

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΜΕ
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΚΥΡΙΑΚΙΔΗΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

Επιβλέπων καθηγητής : Πέτρος Α. Πηλαβάκης

ΚΟΖΑΝΗ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΜΕ
ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΚΥΡΙΑΚΙΔΗΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

Επιβλέπων καθηγητής : Πέτρος Α. Πηλαβάκης

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
Αριθμ. Εισαγ.: 1347
Ημερομηνία: 31/11/04

ΚΟΖΑΝΗ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004

αφιερώνεται στους γονείς μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό να μελετήσει την εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να προκύψει από τη προσθήκη μίας αντλίας θερμότητας σε μια βιομηχανική αποστακτική στήλη. Πιο συγκεκριμένα η εργασία έγινε για μια εταιρεία πετροχημικών προϊόντων και βασίστηκε σε πραγματικά δεδομένα. Η προσθήκη της αντλίας θερμότητας συνοδεύτηκε επίσης από μια αναλυτική οικονομική ανάλυση με διαγράμματα και πίνακες με σκοπό να διαπιστωθούν τα κέρδη από την επένδυση αυτή. Για να γίνει η διπλωματική εργασία ακόμη πιο πλήρης αναφέρονται τόσο τα γενικά στοιχεία μιας αποστακτικής στήλης όσο και οι οικονομικές μέθοδοι που ισχύουν.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια γενική εισαγωγή στο τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και το πόσο σημαντική είναι αυτή για τη παγκόσμια οικονομία ενώ παράλληλα υπογραμμίζεται η καταλυτική συνεισφορά της απόσταξης σε αυτή.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στη κλασματική απόσταξη. Περιγράφονται οι γενικές αρχές που ισχύουν για τη διεργασία της απόσταξης. Επίσης αναλύονται τα βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας αποστακτικής στήλης και γίνεται μια περιγραφή της.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια πιο εκτενής αναφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας στην απόσταξη με τη βοήθεια μεθόδων όπως είναι για παράδειγμα ο καλύτερος έλεγχος και λειτουργία των υπάρχουσων στηλών.

Στο κεφάλαιο 4 εξετάζονται οι οικονομικοί μέθοδοι αξιολόγησης των επενδυτικών προτάσεων όπως είναι η καθαρά παρούσα αξία που χρησιμοποιείται στο παρακάτω κεφάλαιο για την οικονομική ανάλυση της προσθήκης αντλίας θερμότητας σε αποστακτική στήλη.

Στο κεφάλαιο 5 αναπτύσσεται η οικονομική μελέτη της προσθήκης αντλίας θερμότητας στην στήλη της εταιρείας. Παρουσιάζονται τα δεδομένα, ενώ παράλληλα υπολογίζονται τα διάφορα στοιχεία που θα βοηθήσουν για την εύρεση των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο.

Στο κεφάλαιο 6 τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις διάφορες υποθέσεις που ελήφθησαν συνοδευόμενα από διαγράμματα και συγκεντρωτικούς πίνακες.

Σημείωση

Η διπλωματική εργασία συνοδεύεται από πρόγραμμα Fortran για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων ενώ οι πίνακες και τα διαγράμματα έγιναν σε πρόγραμμα Excel.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου πρώτα απ' όλα στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Π. Πηλαβάκη για τη βοήθεια που μου παρείχε, τις πάρα πολλές ώρες που διέθεσε με υπομονή για να με βοηθήσει σε προβλήματα που αντιμετώπισα και για τις κατευθύνσεις του που ήταν πολύτιμες για την επιτυχή περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την κατανόηση που έδειξε και τη στήριξη που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

Σεπτέμβριος 2004

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2	ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ.....	12
2.1	Αρχές και Διεργασία Απόσταξης.....	12
2.2	Περιγραφή Στηλών Κλασματικής Απόσταξης.....	14
2.3	Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας Αποστακτικής Στήλης.....	17
2.4	Δίσκοι και η Λειτουργία τους.....	18
3	Η ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΞΗ.....	24
3.1	Κόστος Μονάδας Απόσταξης.....	24
3.2	Μέθοδοι Μείωσης Κατανάλωσης Ενέργειας.....	24
3.2.1	Καλύτερος έλεγχος και λειτουργία των υπάρχουσων στηλών.....	25
3.2.2	Επαναχρησιμοποίηση του θερμικού περιεχομένου των ατμών του αποστάγματος.....	27
	Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση αντλίας θερμότητας σε αποστακτική στήλη.....	30
3.2.3	Η αλληλουχία των στηλών στις αποστάξεις πολλών -συστατικών.....	31
4	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ.....	33
5	ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ.....	37
5.1	Η Αποστακτική Στήλη.....	38
5.2	Τα Δεδομένα.....	38
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	41
6.1	Υπολογισμός των Χρηματοροών της Θερμότητας και του Ηλεκτρισμού.....	41
6.1.1	Υπόθεση 1 ^η - Πλήρης Αυτοχρηματοδότηση.....	41
6.1.2	Υπόθεση 2 ^η – πλήρης χρηματοδότηση από τράπεζα.....	42
6.2	Στάθμιση του ΚΠΑ.....	42
6.2.1	Η καλύτερευση της τεχνολογίας (κίνητρο 1).....	43
6.2.2	Η καταπολέμηση της ρύπανσης (κίνητρο 2).....	43
6.2.3	Η ασφάλεια του εφοδιασμού (κίνητρο 3).....	44
6.3	Αποτελέσματα του ΚΠΑ.....	45
6.3.1	Διαγράμματα του ΚΠΑ.....	47
6.4	Αποτελέσματα του ΚΠΑ _Σ	49
6.5	Διάφορα Συγκριτικά Διαγράμματα.....	50
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	52
	ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ.....	53
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	54
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Πρόγραμμα Fortran.....	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατανάλωση ενέργειας τις προηγούμενες δεκαετίες αυξάνονταν συνεχώς σε παγκόσμιο επίπεδο κάτι το οποίο είναι συνάρτηση όχι μόνο της αύξησης του πληθυσμού στο πλανήτη (και ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες που είναι και οι κύριες καταναλώτριες ενέργειας) αλλά κυρίως λόγω της οικονομικής ανάπτυξης. Επίσης, τώρα πλέον με την ανάπτυξη κρατών όπως η Κίνα που έχουν μεγάλο πληθυσμό η παγκόσμια κατανάλωση αυξάνεται σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat το 1995, η κατανάλωση στην Ευρώπη των 15 στο τομέα των βιομηχανιών ανερχόταν στο 26.6%. Από αυτές η κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τη χημεία (εδώ κατατάσσεται και η απόσταξη) ανερχόταν σε 17%, δεύτερη σε ποσοστό μόλις λίγο πίσω από τη σιδηρουργία (20.8%). Τέλος, όσον αφορά το Ηνωμένο Βασίλειο (1990) το ποσοστό που κατείχε η απόσταξη στην ενεργειακή κατανάλωση των χημικών βιομηχανιών, είναι 13%. Εάν δηλαδή πολλαπλασιάσουμε τα παραπάνω ποσοστά για να βρούμε το τελικό ποσοστό που κατείχε η απόσταξη συνολικά στη βιομηχανία θα βρούμε το εξαιρετικά μεγάλο νούμερο της τάξης του 0.60%. Έτσι μπορεί εύκολα κανείς να καταλάβει τη μεγάλη σημασία που έχει η απόσταξη στην βιομηχανία ενός κράτους.

