάδας υπό το πρίσμα τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας αρχικά παρέχεται μια θεωρητική ανάλυση του αντικειμένου της αξιολόγησης επενδύσεων, με έμφαση στη μέθοδο ΠΤΡ. Συγκεκριμένα, εξετάζονται τα διάφορα στοιχεία της μεθόδου ΠΤΡ, συμπεριλαμβανομένου του πίνακα ταμειακών ροών και του προεξοφλητικού επιτοκίου και πώς αυτά συμβάλλουν στη συνολική αξιολόγηση μιας επένδυσης. Διερευνούνται επίσης οι παραδοχές και οι περιορισμοί της μεθόδου ΠΤΡ, καθώς και οι εφαρμογές και τις επιπτώσεις της στη λήψη επιχειρηματικών

και επενδυτικών αποφάσεων. Πιο αναλυτικά, αρχικά παρέχεται μια λεπτομερής ανάλυση του πίνακα ταμειακών ροών, συμπεριλαμβανομένων των εσόδων, των εξόδων, των κεφαλαιουχικών δαπανών, του κεφαλαίου κίνησης, των φόρων και άλλων μεγεθών. Ακολούθως, εξετάζονται τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση επενδύσεων, συμπεριλαμβανομένης της ΚΠΑ, του εσωτερικού βαθμού απόδοσης (EBA), του χρόνου επανείσπραξης του κεφαλαίου και του δείκτη κερδοφορίας και δίνονται παραδείγματα εφαρμογών τους. Επίσης, αναλύεται η έννοια του προεξοφλητικού επιτοκίου, των μεθόδων υπολογισμού και των παραγόντων που το επηρεάζουν, όπως ο κίνδυνος και ο πληθωρισμός. Τέλος, εξετάζονται οι επιπτώσεις της μεθόδου ΠΤΡ στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων. Οι ενότητες αυτές παρέχουν μια συνοπτική αλλά ολοκληρωμένη ανάλυση της μεθόδου ΠΤΡ και των εφαρμογών της στην αξιολόγηση επενδύσεων, ώστε οι δυνητικοί επενδυτές να μπορούν να λάβουν πιο ορθές επενδυτικές αποφάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους, τις αβεβαιότητες και την πολυπλοκότητα του επενδυτικού τοπίου.

Ακολούθως, στο ειδικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, περιγράφεται αρχικά το λογισμικό HSC Chemistry, το οποίο χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες όπως η μεταλλουργία, η επεξεργασία ορυκτών και η χημική μηχανική για προσομοίωση και ανάλυση διεργασιών. Το λογισμικό ενσωματώνει μια ισχυρή θερμοδυναμική βάση δεδομένων που επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιούν και να προβλέπουν με ακρίβεια τη συμπεριφορά των χημικών συστημάτων υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Στη συνέχεια, αναλύονται τα βασικά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της περιστροφικής καμίνου, περιγράφεται η παραγωγική διαδικασία και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης από τα οποία ελήφθησαν τα απαιτούμενα δεδομένα για την οικονομοτεχνική ανάλυση. Ακολουθεί η οικονομοτεχνική ανάλυση της υφιστάμενης και της νέας περιστροφικής καμίνου με τη μέθοδο ΠΤΡ, στη βάση των οικονομικών κριτηρίων της ΚΠΑ και του EBA. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας και στοχαστικά ανάλυση με σκοπό τη διαχείριση της αβεβαιότητας που χαρακτηρίζει ορισμένες κρίσιμες οικονομικές μεταβλητές. Η διπλωματική εργασία, τέλος, ολοκληρώνεται με την παράθεση των κυριότερων συμπερασμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση.

2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΤΡ

2.1 Ο πίνακας ταμειακών ροών

2.1.1 Γενικά

Ο πίνακας ταμειακών ροών είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο της μεθόδου προεξοφλημένων ταμειακών ροών (ΠΤΡ) και χρησιμεύει ως βάση για την αξιολόγηση της επένδυσης. Ο πίνακας ταμειακών ροών είναι ένας πίνακας που παρουσιάζει τις αναμενόμενες ταμειακές εισροές και εκροές μιας επένδυσης σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο πίνακας είναι συνήθως δομημένος με τη χρονική περίοδο ως σειρές και τις ταμειακές ροές ως στήλες. Ο πίνακας ταμειακών ροών χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των μελλοντικών ταμειακών ροών της επένδυσης, οι οποίες στη συνέχεια προεξοφλούνται στην παρούσα αξία τους χρησιμοποιώντας ένα προεξοφλητικό επιτόκιο για τον προσδιορισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) της επένδυσης ή χρησιμοποιούνται ως έχουν για τον προσδιορισμό του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA).

Ο πίνακας ταμειακών ροών παρέχει έναν δομημένο τρόπο οργάνωσης και ανάλυσης των αναμενόμενων ταμειακών ροών μιας επένδυσης. Κατασκευάζοντας έναν πίνακα ταμειακών ροών, οι επενδυτές και οι επιχειρήσεις μπορούν να εκτιμήσουν τις αναμενόμενες ταμειακές εισροές και εκροές που σχετίζονται με την επένδυση σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο με έναν δομημένο και συστηματικό τρόπο συμβάλλοντας στη λήψη τεκμηριωμένων επενδυτικών αποφάσεων.

Η κατασκευή του πίνακα ταμειακών ροών απαιτεί να γίνουν αρκετές υποθέσεις σχετικά με τις αναμενόμενες ταμειακές εισροές και εκροές που σχετίζονται με την επένδυση. Αυτές οι παραδοχές μπορεί να περιλαμβάνουν έσοδα, έξοδα, κεφαλαιουχικές δαπάνες, κεφάλαιο κίνησης και φορολογικές παραδοχές (Brealey, Myers, & Allen, 2014).

Οι παραδοχές εσόδων περιλαμβάνουν την εκτίμηση των αναμενόμενων πωλήσεων που θα προκύψουν από την επένδυση κατά τη διάρκεια της καθορισμένης χρονικής περιόδου. Αυτή η εκτίμηση απαιτεί κατανόηση της ζήτησης της αγοράς, των στρατηγικών τιμολόγησης και άλλων παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν τις πωλήσεις και τα έσοδα της επένδυσης. Οι παραδοχές εσόδων είναι κρίσιμες για την εκτίμηση των ταμειακών εισροών που σχετίζονται με την επένδυση (Damodaran, 2012).

2.1.2 Τα βασικά μεγέθη του πίνακα ταμειακών ροών

Οι κεφαλαιουχικές δαπάνες περιλαμβάνουν την εκτίμηση των αναμενόμενων αρχικών δαπανών που θα απαιτηθούν για την υλοποίηση της επένδυσης. Αυτές οι δαπάνες μπορεί να περιλαμβάνουν την αγορά εξοπλισμού, κτιρίων και άλλων περιουσιακών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την υποστήριξη της επένδυσης (Brealey et al., 2014).

Οι λειτουργικές δαπάνες αφορούν στην εκτίμηση των αναμενόμενων εξόδων που σχετίζονται με τη λειτουργία της παραγωγικής μονάδας για την καθορισμένη χρονική περίοδο της ανάλυσης. Αυτά τα έξοδα μπορεί να περιλαμβάνουν έξοδα παραγωγής, έξοδα διοίκησης και διάθεσης των προϊόντων, καθώς και χρηματοοικονομικά έξοδα ήτοι τόκους, φόρους και αποσβέσεις. Η ακριβής εκτίμηση των δαπανών είναι κρίσιμης σημασίας για τον υπολογισμό των ταμειακών εκροών που σχετίζονται με την επένδυση (Chandra, 2011). Όταν απαιτείται εκτιμώνται επίσης και οι ανάγκες σε κεφάλαιο κίνησης με βάση την εκτίμηση των αναμενόμενων μεταβολών στο κεφάλαιο κίνησης που θα απαιτηθούν για την υποστήριξη της παραγωγικής μονάδας. Το κεφάλαιο κίνησης μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές στο απόθεμα, τους εισπρακτέους λογαριασμούς και τους πληρωτέους λογαριασμούς. Οι υποθέσεις κεφαλαίου κίνησης μπορεί να είναι κρίσιμες για την εκτίμηση των ταμειακών εκροών και εισροών που σχετίζονται με την επένδυση, καθώς αντιπροσωπεύουν αλλαγές στα βραχυπρόθεσμα περιουσιακά στοιχεία και υποχρεώσεις της επένδυσης (Chandra, 2011).

Οι φορολογικές παραδοχές περιλαμβάνουν την εκτίμηση των φόρων που θα καταβληθούν επί των κερδών της επένδυσης είναι κρίσιμες για την εκτίμηση των ταμειακών ροών μετά από φόρους που σχετίζονται με την επένδυση (Damodaran, 2012). Αυτή η εκτίμηση απαιτεί κατανόηση των φορολογικών νόμων και κανονισμών που ισχύουν για την εκάστοτε περίπτωση.

Συνολικά, η ακρίβεια των οικονομικών (αλλά και τεχνικών) παραδοχών είναι κρίσιμη για την αξιοπιστία του πίνακα ταμειακών ροών και των οικονομικών αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την ανάλυση. Οποιαδήποτε σφάλματα ή προκαταλήψεις στις παραδοχές μπορεί να οδηγήσουν σε ανακριβείς εκτιμήσεις των ταμειακών εισροών και εκροών που σχετίζονται με την επένδυση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες εκτιμήσεις της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης (Brealey et al., 2014). Εκτός από τις παραδοχές, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι πιθανοί περιορισμοί του πίνακα ταμειακών ροών. Για παράδειγμα, ο πίνακας μπορεί να μην λαμβάνει υπόψη όλους τους πιθανούς κινδύνους και τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με την επένδυση και μπορεί να είναι δύσκολο να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι μελλοντικές

ταμειακές ροές σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι παραδοχές και οι περιορισμοί του πίνακα ταμειακών ροών όταν χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των επενδύσεων (Chandra, 2011).

2.2 Παραδείγματα πινάκων ταμειακών ροών για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων

Η κατασκευή του πίνακα ταμειακών ροών εξαρτάται από τη φύση της επένδυσης που αξιολογείται. Διαφορετικοί τύποι επενδύσεων απαιτούν διαφορετικές παραδοχές και στοιχεία στον πίνακα ταμειακών ροών. Μερικά παραδείγματα πινάκων ταμειακών ροών για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων είναι τα ακόλουθα:

2.2.1 Επενδύσεις σε ακίνητα

Οι επενδύσεις σε ακίνητα περιλαμβάνουν συνήθως την εκτίμηση των αναμενόμενων εσόδων και εξόδων από ενοίκια που σχετίζονται με το ακίνητο. Ο πίνακας ταμειακών ροών για μια επένδυση σε ακίνητα μπορεί να περιλαμβάνει υποθέσεις σχετικά με τα ποσοστά πληρότητας, τα ποσοστά ενοικίασης, το κόστος συντήρησης και τους φόρους ακινήτων. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνονται κεφαλαιουχικές δαπάνες, όπως ανακαινίσεις ή αναβαθμίσεις του ακινήτου. Ο πίνακας ταμειακών ροών μπορεί να εκτείνεται για μια μακρά περίοδο, όπως 10 ή 20 χρόνια, καθώς οι επενδύσεις σε ακίνητα είναι συχνά μακροπρόθεσμες (Damodaran, 2012).

2.2.2 Μεταποιητικές επενδύσεις

Οι μεταποιητικές επενδύσεις περιλαμβάνουν την εκτίμηση των αναμενόμενων εσόδων και εξόδων που σχετίζονται με την παραγωγή αγαθών. Ο πίνακας ταμειακών ροών για μια μεταποιητική επένδυση μπορεί να περιλαμβάνει υποθέσεις σχετικά με το κόστος των πρώτων υλών, το κόστος εργασίας, τα γενικά έξοδα και τον όγκο παραγωγής. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνονται κεφαλαιουχικές δαπάνες, όπως επενδύσεις σε νέο εξοπλισμό ή εγκαταστάσεις παραγωγής. Ο πίνακας ταμειακών ροών μπορεί να εκτείνεται σε μικρότερη περίοδο από τις επενδύσεις σε ακίνητα, όπως 3 έως 5 χρόνια αλλά και σε μεγαλύτερη περίοδο ανάλογα με τη φύση της επένδυσης (Chandra, 2011).

2.2.3 Επενδύσεις τεχνολογίας

Οι επενδύσεις τεχνολογίας συνήθως περιλαμβάνουν την εκτίμηση των αναμενόμενων εσόδων και εξόδων που σχετίζονται με την ανάπτυξη και την εμπορία μιας νέας τεχνολογίας ή προϊόντος. Ο πίνακας ταμειακών ροών για μια επένδυση τεχνολογίας μπορεί να

περιλαμβάνει υποθέσεις σχετικά με το κόστος της έρευνας και ανάπτυξης, τα έξοδα μάρκετινγκ και τις προβλέψεις εσόδων. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνονται κεφαλαιουχικές δαπάνες, όπως επενδύσεις σε πνευματική ιδιοκτησία ή συμφωνίες αδειοδότησης τεχνολογίας. Ο πίνακας ταμειακών ροών μπορεί να εκτείνεται σε μικρότερη περίοδο, όπως 3 έως 5 χρόνια (Brealey, Myers, & Allen, 2014).

2.2.4 Επενδύσεις στο ενεργειακό τομέα ορυκτών καυσίμων

Οι ενεργειακές επενδύσεις που αφορούν στην εκμετάλλευση ορυκτών καυσίμων (π.χ. υδρογονανθράκων) περιλαμβάνουν την εκτίμηση των αναμενόμενων εσόδων και εξόδων που σχετίζονται με την παραγωγή και την πώληση ενεργειακών πόρων. Ο πίνακας ταμειακών ροών για μια ενεργειακή επένδυση μπορεί να περιλαμβάνει υποθέσεις σχετικά με το κόστος γεώτρησης, τον όγκο παραγωγής, τις τιμές ενέργειας και τις πληρωμές δικαιωμάτων εκμετάλλευσης. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνονται κεφαλαιουχικές δαπάνες, όπως επενδύσεις σε νέο εξοπλισμό γεώτρησης ή αγωγούς. Ο πίνακας ταμειακών ροών μπορεί να εκτείνεται σε μεγαλύτερη περίοδο από τις επενδύσεις στη μεταποίηση, όπως 10 έως 15 χρόνια (Damodaran, 2012).

2.3 Το επιτόκιο προεξόφλησης

2.3.1 Ορισμός και εξήγηση του προεξοφλητικού επιτοκίου

Το προεξοφλητικό επιτόκιο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί βασικό συστατικό της αξιολόγησης των επενδύσεων. Το προεξοφλητικό επιτόκιο αντιπροσωπεύει το ποσοστό απόδοσης που απαιτείται από έναν επενδυτή για να δικαιολογήσει μια επένδυση σε ένα συγκεκριμένο έργο ή περιουσιακό στοιχείο. Με άλλα λόγια, το προεξοφλητικό επιτόκιο εκφράζει την ελάχιστη απόδοση που επιθυμεί ένας επενδυτής για να τοποθετήσει το κεφάλαιό του σε μία συγκεκριμένη επένδυση.

Στην αξιολόγηση επενδύσεων, το προεξοφλητικό επιτόκιο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παρούσας αξίας των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών ροών. Αυτό γίνεται με την εφαρμογή ενός συντελεστή έκπτωσης στις αναμενόμενες ταμειακές ροές με βάση τη χρονική αξία του χρήματος. Ο συντελεστής προεξόφλησης καθορίζεται από το προεξοφλητικό επιτόκιο και τη χρονική περίοδο κατά την οποία αναμένεται να προκύψουν οι ταμειακές ροές. Χρησιμοποιείται επίσης ως μέτρο σύγκρισης για την αξιολόγηση ενός σχεδίου βάσει του EBA, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο λαμβάνει υπόψη πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του κινδύνου που σχετίζεται με τη συγκεκριμένη επένδυση, του

κόστους ευκαιρίας κεφαλαίου του επενδυτή και του αναμενόμενου πληθωρισμού. Όσο υψηλότερος είναι ο κίνδυνος που σχετίζεται με την επένδυση, τόσο υψηλότερο θα είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο. Ομοίως, όσο υψηλότερο είναι το κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου του επενδυτή ή ο αναμενόμενος ρυθμός πληθωρισμού, τόσο υψηλότερο θα είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο (Damodaran, 2012).

2.3.2 Σημασία του προεξοφλητικού επιτοκίου στην αξιολόγηση των επενδύσεων

Το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της αξιολόγησης των επενδύσεων, καθώς βοηθά τους επενδυτές και τις επιχειρήσεις να καθορίσουν την παρούσα αξία των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών ροών. Το προεξοφλητικό επιτόκιο λαμβάνει υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος, τον κίνδυνο που σχετίζεται με την επένδυση και το κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου του επενδυτή. Η σημασία του προεξοφλητικού επιτοκίου στην αξιολόγηση επενδύσεων μπορεί να τονιστεί περαιτέρω με τους ακόλουθους τρόπους:

Βοηθά στον προσδιορισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ)

Η ΚΠΑ υπολογίζεται αφαιρώντας την αρχική επένδυση από την παρούσα αξία των μελλοντικών καθαρών ταμειακών ροών. Η παρούσα αξία υπολογίζεται προεξοφλώντας τις αναμενόμενες ταμειακές ροές χρησιμοποιώντας το προεξοφλητικό επιτόκιο. Ένα υψηλότερο προεξοφλητικό επιτόκιο θα έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη παρούσα αξία, η οποία, με τη σειρά της, θα μειώσει την ΚΠΑ της επένδυσης (Brealey, Myers, & Allen, 2014).

Βοηθά στον προσδιορισμό του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA)

Ο EBA είναι ένα μέτρο του ποσοστού απόδοσης που επιτυγχάνεται από ένα συγκεκριμένο επενδυτικό έργο ή περιουσιακό στοιχείο. Ο EBA συγκρίνεται με το προεξοφλητικό επιτόκιο, το οποίο εκφράζει την ελάχιστη επιθυμητή απόδοση από την πλευρά του επενδυτή. Ένα υψηλότερο προεξοφλητικό επιτόκιο θα κάνει την επένδυση λιγότερο ελκυστική για τους επενδυτές (Chandra, 2011).

Βοηθά τους επενδυτές να συγκρίνουν διαφορετικές επενδύσεις

Το προεξοφλητικό επιτόκιο επιτρέπει στους επενδυτές να συγκρίνουν τις αναμενόμενες αποδόσεις διαφορετικών επενδύσεων προσδιορίζοντας την παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών. Αυτό επιτρέπει στους επενδυτές να λαμβάνουν τεκμηριωμένες επενδυτικές αποφάσεις με βάση τις πιθανές αποδόσεις και τους κινδύνους που σχετίζονται με κάθε επένδυση (Damodaran, 2012).

Συνοπολογίζει τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα

Το προεξοφλητικό επιτόκιο λαμβάνει υπόψη τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα μίας επένδυσης. Οι επενδύσεις με υψηλότερα επίπεδα κινδύνου συνδέονται με υψηλότερα προεξοφλητικά επιτόκια, τα οποία μειώνουν την παρούσα αξία των αναμενόμενων ταμειακών ροών (Brealey et al., 2014).

Συνολικά, το προεξοφλητικό επιτόκιο είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της αξιολόγησης των επενδύσεων που βοηθά τους επενδυτές και τις επιχειρήσεις να καθορίσουν την παρούσα αξία των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών ροών. Λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική αξία του χρήματος, τον κίνδυνο που σχετίζεται με την επένδυση και το κόστος ευκαιρίας του επενδυτή, το προεξοφλητικό επιτόκιο βοηθά τους επενδυτές να λαμβάνουν τεκμηριωμένες επενδυτικές αποφάσεις και να βελτιώνουν τη συνολική τους οικονομική απόδοση.