Παρατηρώντας τη παραπάνω συσχέτιση των ποσοστών μπορεί εύκολα κανείς να καταλάβει πως η εξοικονόμηση ενέργειας στη απόσταξη θα επιφέρει σημαντική μείωση στη σπατάλη ενέργειας γενικότερα. Γι' αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη σημασία στους τρόπους βελτίωσης της απόδοσης των αποστακτικών στηλών με σκοπό την ελάττωση της κατανάλωσής τους σε ενέργεια.

Εκτός όμως από την απόσταξη υπάρχουν και κάποια άλλες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας στη βιομηχανία όπως οι εξής:

- Η ενεργειακή επιθεώρηση (energy audit) και η παρακολούθηση της ενεργειακής συμπεριφοράς (monitoring)
- Η ορθή πρακτική (good housekeeping)
- Η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (CHP)
- Η ανάκτηση θερμότητας (heat recovery)
(συσκευές μεταφοράς θερμότητας, αντλίες θερμότητας)

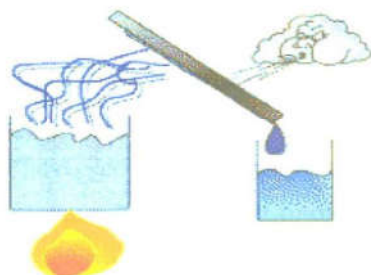
Παρακάτω λοιπόν αναφέρεται μια μελέτη που έγινε για το παραπάνω ακριβώς λόγο, δηλαδή προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια σε μια βιομηχανική αποστακτική στήλη. Η μελέτη αυτή αφορά τη προσθήκη μιας αντλίας θερμότητας στην αποστακτική στήλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

2 ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΞΗ

Κλασματική απόσταξη ή απλώς απόσταξη καλείται η διεργασία διαχωρισμού ενός μίγματος στα συστατικά του με βάση τη διαφορετική πτητικότητά τους. Είναι δηλαδή μια διαδικασία στην οποία ένα υγρό ή ένα μίγμα ατμού δύο ή περισσότερων ουσιών διαχωρίζεται στα συστατικά του συγκεκριμένης καθαρότητας, από την εφαρμογή και την αφαίρεση της θερμότητας. Η απόσταξη βασίζεται στο γεγονός ότι ο ατμός ενός υπέρθερμου μίγματος θα είναι πλουσιότερος σε συστατικά τα οποία έχουν χαμηλότερα σημεία βρασμού.



Επομένως, όταν ο ατμός αυτός ψύχεται και συμπυκνώνεται, δημιουργείται συμπύκνωμα το οποίο περιέχει περισσότερο πτητικά συστατικά. Συγχρόνως, το αρχικό μίγμα θα περιέχει περισσότερο από το λιγότερο πτητικό υλικό.

Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται σε στήλη επαφής ατμών-υγρού, όπου οι ατμοί ανερχόμενοι έρχονται σε καλή επαφή με το υγρό που κατέρχεται και επιτυγχάνεται καλή προσέγγιση ισορροπίας μεταξύ των δύο φάσεων σε όλο το ύψος της στήλης.

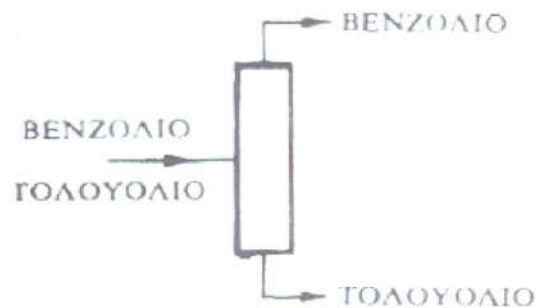
2.1 Αρχές και Διεργασία Απόσταξης

Ο διαχωρισμός των υγρών μιγμάτων στα διάφορα συστατικά τους είναι μια από τις πιο σημαντικές διεργασίες στις χημικές βιομηχανίες, και η απόσταξη είναι μια από τις συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους για την επίτευξη αυτού του σκοπού. Αποτελεί τη σπουδαιότερη λειτουργία στη δύλιση του πετρελαίου. Σ' όλη τη χημική βιομηχανία η απαίτηση για καθαρότερα προϊόντα μαζί με την απαίτηση για μεγαλύτερη απόδοση έχει οδηγήσει στην ανάγκη για συνεχιζόμενη έρευνα στις

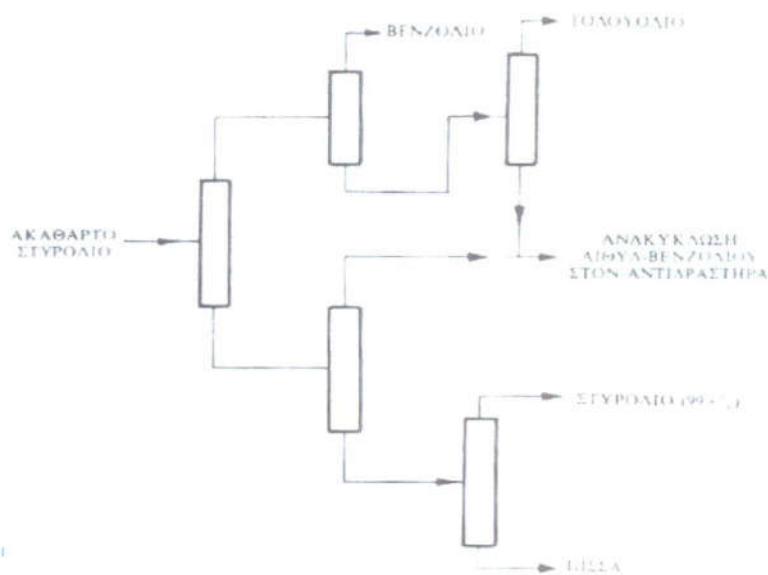
τεχνικές απόσταξης. Η απαίτηση από τους σχεδιαστές δεν είναι μόνο να πετύχουν την επιθυμητή ποιότητα του προϊόντος με το λιγότερο κόστος, αλλά επίσης να επιτύχουν σταθερή ποιότητα προϊόντος, παρά την ύπαρξη μιας μικρής αλλαγής στη σύνθεση της τροφοδοσίας. Έτσι οι στήλες απόσταξης έχουν σχεδιαστεί για να έχουν τη μεγαλύτερη χωρητικότητα από οποιοδήποτε άλλο τύπο τεχνολογικής συσκευής. Υπάρχουν απλές στήλες από 0,3 ως 10 m σε διάμετρο και από 3 m έως 75 m σε ύψος. Μια μονάδα απόσταξης όμως δεν πρέπει να εξετάζεται χωριστά από τη συσχετιζόμενη μονάδα ελέγχου και συνήθως λειτουργεί σε σχέση με διάφορες άλλες μονάδες διαχωρισμού.

Η κάθετη κυλινδρική στήλη παρέχει, σε μια συνεπτυγμένη μορφή με την ελάχιστη χρησιμοποίηση εδάφους, ένα μεγάλο αριθμό βαθμίδων διαχωρισμού ατμοποίησης (παραγωγής ατμού) και συμπύκνωσης (ο απαιτούμενος αριθμός των βαθμίδων και όλη η μελέτη κατασκευής της εγκατάστασης εξαρτώνται όχι μόνο από τις φυσικοχημικές ιδιότητες, αλλά και από τη δυναμική των ρευστών).

Ο διαχωρισμός π.χ. του βενζολίου από μίγμα με τολουόλιο απαιτεί μόνο μια απλή μονάδα, όπως δείχνει το Σχήμα 2.1, από την οποία ουσιαστικά λαμβάνονται καθαρά προϊόντα. Μια πιο σύνθετη διάταξη φαίνεται στο σχήμα 2.2 όπου παρουσιάζονται οι στήλες για τον καθαρισμό του ακάθαρτου στυρολίου, που σχηματίζεται από την αφυδρογόνωση αιθυλοβενζολίου. Εδώ φαίνεται ότι απαιτούνται αρκετές στήλες και είναι απαραίτητο να ανακυκλωθούν μερικά από τα ρεύματα στον αντιδραστήρα.



Σχήμα 2.1 Διαχωρισμός ενός δυαδικού μίγματος [1]



Σχήμα 2. 2 Διαχωρισμός πολλών συστατικών [1]

Επιπλέον, εκτός από αυτά που έχουν αναφερθεί, η απόσταξη:

- Είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική διαχωρισμού.
- Καταναλώνει τεράστια ποσά ενέργειας τόσο για απαιτήσεις θερμότητας όσο και για απαιτήσεις ψύξης.
- Μπορεί να συμβάλει σε ένα μεγάλο ποσοστό στις λειτουργικές δαπάνες των εγκαταστάσεων.

Μέθοδοι για να μειωθούν οι λειτουργικές δαπάνες των μονάδων, είναι να βελτιωθεί η αποδοτικότητα και η λειτουργία τους όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η βελτίωση, απαιτείται μια λεπτομερής κατανόηση των αρχών απόσταξης καθώς και του τρόπου σχεδιασμού των συστημάτων απόσταξης.

2.2 Περιγραφή Στηλών Κλασματικής Απόσταξης

Κλασματική απόσταξη ή απλώς απόσταξη, όπως ήδη αναφέρθηκε, καλείται η διεργασία διαχωρισμού ενός μίγματος, σε στήλη επαφής ατμών-υγρού όπου οι ατμοί ρέουν κατ' αντιστροφή ως προς το υγρό και επιτυγχάνεται καλή επαφή και προσέγγιση ισορροπίας μεταξύ των δύο φάσεων σε όλο το ύψος της στήλης [1]. Στο σύστημα

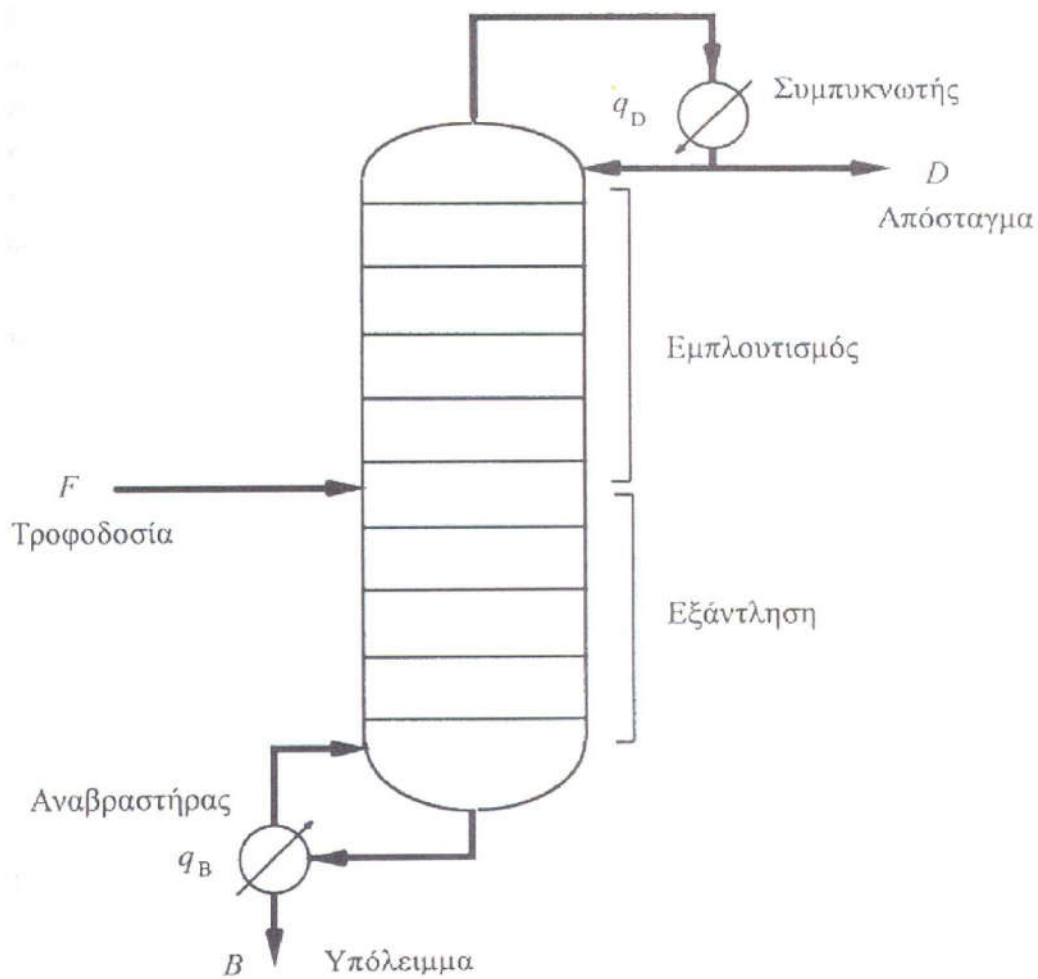
αυτό η συγκέντρωση των πτητικών συστατικών αυξάνει προς την κατεύθυνση ροής των ατμών (προς τα πάνω) και έτσι το μίγμα διαχωρίζεται σε δύο προϊόντα, αυτό της κορυφής (πιο πτητικό) και αυτό του πυθμένα (λιγότερο πτητικό).