2.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν το επιτόκιο έκπτωσης

Το προεξοφλητικό επιτόκιο επηρεάζεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, από διάφορους παράγοντες, όπως το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση, το κόστος ευκαιρίας του επενδυτή για κεφάλαιο και τον αναμενόμενο ρυθμό πληθωρισμού. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων είναι κρίσιμη για τον καθορισμό του κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου για την αξιολόγηση της επένδυσης.

Κίνδυνος: Ο κίνδυνος είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν το προεξοφλητικό επιτόκιο. Οι επενδύσεις με υψηλότερα επίπεδα κινδύνου συνδέονται με υψηλότερα προεξοφλητικά επιτόκια, καθώς οι επενδυτές απαιτούν υψηλότερο ποσοστό απόδοσης για να αντισταθμίσουν τον πρόσθετο κίνδυνο. Το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με μια επένδυση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο κλάδος, οι συνθήκες της αγοράς και τα ειδικά χαρακτηριστικά της ίδιας της επένδυσης.

Κόστος ευκαιρίας: Το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου αναφέρεται στην πιθανή απόδοση που θα μπορούσαν να κερδίσουν οι επενδυτές επενδύοντας τα χρήματά τους αλλού. Το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως τα τρέχοντα επιτόκια, το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με άλλες επενδυτικές ευκαιρίες και οι επενδυτικοί στόχοι του επενδυτή.

Πληθωρισμός: Ο αναμενόμενος ρυθμός πληθωρισμού είναι ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει το προεξοφλητικό επιτόκιο. Καθώς αυξάνεται ο αναμενόμενος ρυθμός πληθωρισμού, αυξάνεται και το προεξοφλητικό επιτόκιο, καθώς οι επενδυτές

απαιτούν υψηλότερο ποσοστό απόδοσης για να αντισταθμίσουν την αναμενόμενη μείωση της αγοραστικής δύναμης των χρημάτων τους.

Άλλοι παράγοντες: Άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το προεξοφλητικό επιτόκιο περιλαμβάνουν τον χρονικό ορίζοντα της επένδυσης, τις φορολογικές επιπτώσεις της επένδυσης και τα ειδικά χαρακτηριστικά των ταμειακών ροών που σχετίζονται με την επένδυση.

2.3.4 Μέθοδοι Υπολογισμού για το προεξοφλητικό επιτόκιο

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου για την αξιολόγηση της επένδυσης. Μερικές από τις πιο κοινές μεθόδους περιλαμβάνουν:

- Μοντέλο τιμολόγησης κεφαλαίων περιουσιακών στοιχείων (CAPM): Η CAPM είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου. Το μοντέλο CAPM ενσωματώνει το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση, το κόστος ευκαιρίας του επενδυτή και την αναμενόμενη απόδοση της αγοράς για να καθορίσει ένα κατάλληλο προεξοφλητικό επιτόκιο (Brealey, Myers, & Allen, 2014).
- Σταθμισμένο μέσο κόστος κεφαλαίου (WACC): Το WACC είναι μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου. Ο τύπος WACC λαμβάνει υπόψη το κόστος των ιδίων κεφαλαίων και το κόστος χρηματοδότησης χρέους, σταθμισμένο με τις αντίστοιχες αναλογίες τους στην κεφαλαιακή διάρθρωση της επιχείρησης (Chandra, 2011).
- Προσέγγιση Premium Risk: Η προσέγγιση premium risk είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου με βάση το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει την προσθήκη ενός ασφάλιστρου στο επιτόκιο χωρίς κίνδυνο για την αντιστάθμιση του πρόσθετου κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση (Damodaran, 2012).

2.3.5 Παραδείγματα επιτοκίων έκπτωσης για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση και το κόστος ευκαιρίας κεφαλαίου του επενδυτή. Μερικά παραδείγματα προεξοφλητικά επιτόκια για διαφορετικούς τύπους επενδύσεων είναι τα ακόλουθα:

2.3.5.1 *Επένδυση σε ακίνητη περιουσία*

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για μια επένδυση σε ακίνητα μπορεί να κυμαίνεται από 6% έως 12%, ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά της επένδυσης, όπως η τοποθεσία, οι συνθήκες της αγοράς και το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση (Brealey et al., 2014).

2.3.5.2 *Επένδυση στη μεταποιητική βιομηχανία*

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για μια επένδυση στη μεταποιητική βιομηχανία μπορεί να κυμαίνεται από 8% έως 15%, ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά της επένδυσης, όπως οι συνθήκες της αγοράς, το επίπεδο ανταγωνισμού και το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση (Chandra, 2011).

2.3.5.3 *Επένδυση τεχνολογίας*

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για μια επένδυση τεχνολογίας μπορεί να κυμαίνεται από 12% έως 25%, ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά της επένδυσης, όπως οι συνθήκες της αγοράς, το επίπεδο ανταγωνισμού και το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση (Damodaran, 2012).

2.3.5.4 *Επένδυση στον ενεργειακό τομέα*

Το προεξοφλητικό επιτόκιο για μια ενεργειακή επένδυση μπορεί να κυμαίνεται από 10% έως 20%, ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά της επένδυσης, όπως οι συνθήκες της αγοράς, το επίπεδο ανταγωνισμού και το επίπεδο κινδύνου που σχετίζεται με την επένδυση (Brealey et al., 2014).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά είναι μόνο παραδείγματα επιτοκίων προεξόφλησης και το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο για κάθε δεδομένη επένδυση θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες που είναι ειδικοί για αυτήν την επένδυση. Είναι επίσης σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι παραδοχές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του προεξοφλητικού επιτοκίου είναι ρεαλιστικές και βασίζονται σε ορθή χρηματοοικονομική ανάλυση για να διασφαλιστεί η ακριβής αξιολόγηση της επένδυσης.

2.4 **Κριτήρια αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων**

2.4.1 **Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης**

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης περιλαμβάνουν την Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ), το Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA) και το Χρόνο Επανείσπραξης του Κεφαλαίου (ΧΕΚ) και χρησιμοποιούνται ευρέως για την αξιολόγηση της οικονομικής σκοπιμότητας των

επενδυτικών σχεδίων (Lasher, 2020). Αυτά τα κριτήρια προσφέρουν ένα ποσοτικό μέτρο της κερδοφορίας και της οικονομικής βιωσιμότητας ενός έργου.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών εισροών μείον την παρούσα αξία των αναμενόμενων μελλοντικών ταμειακών εκροών, προεξοφλημένων με κατάλληλο επιτόκιο. Στην πράξη κι εφόσον έχει καταστρωθεί ο πίνακας των ταμειακών ροών, η ΚΠΑ υπολογίζεται ως η διαφορά των χρηματικών εισροών (καθαρών ταμειακών ροών μετά φόρων) μείον το κόστος των επενδύσεων, όπως, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{t=1}^n \frac{\text{ΚΤΡ}_t}{(1+\varepsilon)^t} \right] - E_0 = \frac{\text{ΚΤΡ}_1}{(1+\varepsilon)^1} + \frac{\text{ΚΤΡ}_2}{(1+\varepsilon)^2} + \dots + \frac{\text{ΚΤΡ}_n}{(1+\varepsilon)^n} - E_0$$

όπου: ΚΠΑ = η Καθαρά Παρούσα Αξία του σχεδίου, ΚΤΡ_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τα, E₀ = η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0, ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου και ε = το επιτόκιο προεξόφλησης

Το κριτήριο της ΚΠΑ μετατρέπει όλα τα κόστη (εκροές) και τα οφέλη (εισροές) της επένδυσης σε σημερινές αξίες, δηλαδή εκφράζει το καθαρό όφελος ή κόστος στη χρονική στιγμή που λαμβάνεται η απόφαση. Μία θετική ΚΠΑ υποδηλώνει ότι το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο, ενώ μία αρνητική ΚΠΑ υποδηλώνει ότι το έργο δεν είναι οικονομικά εφικτό (Ross, Westerfield, & Jordan, 2021).

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA) είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που καθιστά την ΚΠΑ ενός επενδυτικού σχεδίου ίση με μηδέν, δηλαδή είναι εκείνο το επιτόκιο προεξόφλησης που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών, σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{ΚΠΑ} = 0 = \left[\sum_{t=1}^n \frac{\text{ΚΤΡ}_t}{(1 + \text{EBA})^t} \right] - E_0$$

όπου: ΚΤΡ_t = η Καθαρή Ταμειακή Ροή το έτος τ, E₀ = η αρχική επένδυση το χρόνο τ=0, ν = η διάρκεια ζωής του επενδυτικού σχεδίου και EBA = το επιτόκιο προεξόφλησης που καθιστά την ΚΠΑ = 0

Ένας υψηλότερος EBA είναι ενδεικτικός ενός πιο ελκυστικού από οικονομική άποψη έργου (Brealey, Myers, & Allen, 2017).

Ο Χρόνος Επανεξοφής του Κεφαλαίου (ΧΕΚ) υποδεικνύει το χρόνο που απαιτείται για την ανάκτηση της αρχικής επένδυσης από τις αναμενόμενες ταμειακές

εισροές του έργου. Ο ΧΕΚ ανήκει στα καλούμενα ατελή κριτήρια καθώς δεν λαμβάνει υπόψη τη διαχρονική αξία του χρήματος και τις ταμειακές ροές που πραγματοποιούνται μετά την περίοδο επανείσπραξης του κεφαλαίου επένδυσης. Μικρότερος ΧΕΚ συνεπάγεται ταχύτερη απόδοση της επένδυσης (Van Horne & Wachowicz, 2014).

Παρά το γεγονός ότι είναι δημοφιλή και εύχρηστα, τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης έχουν ορισμένα μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, ο ΧΕΚ αγνοεί, όπως αναφέρθηκε, τη διαχρονική αξία του χρήματος και η ΚΠΑ και ο ΕΒΑ δεν λαμβάνουν υπόψη τον αντίκτυπο των αβέβαιων ταμειακών ροών (Ross et al., 2021). Ωστόσο, τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης εξακολουθούν να είναι χρήσιμα για την αξιολόγηση έργων, καθώς παρέχουν έναν απλό και τυποποιημένο τρόπο αξιολόγησης της σκοπιμότητας των επενδυτικών ευκαιριών.

2.4.2 Κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης

Τα κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης χρησιμοποιούνται για τη σύγκριση και προτεραιοποίηση των επενδυτικών σχεδίων με βάση τα σχετικά πλεονεκτήματά τους. Αυτά τα κριτήρια επιτρέπουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αξιολογήσουν διαφορετικές επενδυτικές επιλογές και να καθορίσουν ποια από αυτές προσφέρει την υψηλότερη αξία. Μερικά παραδείγματα κριτηρίων συγκριτικής αξιολόγησης είναι η ανάλυση οφέλους-κόστους, η ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας και η ανάλυση απόφασης πολλαπλών κριτηρίων (Tavana et al., 2019).

Η ανάλυση οφέλους-κόστους περιλαμβάνει τη σύγκριση των οφελών ενός έργου με το κόστος του για να καθοριστεί εάν είναι οικονομικά εφικτό (Tobin & Cline, 2017). Η ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας συγκρίνει το κόστος διαφορετικών έργων που επιτυγχάνουν τον ίδιο στόχο για να εντοπίσει την πιο οικονομική επιλογή (Mauskopf et al., 2018). Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων περιλαμβάνει την αξιολόγηση έργων με βάση πολλαπλά κριτήρια, όπως η οικονομική απόδοση, ο κοινωνικός και περιβαλλοντικός αντίκτυπος και η τεχνική σκοπιμότητα, για να προσδιοριστεί ποιο έργο προσφέρει την καλύτερη συνολική αξία (Figueira et al., 2019).

Τα συγκριτικά κριτήρια αξιολόγησης επιτρέπουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να συγκρίνουν και να ταξινομήσουν επενδυτικά σχέδια με βάση τα σχετικά πλεονεκτήματά τους, παρέχοντας έναν σαφή και αντικειμενικό τρόπο για να προσδιορίσουν ποιο έργο προσφέρει την υψηλότερη αξία για την εταιρεία. Ωστόσο, αυτά τα κριτήρια μπορεί να είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθούν όταν τα έργα έχουν διαφορετικούς στόχους ή όταν ορισμένα κριτήρια δεν μπορούν εύκολα να ποσοτικοποιηθούν (Tavana et al., 2019).

Επιπλέον, τα συγκριτικά κριτήρια αξιολόγησης ενδέχεται να μην λαμβάνουν υπόψη τους πιθανούς κινδύνους και τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με κάθε έργο, γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και επιτυχία του.

2.4.3 Βοηθητικά (μη οικονομικά) κριτήρια αξιολόγησης

Τα βοηθητικά κριτήρια αξιολόγησης είναι πρόσθετα κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με βασικά κριτήρια αξιολόγησης για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας των επενδυτικών σχεδίων. Αυτά τα κριτήρια λαμβάνουν υπόψη μη οικονομικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την επιτυχία του έργου. Μερικά παραδείγματα βοηθητικών κριτηρίων αξιολόγησης είναι τα ακόλουθα:

- Κοινωνικός και περιβαλλοντικός αντίκτυπος: Αυτό το κριτήριο λαμβάνει υπόψη τις πιθανές κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων του στις τοπικές κοινότητες, τη βιοποικιλότητα και την κλιματική αλλαγή.
- Τεχνική σκοπιμότητα: Αυτό το κριτήριο αξιολογεί την τεχνική σκοπιμότητα του έργου, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας των απαραίτητων πόρων, εξοπλισμού και τεχνολογίας.
- Ανάλυση Αγοράς και Ζήτησης: Αυτό το κριτήριο εξετάζει τη ζήτηση της αγοράς για το προϊόν ή την υπηρεσία που προσφέρει το έργο, καθώς και τον ανταγωνισμό και τις τάσεις της αγοράς.

Τα βοηθητικά κριτήρια αξιολόγησης παρέχουν μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων, λαμβάνοντας υπόψη μη χρηματοοικονομικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την επιτυχία του έργου. Αυτό επιτρέπει μια πιο ενημερωμένη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ωστόσο, η ενσωμάτωση αυτών των κριτηρίων μπορεί επίσης να αυξήσει την πολυπλοκότητα της διαδικασίας αξιολόγησης και να απαιτήσει πρόσθετους πόρους (Kerzner & Kerzner, 2017). Επιπλέον, ορισμένα από αυτά τα κριτήρια μπορεί να είναι δύσκολο να προσδιοριστούν ποσοτικά και μπορεί να μην είναι άμεσα συγκρίσιμα με οικονομικά μέτρα.

2.4.4 Διαχείριση κινδύνου στην αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων

Για τη διαχείριση της αβεβαιότητας και τη βελτίωση της αξιοπιστίας των εκτιμώμενων αποτελεσμάτων, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη πιθανά εύρη τιμών στις κρίσιμες μεταβλητές του επενδυτικού σχεδίου. Στην κατεύθυνση αυτή εφαρμόζονται διάφορες

τεχνικές διαχείρισης της αβεβαιότητας όπως: η ανάλυση νεκρού σημείου της επένδυσης, η ανάλυση ευαισθησίας και η πιθανολογική ή στοχαστική ανάλυση.

Ανάλυση νεκρού σημείου επένδυσης

Η ανάλυση νεκρού σημείου είναι μια τεχνική με αρκετές εφαρμογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί σε ποιο επίπεδο παραγωγής τα συνολικά έσοδα της επιχείρησης ισούνται με τα συνολικά έξοδα, για εξετάσει δύο εναλλακτικά σχέδια για την επένδυση μιας παραγωγικής μονάδας ως προς τη δυναμικότητά της ή για να συγκρίνει εναλλακτικά σχέδια ως προς ορισμένα κρίσιμα μεγέθη (π.χ. αρχική επένδυση ή δυναμικότητα). Στο πλαίσιο της διαχείρισης αβεβαιότητας, η ανάλυση νεκρού σημείου της επένδυσης χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η τιμή κρίσιμων μεταβλητών (π.χ. της τιμής πώλησης, του κόστους της πρώτης ύλης, του κόστους ενέργειας, κ.λπ.) που καθιστά την Κ.Π.Α. του σχεδίου ίση με μηδέν. Ο προσδιορισμός των τιμών αυτών γίνεται κάθε φορά για μία μόνο μεταβλητή, αφήνοντας τις υπόλοιπες μεταβλητές ανεπηρέαστες (γνωστό και ως ανάλυση *ceteris paribus*).

Ανάλυση ευαισθησίας

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο, αρχικά υπολογίζεται η απόδοση της επένδυσης με συγκεκριμένες τιμές στις βασικές μεταβλητές (π.χ. τιμή και μονάδες πώλησης, ύψος ετήσιων δαπανών, κ.λπ.). Στη συνέχεια, μεταβάλλεται η τιμή μιας μεταβλητής κατά διάφορα ποσοστά, διατηρώντας τις τιμές των υπολοίπων αμετάβλητες (ανάλυση *ceteris paribus*) και υπολογίζεται η μεταβολή του αποτελέσματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για καθεμία από τις βασικές μεταβλητές. Ως παραλλαγή της μεθόδου μπορεί να εξεταστεί και η περίπτωση της ταυτόχρονης μεταβολής δύο ή περισσότερων εκ των βασικών μεταβλητών μέσω διαμόρφωσης σεναρίων.

Ο αντικειμενικός σκοπός της ανάλυσης ευαισθησίας είναι ο προσδιορισμός των πλέον κρίσιμων για την απόδοση της επένδυσης μεταβλητών. Συχνά, η ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις τιμές συγκεκριμένων μεταβλητών (π.χ. τιμή πώλησης του τελικού προϊόντος), οι οποίες αντιστρέφουν το τελικό αποτέλεσμα (δηλ. καθιστούν μια επένδυση απορριπτή).

Η ανάλυση ευαισθησίας προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες για τη βαρύτητα των διαφόρων μεταβλητών εισόδου στο τελικό αποτέλεσμα. Όμως, δεν δίνει πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα να ληφθεί μια τιμή (ή εύρος τιμής) της απόδοσης της επένδυσης.

Επίσης, η ανάλυση ευαισθησίας δεν διευκολύνει τη διερεύνηση πολλών σεναρίων ταυτόχρονης μεταβολής της τιμής πολλών παραμέτρων.