Η επαφή ατμών-υγρού διεξάγεται σε βαθμίδες ή στάδια (αποστακτικές στήλες με δίσκους), ή σε συνεχή-διαφορική λειτουργία (αποστακτικές στήλες με πληρωτικά υλικά). Τα πολλαπλά πλεονεκτήματα των δίσκων σε στήλες υψηλής δυναμικότητας είχαν ως αποτέλεσμα την ως τώρα περιορισμένη χρήση των αποστακτικών στηλών με πληρωτικά υλικά. Πληρωτικά υλικά χρησιμοποιούνταν μόνο σε πολύ μικρές στήλες ή σε διεργασίες διαχωρισμού ιδιαίτερα διαβρωτικών μιγμάτων. Τα τελευταία χρόνια όμως, η ανάπτυξη νέων πληρωτικών υλικών, που είναι κατάλληλα για υψηλές δυναμικότητες με ικανοποιητική απόδοση και χαμηλή πτώση πίεσης, έχει διευρύνει το πεδίο εφαρμογών τους.

Η κλασματική απόσταξη μπορεί να θεωρηθεί σαν μια σειρά αποστάξεων ισορροπίας όπου τα προϊόντα κάθε βαθμίδας είναι οι τροφοδοσίες των διπλανών βαθμίδων. Στο Σχήμα 2.3 φαίνεται μια στήλη κλασματικής απόσταξης συνεχούς λειτουργίας. Η τροφοδοσία F εισέρχεται στο μέσον της στήλης και την χωρίζει στο *τιμήμα εμπλουτισμού* (enriching section) και στο *τιμήμα εξάντλησης* (stripping section) ή απομάκρυνσης των πτητικών συστατικών. Στον πυθμένα της στήλης υπάρχει ο μερικός αναβραστήρας (reboiler) ο οποίος με εξωτερική θέρμανση –συνήθως ατμού– προκαλεί μερικό βρασμό του κατερχόμενου υγρού με προσθήκη θερμότητας q_B . Οι ατμοί που παράγονται στον αναβραστήρα ανέρχονται στη στήλη και έρχονται σε επαφή με το κατερχόμενο υγρό στις διαδοχικές βαθμίδες. Σε κάθε βαθμίδα επέρχεται θεωρητικά πλήρης ανάμιξη και ισορροπία των ατμών με το υγρό και γι' αυτό οι βαθμίδες καλούνται *θεωρητικές βαθμίδες*. Οι ατμοί που εξέρχονται από την κορυφή της στήλης συμπυκνώνονται πλήρως στον ολικό συμπυκνωτή (total condenser) ο οποίος ψύχεται συνήθως με νερό (αφαίρεση θερμότητας q_D). Μέρος του συμπυκνώματος L επιστρέφει στη στήλη ως επαναροή (reflux) ενώ το υπόλοιπο λαμβάνεται ως απόσταγμα D , δηλαδή ως προϊόν που περιέχει κυρίως το πτητικότερο συστατικό. Η επαναροή παίζει το ρόλο του κατερχόμενου υγρού που έρχεται σε επαφή και εμπλουτίζει τους ανερχόμενους ατμούς. Το προϊόν που περιέχει το λιγότερο πτητικό ή μη πτητικό συστατικό λαμβάνεται στον πυθμένα της στήλης από τον αναβραστήρα ως υγρό υπόλειμμα B . Η τροφοδοσία F μπορεί να είναι υγρό, ατμοί ή μίγμα υγρού-ατμών. Ο συμπυκνωτής που υπάρχει στην κορυφή της στήλης μπορεί να είναι και μερικός συμπυκνωτής ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Σημαντικοί παράγοντες στον υπολογισμό και τη λειτουργία της στήλης είναι:

1. Ο αριθμός των βαθμίδων που απαιτούνται για την επίτευξη του διαχωρισμού.
2. Η διάμετρος της στήλης.
3. Η θερμότητα που απομακρύνεται από τον συμπυκνωτή.
4. Η θερμότητα που προσδίδεται στον αναβραστήρα.
5. Η εκλογή τύπου δίσκων, με τις κατασκευαστικές τους λεπτομέρειες.



Σχήμα 2.3 Στήλη κλασματικής απόσταξης [1]

2.3 Βασικά Στοιχεία Λειτουργίας Αποστακτικής Στήλης

Για το σχεδιασμό των μονάδων απόσταξης, που θέλουμε να δίνουν μια επιθυμητή κλασμάτωση, είναι πρώτα απαραίτητο να βρεθεί ένας αναλυτικός τρόπος προσέγγισης, που να επιτρέπει να καθορισθούν οι ροές θερμότητας και υλικού (μάζας) στους δίσκους, το συμπυκνωτή και τον αναβραστήρα.

Χρειάζονται επίσης θερμοδυναμικά δεδομένα για να βρεθεί πόση μεταφορά μάζας απαιτείται, έτσι ώστε να αποκατασταθεί ισορροπία ανάμεσα στα ρεύματα που εκρέουν από κάθε δίσκο [2]. Η απαιτούμενη διάμετρος της στήλης βρίσκεται από την ανάγκη να εξασφαλίσουμε τις επιθυμητές ταχύτητες ροής κατά τη λειτουργία, στα πλαίσια της κατάλληλης πτώσεως πίεσης και λαμβάνοντας την ίδια στιγμή τον απαιτούμενο βαθμό ανάμιξης των ρευμάτων, σε κάθε δίσκο.

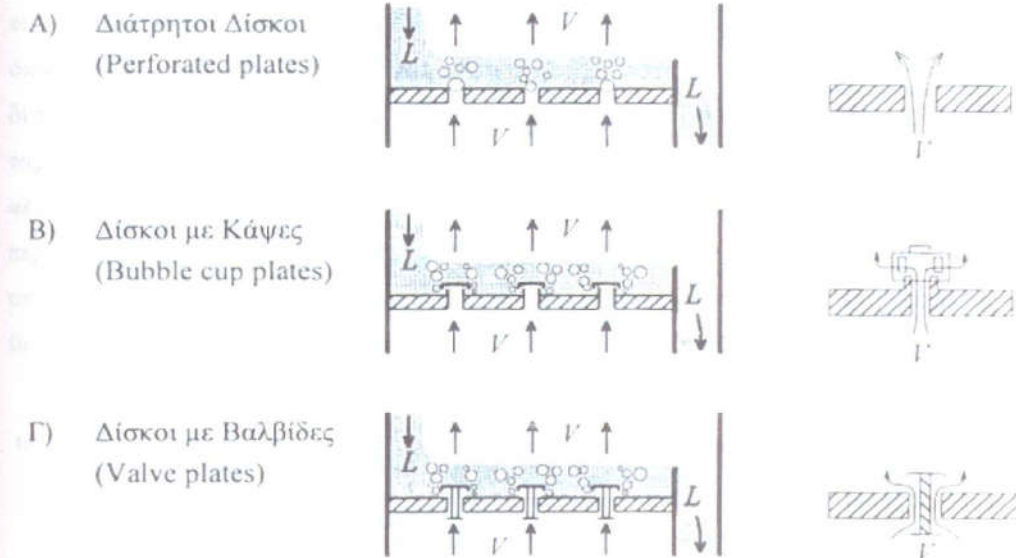
Οι στήλες απόσταξης λοιπόν αποτελούνται από διάφορα μέρη, κάθε ένα από τα οποία χρησιμοποιείται είτε για να μεταφέρει την ενέργεια θερμότητας είτε να ενισχύσει την υλική μεταφορά. Μια χαρακτηριστική στήλη απόσταξης περιέχει διάφορα σημαντικά συστατικά όπως:

- Μία κάθετη κυλινδρική στήλη όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των υγρών συστατικών. Τα εσωτερικά της στήλης όπως είναι οι δίσκοι που χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τον διαχωρισμό των συστατικών.
- Ένας αναβραστήρας για να παρέχει την απαραίτητη εξάτμιση για τη διαδικασία της απόσταξης.
- Ένας συμπυκνωτής για να ψύχει και να συμπυκνώνει τον ατμό που διαφεύγει από τη κορυφή της στήλης.
- Ένα τύμπανο για να κρατήσει τον συμπυκνωμένο ατμό από την κορυφή της στήλης έτσι ώστε το υγρό (reflux) να μπορεί να ανακυκλωθεί πίσω στη στήλη

Το κάθετο κέλυφος στεγάζει τα εσωτερικά μέρη της στήλης και μαζί με το συμπυκνωτή και τον αναβραστήρα, αποτελούν τη στήλη απόσταξης. Μια σχηματική αναπαράσταση μιας χαρακτηριστικής μονάδας απόσταξης με ένα ενιαίο ρεύμα τροφοδοσίας και δύο προϊόντων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.3.

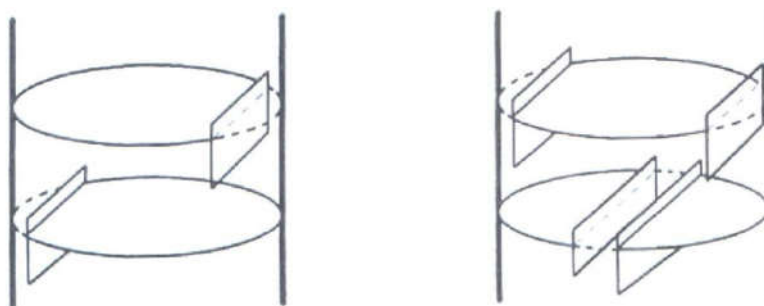
2.4 Δίσκοι και η Λειτουργία τους

Οι βαθμίδες ισορροπίας της στήλης αποτελούνται στην πράξη από δίσκους διαφόρων τύπων [1]. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι δίσκων δείχνονται στο Σχήμα 2.4. Οι διάτρητοι δίσκοι είναι οι πιο εύκολα κατασκευάσιμοι και φθηνότεροι δίσκοι και χρησιμοποιούνται με πολύ καλά αποτελέσματα σε αποστάξεις υγρών που περιέχουν αιωρήματα στερεών που θα μπορούσαν να κλείσουν τις οπές των άλλων τύπων δίσκων. Παρουσιάζουν πολύ καλή απόδοση και ευχέρεια λειτουργίας σε ικανοποιητικό εύρος υγρής και αέριας τροφοδοσίας. Οι δίσκοι με κάψες τείνουν να εκλείψουν σήμερα λόγω, αφενός μεν του υψηλού κόστους τους, αφετέρου δε λόγω της μεγάλης πτώσης πίεσης που χαρακτηρίζει τη λειτουργία τους. Αυτοί τείνουν να αντικατασταθούν από τους δίσκους με βαλβίδες που έχουν τα πλεονεκτήματα των καψών αλλά επιφέρουν μικρότερη πτώση πίεσης. Το κύριο πλεονέκτημα των δίσκων με βαλβίδες είναι η δυνατότητα που παρέχουν για λειτουργία της στήλης σε πολύ μεγάλο εύρος υγρής και αέριας τροφοδοσίας.