Πιθανολογική ανάλυση και προσομοίωση Monte Carlo

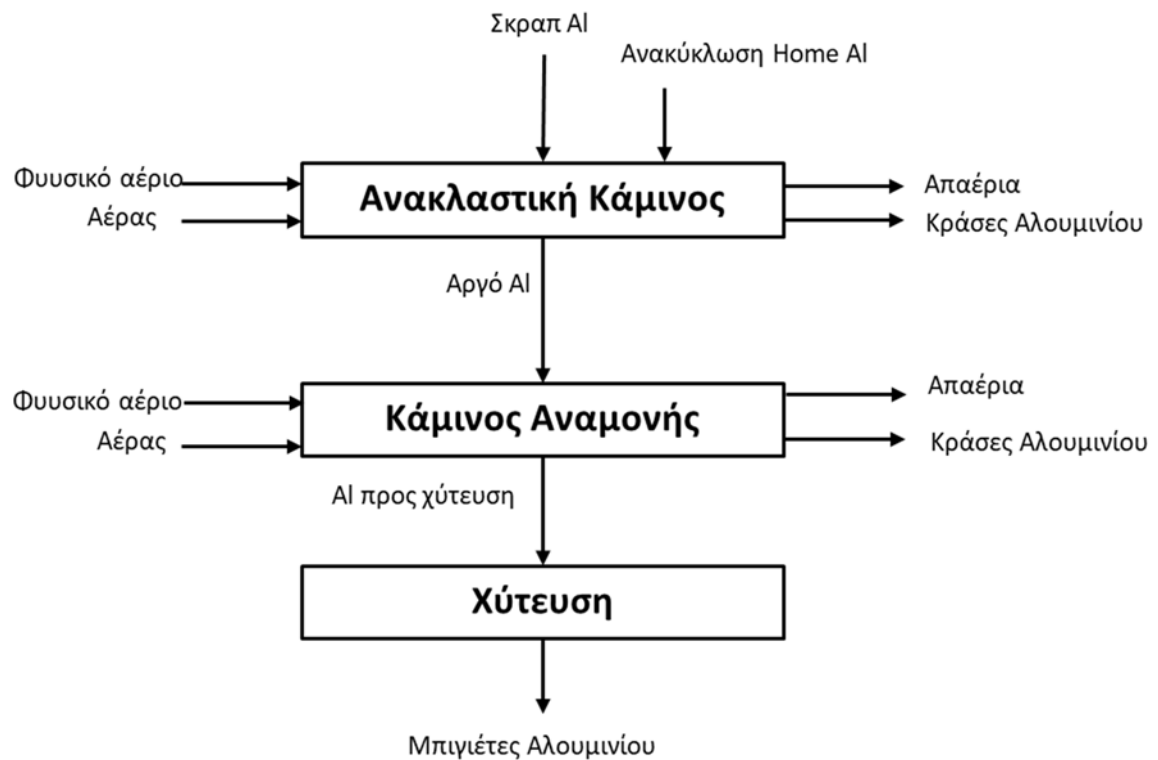
Η πιθανολογική ανάλυση προσφέρει λύση στα προβλήματα της ανάλυσης ευαισθησίας που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς οι βασικές μεταβλητές δεν λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές αλλά τιμές από μια κατανομή, σε κάθε σημείο της οποίας αντιστοιχεί μια πιθανότητα. Έτσι, οι μεταβλητές εισάγονται με τη μορφή κατανομής πιθανότητας και η απόδοση υπολογίζεται για διάφορες ομάδες τιμών των μεταβλητών (οι οποίες παράγονται με τη βοήθεια των τυχαίων αριθμών) και παρέχεται επίσης με μορφή κατανομής πιθανότητας.

Η πιθανολογική ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα χρησιμοποιώντας τιμές με μορφή κατανομής πιθανότητας για μία ή περισσότερες μεταβλητές, με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Τα προγράμματα λογισμικού χρησιμοποιούν τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo, με την οποία παράγονται εκατοντάδες σενάρια για διαφορετικές τιμές των μεταβλητών, δίνοντας ένα πλήθος τιμών για την απόδοση (π.χ. την ΚΠΑ) του επενδυτικού σχεδίου. Η στατιστική κατανομή του αποτελέσματος χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των συμπερασμάτων ως προς την πιθανότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης τιμής. Η μέση τιμή που προσδιορίζεται από την συγκεκριμένη διαδικασία αναπαριστά την στατιστικά ορισμένη αναμενόμενη τιμή της απόδοσης του επενδυτικού σχεδίου.

3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΠΑΛΜΕ - ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟΣ

3.1 Διάγραμμα ροής ΕΠΑΛΜΕ ΑΕ

Το γενικό συνοπτικό διάγραμμα ροής κατεργασίας προφίλ αλουμινίου για την παραγωγή μπιγιετών αλουμινίου δίδεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής κατεργασίας

Στο διάγραμμα αυτό δεν περιλαμβάνονται τα συστήματα επεξεργασίας αερίων και στερεών αποβλήτων. Το αναλυτικότερο διάγραμμα ροής, όπως αυτό αποτυπώθηκε με την εφαρμογή του προγράμματος HSC Sim δίδεται στην Εικόνα 2.

Οι περιστροφικές κάμινοι αποτελούνται από ορισμένα βασικά εξαρτήματα: το σώμα της καμίνου, την επένδυση, το γρανάζι κίνησης και την εσωτερική πηγή θερμότητας. Το σώμα της καμίνου κατασκευάζεται γενικά από χαλύβδινη πλάκα και συγκολλάται για να σχηματίσει τον κύλινδρο, ο οποίος μπορεί να έχει μήκος έως και 230 m. Το μήκος του σώματος της καμίνου μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμογή, ωστόσο, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας σε όλο το θάλαμο (Miller, 2018).

Η επένδυση της καμίνου είναι κατασκευασμένη από πυρίμαχο υλικό, ώστε να διασφαλίζεται η μόνωση του χαλύβδινου σώματος από της εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται στο εσωτερικό του. Μια πυρίμαχη επένδυση παρέχει επίσης στην περιστροφική κάμινο και προστασία από τη διάβρωση. Το πυρίμαχο υλικό που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι με τη μορφή πυρίμαχων τούβλων ή πυρίμαχης μάζας, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Τυπικά, όλα τα πυρίμαχα υλικά μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες έως και 1000 °C (Miller, 2018).

Το γρανάζι κίνησης είναι το εξάρτημα που περιστρέφει έναν περιστροφικό φούρνο, αν και αυτό μπορεί ορισμένες φορές να αντικατασταθεί με οδηγούμενους κυλίνδρους. Για να έχει ένας περιστροφικός φούρνος μεταβλητή ταχύτητα περιστροφής, το γρανάζι κίνησης πρέπει να διαθέτει μεταβλητή ταχύτητα για τον έλεγχο της. Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, η εσωτερική πηγή θερμότητας μπορεί να είναι αέριο ή ηλεκτρική. Αυτές οι πηγές θερμότητας μπορούν να οδηγηθούν με αγωγιμότητα, συναγωγή ή ακτινοβολία (Miller, 2018).

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι περιστροφικών καμίνων, ανάλογα με την επιδιωκόμενη εφαρμογή από την οποία εξαρτάται και ο χρόνος παραμονής και τις επιθυμητές γενικές συνθήκες της διεργασίας, όπως η θερμοκρασία, η δυναμικότητα, η ανάγκη για ανάμιξη κτλ. Όταν απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι αντίδρασης και μεγάλη δυναμικότητα, όπως στην περίπτωση αναγωγής μεταλλευμάτων ή παραγωγής κλίνκερ στις τσιμεντοβιομηχανίες, χρησιμοποιούνται μεγάλου μήκους και μεγάλης διατομής κυλινδρικές περιστροφικές κάμινοι. Αντίθετα, όταν ο χρόνος αντίδρασης είναι μικρός και η απαιτούμενη δυναμικότητα χαμηλή, κάτι που ισχύει κυρίως κατά την τήξη προϊόντων μετά το τέλος ζωής του, χρησιμοποιούνται περιστροφικές κάμινοι μικρού μήκους, μεγάλης σχετικά διαμέτρου, με ή χωρίς ανάκλιση (tilting), συνήθως σχήματος βαρελιού. Σε αυτές τις καμίνους η τροφοδοσία και η εξαγωγή των προϊόντων γίνεται μόνο από το ένα άκρο (στόμιο), στην πόρτα του οποίου είναι τοποθετημένη και η διάταξη καύσης, συνήθως φυσικού αερίου, για την παροχή ενέργειας.

3.3 Η υπάρχουσα περιστροφική κάμινος

Στο μεταλλουργικό συγκρότημα τήξης σκραπ αλουμινίου στις εγκαταστάσεις της ΕΠΑΛΜΕ λειτουργεί μια ανακλινόμενη περιστροφική κάμινος για την κατεργασία σκωριών αλουμινίου που παράγονται στους φούρνους τήξης και αναμονής για την τήξη και παραλαβή του περιεχομένου μεταλλικού αλουμινίου, ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούνταν και για την αρχική τήξη βαμμένων προφίλ αλουμινίου. Η δυναμικότητα κατεργασίας της καμίνου αυτής ανέρχεται στους 6,600 τόνους σκωριών αλουμινίου που καλύπτει και τις σημερινές ανάγκες του εργοστασίου. Ο τρόπος λειτουργίας της καμίνου αυτής είναι όμοιος με αυτόν της νέας περιστροφικής καμίνου που περιγράφεται στη συνέχεια.

3.4 Η νέα περιστροφική κάμινος

3.4.1 Γενικά στοιχεία

1. Ο νέος φούρνος που αξιολογείται στο πλαίσιο της εργασίας είναι το μοντέλο TR650 κι έχει εκτιμώμενο όγκο φορτίου 15t / 6,5m³, σε κλίση -15°. Αυτή η κλίση παρέχει την αναλογία εισερχόμενου υλικού και άδειου θαλάμου που απαιτείται για την αποδοτικότερη λειτουργία. Ο αρχικός όγκος φόρτισης του φούρνου αυξάνεται σημαντικά καθώς ξεκινάει με κλίση φόρτωσης -20°, πράγμα που σημαίνει ότι είναι σε θέση να φορτιστεί σε πλήρη χωρητικότητα εισόδου με λιγότερες φορτίσεις. Καθώς πρόκειται για λειτουργία χωρίς την προσθήκη αλάτων, εκτιμάται ότι μπορούν να επιτευχθούν τέσσερις κύκλοι ανά ημέρα, με αποτέλεσμα συνολική εισροή 60t απόβλητου και 30t υγρού μετάλλου εξόδου ανά ημέρα. Αν υπολογιστούν 280 ημέρες λειτουργίας ανά έτος, αυτό ισοδυναμεί με 16.800 τόνους εισροής σκουριάς ανά έτος. Ωστόσο, πρόκειται για παραδοχές και απαιτούνται περαιτέρω δοκιμές για να διασφαλιστεί ότι ο εξοπλισμός ανταποκρίνεται στις προσδοκίες (ALTEK, 2023).

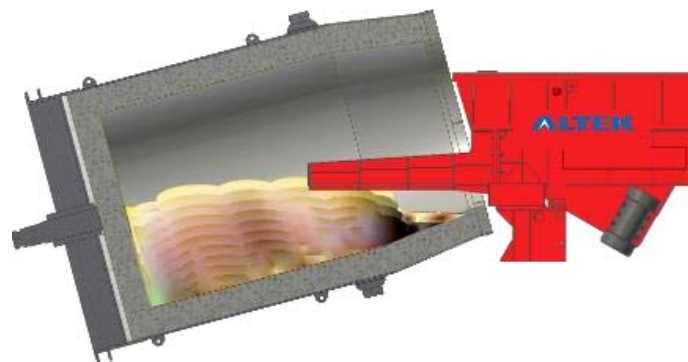


Εικόνα 3. Εικόνες από την περιστροφική κάμινο (ALTEK, 2023)

3.4.2 Περιγραφή της διαδικασίας

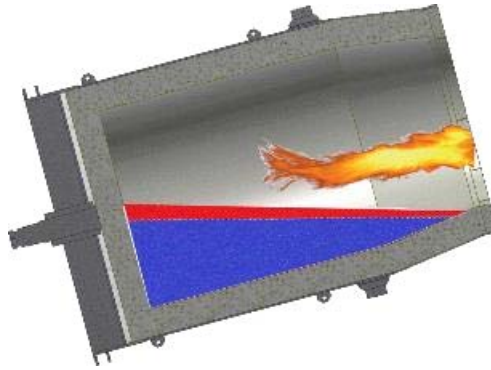
Τα βασικά στάδια της λειτουργίας του φούρνου είναι τα ακόλουθα:

1. Ο φούρνος φορτίζεται γρήγορα χρησιμοποιώντας την επιπλέον γωνία κλίσης προς τα πίσω και το μεγάλο άνοιγμα φόρτισης (**Error! Reference source not found.**).



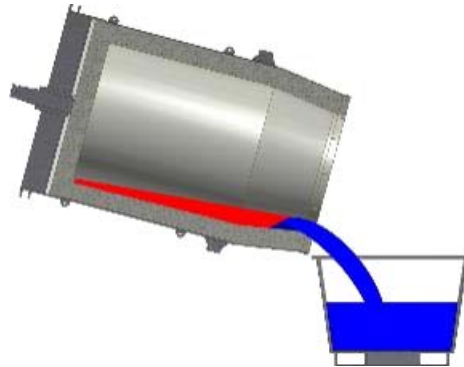
Εικόνα 4. Φόρτιση του φούρνου (ALTEK, 2023)

2. Ακολουθεί η τήξη με παροχή θερμικής ενέργειας με διάταξη καυστήρα διπλού περάσματος. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας και ταχύτερη τήξη (**Error! Reference source not found.**).



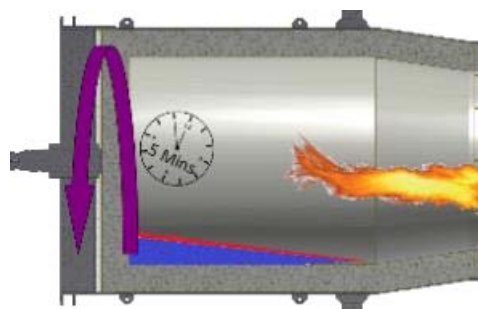
Εικόνα 5. Έκχυση οξυγόνου και αέρα (ALTEK, 2023)

3. Ο φούρνος γέρνει για να χυθεί το αλουμίνιο (**Error! Reference source not found.**). Η ξηρή σκωρία παραμένει στον φούρνο – δεν χάνεται χρόνος για το άνοιγμα οπών απόχυσης.



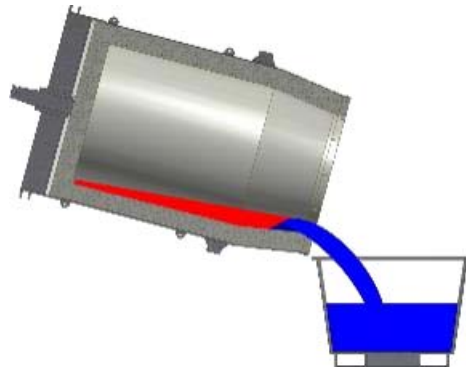
Εικόνα 6. Εκφόρτωση υγρού αλουμινίου από τον φούρνο (ALTEK, 2023)

4. Ο φούρνος περιστρέφεται σε υψηλή ταχύτητα για 5 λεπτά προς κάθε κατεύθυνση – χρησιμοποιώντας τον καυστήρα εάν απαιτείται (**Error! Reference source not found.**).



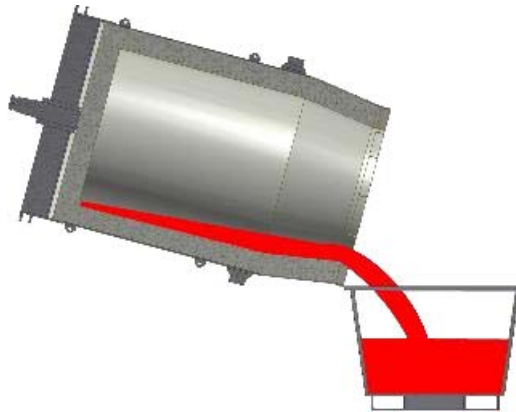
Εικόνα 7. Περιστροφή του φούρνου σε υψηλή ταχύτητα (ALTEK, 2023)

5. Περισσότερο αλουμίνιο χύνεται από τον φούρνο (**Error! Reference source not found.**). Επαναλαμβάνονται τα βήματα 4 και 5 έως ότου δεν λαμβάνεται άλλο αλουμίνιο. Ταχύτερη περιστροφή – καλύτερος διαχωρισμός του αλουμινίου από τη σκωρία.



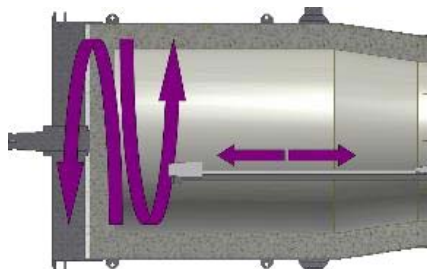
Εικόνα 8. Τελευταία εκφόρτωση καθαρού αλουμινίου από τις σκωρίες (ALTEK, 2023)

6. Ο φούρνος γέρνει και περιστρέφεται ταυτόχρονα, επειδή δεν απαιτείται υγρή σκωρία (**Error! Reference source not found.**).



Εικόνα 9. Μεταφορά των σκωριών από τον φούρνο σε καλούπια (ALTEK, 2023)

7. Μετά από κάθε κύκλο ο φούρνος καθαρίζεται γρήγορα, αποφεύγοντας την ανάγκη για εβδομαδιαίο πλύσιμο με αλάτι (**Error! Reference source not found.**).



Εικόνα 10. Καθαρισμός του φούρνου (ALTEK, 2023)

3.4.3 Πλεονεκτήματα

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της νέας περιστροφικής καμίνου είναι τα ακόλουθα:

- ◆ Γρήγοροι κύκλοι τήξης: επιτυγχάνονται με μεγάλα ανοίγματα της πόρτας φόρτισης και τη λειτουργία "κλίνει προς τα πίσω", αυξάνοντας τον όγκο της φόρτισης κατά 50%.
 - Λιγότερα φορτία για την ολοκλήρωση της τήξης, ταχύτεροι χρόνοι κύκλου και μεγαλύτερη παραγωγή.
 - Βέλτιστη φόρτιση- οι λύσεις περιλαμβάνουν: μηχανήματα δονητικής φόρτισης, απευθείας φόρτωση, φορτιστές με περιστρεφόμενη κεφαλή και φορτιστές ώθησης.
 - Εξαιρετική ενεργειακή απόδοση - τήξη με χαμηλό κόστος
 - Εξαιρετικές αποδόσεις καύσης, ίδια με τ αποπανω
 - Καύσιμο αέρος 750 kWh/t (βάσει ακαθάριστης εισροής).
 - Η τεχνολογία του συστήματος μετατρέπει τις ακαθαρσίες στο φορτίο, (πλαστικά, χρώματα, έλαια κ.λπ.), σε χρησιμοποιούμενη ενέργεια. Με την απευθείας καύση αυτών των πτητικών ουσιών εντός του κλιβάνου, η παραπάνω κατανάλωση ενέργειας μειώνεται συνήθως κατά 15 - 20%.
 - Διατίθεται μια σειρά βέλτιστων συστημάτων καύσης για την καύση καυσίμων αερίου, ελαίων και υγραερίου με χρήση αέρα, οξυγόνου καυσίμου ή υβριδικών συστημάτων οξυγόνου/αέρα.
- ◆ Υψηλότερη δυνατή ανάκτηση μετάλλων- συνδυασμός προηγμένου ελέγχου της διεργασίας με τη βέλτιστη γεωμετρία του σώματος του κλιβάνου.
 - Βέλτιστη αναλογία επιφάνειας προς όγκο για τη μεγιστοποίηση της μεταφοράς θερμότητας,
 - Αποφυγή άμεσης πρόσκρουσης φλόγας και προώθηση της ανάμιξης, της μείωσης και της τήξης του φορτίου με περιστροφή του σώματος υψηλής ταχύτητας.
 - Χαμηλότερη προσθήκη αλάτων- επιτυγχάνεται με την επιλογή της καλύτερης χημείας ροής, τον έλεγχο της διαδικασίας και τη διαχείριση του μίγματος της γόμωσης.
 - Συντελεστές προσθήκης αλατιού στην περιοχή 0,2 - 0,5.
- ◆ Ευελιξία τήξης: Μπορεί να επεξεργαστεί αποτελεσματικά σχεδόν κάθε τύπο υλικού, συμπεριλαμβανομένων υλικών που περιέχουν υψηλά επίπεδα σιδήρου, όπως οι ποιότητες θραυσμάτων αυτοκινήτων και μολυσμένα θραύσματα που περιέχουν πτητικές ουσίες.
- ◆ Εξαιρετική απεικόνιση της διαδικασίας με σαφές περιβάλλον εργασίας χειριστή. Σχεδιασμένο για να είναι φιλικό προς τον χειριστή με σαφή επικοινωνία των βασικών

δεικτών διεργασίας σε πραγματικό χρόνο, όπως ο χρόνος τήξης, οι θερμοκρασίες διεργασίας και η χρήση ενέργειας.