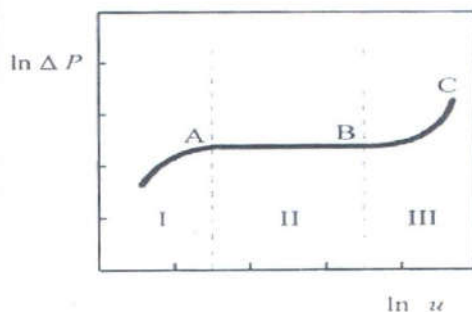
Σχήμα 2.4 Διάφοροι τύποι δίσκων [1]

Άλλου είδους κατάταξη των δίσκων γίνεται με βάση τη διαδρομή που ακολουθεί το υγρό σ' αυτόν (Σχήμα 2.5). Η επιλογή εξαρτάται από τη διάμετρο της στήλης σε συνδυασμό με τη δυναμικότητά της. Για διαμέτρους έως 1.5 m χρησιμοποιούνται δίσκοι απλής εγκάρσιας διάβασης (single pass), ενώ για μεγαλύτερες διαμέτρους δίσκοι διπλής διάβασης (double pass). Δίσκοι διπλής διάβασης χρησιμοποιούνται επίσης σε μικρές στήλες όταν αυτές λειτουργούν σε υψηλή στάθμη υγρού.



Σχήμα 2.5 Απλής και διπλής διάβασης δίσκοι [1]

Η λειτουργία των δίσκων υπόκειται στους εξής περιορισμούς: Με βάση την πτώση πίεσης σ' ένα δίσκο, ΔP , όταν αυτή υπολογιστεί συναρτήσει της ταχύτητας των ατμών, u , (βλ. Σχήμα 2.6), διακρίνονται τρεις περιοχές λειτουργίας. Η περιοχή I, όπου η ταχύτητα των ατμών είναι τόσο χαμηλή ώστε το υγρό δε συγκρατείται στο δίσκο αλλά κατεβαίνει από τις οπές του ατμού (A-seal point). Η περιοχή II, όπου η ταχύτητα του αερίου έχει αυξηθεί τόσο ώστε το υγρό κατεβαίνει εν μέρει από τις οπές αλλά και από τον αγωγό καθόδου (downcomer) του δίσκου (B-weeping point). Η περιοχή III, η περιοχή σωστής λειτουργίας του δίσκου, με ελάχιστη ταχύτητα το σημείο B και η μέγιστη το σημείο C, που αντιστοιχεί στο σημείο πλημμύρισης (C-flooding point), όπου το υγρό κατέρχεται στη στήλη μέσω του αγωγού καθόδου.

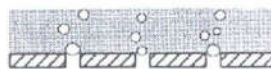


Σχήμα 2.6 Περιοχές λειτουργίας δίσκων [1]

Πλημμύριση είναι μια ασταθής κατάσταση κατά την οποία το ύψος του υγρού στους αγωγούς καθόδου και στους δίσκους αυξάνεται σημαντικά, έτσι ώστε η

στήλη να είναι ουσιαστικά γεμάτη με υγρό και η λειτουργία των δίσκων να υποβαθμίζεται. Δύο αιτίες ενοχοποιούνται για πλημμύριση: υπερβολική ταχύτητα υγρού και υπερβολική ταχύτητα αερίου. Η υπερβολική ταχύτητα του υγρού δεν επιτρέπει το διαχωρισμό της αέριας φάσης από την υγρή, στον αγωγό καθόδου. Ως αποτέλεσμα, προκαλείται πλημμύριση των δίσκων από την αύξηση του ύψους του υγρού που είναι σε αφρώδη κατάσταση. Η υπερβολική ταχύτητα του αερίου προκαλεί τη μεταφορά σταγονιδίων υγρού από τον έναν δίσκο στον άλλο (jets). Η Περιοχή III λοιπόν, παριστάνει τη σωστή λειτουργία της στήλης. Αυτή πάλι μπορεί να αναλυθεί πιο λεπτομερειακά στις τέσσερις περιοχές που φαίνονται στο Σχήμα 2.7. Η λειτουργία της στήλης, δηλαδή, θα πρέπει να περιοριστεί πριν από την Περιοχή 4.

1) Περιοχή σχηματισμού αραιών φυσαλίδων



2) Περιοχή σχηματισμού φυσαλίδων με κανονικό και συγκεκριμένο τρόπο κίνησης



3) Περιοχή όπου οι φυσαλίδες κινούνται με τυχαία κίνηση - σχηματισμός αφρού



4) Περιοχή σχηματισμού πιδάκων ατμού

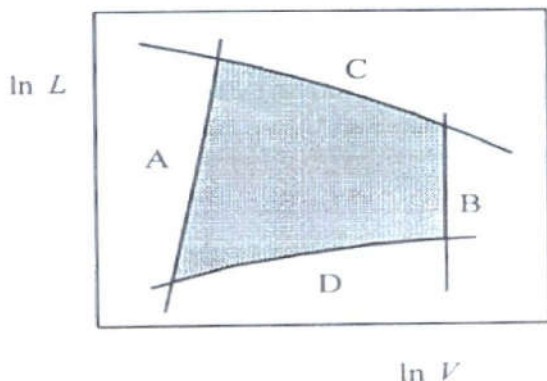


Σχήμα 2.7 Σχηματισμός φυσαλίδων σε δίσκο [1]

Όλα τα ανωτέρω μπορούν συμπερασματικά να δειχθούν στο Σχήμα 2.8 όπου σχεδιάζονται οι ροές υγρού L και ατμού V . Το γραμμοσκιασμένο τμήμα δείχνει την περιοχή σωστής λειτουργίας που περικλείεται από τις εξής καμπύλες:

A-ελάχιστη ταχύτητα ατμών για σωστή λειτουργία του δίσκου (Σημείο B, Περιοχή III, Σχήμα 2.8)

B-μέγιστη ταχύτητα ατμών προς αποφυγή πιδάκων τέτοιων ώστε ο αφρός από ένα

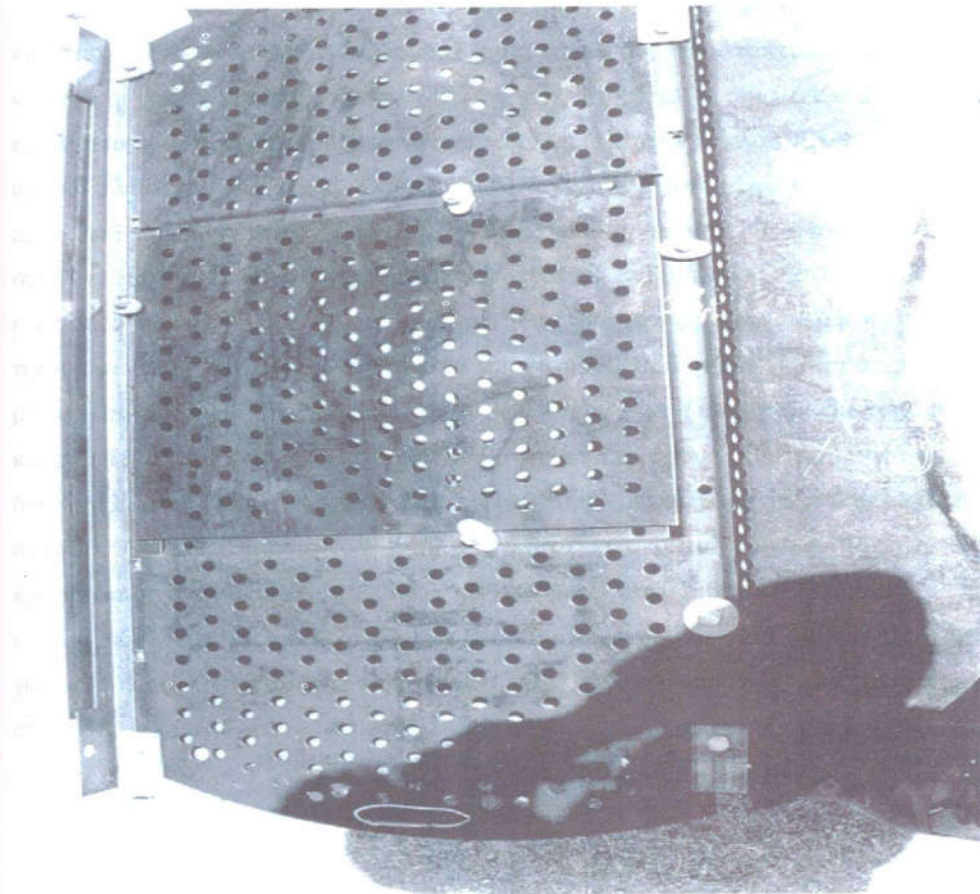


Σχήμα 2.8 Διάγραμμα ροών υγρού και ατμού [1]

δίσκο να φτάνει τον υπερκείμενο δίσκο και έτσι να δημιουργεί επιπλέον αντίσταση. C-καμπύλη υπερχειλίσσης όπου: (α) για μέγιστη ταχύτητα ατμών, οι ατμοί συμπαρασύρουν σταγονίδια υγρού στον υπερκείμενο δίσκο και (β) για μέγιστη ταχύτητα υγρού, το υγρό δεν προλαβαίνει να διαχωριστεί από το αέριο στον αγωγό καθόδου.

D-καμπύλη ελάχιστης ταχύτητας υγρού ώστε να γεμίζει σωστά ο δίσκος.

Παρακάτω παρουσιάζονται ένας διάτρητος δίσκος (Σχήμα 2.9) και ένας δίσκος αποστακτικής στήλης με κάψες (Σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.9 Διάτρητος δίσκος αποστακτικής στήλης (Διυλιστήριο Ε.Κ.Ο.) [1]



Σχήμα 2.10 Δίσκος αποστακτικής στήλης με κάψες (Διυλιστήριο E.K.O.) [1]

Έχοντας περιγράψει τη λειτουργία της αποστακτικής στήλης και των δίσκων, κρίνεται σκόπιμο να δοθεί ένα παράδειγμα συνήθους αποστακτικής στήλης. Η πλέον κλασσική χρήση αποστακτικών στηλών στη βιομηχανία εμφανίζεται στη διύλιση-κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου. Παρότι η κλασματική απόσταξη του αργού είναι μια διεργασία διαχωρισμού πολυσύνθετου μίγματος, δε διαφέρει σαν αρχή από τις διεργασίες διαχωρισμού δυαδικών μιγμάτων. Οι αποστακτικές στήλες, στην πράξη, αποτελούν ογκώδεις και σχετικά πολύπλοκες κατασκευές. Για ένα κλασσικό ύψος στήλης 60 m, μια συνήθως διάμετρος είναι περίπου 4 m. Σ' ένα τέτοιο μέγεθος στήλης αντιστοιχούν περίπου 60 πραγματικοί δίσκοι σε απόσταση μεταξύ τους 30-80 cm. Η διάμετρος των οπών των διάτρητων δίσκων είναι κατά κανόνα 13-25 mm και η επιφάνεια των αγωγών καθόδου του υγρού καταλαμβάνει το 6-8% της επιφάνειας της εγκάρσιας διατομής της στήλης. Η πολυπλοκότητα που παρουσιάζει μια αποστακτική στήλη, έγκειται στο μεγάλο ύψος της, στη δυσκολία πρόσβασης στο εσωτερικό της, καθώς και στον μεγάλο αριθμό συνδέσεων, κολλήσεων και γενικά στον πολυάριθμο μηχανολογικό εξοπλισμό που τη χαρακτηρίζει και καθιστά ιδιόμορφη και πολύπλοκη την επιθεώρηση και τη συντήρησή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

3 Η ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΞΗ

3.1 Κόστος Μονάδας Απόσταξης

Το κόστος μιας μονάδας απόσταξης θεωρείται ότι συνίσταται από το αρχικό κεφάλαιο της στήλης, που κύρια υπολογίζεται από τον αριθμό των δίσκων και την διάμετρο της στήλης και τα έξοδα λειτουργίας που υπολογίζονται από τις ανάγκες σε ατμό και νερό ψύξεως.

3.2 Μέθοδοι Μείωσης Κατανάλωσης Ενέργειας

Οι μέθοδοι για την μείωση κατανάλωσης ενέργειας στην απόσταξη μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις προσεγγίσεις:

- (1) Καλύτερος έλεγχος και λειτουργία της υπάρχουσας στήλης
- (2) Επαναχρησιμοποίηση του θερμικού περιεχομένου των ατμών του αποστάγματος
- (3) Αλληλουχία των στηλών στις αποστάξεις πολλών συστατικών.