3.5 Βασικά χαρακτηριστικά της καμίνου

3.5.1 Πόρτα πολλαπλών κατευθύνσεων

Πόρτα πολλαπλών κατευθύνσεων: ανοίγει σε οριζόντια και κάθετη κατεύθυνση. Η σκωρία και το μέταλλο μπορούν να χυθούν έξω με την πόρτα κυρίως κλειστή. Αυτό το χαρακτηριστικό προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, ασφαλέστερο περιβάλλον εργασίας και βελτιωμένο έλεγχο της διαδικασίας.

3.5.2 Εξοικονόμηση ενέργειας

Με τη χρήση της μοναδικής πόρτας πολλαπλών αξόνων επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με το προαναφερθέν σύστημα πόρτας. Χρησιμοποιώντας μοντελοποίηση υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD) μπορεί να προσομοιωθεί η εξοικονόμηση και οι μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας του κλιβάνου με την πάροδο του χρόνου. Τα παρακάτω σχήματα συγκρίνουν τα προφίλ θερμοκρασίας μεταξύ του ανοίγματος μιας παραδοσιακής πόρτας, διαμέτρου 2 μέτρων, η οποία ανοίγει πλήρως για τη φόρτιση ή την παρατήρηση του τήγματος και της πόρτας πολλαπλών κατευθύνσεων, όπου είναι απαραίτητο να ανοίξει η πόρτα μόνο εν μέρει για τις περισσότερες λειτουργίες.

Fig 1. Furnace with 2m diameter **door fully opened**.

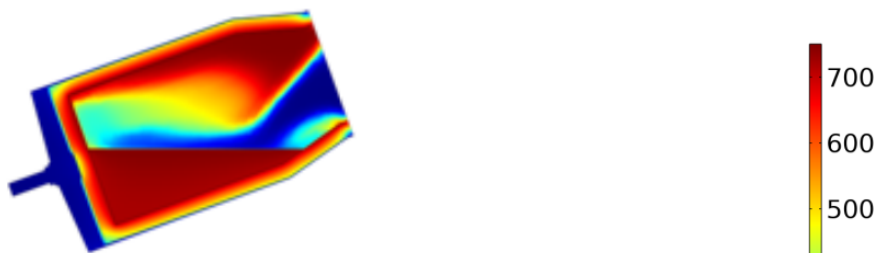
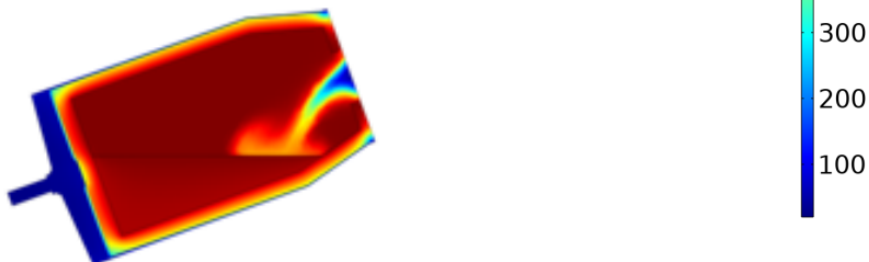


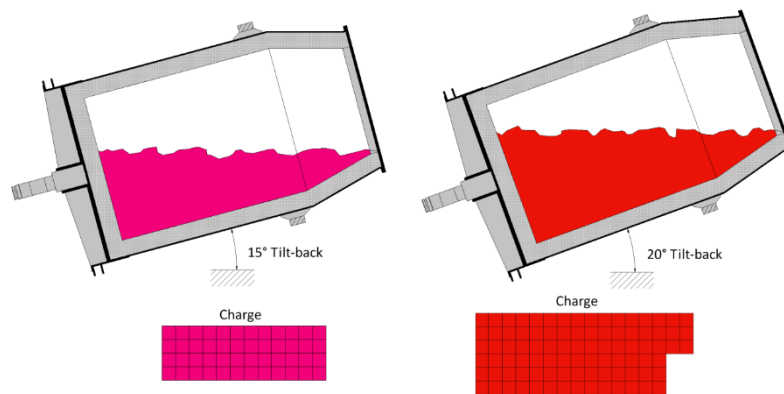
Fig 2. Door lifted vertically **partially opened**.



Εικόνα 11. Θερμικές εικόνες κατά τη διάρκεια τήξης του αλουμινίου (Πάνω απεικόνιση: Ανοιχτή πόρτα, Κάτω απεικόνιση: Μερικώς ανοιχτή πόρτα) (ALTEK, 2023)

3.5.3 Κλίση προς τα πίσω

Ο μοναδικός σχεδιασμός της πόρτας του φούρνου επιτρέπει τη λειτουργία σε γωνίες μικρότερες από -15° , κατά τη διάρκεια του πρώιμου μέρους του κύκλου τήξης. Αυτό έχει το πλεονέκτημα της αύξησης της επιφάνειας και της προαγωγής της ανάμιξης του φορτίου, της ροής και της τετηγμένης μεταλλικής φτέρνας καθώς το τήγμα προχωράει. Παρέχεται η πρόσθετη δυνατότητα "Πίσω κλίσης", ώστε ο φούρνος να μπορεί να χαμηλώσει στις -20° , όπως απεικονίζεται στην **Error! Reference source not found.** Αυτό αυξάνει τον διαθέσιμο όγκο του φούρνου από $6,5\text{m}^3$ σε $12,6\text{m}^3$.



Εικόνα 12. Απόψεις από διαφορετικές κλίσεις (ALTEK, 2023)

4 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HSC– ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΑΜΙΝΟ

4.1 Γενικά

Το HSC Chemistry είναι ένα ολοκληρωμένο λογισμικό που χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες όπως η μεταλλουργία, η επεξεργασία ορυκτών και η χημική μηχανική για προσομοίωση και ανάλυση διεργασιών. Έχει αναπτυχθεί από την Outotec, μια εταιρεία που ειδικεύεται στην τεχνολογία εξόρυξης και μετάλλων. Το λογισμικό ενσωματώνει μια ισχυρή βάση θερμοδυναμικών δεδομένων που επιτρέπει στους χρήστες να μοντελοποιούν και να προβλέπουν με ακρίβεια τη συμπεριφορά των χημικών συστημάτων υπό διαφορετικές συνθήκες. Υποστηρίζει υπολογισμούς ισορροπίας, μοντελοποίηση κινητικής αντίδρασης και βελτιστοποίηση χημικών διεργασιών. Με το HSC Chemistry, οι χρήστες μπορούν να προσομοιώνουν και να αναλύουν διάφορες χημικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της πυρομεταλλουργίας, της υδρομεταλλουργίας, της ηλεκτροχημείας και της επεξεργασίας ορυκτών. Παρέχει εργαλεία για τον ορισμό και την προσομοίωση σύνθετων αντιδράσεων, τον προσδιορισμό των ρυθμών αντίδρασης και την εκτέλεση ισοζυγίων υλικών και ενέργειας. Συνολικά, το HSC Chemistry βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς των διεργασιών, στη βελτιστοποίηση των παραμέτρων των διεργασιών και στην αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων διεργασιών (Metso, 2023).

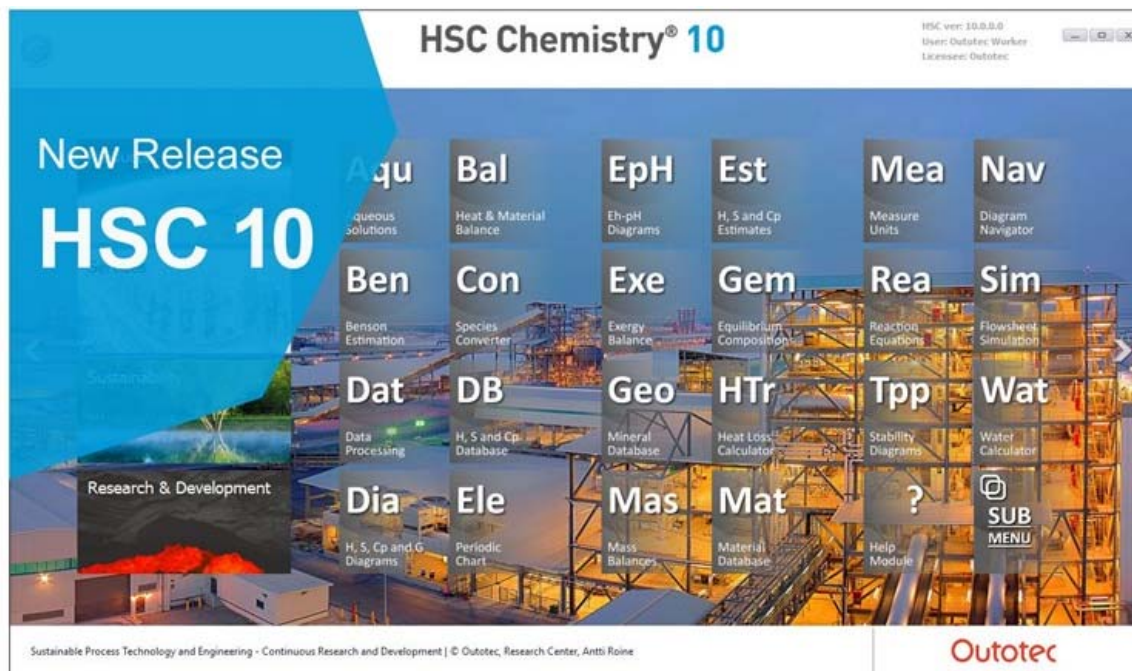
Το λογισμικό έχει ευρύ φάσμα εφαρμογών στην επιστημονική εκπαίδευση, τη βιομηχανία και την έρευνα. Οι θερμοχημικοί υπολογισμοί είναι χρήσιμοι, για παράδειγμα, κατά την ανάπτυξη νέων χημικών διεργασιών και τη βελτίωση παλαιών. Είναι επίσης ένα χρήσιμο εργαλείο για τα πανεπιστήμια και τα σχολεία στις χημικές πρακτικές ασκήσεις και μελέτες. Παραδοσιακά, οι θερμοδυναμικοί υπολογισμοί που βασίζονται σε πειραματικά ή αξιολογημένα δεδομένα χρησιμοποιούν συναρτήσεις σταθερότητας που υπάρχουν σε διάφορα βιβλία θερμοδυναμικών δεδομένων και σε δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά. Το δύσκολο στάδιο αναζήτησης και οι περίπλοκοι υπολογισμοί, καθώς και οι ασυνέπειες που προέκυπταν από τις διαφορετικές επιλογές πρότυπων καταστάσεων και καταστάσεων αναφοράς, καθιστούσαν αυτή τη διαδικασία υπολογισμού αρκετά χρονοβόρα. Το HSC Chemistry προσφέρει ισχυρές μεθόδους υπολογισμού για τη μελέτη των επιδράσεων διαφόρων μεταβλητών στο χημικό σύστημα σε ισορροπία. Για παράδειγμα, αν

ο χρήστης δώσει τις πρώτες ύλες, τις ποσότητες και άλλες συνθήκες σχεδόν οποιασδήποτε χημικής διεργασίας, το πρόγραμμα θα δώσει τις ποσότητες του προϊόντος ως αποτέλεσμα. Το HSC κάνει επίσης υπολογισμούς ισοζυγίου θερμότητας και υλικών διαφόρων διεργασιών πολύ πιο εύκολα από οποιαδήποτε χειροκίνητη μέθοδο. Η επιλογή Eh-pH -διαγράμματα προσφέρει επίσης έναν πολύ γρήγορο τρόπο μελέτης της συμπεριφοράς διάλυσης και διάβρωσης διαφόρων υλικών (Metso, 2023).

4.2 Περιγραφή του HSC SIM

Στόχος του HSC είναι να διευκολύνει τους συμβατικούς θερμοδυναμικούς υπολογισμούς μέσω της χρήσης μικρών και συμπαγών προσωπικών υπολογιστικών συσκευών. Λόγω αυτής της λογικής, διαθέτει πληθώρα πρακτικών εφαρμογών στους τομείς της ακαδημαϊκής, εμπορικής και επιστημονικής έρευνας. Οι θερμοδυναμικοί υπολογισμοί είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι σε σενάρια όπου διατυπώνονται νέες διαδικασίες ή βελτιώνονται υφιστάμενες. Το HSC αποτελείται από 14 διακριτά υποσυστήματα ή ενότητες, στις οποίες μπορεί να έχει κανείς πρόσβαση μέσω του κύριου μενού.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε κυρίως το υποσύστημα προσομοίωσης, γνωστό και ως ενότητα, στο πλαίσιο του Sim Flowsheet Simulation ή HSC-Sim. Ως εκ τούτου, η παρούσα εργασία θα περιγράψει αποκλειστικά τα θεμελιώδη στοιχεία των οθονών υπολογισμού που αφορούν στο εν λόγω υποσύστημα. Το υποσύστημα HSC-Sim περιλαμβάνει ένα κεντρικό γραφικό περιβάλλον χρήστη (Εικόνα 13) που διευκολύνει τη δημιουργία και την τροποποίηση ενός διαγράμματος ροής το οποίο αποτελείται από μοναδιαίες διεργασίες (unit operations) που συνδέονται μεταξύ τους με τα ρεύματα εισόδου ή εξόδου. Τα δεδομένα κάθε διακριτής μοναδιαίας διεργασίας φυλάσσονται σε ένα αρχείο Microsoft Excel, τύπου XLS (Εικόνα 14). Τελικά, το σύστημα περιλαμβάνει μια συλλογή από βιβλία εργασίας που μοιάζουν με λογιστικά φύλλα του Excel, καθένα από τα οποία είναι αφιερωμένο στην ανάλυση και περιγραφή μιας συγκεκριμένης διεργασίας, απλής ή σύνθετης. Ο καθορισμός και η χρήση μεταβλητών που είναι καθολικά εφαρμόσιμες σε όλες τις διεργασίες είναι ένα εφικτό εγχείρημα.



Εικόνα 13. Κεντρική οθόνη επιλογών του HSC 10 (HSC 10 Program, 2023)

Η διασύνδεση μεταξύ κάθε μονάδας δημιουργείται μέσω των αντίστοιχων ροών εισροών-εκροών, οι οποίες μπορεί να είναι είτε προηγούμενες είτε επόμενες. Τα ρεύματα που λαμβάνει μια μονάδα μπορούν είτε να προκαθοριστούν από τον χρήστη ως αρχικά ρεύματα εισόδου είτε να προέρχονται από την έξοδο άλλων μονάδων. Αντίθετα, τα εξερχόμενα ρεύματα προκύπτουν μέσω των ειδικών μοντέλων της μονάδας. Τα δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά τόσο των εισερχόμενων όσο και των εξερχόμενων ρευμάτων μπορούν να βρίσκονται εντός του βιβλίου εργασίας (αρχεία τύπου XLS) κάθε αντίστοιχης μονάδας με την οποία συνδέονται τα εν λόγω ρεύματα. Η γραφική διεπαφή που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και την τροποποίηση ενός διαγράμματος ροής είναι υπεύθυνη για τη διευκόλυνση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ρευμάτων και των μονάδων, οι οποίες αντιπροσωπεύουν διακριτές διεργασίες. Η διεπαφή αυτή αποθηκεύει τις σχετικές πληροφορίες στο αρχείο FLS. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα επιμέρους βιβλία εργασίας (XLS) που σχετίζονται με τις προαναφερθείσες μονάδες ενημερώνονται ταυτόχρονα. Διάφορα μοντέλα διεργασιών που αφορούν διάφορους τομείς, όπως η χημεία, η μεταλλουργία, η ορυκτολογία, τα οικονομικά, μεταξύ άλλων, μπορούν να διατυπωθούν με τη χρήση αυτής της προσέγγισης.

Type	INPUT Variables	Units	Total Sum	ΦΑ	Αέρας	Κράσσεις
A	Mass Flow	t/h	24707.74	490.76	8916.82	15300.15
T	Temperature	°C		25.00	25.00	25.00
Pr	Pressure	bar		1.00	1.00	1.00
V	Volumetric Flow	m ³ /h	7718659.52	694757.98	7019314.16	4587.37
H	Enthalpy Flow	kW	-43273610.92	-633920.05	0.00	-42639690.88
Ht	Thermal Energy Flow	kW	0.00	0.00	0.00	0.00
Hc	Heat Content Flow	kW	0.00	0.00	0.00	0.00
Cp	Heat Capacity	kJ/kgK	0.91	2.22	1.01	0.81
Ex	Exergy Flow	kW	55159601.00	7069820.54	116116.53	47973663.93
P1g	Gas Phase	Nm ³ /h	7714072.15	694757.98	7019314.16	0.00
	O2(g)	Nm ³ /h	1474055.97		1474055.97	
	N2(g)	Nm ³ /h	5545258.19		5545258.19	
	CO2(g)	Nm ³ /h	0.00			
	CO(g)	Nm ³ /h	0.00			
	CH4(g)	Nm ³ /h	694757.98	694757.98		
	H2O(g)	Nm ³ /h	0.00			
P2a	Water Phase	t/h	0.00	0.00	0.00	0.00
P3s	Pure Phase	t/h	15300.15	0.00	0.00	15300.15
	Al	t/h	5287.99			5287.99
	Cr	t/h	0.00			0.00
	Cu	t/h	0.61			0.61
	Fe	t/h	10.25			10.25
	Mg	t/h	26.78			26.78
	Mn	t/h	1.07			1.07
	Pb	t/h	0.00			0.00
	Si	t/h	26.78			26.78
	Ti	t/h	0.61			0.61
	Zn	t/h	1.07			1.07
	Al2O3	t/h	7583.14			7583.14
	AlN	t/h	1094.10			1094.10
	SiO2	t/h	1.84			1.84

Εικόνα 14. Βιβλίο εργασίας μιας μονάδας (HSC 10 Program, 2023)

Κάθε επιμέρους διαδικασία μπορεί να αναπαρασταθεί ως ηλεκτρονικό φύλλο σε μορφή αρχείου XLS. Η χρήση των HSC AddIn Functions είναι βιώσιμη για τη μετατροπή αυτόνομων βιβλίων εργασίας, συγκεκριμένα αρχείων XLS, σε αποτελεσματικές μηχανές HSC που διευκολύνουν τους θερμοδυναμικούς υπολογισμούς. Το ολοκληρωμένο μοντέλο μιας ολοκληρωμένης μεταλλουργικής διεργασίας περιλαμβάνει ένα αρχείο FLS που περιλαμβάνει τα στοιχεία σχεδιασμού και διασύνδεσης του διαγράμματος ροής της μεταλλουργικής διεργασίας, μαζί με ένα αρχείο XLS αφιερωμένο σε κάθε μονάδα επεξεργασίας ή διεργασία. Τα προαναφερθέντα αρχεία βρίσκονται σταθερά στον ίδιο κατάλογο με το αντίστοιχο αρχείο. Τα αρχεία XLS περιλαμβάνουν το μοντέλο υπολογισμού

κάθε μονάδας και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για προσομοίωση σε εναλλακτικές διεργασίες.

Είναι υποχρεωτικό το βιβλίο εργασίας κάθε μονάδας να περιέχει πέντε (5) φύλλα εργασίας, συγκεκριμένα: Input, Output, Dist, Controls και Model. Επιπλέον, είναι εύλογο να ενσωματωθούν συμπληρωματικά φύλλα εργασίας ανάλογα με την ανάγκη κατηγοριοποίησης των υπολογισμών. Η αρχική τριάδα των φύλλων εργασίας, δηλαδή Input, Output και Dist, παρουσιάζει τις τρεις πρώτες στήλες που διαδέχονται τη στήλη E, οι οποίες παρουσιάζουν τις αντίστοιχες ροές εισόδου (για το φύλλο Input) και εξόδου (Output και Dist). Η στήλη B εμφανίζει τις μεταβλητές που συνήθως παραμένουν σταθερές σε όλες τις μονάδες που απεικονίζονται στο υπό εξέταση διάγραμμα ροής. Η στήλη A προσδιορίζει τους τύπους μεταβλητών, όπου το F αντιπροσωπεύει το ποσοστό, το κενό δηλώνει την ποσότητα και το H υποδηλώνει την ενέργεια κάθε συστατικού. Οι μονάδες για τα αντίστοιχα συστατικά που παρατίθενται στη στήλη B παρουσιάζονται στη στήλη Γ. Τελικά, το άθροισμα των συστατικών στοιχείων τόσο των ροών εισόδου όσο και των ροών εξόδου υπολογίζεται στη στήλη Δ. Τα ποσοστά κατανομής κάθε συστατικού στις ροές εξόδου καταγράφονται στο φύλλο εργασίας Dist. Είναι απαραίτητο το σύνολο των ποσοστών κατανομής για κάθε επιμέρους στοιχείο να ισούται με 100%. Το πρωταρχικό έγγραφο που χρησιμοποιείται για τη διενέργεια των υπολογισμών που αφορούν αυτή την ενότητα αναφέρεται ως Μοντέλο. Το έγγραφο αυτό καταγράφει διεξοδικά τα ισοζύγια μάζας και τις ενέργειες κάθε συστατικού εντός της μονάδας. Επιπλέον, διευκολύνει τον υπολογισμό των μετατροπών συστατικών κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων.

4.3 Προσομοίωση της Περιστροφικής Καμίνου

4.3.1 Γενικά

Για την προσομοίωση της Περιστροφικής Καμίνου χρησιμοποιήθηκε το υποσύστημα HSC-Sim με στόχο αφενός τον υπολογισμό των ισοζυγίων μάζας και ενέργειας και αφετέρου για να προκύψουν τα στοιχεία που απαιτούνται για την οικονομική ανάλυση των διαφορετικών σεναρίων. Αναπτύχθηκε το μοντέλο μόνο για την περιστροφική κάμινο, το οποίο στη συνέχεια εφαρμόστηκε για τα δύο σεναρία λειτουργίας α) της παρούσας κατάστασης και β) της κατάστασης μετά την εγκατάσταση της νέας περιστροφικής καμίνου.

4.3.2 Περιγραφή του μοντέλου

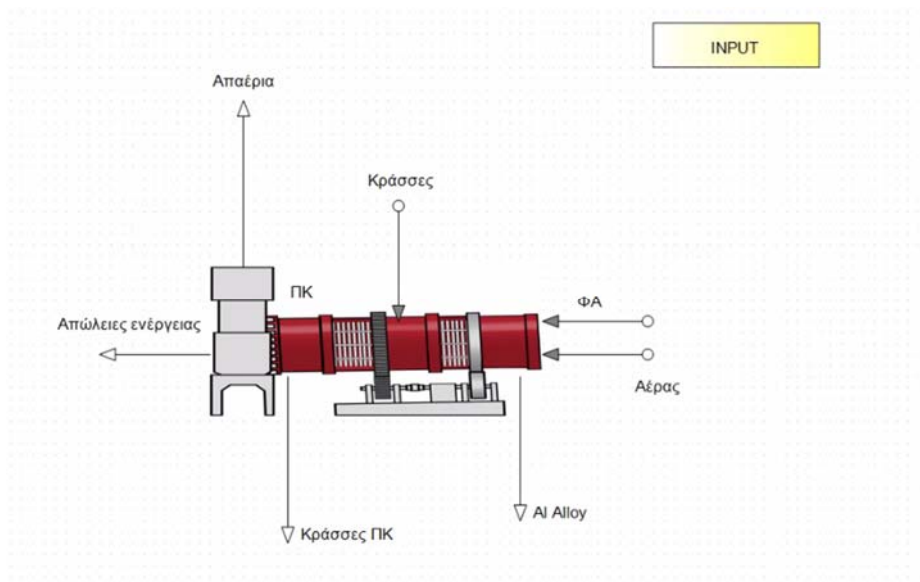
Το υποσύστημα προσομοίωσης (HSC-Sim) έχει έναν καθορισμένο τρόπο εισαγωγής της πληροφορίας για τα όλα τα ρεύματα εισόδου – εξόδου, που προτρέπει την

ομογενοποίηση και συγχρονισμό των μεταβλητών σε όλες τις επί μέρους διεργασίες (μονάδες). Με τον τρόπο αυτό, όλο το σύστημα είναι καλύτερα ελεγχόμενο χρησιμοποιώντας όμοιες συναρτήσεις και αποφεύγοντας πιθανά λάθη. Οι μεταβλητές αυτές ομαδοποιούνται σε συγκεκριμένες φάσεις (στερεές, υγρές, αέριες). Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για την προσομοίωση της περιστροφικής καμίνου της ΕΠΑΛΜΕ ΑΕ δίδονται στα επόμενα σχήματα.

Type	VARIABLES:	Units
5	Phases/Species	
7	A	t/h
8	T	°C
9	Pr	bar
10	V	m ³ /h
11	H	kW
12	HT	kW
13	Hc	kW
14	Cp	kJ/kgK
15	Ek	kW
16	P _g	Nm ³ /h
17	O ₂ (g)	Nm ³ /h
18	N ₂ (g)	Nm ³ /h
19	CO ₂ (g)	Nm ³ /h
20	CO(g)	Nm ³ /h
21	CH ₄ (g)	Nm ³ /h
22	H ₂ O(g)	Nm ³ /h
23	P _{2a}	t/h
24	P _{3s}	t/h
25	Al	t/h
26	Cr	t/h
27	Cu	t/h
28	Fe	t/h
29	Mg	t/h
30	Mn	t/h
31	Pb	t/h
32	Si	t/h
33	Ti	t/h
34	Zn	t/h
35	Al ₂ O ₃	t/h
36	AlN	t/h
37	SiO ₂	t/h
38	MgO*Al ₂ O ₃	t/h
39	MnO	t/h
40	P _{4s}	Alloy (liquid)
41	Al(l)	t/h
42	Cu(l)	t/h
43	Cr(l)	t/h
44	Fe(l)	t/h
45	Mg(l)	t/h
46	Mn(l)	t/h
47	Pb(l)	t/h
48	Si(l)	t/h
49	Ti(l)	t/h
50	Zn(l)	t/h

Εικόνα 15. Φάσεις και μεταβλητές συστήματος (HSC 10 Program, 2023)

Το διάγραμμα ροής της λειτουργίας της περιστροφικής καμίνου παρουσιάζεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16. Διάγραμμα ροής (HSC 10 Program, 2023)

Όπως φαίνεται από αυτό, υπάρχουν τα εξής τρία ρεύματα εισόδου:

- Σκωρίες (κράσες) Αλουμινίου από Φούρνο Τήξης και Φούρνο Αναμονής ή από άλλες εξωτερικές πηγές (Σκωρίες Αλουμινίου της Ελλάδος)
- Φυσικό αέριο
- Αέρας

Όλα τα ρεύματα εισόδου εισέρχονται σε θερμοκρασία 25°C

Αντίθετα, υπάρχουν τέσσερα ρεύματα εξόδου, ως εξής:

- Υγρό Al (Al Alloy)
- Σκωρίες (Κράσες) ΠΚ απαλλαγμένες από το σύνολο σχεδόν του περιεχομένου μεταλλικού αλουμινίου
- Απαέρια
- Απώλειες ενέργειας

Η θερμοκρασία εξόδου των απαερίων είναι 1200°C, του μετάλλου 750°C και των κρασσών 750°C.

Τα λοιπά χαρακτηριστικά των ρευμάτων αυτών αναλύονται στη συνέχεια

α) Σκωρίες

Το μοντέλο δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να τροφοδοτηθεί με διάφορα ρεύματα, διαφορετικής σύστασης. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιήθηκε η εικονική μονάδα INPUT (πάνω δεξιά στο διάγραμμα ροής). Στη μονάδα αυτή δημιουργήθηκαν δύο επιπλέον φύλλα εργασίας. Αυτό της Χημικής Ανάλυσης (ChemAnal) και αυτό των Παραμέτρων Λειτουργίας (OperParam). Τα στοιχεία της χημικής ανάλυσης όλων των ειδών των σκωριών που μελετήθηκαν δίδονται στο ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1. Χημική ανάλυση διαφόρων τύπων κρασσών και ποσότητες τροφοδοσίας τους στο Σενάριο 2.

	Κράσες μονόχρωμο ΦΤ		Κράσες δίχρωμο		Κράσες ΦΑ		Άλλες κράσες		Κράσες ΑτΕ		Κράσες ΑτΕ		Κράσες ΑτΕ		Κράσες Σύνολο	
	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος	%	t/έτος
Al	49.522	0	64.378	0	64.23	0	24.704	0	34.562	5287.986	54.311	0	34.56	5287.99		
Cr	0.001	0	0.001	0	0.002	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0.00	0.00		
Cu	0.01	0	0.013	0	0.007	0	0.003	0	0.004	0.612	0.006	0	0.00	0.61		
Fe	0.15	0	0.195	0	0.137	0	0.053	0	0.067	10.251	0.105	0	0.07	10.25		
Mg	0.06	0	0.078	0	0.28	0	0.108	0	0.175	26.775	0.275	0	0.17	26.78		
Mn	0.02	0	0.026	0	0.021	0	0.008	0	0.007	1.071	0.011	0	0.01	1.07		
Pb	0.001	0	0.001	0	0.005	0	0.002	0	0	0	0.001	0	0.00	0.00		
Si	0.225	0	0.293	0	0.286	0	0.11	0	0.175	26.775	0.275	0	0.17	26.78		
Ti	0.01	0	0.013	0	0.011	0	0.004	0	0.004	0.612	0.006	0	0.00	0.61		
Zn	0.003	0	0.003	0	0.023	0	0.009	0	0.007	1.071	0.011	0	0.01	1.07		
Al2O3	38.125	0	26.688	0	26.688	0	57.189	0	49.563	7583.139	34.313	0	49.56	7583.14		
AlN	5.501	0	3.851	0	3.851	0	8.252	0	7.151	1094.103	4.951	0	7.15	1094.10		
SiO2	0.009	0	0.006	0	0.006	0	0.014	0	0.012	1.836	0.008	0	0.01	1.84		
MgO*Al2O3	6.319	0	4.423	0	4.423	0	9.479	0	8.215	1256.895	5.687	0	8.21	1256.90		
MnO	0.045	0	0.032	0	0.032	0	0.068	0	0.059	9.027	0.041	0	0.06	9.03		
	100.001	0	100.001	0	100.002	0	100.004	0	100.001	15300.15	100.002	0		15300.15		

Οι ποσότητες των κρασών των διαφορετικών τύπων και η συνολική τους ποσότητα υπολογίστηκε με βάση τις παραμέτρους λειτουργίας όπως αυτές ορίζονται στο φύλλο εργασίας OperParam σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 2. Παράμετροι λειτουργίας για το Σενάριο 2.

Feed	t/h				
Κράσες μονόχωρου	0	300 t/μήνα	Δεδομένα		
Κρασσεες δίχωρου	0	200 t/μήνα	Τρέχουσα παραγωγή		
Κράσσεες ΦΑ	0	70 t/μήνα	Κράσες μονόχωρου φουρντου (ΦΤ)	50%	μεταλλικό ΑΙ
Άλλες	0	30 t/μήνα	Κράσες δίχωρου φούρνου (ΦΤ Βαμμένου)	65%	μεταλλικό ΑΙ
			Κράσες φούρνου αναμονής	75%	μεταλλικό ΑΙ
Σύνολο	0		Άλλες κράσες	25%	μεταλλικό ΑΙ
Κρασσεες ΑΤΕ	15300		Κράσες Ατε	35%	μεταλλικό ΑΙ
Κράσσεες ΕΛΒΑΛ	0		Κράσες ΕΛΒΑΛ	55%	μεταλλικό ΑΙ

β) Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο αποτελείται κατά κύριο λόγο από μεθάνιο (CH₄), ωστόσο, μπορεί να περιέχει σε μικρά ποσοστά και άλλους υδρογονάνθρακες όπως προπάνιο ή βουτάνιο ή και άλλα αέρια. Στη συγκεκριμένη ανάλυση θεωρήθηκε ότι περιέχει αποκλειστικά μεθάνιο. Η ποσότητα του φυσικού αερίου που προστίθεται στην κάμινο δεν είναι γνωστή, αλλά υπολογίζεται από το σύστημα χρησιμοποιώντας τα Controls στα οποία ορίζεται ότι η ποσότητα θα είναι αυτή που χρειάζεται ώστε να καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις της καμίνου. Το σύνολο των controls που εφαρμόστηκαν δίδεται στην Εικόνα 17.

	B	C	D	E	F	G
CONTROL TARGET	Overall enthalpy	Oxygen excess	Al in slag	Al(I) to Al2O3 conversion	Dust in FlueGases	
Process unit	PK	PK	PK	PK	PK	PK
Measurement Unit	kW	Nm3/h	%	%	tn/h	
Set Point	0	1	2	3	50	
Measured	0.0000000	0.9993	2.0000	3.0000	50.000	
Tolerance +/-	0.000001	0.001	0.001	0.001	0.01	
CONTROL VARIABLE	Fuel mass	O2 Input	Dist Al(I)	Al(I) conversion rate	Solids distribution	
Process Unit	PK	PK	PK	PK	PK	PK
Measurement Unit	Nm3/h	Nm3/h	%	%	%	
Control Variable	694757.9846	1474055.974	4.059685958	2.024055502	0.487743556	
Min Limit	0	0	0	0	0	
Max Limit	2E+11	1E+12	10	10	10	2
X Max Step						
CONTROL MODE	Static	Static	Static	Static	Static	
Active	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Iterations Max Limit	15	15	15	15	15	15
X Max Step Method						
Type	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal	Internal
Method	Tangential (fast)	Tangential (fast)	Tangential (fast)	Tangential (fast)	Tangential (fast)	Tangential (fast)

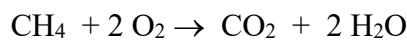
Εικόνα 17. Controls στην Περιστροφική Κάμινο

γ) Αέρας

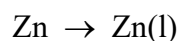
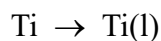
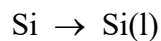
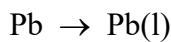
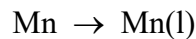
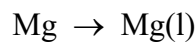
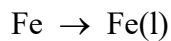
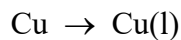
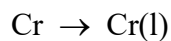
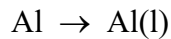
Θεωρήθηκε ότι αποτελείται αποκλειστικά από οξυγόνο και άζωτο σε αναλογίες όγκου 21:79. Η ποσότητα του απαιτούμενου οξυγόνου υπολογίζεται επίσης με χρήση Controls και καθορίζεται να είναι τόση, ώστε να μην υπάρχει οξυγόνο στα απαέρια (στήλη 2 στην λίστα των controls). Σημειώνεται ότι οξυγόνο καταναλώνεται για την καύση του φυσικού αερίου και σε πολύ μικρότερη ποσότητα στις αντιδράσεις οξείδωσης του αλουμινίου.

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην περιστροφική κάμινο ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

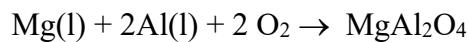
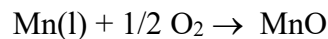
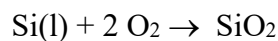
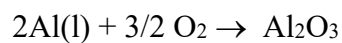
α) Αντιδράσεις καύσης μεθανίου:



β) Αντιδράσεις τήξης μετάλλων:



γ) Αντιδράσεις οξείδωσης μετάλλων:



δ) Αντιδράσεις παραγωγής νιτριδίων:



Ο βαθμός μετατροπής των αντιδράσεων αυτών ποικίλει. Για τις αντιδράσεις καύσης και τήξης θεωρήθηκε βαθμός μετατροπής 100%. Ο βαθμός οξείδωσης του Mn και Si σύμφωνα με στοιχεία της εταιρείας καθορίστηκε στο 10%, ενώ ο βαθμός μετατροπής του υγρού μαγνησίου σε σπινέλιο (MgAl_2O_4) καθορίστηκε στο 30%. Επίσης, σύμφωνα με την

εταιρεία συνολικά το 3% του τροφοδοτούμενου Al οξειδώνεται προς οξείδια και νιτρίδια με το λόγο του Al που οξειδώνεται προς οξείδια με αυτό στα νιτρίδια να είναι 3:1. Με βάση τα ανωτέρω, εφαρμόστηκε το Control της στήλης 4, για τον υπολογισμό του βαθμού μετατροπής του Al σε Al₂O₃. Το συνολικό χημικό μοντέλο εμφανίζεται (για το Σενάριο 2) εμφανίζεται στις επόμενες εικόνες.

WIZARD: Chemical Reactions									
Type	VARIABLES: Phases/Species	Units	INPUT Total	OUTPUT Total	BALANCE Total	Progress %	REACTANTS	PRODUCTS	
7 A	Mass Flow	t/h	24707.74	24707.74	0.00	100.00	CH4(g)	O2(g)	= CO2(g) H2O(g)
8 T	Temperature	°C	0.00	0.00		Coef.	1.00	2.00	1.00 2.00
9 Pr	Pressure	bar	0.00	0.00		kmol/h	30591.32	61182.63	30591.32 61182.63
10 V	Volumetric Flow	m3/h	7718659.52	7619772.09		t/h	490.76	1957.77	1346.31 1102.22
11 H	Enthalpy Flow	kW	-43273610.92	-43273610.92	0.00	100.00	Al		= Al(l)
12 Ht	Thermal Energy Flow	kW	0.00	8834905.84	8834905.84	Coef.	1.00		1.00
13 Hc	Heat Content Flow	kW	0.00	7343387.54	7343387.54	kmol/h	195985.34		195985.34
14 Cp	Heat Capacity	kJ/kgK	0.91	1.29		t/h	5287.99		5287.99
15 Ex	Exergy Flow	kW	55159601.00	51630250.86	-3529350.14	100.00	Cr		= Cr(l)
16 P1g	Gas Phase	Nm3/h	7714072.15	7615167.20		Coef.	1.00		1.00
17	O2(g)	Nm3/h	1474055.97	1.00	-1474054.97	kmol/h	0.00		0.00
18	N2(g)	Nm3/h	5545258.19	5530892.24	-14365.95	t/h	0.00		0.00
19	CO2(g)	Nm3/h	0.00	694757.98	694757.98	100.00	Cu		= Cu(l)
20	CO(g)	Nm3/h	0.00	0.00		Coef.	1.00		1.00
21	CH4(g)	Nm3/h	694757.98	0.00	-694757.98	kmol/h	9.63		9.63
22	H2O(g)	Nm3/h	0.00	1389515.97	1389515.97	t/h	0.61		0.61
23 P2a	Water Phase	t/h	0.00	0.00		100.00	Fe		= Fe(l)
24 P3s	Pure Phase	t/h	15300.15	10251.29		Coef.	1.00		1.00
25	Al	t/h	5287.99	0.00	-5287.99	kmol/h	183.56		183.56
26	Cr	t/h	0.00	0.00	0.00	t/h	10.25		10.25
27	Cu	t/h	0.61	0.00	-0.61	100.00	Mg		= Mg(l)
28	Fe	t/h	10.25	0.00	-10.25	Coef.	1.00		1.00
29	Mg	t/h	26.78	0.00	-26.78	kmol/h	1101.63		1101.63
30	Mn	t/h	1.07	0.00	-1.07	t/h	26.78		26.78
31	Pb	t/h	0.00	0.00	0.00	100.00	Mn		= Mn(l)
32	Si	t/h	26.78	0.00	-26.78	Coef.	1.00		1.00
33	Ti	t/h	0.61	0.00	-0.61	kmol/h	19.49		19.49
34	Zn	t/h	1.07	0.00	-1.07	t/h	1.07		1.07
35	Al2O3	t/h	7583.14	7784.69	201.55	100.00	Pb		= Pb(l)
36	AlN	t/h	1094.10	1145.96	51.85	Coef.	1.00		1.00
37	SiO2	t/h	1.84	7.56	5.73	kmol/h	0.00		0.00

Εικόνα 18. Χημικό μοντέλο Περιστροφικής Καμίνου

Type	VARIABLES: Phases/Species	Units	INPUT Total	OUTPUT Total	BALANCE Total	Progress %	REACTANTS	PRODUCTS
40	P4s Alloy (Liquid)	t/h	0.00	5185.70	0.14	100.00	Si	= Si(l)
41	Al(l)	t/h	0.00	5129.35	5129.35			
42	Cu(l)	t/h	0.00	0.61	0.61			
43	Cr(l)	t/h	0.00	0.00	0.00			
44	Fe(l)	t/h	0.00	10.25	10.25			
45	Mg(l)	t/h	0.00	18.74	18.74			
46	Mn(l)	t/h	0.00	0.96	0.96			
47	Pb(l)	t/h	0.00	0.00	0.00			
48	Si(l)	t/h	0.00	24.10	24.10			
49	Ti(l)	t/h	0.00	0.61	0.61			
50	Zn(l)	t/h	0.00	1.07	1.07			
51	A1 Mass Flow Phase 1	t/h	9407.58	9270.75	-136.83	2.02	Al(l)	O2(g) = Al2O3
52	A2 Mass Flow Phase 2	t/h	0.00	0.00	0.00			
53	A3 Mass Flow Phase 3	t/h	15300.15	10251.29	-5048.86			
54	A4 Mass Flow Phase 4	t/h	0.00	5185.70	5185.70			
55	H1 Enthalpy Flow Phase 1	kW	-633920.05	-3608316.52	-2974396.47	0.65	Al(l)	N2(g) = AlN
56	H2 Enthalpy Flow Phase 2	kW	0.00	0.00	0.00			
57	H3 Enthalpy Flow Phase 3	kW	-42639690.88	-41639776.74	999914.14			
58	H4 Enthalpy Flow Phase 4	kW	0.00	1699288.33	1699288.33			
59	V1 Volumetric Flow Phase 1	m3/h	7714072.15	7615167.20		10.00	Si(l)	O2(g) = SiO2
60	V2 Volumetric Flow Phase 2	m3/h	0.00	0.00				
61	V3 Volumetric Flow Phase 3	m3/h	4587.37	2682.23				
62	V4 Volumetric Flow Phase 4	m3/h	0.00	1922.66				
63	D1 Density Phase 1	kg/m3	0.00	0.00		30.00	Mg(l)	Al(l) O2(g) = MgO*Al2O3
64	D2 Density Phase 2	kg/m3	0.00	0.00				
65	D3 Density Phase 3	kg/m3	0.00	0.00				
66	D4 Density Phase 4	kg/m3	0.00	0.00				
67	Cp1 Heat Capacity Phase 1	kJ/kgK	1.07	1.42		10.00	Mn(l)	O2(g) = MnO
68	Cp2 Heat Capacity Phase 2	kJ/kgK	0.00	0.00				
69	Cp3 Heat Capacity Phase 3	kJ/kgK	0.81	1.23				

Εικόνα 19. Χημικό μοντέλο Περιτροφικής Καμίνου (συνέχεια)

Σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας του HSC-Sim τα διάφορα ρεύματα εισόδου εισέρχονται στην ΠΚ, γίνονται οι αντιδράσεις σύμφωνα με το χημικό μοντέλο και στη συνέχεια τα προϊόντα των αντιδράσεων πρέπει να διαχωριστούν στα διάφορα ρεύματα. Ο τρόπος διαχωρισμού υπαγορεύεται από τα δεδομένα του φύλλου Dist (Distribution). Στο συγκεκριμένο σύστημα υπάρχουν αέριες φάσεις οι οποίες κατά 100% οδηγούνται στο ρεύμα απαερίων, υγρές φάσεις που σχεδόν στο σύνολο τους οδηγούνται στο ρεύμα του υγρού αλουμινίου και στερεές φάσεις που εν μέρει (το μεγαλύτερο μέρος) οδηγείται στο ρεύμα των κρασσών ΠΚ και ένα μικρό τμήμα συμπαρασύρεται από τα απαέρια. Για να υπολογιστούν οι συντελεστές κατανομής ορίστηκαν και πάλι δύο controls;

α) Control που περιγράφεται στη στήλη 3 των controls, όπου καθορίζεται ότι οι κράσσες περιέχουν 2% κ.β. μεταλλικό αλουμίνιο, και

β) Control που περιγράφεται στη στήλη 5 των controls όπου καθορίζεται ότι η συνολική ποσότητα κρασσών το έτος είναι 50 τόνοι, οπότε θα πρέπει να προσδιοριστεί και ο αντίστοιχος συντελεστής κατανομής ώστε να φύγει συγκεκριμένη ποσότητα Al_2O_3 από τις κράσσες στα απαέρια (ως σκόνη).

Με βάση τα ανωτέρω οι συντελεστές κατανομής για το σενάριο 2 καθορίστηκαν ως εξής

Unit Editor - ΠTK							
A16 P1g							
	A	B	D	E	F	G	H
1							
2							
3							
4							
5	Type	Dist	Total %	Απαέρια	Al Alloy	Κράσσες ΠΚ	Απώλειες ενέργειας
6		Variables	Sum				
16	P1g	Gas Phase	0.00				
17		O2(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
18		N2(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
19		CO2(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
20		CO(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
21		CH4(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
22		H2O(g)	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
23	P2a	Water Phase	0.00				
24	P3s	Pure Phase	0.00				
25		Al	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
26		Cr	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
27		Cu	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
28		Fe	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
29		Mg	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
30		Mn	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
31		Pb	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
32		Si	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
33		Ti	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
34		Zn	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
35		Al2O3	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
36		AlN	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
37		SiO2	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
38		MgO*Al2O3	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
39		MnO	100.00	0.49	0.00	99.51	0.00
40	P4s	Alloy (Liquid)	0.00				
41		Al(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00
42		Cu(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00
43		Cr(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00
44		Fe(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00
45		Mg(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00
46		Mn(l)	100.00	0.00	95.94	4.06	0.00

Εικόνα 20. Συντελεστές κατανομής (σενάριο 2)

4.3.3 Αποτελέσματα

Η εφαρμογή του μοντέλου που αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους στα σενάρια 1 και 2 δίδονται στις επόμενες παραγράφους

α) Σενάριο 1

Το γενικό ισοζύγιο μαζών του σεναρίου 1 δίδεται στον επόμενο Πίνακα.

Πίνακας 3. Γενικό ισοζύγιο μάζας (σενάριο 1)

Ρεύματα	Τύπος	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (bar)	Μάζα (t/έτος)	Όγκος (Nm ³ /έτος)	Στερεά (t/έτος)	Ενθαλπία (kWh/έτος)
Αέρας	Εισερχόμενο	25	1	3,964.68	3,120,994	0.00	0.00
Κράσσες	Εισερχόμενο	25	1	6,600.08	0.00	6,600.08	-12,592,385.09
ΦΑ	Εισερχόμενο	25	1	212.09	300,256	0.00	-273,963.92
Al Alloy	Εξερχόμενο	750	1	3,487.00	0.00	3,487.00	1,141,321.35
Απαέρια	Εξερχόμενο	1200	1	4,136.26	3,355,677	50.00	-1,724,653.67
Απώλειες ενέργειας	Εξερχόμενο	25	1	0.00	0.00	0.00	224,976.00
Κράσσες ΠΚ	Εξερχόμενο	750	1	3,153.60	0.00	3,153.60	-12,507,992.69
BALANCE:				0.00	-65,573	90.52	0.00

Το ειδικό ισοζύγιο μαζών στοιχείων του σεναρίου 1 δίδεται στον επόμενο Πίνακα.

Πίνακας 4. Ισοζύγιο μάζας στοιχείων (tn/έτος, σενάριο 1)

Ρεύματα	Al	C	Cr	Cu	Fe	H	Mg	Mn	N	Pb	Si	Ti	Zn
Αέρας	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3 041	0.00	0.00	0.00	0.00
Κράσσες	5 165.39	0.00	0.07	0.68	10.47	0.00	69.62	3.48	110	0.10	16.68	0.71	0.37
ΦΑ	0.00	158.79	0.00	0.00	0.00	53.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al Alloy	3 454.77	0.00	0.07	0.67	10.28	0.00	4.27	1.26	0.00	0.10	14.53	0.70	0.37
Απαέρια	26.24	158.79	0.00	0.00	0.00	53.30	1.04	0.04	3 030	0.00	0.03	0.00	0.00
Απ. Ενέργ.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Κράσσες ΠΚ	1 684.39	0.00	0.00	0.01	0.19	0.00	64.31	2.19	121	0.00	2.12	0.01	0.01

Όπως φαίνεται από τους ως άνω Πίνακες για την κατεργασία για την κατεργασία 6,600 τόνων/έτος κρασσών αλουμινίου παράγονται 3487 τόνοι κράματος αλουμινίου εκ των οποίων οι 3455 τόνοι είναι μεταλλικό αλουμίνιο και επιπλέον 3154 τόνοι νέων κρασσών που περιέχουν 11684 τόνους αλουμινίου κυρίως με οξειδωμένη μορφή αλλά και λίγο με την μεταλλική του μορφή.

Το αναλυτικό ισοζύγιο του σεναρίου 1 δίδεται στον επόμενο Πίνακα.

Πίνακας 5. Αναλυτικό Ισοζύγιο (σενάριο 1)

		ΙΣΟΖΥΓΙΟ:	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕ				ΕΞΕΡΧΟΜ	Κράσσεις			
			NA:	Αέρας	Κράσσεις	ΦΑ	ΕΝΑ:	Al Alloy	Απαέρια	Απ. Εν.	ΠΚ
Μάζα	t/έτος	0	10777	3965	6600	212	10777	3487	4136	0	3154
Θερμοκρασία	°C			25	25	25		750	1200	25	750
Όγκος	Nm3/έτος	-65561	3423374	3120994	2124	300257	3357813	1290	3355691	0	832
Ενθαλπία	kWh/έτος	0	-12866349	0	-12592385	-273964	-12866349	1141321	-1724654	224976	-12507993
Αέρια Φάση	Nm3/έτος	-65573	3421251	3120994	0	300257	3355677	0	3355677	0	0
	O2(g)Nm3/έτος	-655408	655409	655409	0	0	1	0	1	0	0
	N2(g)Nm3/έτος	-10679	2465585	2465585	0	0	2454907	0	2454907	0	0
	CO2(g)Nm3/έτος	300257	0	0	0	0	300257	0	300257	0	0
	CO(g)Nm3/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CH4(g)Nm3/έτος	-300257	300257	0	0	300257	0	0	0	0	0
	H2O(g)Nm3/έτος	600513	0	0	0	0	600513	0	600513	0	0
Στερεά	t/έτος	-3460	6600	0	6600	0	3140	0	50	0	3090
	Alt/έτος	-3627	3627	0	3627	0	0	0	0	0	0
	Crt/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cut/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Fet/έτος	-10	10	0	10	0	0	0	0	0	0
	Mgt/έτος	-6	6	0	6	0	0	0	0	0	0
	Mnt/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Pbt/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sit/έτος	-16	16	0	16	0	0	0	0	0	0
	Tit/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Znt/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Al2O3t/έτος	150	2239	0	2239	0	2389	0	38	0	2351
	AlNt/έτος	39	323	0	323	0	362	0	6	0	356
	SiO2t/έτος	4	1	0	1	0	4	0	0	0	4
	MgO*Al2O3t/έτος	11	371	0	371	0	382	0	6	0	376
	MnOt/έτος	0	3	0	3	0	3	0	0	0	3
Υγρό κράμα	Alt/έτος	3551	0	0	0	0	3551	3487	0	0	64
	Al(l)t/έτος	3518	0	0	0	0	3518	3455	0	0	63
	Cu(l)t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	Cr(l)t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fe(l)t/έτος	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0
	Mg(l)t/έτος	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0
	Mn(l)t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	Pb(l)t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Si(l)t/έτος	15	0	0	0	0	15	15	0	0	0
	Ti(l)t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	Zn(l)t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ενθ. αέριας φάσης	kWh/έτος	-1255852	-273964	0	0	-273964	-1529816	0	-1529816	0	0
Ενθ. Φάσης 2	kWh/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ενθ. φάσης	kWh/έτος	-131282	-12592385	0	-12592385	0	-12723667	0	-194838	0	-12528829
Ενθ. υγρής φάσης	kWh/έτος	1162158	0	0	0	0	1162158	1141321	0	0	20837
Απώλεια ενέργειας	kWh/έτος	224976	0	0	0	0	224976	0	0	224976	0

α) Σενάριο 2

Το αναλυτικό ισοζύγιο μαζών του σεναρίου 2 δίδεται στον επόμενο Πίνακα. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα αυτόν για την κατεργασία 15,300 τόνων/έτος κρασσών αλουμινίου παράγονται 4975 τόνοι κράματος αλουμινίου εκ των οποίων οι 4921 τόνοι είναι μεταλλικό αλουμίνιο και επιπλέον 10412 τόνοι νέων κρασσών που περιέχουν και αλουμίνιο κυρίως με οξειδωμένη μορφή αλλά και λίγο με την μεταλλική του μορφή.

Πίνακας 6. Αναλυτικό Ισοζύγιο (σενάριο 2)

		ΙΣΟΖΥΓΙΟ:	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕ NA:	Αέρας Κράσσες ΦΑ			ΕΞΕΡΧΟΜ ΕΝΑ:	Απ.ενέρ Κράσσες Al Alloy Απαέρια γειας ΠΚ			
Μάζα	t/έτος	0	24708	8917	15300	491	24708	4975	9321	0	10412
Θερμοκρασία	°C			25	25	25		750	1200	25	750
Όγκος	Nm3/έτος	-98887	7718660	7019314	4587	694758	7619772	1845	7615180	0	2747
Ενθαλπία	kWh/έτος	0	-43273611	0	-42639691	-633920	-43273611	1630303	-3803549	275194	-41375559
Αέρια Φάση	Nm3/έτος	-98905	7714072	7019314	0	694758	7615167	0	7615167	0	0
O2(g)	Nm3/έτος	-1474055	1474056	1474056	0	0	1	0	1	0	0
N2(g)	Nm3/έτος	-14366	5545258	5545258	0	0	5530892	0	5530892	0	0
CO2(g)	Nm3/έτος	694758	0	0	0	0	694758	0	694758	0	0
CO(g)	Nm3/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH4(g)	Nm3/έτος	-694758	694758	0	0	694758	0	0	0	0	0
H2O(g)	Nm3/έτος	1389516	0	0	0	0	1389516	0	1389516	0	0
Στερεά	t/έτος	-5049	15300	0	15300	0	10251	0	50	0	10201
Al	t/έτος	-5288	5288	0	5288	0	0	0	0	0	0
Cr	t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	t/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Fe	t/έτος	-10	10	0	10	0	0	0	0	0	0
Mg	t/έτος	-27	27	0	27	0	0	0	0	0	0
Mn	t/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Pb	t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si	t/έτος	-27	27	0	27	0	0	0	0	0	0
Ti	t/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Zn	t/έτος	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Al2O3	t/έτος	202	7583	0	7583	0	7785	0	38	0	7747
AlN	t/έτος	52	1094	0	1094	0	1146	0	6	0	1140
SiO2	t/έτος	6	2	0	2	0	8	0	0	0	8
MgO*Al2O3	t/έτος	47	1257	0	1257	0	1304	0	6	0	1298
MnO	t/έτος	0	9	0	9	0	9	0	0	0	9
Υγρό κράμα Al	t/έτος	5186	0	0	0	0	5186	4975	0	0	211
Al(l)	t/έτος	5129	0	0	0	0	5129	4921	0	0	208
Cu(l)	t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Cr(l)	t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		ΙΣΟΖΥΓΙΟ:	ΕΙΣΕΡΧΟΜΕ				ΕΞΕΡΧΟΜ	Απ.ενέρ Κράσσες			
			NA:	Αέρας	Κράσσες	ΦΑ	ΕΝΑ:	Al Alloy	Απαέρια	γειας	ΠΚ
Fe(l)	t/έτος	10	0	0	0	0	10	10	0	0	0
Mg(l)	t/έτος	19	0	0	0	0	19	18	0	0	1
Mn(l)	t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Pb(l)	t/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si(l)	t/έτος	24	0	0	0	0	24	23	0	0	1
Ti(l)	t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Zn(l)	t/έτος	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Ενθαλπία αέριος φάσης	kWh/έτος	-2974396	-633920	0	0	-633920	-3608317	0	-3608317	0	0
Ενθαλπία Φάσης 2	kWh/έτος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ενθαλπία στερεής φάσης	kWh/έτος	999914	-42639691	0	-42639691	0	-41639777	0	-195232	0	-41444545
Ενθαλπία υγρής φάσης	kWh/έτος	1699288	0	0	0	0	1699288	1630303	0	0	68986
Απώλεια ενέργειας	kWh/έτος	275194	0	0	0	0	275194	0	0	275194	0

5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν βασικές έννοιες και μεγέθη που αφορούν στην οικονομική μελέτη της επένδυσης. Επιπλέον, έχουν αναφερθεί και αναλυθεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά της νέας καμίνου και πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση των συνθηκών λειτουργίας της, για να υπολογιστούν τα ισοζύγια μάζας, η καταναλισκόμενη ενέργεια, οι απαιτούμενες πρώτες και βοηθητικές ύλες, καθώς και το παραγόμενο τελικό προϊόν (καθαρό αλουμίνιο) και τα απόβλητα της διαδικασίας. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η οικονομική ανάλυση της νέας και της υφιστάμενης καμίνου.

Τα βασικά οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά των δύο σεναρίων δόθηκαν από τη διεύθυνση της βιομηχανίας ΕΠ.ΑΛ.ΜΕ- Μυτιληναίος από προσωπική επικοινωνία του γράφοντα, και συμπληρώθηκαν από βιβλιογραφικά στοιχεία της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας. Τόσο για τη νέα περιστροφική όσο και για την υπάρχουσα κάμινο, προσδιορίστηκαν, αναφορικά με τις βασικές οικονομικές παραμέτρους, οι απαιτούμενες εργασίες για εγκατάσταση, τα λειτουργικά κόστη καθώς επίσης λοιπά οικονομικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου στο οικονομικό μοντέλο αξιολόγησης, όπως, π.χ. δημοσιευμένα στοιχεία από παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Στόχος ήταν να αποτυπωθούν και να προσδιοριστούν με όσο το δυνατόν γίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια τα απαιτούμενα οικονομικά μεγέθη, για κάθε ένα σενάριο.

5.2 Παραδοχές για τα δεδομένα εισόδου στον πίνακα ταμειακών ροών

5.2.1 Παραδοχές για την υπάρχουσα περιστροφική κάμινο

Στην συγκεκριμένη υποενότητα παρουσιάζονται οι βασικές οικονομοτεχνικές παραδοχές για την υπάρχουσα περιστροφική κάμινο.

5.2.1.1 Κόστος επένδυσης παρούσας καμίνου

Το κόστος επένδυσης της υφιστάμενης καμίνου θεωρείται ότι έχει αποσβεστεί, επομένως δεν υπάρχει κάποιο υπολειπόμενο ποσό για να εισαχθεί στον πίνακα ταμειακών ροών. Παρά το γεγονός ότι δεν υφίσταται κόστος επένδυσης, για την εκτίμηση της ΚΠΑ λαμβάνεται κόστος ιδίων κεφαλαίων 8,5%.

5.2.1.2 Κόστη πρώτων υλών και ενέργειας

Η μοναδική πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία είναι οι κράσσες αλουμινίου. Η παρούσα περιστροφική κάμιнос, επεξεργάζεται τις κράσσες της εταιρείας, οι οποίες προέρχονται από άλλες διεργασίες για την παραγωγή καθαρού μεταλλικού αλουμινίου. Οι κράσσες αυτές, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, αφορούν σε κράσσες του φούρνου τήξης, κράσσες του δίχωρου φούρνου τήξης, κράσσες από τον φούρνο αναμονής και διάφορες άλλες κράσσες της συνολικής μεταλλουργικής διεργασίας. Εξαιτίας του ότι όλες προέρχονται από την ίδια την εταιρεία, ως παραπροϊόντα άλλων διεργασιών και εξαιτίας του ότι δεν χρειάζονται μεταφορά σε άλλο χώρο, το κόστος προμήθειας και μεταφοράς θεωρείται μηδενικό.

Τα κόστη ενέργειας αφορούν στο φυσικό αέριο και την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από την κάμινο, και, σύμφωνα με πρόσφατα δεδομένα, ελήφθησαν ως 0,55 € ανά m³ για το φυσικό αέριο, και 0,11 € ανά kWh για την ηλεκτρική ενέργεια.

5.2.1.3 Κόστος προσωπικού

Η συγκεκριμένη διεργασία, σύμφωνα με τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, απαιτεί, για κάθε 8ωρη βάρδια, 2 χειριστές. Επιπλέον, την εποπτεία και την ευθύνη της συγκεκριμένης διεργασίας, την έχει ο επιβλέπων μηχανικός ο οποίος δεν είναι παρόν συνεχώς όλο το 24ωρο, αλλά βρίσκεται σε επικοινωνία με τους χειριστές για τυχόν συμβάντα. Επιπροσθέτως, οι χειριστές που απασχολούνται είναι 8 και όχι 6 όπως θα αναμενόταν για τις τρεις (3) 8ωρες βάρδιες της ημέρας.

Αυτό συμβαίνει διότι το εργοστάσιο δεν παύει την παραγωγική του διαδικασία και επομένως οι εργαζόμενοι θα έπρεπε να δουλεύουν όλο τον χρόνο ασταμάτητα. Έτσι, με την εισαγωγή ακόμα 2 χειριστών, ο υπεύθυνος προσωπικού μπορεί να οργανώσει καλύτερα τις άδειες και τα ρεπό αυτών, σύμφωνα με τα εργασιακά δικαιώματα που τους αναλογούν καθώς επίσης, μπορεί κάποιος υπάλληλος να αντικατασταθεί σε περίπτωση εκτάκτου προσωπικού γεγονότος, χωρίς όμως αυτό να επηρεάσει την αποδοτικότητα της διαδικασίας.

Όσον αφορά το μισθολογικό κομμάτι του προσωπικού, η ετήσιες απολαβές ανέρχονται στα 25.000 € για κάθε χειριστή και 40.000 € για τον μηχανικό. Επομένως, το κόστος ανέρχεται στα 240.000 € συνολικά.

5.2.1.4 Κόστος κρασών

Οι κράσσες, είναι στην πραγματικότητα η μοναδική και σημαντικότερη πρώτη ύλη αυτής της παραγωγικής διεργασίας. Στη προκειμένη όμως περίπτωση, παρέχεται με μηδενικό κόστος καθώς αν και πρώτη ύλη για την περιστροφική κάμινο, στην πραγματικότητα είναι απόρριμμα άλλων διεργασιών της ίδιας παραγωγικής διαδικασίας για την εξαγωγή μπριγκετών καθαρού αλουμινίου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κόστος ούτε για την αγορά τους, αλλά ούτε και για την μεταφορά τους, καθώς βρίσκονται στον ίδιο χώρο.

Πιο συγκεκριμένα, οι εισαγόμενες στον φούρνο κράσσες, προέρχονται από τέσσερις πηγές. Αρχικά, η πρώτη πηγή είναι οι κράσσες από τον φούρνο τήξης, δηλαδή τον φούρνο όπου μπαίνει το ακατέργαστο σκραπ αλουμινίου. Η δεύτερη πηγή είναι ομοίως από φούρνο τήξης, μόνο που ο συγκεκριμένος έχει δύο χώρους τήξης μετάλλου. Η Τρίτη πηγή είναι οι κράσσες από τον φούρνο αναμονής, όπου σκοπό έχει να διατηρεί το μέταλλο ρευστό, πριν συνεχιστεί για την χύτευση, και τέλος οι διάφορες κράσσες που προέρχονται από τα διάφορα φίλτρα αλλά ακόμα και από την ίδια την περιστροφική κάμινο.

Όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως, όλες αυτές οι κράσσες προέρχονται από τα άνωθεν εργαλεία, ως απορρίματα και παράλληλα βρισκόμενα στον ίδιο χώρο, με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται μεταφορικά.

5.2.1.5 Συνολικά κόστη παραγωγής

Όπως έχει ειπωθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η δυναμικότητα της μονάδας υπολογίζεται στους 3.487 τόνους αλουμινίου ανά έτος. Στα συνολικά κόστη παραγωγής, πέρα από την ενέργεια, την πρώτη ύλη και το προσωπικό, εμπεριέχονται και διάφορα άλλα λοιπά κόστη, όπως τα ανταλλακτικά, η χρήση βοηθητικών μηχανημάτων όπως φορτωτές και φορτηγά, καθώς το κόστος διάθεσης των αποβλήτων που εκτιμάται σε 150 € ανά τόνο.

Στον **Error! Reference source not found.** καταγράφονται συνοπτικά τα συνολικά κόστη ανά έτος.

Πίνακας 7. Διάφορα κόστη που υπάρχουν στην υπάρχουσα περιστροφική κάμινο

Κατηγορία	Κόστος €
Φυσικό αέριο	165.141
Ηλεκτρισμός	61.200
Κόστος προσωπικού	240.000
Ανταλλακτικά	50.000
Χρήση μηχανημάτων	25.000
Διάθεση αποβλήτων	473.040
Σύνολο	1.014.381

5.2.1.6 Πωλήσεις και οικονομικά αποτελέσματα

Το παραγόμενο προϊόν (μπριγκέτες αλουμινίου) διατίθεται στην αγορά στην τιμή των 2.032 € ανά τόνο, σύμφωνα με τις οικονομικές παραδοχές. Επομένως, τα έσοδα ανέρχονται σε 7,1 εκατ. € περίπου. Το μεικτό κέρδος εκμετάλλευσης ανέρχεται σε 6,096 εκατ. € περίπου, τα κέρδη προ τόκων, αποσβέσεων και φόρων σε 6,071 εκατ. € και, τέλος, τα καθαρά κέρδη (λαμβάνοντας συντελεστή φορολόγησης 22%) υπολογίζονται σε 4,736 εκατ. €.

5.2.2 Παραδοχές για τη νέα περιστροφική κάμινο

5.2.2.1 Κόστος επένδυσης

Η νέα περιστροφική κάμινο είναι της εταιρείας ALTEK, μοντέλο TR650 TILT ROTARY FURNACE, και το κόστος ανέρχεται σε 1.747.500 €. Το κόστος περιλαμβάνει την κάμινο, τη μεταφορά της στο χώρο εγκατάστασης, και την εγκατάστασή της σε αυτόν.

Η εγκατάσταση θα γίνει σε ιδιόκτητο οικόπεδο και, συνεπώς, δεν υφίσταται κόστος αγοράς. Στο οικόπεδο θα οικοδομηθεί βιομηχανικό κτήριο (σιδηροκατασκευή) για την στέγαση της καμίνου και του λοιπού εξοπλισμού, επιφάνειας περίπου 250 m². Από έρευνα αγοράς, το κόστος κατασκευής ενός τέτοιου κτηρίου προσδιορίστηκε σε 150 € ανά m². Επομένως, το κτηριακό κόστος ανέρχεται σε 37.500 €. Τέλος, η χρηματοδότηση της επένδυσης θα γίνει από 100% ίδια κεφάλαια με κόστος ιδίων κεφαλαίων 8,5%.

5.2.2.2 Κόστη πρώτων υλών και ενέργειας

Η πρώτη ύλη αφορά σε κράσσες αλουμινίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι κράσσες προέρχονται από εταιρεία που ανήκει στον ίδιο όμιλο. Συνεπώς, δεν υπάρχει κόστος προμήθειας της πρώτης ύλης παρά μόνο κόστος μεταφοράς, το οποίο εκτιμήθηκε σε 28 € ανά τόνο. Επιπλέον, τα κόστη ενέργειας, αφορούν στο φυσικό αέριο και την ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία της καμίνου και του λοιπού εξοπλισμού, και ελήφθησαν ίσα προς 0,55 € ανά m³ για το φυσικό αέριο και 0,11 € για την ηλεκτρική kWh.

5.2.2.3 Κόστος προσωπικού

Οι ανάγκες προσωπικού για τη λειτουργία της νέας καμίνου δεν διαφοροποιούνται. Επομένως, το συνολικό κόστος προσωπικού ανέρχεται στα 240.000 € ανά έτος.

5.2.2.4 Κόστος κρασσών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι κράσσες είναι η μοναδική πρώτη ύλη της περιστροφικής καμίνου. Η επένδυση, όπως έχει υποθεί και στην περίληψη, γίνεται με σκοπό την εκμετάλλευση των κρασσών της εταιρείας « Αλουμίνιο Της Ελλάδος» (ΑΤΕ), του ίδιου ομίλου, με σκοπό την επεξεργασία τους και εξαγωγή περεταίρω καθαρού αλουμινίου σε αντίθεση με την απόθεση ή απόρριψή τους.

Εξαιτίας αυτού, (ότι ανήκουν στον ίδιο όμιλο), η ΕΠ.ΑΛ.ΜΕ, δεν αγοράζει τις κράσσες αυτές, αλλά τις εισάγει δωρεάν, με μόνο κόστος την μεταφορά τους, το οποίο ανέρχεται στα 28 €/tn.

5.2.2.5 Συνολικά κόστη παραγωγής

Σύμφωνα με τις τεχνικές παραδοχές που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα, η δυναμικότητα της μονάδας υπολογίζεται στους 4.975 τόνους αλουμινίου ανά έτος. Στα συνολικά κόστη παραγωγής, πέρα από την ενέργεια, την πρώτη ύλη και το προσωπικό, εμπεριέχονται και διάφορα άλλα λοιπά κόστη, όπως τα ανταλλακτικά, η χρήση βοηθητικών μηχανημάτων όπως φορτωτές και φορτηγά, καθώς το κόστος διάθεσης των αποβλήτων που εκτιμάται σε 150 € ανά τόνο. Στον **Error! Reference source not found.**, καταγράφονται συνοπτικά τα συνολικά κόστη ανά έτος.

Πίνακας 8. Διάφορα κόστη που υπάρχουν στην καινούργια περιστροφική κάμινο

Κατηγορία	Κόστος (€)
Κράσσες ΑΤΕ	428.404
Φυσικό αέριο	382.117
Ηλεκτρισμός	111.380
Κόστος προσωπικού	240.000
Ανταλλακτικά	113.640
Χρήση μηχανημάτων	25.000
Διάθεση αποβλήτων	1.561.770
Σύνολο	2.862.311

5.2.2.6 Πωλήσεις

Το παραγόμενο προϊόν (μπριγκέτες αλουμινίου) διατίθεται στην αγορά στην τιμή των 2.032 € ανά τόνο. Επομένως, τα έσοδα ανέρχονται σε 10,110 εκατ. € περίπου. Το μεικτό κέρδος εκμετάλλευσης ανέρχεται σε 7,272 εκατ. € περίπου, τα κέρδη προ τόκων, αποσβέσεων και φόρων σε 7,247 εκατ. € και, τέλος, τα καθαρά κέρδη (λαμβάνοντας συντελεστή φορολόγησης 22%) υπολογίζονται σε 5,515 εκατ. €.

5.3 Αξιολόγηση των δύο επενδυτικών σεναρίων

Η ανάλυση της επένδυσης πραγματοποιήθηκε και για τα δύο σενάρια για μία περίοδο 10 ετών (επισημαίνεται ότι για την υφιστάμενη κάμινο δεν υπολογίστηκαν επενδυτικές δαπάνες για τυχόν ανανέωση του εξοπλισμού).

Όσον αφορά στην υφιστάμενη κάμινο, η ΚΠΑ της επένδυσης εκτιμάται σε 31 εκατ. € περίπου (ο ΕΒΑ δεν μπορεί να υπολογιστεί λόγω του μηδενικού κόστους επένδυσης), ενώ για τη νέα περιστροφική κάμινο η ΚΠΑ ανέρχεται στα 35,5 εκατ. € και ο ΕΒΑ σε με εσωτερικό βαθμό απόδοσης 320% περίπου, αποδεικνύοντας ότι αποτελεί μία ιδιαίτερα κερδοφόρα επένδυση και πιο συμφέρουσα από τη συνέχιση της λειτουργίας της υφιστάμενης καμίνου (ειδικά αν συνυπολογιστεί ότι μέσα στην επόμενη δεκαετία θα υπάρξουν δαπάνες συντήρησης/ανανέωσης του εξοπλισμού).

5.4 Ανάλυση αβεβαιότητας

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2, λόγω των αβεβαιοτήτων που πάντοτε υφίστανται στην εκτίμηση μελλοντικών καταστάσεων (τιμές παραγωγικών συντελεστών, τιμή πώλησης προϊόντων, κ.λπ.), είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται ανάλυση αβεβαιότητας ως προς τις κρίσιμες μεταβλητές. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας και ρίσκου για τα δύο σενάρια που αξιολογήθηκαν.

5.4.1 Ανάλυση ευαισθησίας της παρούσας περιστροφικής καμίνου

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ανάλυσης ευαισθησίας, όπως στην ανάλυση ρίσκου, οι παράμετροι που εξετάζονται είναι οι πλέον κρίσιμες και είναι κοινές με αυτές που εξετάζονται και στη νέα περιστροφική κάμινο.

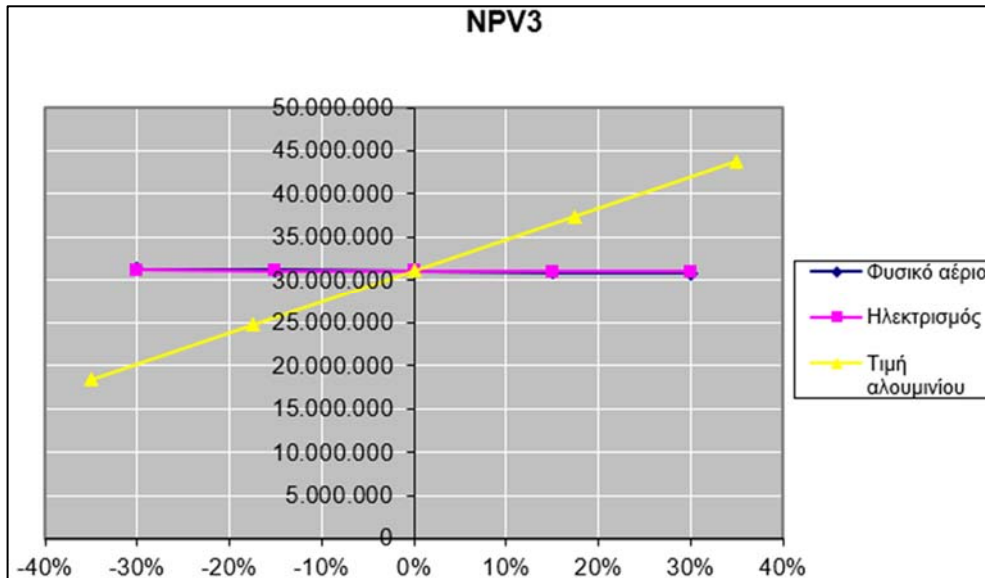
Ειδικότερα, στην ανάλυση ευαισθησίας ελέγχθηκαν τρεις (3) παράμετροι. Αυτές είναι:

- α) η τιμή αγοράς του φυσικού αερίου
- β) η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και
- γ) η τιμή πώλησης- διάθεσης του προϊόντος, δηλαδή του καθαρού αλουμινίου.

Το διάστημα μεταβολής όσον αφορά στην τιμή αγοράς του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 30%, ενώ για την τιμή πώληση του αλουμινίου, το εύρος μεταβολής ήταν 35%.

Όπως παρατηρείται από την **Error! Reference source not found.**, η μεταβολή της τιμής της ενέργειας, δεν επηρεάζει σχεδόν καθόλου την ΚΠΑ. Η ΚΠΑ παραμένει πρακτικά

σταθερή με πολύ μικρές αποκλίσεις. Αντίθετα, όσον αφορά στην τιμή πώλησης του καθαρού αλουμινίου, παρατηρείται έντονη μεταβολή στην εκτιμώμενη ΚΠΑ, από 18,4 εκατ. € έως 43,τα εκατ. περίπου. Αυτό αποτυπώνει την σχέση ΚΠΑ-τιμής αλουμινίου, ως καθοριστικής σημασίας στην περίπτωση αυτή.



Εικόνα 21. Διάγραμμα ΚΠΑ από την ανάλυση ευαισθησίας για την υπάρχουσα περιστροφική κάμινο

5.4.2 Ανάλυση ρίσκου της παρούσας περιστροφικής κάμινο

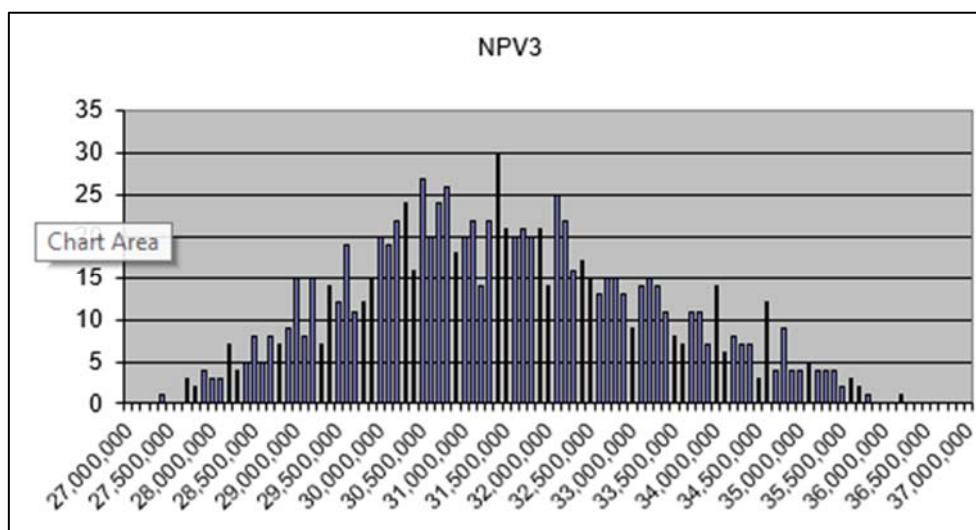
Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης ρίσκου, όπως και στη νέα περιστροφική κάμινο, αξιοποιήθηκαν τρεις (3) παράμετροι. Αυτές είναι οι ίδιες με την ανάλυση ευαισθησίας, δηλαδή, α) η τιμή αγοράς του φυσικού αερίου, β) η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και γ) η τιμή πώλησης- διάθεσης του προϊόντος, δηλαδή του καθαρού αλουμινίου. Όλες οι παράμετροι εξετάστηκαν με τριγωνική κατανομή και σε δεδομένα εύρη τιμών του τελευταίου έτους. Συγκεκριμένα:

- Για την τιμή αγοράς φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκε ως κατώτερο όριο τα 0,45 €/m³ και ανώτερο τα 1,2 €/m³, ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 0,55 €/m³,
- Για την τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας λήφθηκε ως κατώτερο όριο τα 0,06 €/kWh και ανώτερο τα 0,18 €/kWh, ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 0,1 €/kWh.
- Για την τιμή πώλησης του καθαρού αλουμινίου χρησιμοποιήθηκε κατώτερο όριο 1.855 €/tn και ανώτερο 2.330 €/tn, ενώ ως επικρατούσα τιμή ελήφθησαν τα 2.032 €/tn.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα «Οικονομοτεχνική μελέτη και στοιχεία Επιχειρηματικού Σχεδίου - Έκδοση 2.0» που λειτουργεί σε περιβάλλον EXCEL κι έχει αναπτυχθεί από το ΕΜΠ για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo, με την οποία παράγονται χίλια σενάρια για διαφορετικές τιμές των μεταβλητών, από τις συγκεκριμένες κατανομές πιθανότητας. Η στατιστική κατανομή του αποτελέσματος χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των συμπερασμάτων ως προς την πιθανότητα εμφάνισης μιας συγκεκριμένης τιμής. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον **Error! Reference source not found.** και στην **Error! Reference source not found.**

Πίνακας 9. Αθροιστική κατανομή (πάνω από ποια τιμή βρίσκεται το Χ% των παρατηρήσεων) της ΚΠΑ για την παρούσα περιστροφική κάμινο

Πιθανότητα (%) υπέρβασης της παρατηρούμενης τιμής	ΚΠΑ (€)
100%	27,379,383
90%	29,153,333
80%	29,915,000
70%	30,407,407
60%	30,827,778
50%	31,330,000
40%	31,785,000
30%	32,293,750
20%	33,014,286
10%	33,928,571
0%	36,200,000



Εικόνα 22. Κατανομή της ΚΠΑ από την ανάλυση ρίσκου για την παρούσα περιστροφική κάμινο

Όπως φαίνεται από την ανάλυση ρίσκου, η πιθανότητα να εμφανιστεί αρνητική ΚΠΑ και, συνεπώς, να μην είναι οικονομικά βιώσιμο το συγκεκριμένο σενάριο είναι μηδενική.

5.4.3 Ανάλυση ευαισθησίας της νέας περιστροφικής κάμινου

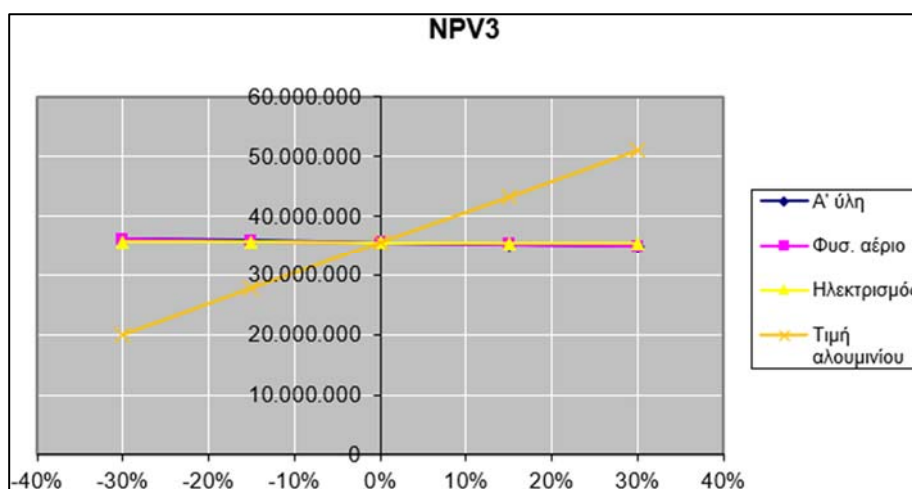
Στη συγκεκριμένη περίπτωση ελέγχθηκαν τέσσερις (4) παράμετροι, οι τρεις (3) εκ των οποίων ήταν κοινές με αυτές της υφιστάμενης κάμινου. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- α) η τιμή αγοράς του φυσικού αερίου
- β) η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας
- γ) η τιμή εισαγωγής της Α ύλης, δηλαδή των κρασσών και
- δ) η τιμή πώλησης- διάθεσης του προϊόντος, δηλαδή του καθαρού αλουμινίου.

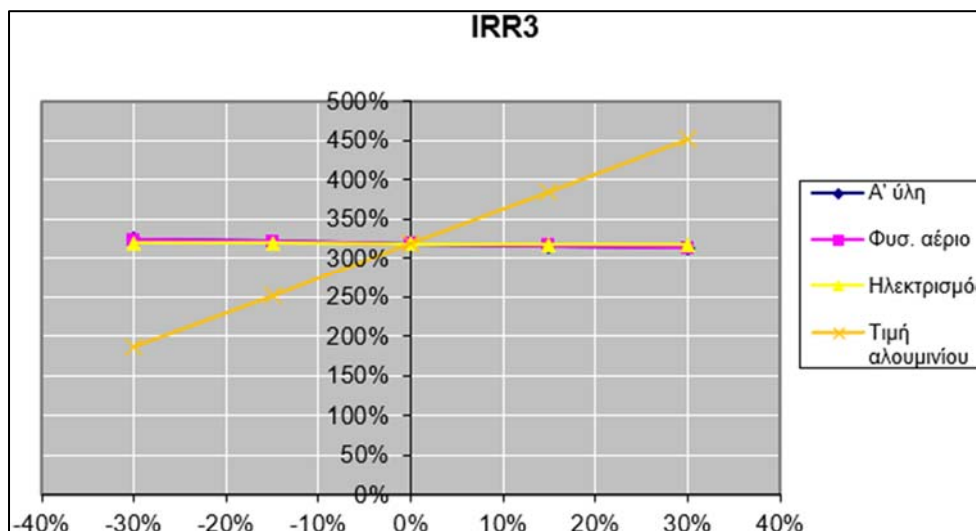
Το διάστημα μεταβολής που έγινε η μελέτη ήταν το 30% για όλες τις παραμέτρους.

Αυτό που παρατηρείται για την ΚΠΑ είναι πως η μεταβολή στην τιμή της ενέργειας, όπως και της πρώτης ύλης, δεν έχει πρακτικά επίδραση στα οικονομικά αποτελέσματα. Αντίθετα, η τιμή πώλησης του καθαρού αλουμινίου επηρεάζει έντονα την ΚΠΑ, όπως και στην παρούσα περιστροφική κάμινο. Συγκεκριμένα, η ΚΠΑ κυμαίνεται από 20 εκατ. € έως 51 εκατ. € περίπου, αποτυπώνοντας και πάλι την απόλυτη σχέση ΚΠΑ-τιμής αλουμινίου.

Αντίστοιχες παρατηρήσεις προκύπτουν και για τον ΕΒΑ. Αναλυτικότερα, η τιμή αγοράς φυσικού αερίου, ηλεκτρικής ενέργειας και πρώτης ύλης, έχουν αμελητέα επίδραση. Αντιθέτως, με ελάχιστη και μέγιστη τιμή στο -30% και στο +30%, ο ΕΒΑ διαμορφώνεται σε 186% και 451%, αντίστοιχα.



Εικόνα 23. Διάγραμμα ΚΠΑ από την ανάλυση ευαισθησίας για την νέα περιστροφική κάμινο



Εικόνα 24. Διάγραμμα EBA από την ανάλυση ευαισθησίας για την νέα περιστροφική κάμινο

5.4.4 Ανάλυση ρίσκου της νέας περιστροφικής καμίνου

Στη ανάλυση ρίσκου εξετάστηκαν οι ίδιες τέσσερις (4) παράμετροι δηλαδή, α) η τιμή αγοράς του φυσικού αερίου, β) η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, γ) η τιμή της πρώτης ύλης (κράσσης) και δ) η τιμή πώλησης του προϊόντος, δηλαδή του καθαρού αλουμινίου.

Όλες οι παράμετροι εξετάστηκαν με τριγωνική κατανομή και σε δεδομένα εύρη τιμών του τελευταίου έτους. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί πως λόγω των συνεχών ανατιμήσεων και της ανεξέλεγκτης πορείας των τιμών στις πρώτες ύλες και στον τομέα της ενέργειας, οι προβλέψεις είναι επισφαλείς. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες μεταβλητές εισόδου:

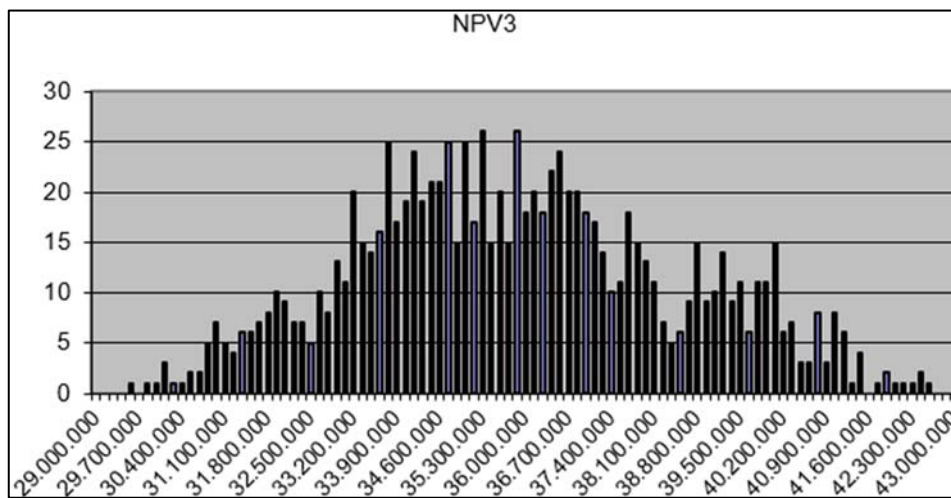
- Για την τιμή αγοράς φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκε κατώτερο όριο 0,45 €/m³ και ανώτερο 1,2 €/m³, ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 0,55 €/m³,
- Για την τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας λήφθηκε κατώτερο όριο 0,06 €/kWh και ανώτερο 0,18 €/kWh, ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 0,1 €/kWh.
- Για την τιμή αγοράς των κρασών θεωρήθηκε ως κατώτατο όριο τα 26 €/tn και ανώτερο τα 32€/tn, ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 28 €/tn.
- Για την τιμή πώλησης του καθαρού αλουμινίου εκτιμήθηκε ως κατώτερο όριο τα 1.855 €/tn και ανώτερο τα 2.330 €/tn ενώ ως επικρατούσα τιμή τα 2.032 €/tn.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον

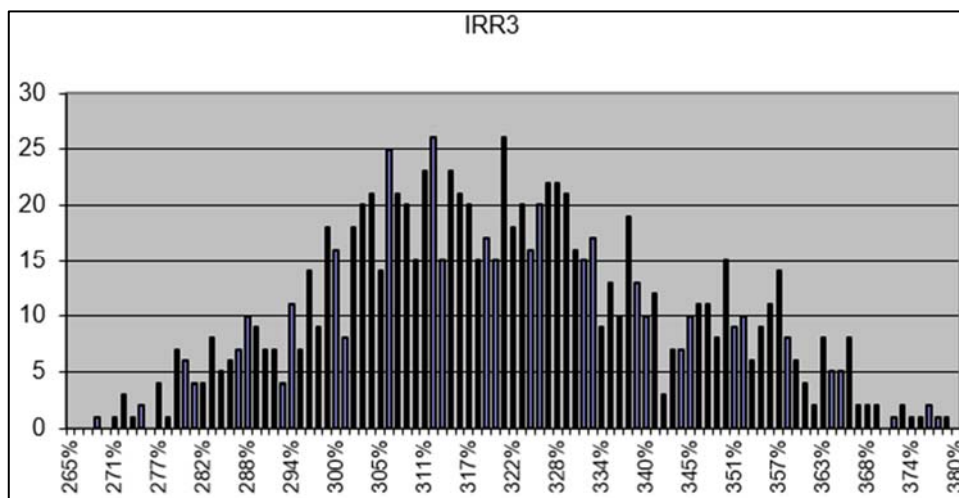
και στις **Error! Reference source not found.**Εικόνες 25 και 26. Όπως παρατηρείται, η πιθανότητα εμφάνισης μηδενικής ΚΠΑ ή ΕΒΑ χαμηλότερου από το επιτόκιο προεξόφλησης είναι μηδενική.

Πίνακας 10. Αθροιστική κατανομή (πάνω από ποια τιμή βρίσκεται το Χ% των παρατηρήσεων) της ΚΠΑ και του ΕΒΑ για την νέα περιστροφική κάμινο

Πιθανότητα (%) υπέρβασης της παρατηρούμενης τιμής	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)
100%	29.553.233	267,5%
90%	32.528.000	292,2%
80%	33.576.250	301,9%
70%	34.253.684	307,6%
60%	34.930.400	313,4%
50%	35.636.000	319,5%
40%	36.337.273	325,4%
30%	37.021.176	331,3%
20%	38.049.091	340,1%
10%	39.523.333	352,6%
0%	42.580.000	378,8%



Εικόνα 25. Κατανομή της ΚΠΑ από την ανάλυση ρίσκου για την νέα περιστροφική κάμινο



Εικόνα 26. Κατανομή του ΕΒΑ από την ανάλυση ρίσκου για την νέα περιστροφική κάμινο

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την οικονομοτεχνική αξιολόγηση μίας επένδυσης στον τομέα της Κυκλικής Οικονομίας. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η οικονομοτεχνική βιωσιμότητα μιας νέας περιστροφικής καμίνου με στόχο την παραγωγή καθαρού αλουμινίου από σκωρίες (κράσες).

Η νέα περιστροφική κάμινο μοντελοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού HSC Chemistry για να υπολογιστούν τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας καθώς και λοιπές λειτουργικές παράμετροι που ήταν απαραίτητες για την οικονομική αξιολόγηση. Ακολούθως, με τα δεδομένα αυτά κατασκευάστηκε ο πίνακας των Προεξοφλεμένων Ταμειακών Ροών και εκτιμήθηκε η οικονομική βιωσιμότητα του σχεδίου στη βάση των οικονομικών κριτηρίων της ΚΠΑ και του ΕΒΑ. Με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση και την πληρέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων, η νέα επένδυση συγκρίθηκε, σε οικονομικό επίπεδο, με την υφιστάμενη περιστροφική κάμινο της μονάδας.

Όσον αφορά στην υφιστάμενη κάμινο, η ΚΠΑ της επένδυσης εκτιμάται σε 31 εκατ. € περίπου (ο ΕΒΑ δεν μπορεί να υπολογιστεί λόγω του μηδενικού κόστους επένδυσης), ενώ για τη νέα περιστροφική κάμινο η ΚΠΑ ανέρχεται στα 35,5 εκατ. € και ο ΕΒΑ σε με εσωτερικό βαθμό απόδοσης 320% περίπου, αποδεικνύοντας ότι αποτελεί μία ιδιαίτερα κερδοφόρα επένδυση και πιο συμφέρουσα από τη συνέχιση της λειτουργίας της υφιστάμενης καμίνου (ειδικά αν συνυπολογιστεί ότι μέσα στην επόμενη δεκαετία θα υπάρξουν δαπάνες συντήρησης/ανανέωσης του εξοπλισμού).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης δείχνουν πως η υπό εξέταση επένδυση, πέρα από τα περιβαλλοντικά οφέλη, έχει ιδιαίτερα υψηλή οικονομική απόδοση. Ωστόσο, για λόγους πληρότητας κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθούν αναλύσεις ευαισθησίας και ρίσκου, για την οικονομική αποδοτικότητα τόσο της υφιστάμενης όσο και της νέας καμίνου. Οι οικονομικές επιδόσεις των δύο καμίνων ακολουθούν τις ίδιες τάσεις και, όπως αποδεικνύεται, ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει την ΚΠΑ και τον ΕΒΑ, είναι η τιμή διάθεσης του προϊόντος. Σε κάθε περίπτωση, όμως, αν και το εύρος των τιμών των παραμέτρων που εξετάστηκε ήταν μεγάλο (-30/+30 %), η επένδυση παραμένει επικερδής σε κάθε περίπτωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALTEK (2023), Melting Solutions “Budget non-binding quotation qa14572a tr650 tilt rotary furnace & associated equipment”.
- Bozeman, B., & Pandey, S. K. (2019). Stakeholder engagement and transparency in evaluation. In *The Routledge Handbook of Global Public Policy and Administration* (pp. 454-468). Routledge.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2014). *Principles of Corporate Finance* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2017). *Financial management: theory and practice*. Cengage Learning.
- Chakraborty, S., & Nandi, A. (2018). Evaluation of investment projects: A review. *International Journal of Economics and Business Administration*, 6(1), 89-99.
- Chandra, P. (2011). *Financial Management: Theory and Practice* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Chandra, P. (2011). *Financial Management: Theory and Practice* (9th ed.). Tata McGraw Hill Education.
- Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset*. John Wiley & Sons.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2019). *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys* (2nd ed.). Springer.
- Hwang, B. G., Tan, J. S., & Iyagba, R. R. (2018). Evaluating construction project feasibility using multi-criteria decision-making techniques: A review. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(6), 852-878.
- Jin, Y. (2017). Evaluating the economic feasibility of investment projects using hybrid MCDM methods: A comparative study. *Journal of Cleaner Production*, 147, 637-651.
- Miller, J. (2018), “Rotary Furnace Working Principle,” *Thermcraft Incorporated*, Feb. 02., <https://thermcraftinc.com/working-principle-rotary-furnace/>.

- Ke, Y., Zhang, J., & Fan, L. (2018). Evaluation of investment project of green transportation based on AHP-entropy and fuzzy comprehensive evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 171, 425-436.
- Kerzner, H., & Kerzner, H. R. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Kuo, T. C., & Wang, J. Y. (2017). Evaluating investment projects using decision-making trial and evaluation laboratory: a case study in the semiconductor industry. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(6), 1401-1413.
- Liu, H., Xu, J., Xu, X., & Wang, W. (2019). A comprehensive evaluation of investment projects using grey relational analysis and TOPSIS method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36(1), 203-211.
- Mauskopf, J. A., Sullivan, S. D., & Annemans, L. (2018). Principles of good practice for budget impact analysis: report of the ISPOR Task Force on good research practices—budget impact analysis. *Value in Health*, 21(2), 157-163.
- Metso, (2023) “HSC Chemistry,” *Metso*. <https://www.metso.com/portfolio/hsc-chemistry/>
- Metso, (2023) “HSC Chemistry,” *www.hsc-chemistry.com*. <https://www.hsc-chemistry.com/>
- Mytilineos Energy & Metals, “Κλάδος Ενέργειας - MYTILINEOS,” *www.mytilineos.com*. <https://www.mytilineos.com/el/i-drastiriotita-mas/klados-energeias/>
- Najafi, M., & Khanzadi, M. (2017). Comparative evaluation of investment projects using fuzzy decision making techniques. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 8(3), 461-476.
- Nazir, S., & Khan, M. A. (2017). Comparative analysis of investment appraisal techniques with reference to discounted cash flow methods. *Journal of Managerial Sciences*, 11(1), 65-88.
- Tavana, M., Khalili-Damghani, K., Rahmatian, R., Hatami-Marbini, A., & Aghdaie, M. H. (2019). *Multi-criteria decision making: an operations research approach*. Springer.
- Tobin, G. A., & Cline, L. R. (2017). Evaluation of benefit-cost analysis methods and recommendations for improvement: OECD working party on impact assessment. OECD.
- Wang, Y., Fan, H., & Zhang, X. (2018). A new multi-criteria decision-making method for investment project evaluation. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(2), 1417-1426.