Η απόσταξη είναι μια καθιερωμένη λειτουργία και οι περισσότερες μέθοδοι για την ενεργειακή εξοικονόμηση δεν είναι νέες. Οι μέθοδοι αυτές δεν έχουν όμως εφαρμοστεί ευρέως, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει ανεπαρκές οικονομικό κίνητρο για να βελτιωθούν τα ενεργειακά ανεπαρκή σχέδια. Εντούτοις, δεν πρέπει να υποθέτει κανείς ότι δεν μπορούν να γίνουν κάποια πράγματα ακόμη για την ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Τα μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης που περιγράφονται στη βιβλιογραφία ασχολούνται κυρίως με τις μεθόδους μείωσης των απαιτήσεων θερμότητας του αναβραστήρα, ο οποίος αντιπροσωπεύει την σημαντικότερη σε ενεργειακή απαίτηση λειτουργία στην απόσταξη. Ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται επίσης για την άντληση του ψυχρού νερού μέσω των συμπυκνωτών καθώς επίσης και για τις αντλίες επαναροής. Καθώς αυξάνονται τα φορτία θερμότητας του αναβραστήρα συνήθως προκαλούν αυξανόμενα φορτία στο συμπυκνωτή και στην επαναροή με αποτέλεσμα η απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια να ακολουθεί κατά προσέγγιση την απαίτηση για θερμική ενέργεια. Για αυτό το λόγο η έλλειψη συγκεκριμένης προσοχής στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι τόσο σημαντική.

3.2.1 Καλύτερος έλεγχος και λειτουργία των υπάρχουσων στηλών

Λόγος Επαναρροής:

Ο λόγος επαναρροής είναι μια θεμελιώδης σχεδιαστική παράμετρος. Η μείωση του αυξάνει τον αριθμό βαθμίδων που απαιτούνται, και ως εκ τούτου και τις κύριες δαπάνες στηλών, αλλά, μειώνει το φορτίο θερμότητας του αναβραστήρα. Η τρέχουσα πρακτική για το σχεδιασμό, εμφανίζεται να είναι περίπου μόνο 10% πάνω από τον ελάχιστο λόγο επαναρροής. Επομένως υπάρχει πιθανώς μικρό περιθώριο για σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο σχεδιασμό των νέων στηλών μέσω του μειωμένου λόγου επαναρροής, παρόλο που η αύξηση του αριθμού βαθμίδων μπορεί να δικαιολογηθεί σε μερικές υπάρχουσες στήλες.

Εντούτοις, υπάρχει δυνατότητα για ενεργειακή εξοικονόμηση μέσω του καλύτερου ελέγχου της επαναρροής στις υπάρχουσες στήλες.

Καθαρότητα Προϊόντων:

Οι μικρές χαλαρώσεις στις προδιαγραφές καθαρότητας στο απόσταγμα και στο υπόλειμμα μπορούν να δώσουν σημαντική εξοικονόμηση στο φορτίο θερμότητας του αναβραστήρα, και γι' αυτό οι προδιαγραφές αυτές πρέπει να αναθεωρούνται τακτικά. Ίσως χρειάζονται λιγότερο αυστηρές προδιαγραφές με τις οποίες θα καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια. Ομοίως, η παροχή καθαρότερων από ότι απαιτούνται προϊόντων, αυξάνει το φορτίο θερμότητας.

Πίεση Λειτουργίας:

Η λειτουργία χαμηλότερης πίεσης μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσά ενέργειας, ιδιαίτερα με τους υδρογονάνθρακες, λόγω της αυξανόμενης σχετικής πτητικότητας τους.

Εσωτερικά Στοιχεία Στήλης:

Εάν το φορτίο μιας στήλης αλλάξει εμφανώς από το αρχικό σχέδιο της, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να γίνει, χωρίς να απαιτείται, ιδιαίτερα υψηλή. Τα ανακριβή στοιχεία όσον αφορά τις αποδοτικότητες των δίσκων μπορεί να αυξήσουν την ενεργειακή κατανάλωση και αυτό γιατί, εφόσον οι πραγματικές αποδόσεις είναι μικρότερες από τις σχεδιαστικές προδιαγραφές, η στήλη στη πραγματικότητα θα

λειτουργεί σε λόγους επαναρροής μεγαλύτερους από την σχεδιαστική τιμή.

Θέση Τροφοδοσίας Δίσκων:

Το κατάλληλο σημείο τροφοδοσίας θα πρέπει να διευκρινίζεται στο αρχικό σχέδιο, έτσι ώστε να έχουμε ελάχιστο φορτίο θερμότητας στον αναβραστήρα. Εάν όμως, το αρχικό σχέδιο για τη θερμοκρασία τροφοδοσίας ή οι προδιαγραφές της σύνθεσης του προϊόντος έχουν αλλάξει, μπορεί να χρειάζεται να υπολογιστεί εκ νέου το βέλτιστο σημείο τροφοδοσίας.

Πλευρικοί-σχεδιαστικοί έλεγχοι:

Σε μερικές αποστάξεις, ο έλεγχος του υπέρθερμου προϊόντος εξαρτάται από την απομάκρυνση ενός σχετικά μικρού πλευρικού-σχεδιαστικού ελέγχου στο ενδιάμεσο επίπεδο των δίσκων (παραδείγματος χάριν, καθαρισμός μεθανόλης όπου οι μικρές ποσότητες ενός πλούσιου υλικού αιθανόλης απομακρύνονται σαν πλευρική έξοδος). Εάν η πλευρική έξοδος δεν είναι στη βέλτιστη θέση τότε εκτιμάται ότι το φορτίο θερμότητας θα αυξηθεί προκειμένου να ανταποκριθεί στην απαραίτητα υψηλής ποιότητας, προδιαγραφή. Ο προσδιορισμός του βέλτιστου αυτού μπορεί να δημιουργήσει ένα σχετικά δύσκολο σχεδιαστικό πρόβλημα. Διάφορες εναλλακτικές θέσεις πλευρικής εξόδου θα πρέπει να παρέχονται στη στήλη για να διατηρήσει το βέλτιστο, μετά από λειτουργικές αλλαγές.

Η υιοθέτηση των παραπάνω μέτρων για τη βελτίωση της λειτουργίας των υπάρχουσων στηλών μπορεί να αποδώσει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, περίπου της τάξης του 20%. Εντούτοις, η υιοθέτηση όλων των μέτρων μπορεί να απαιτεί σημαντικό εργατικό δυναμικό, χρόνο και υπολογιστική σχεδιαστική βοήθεια, κάτι το οποίο αντιπροσωπεύει μια πολιτική τελειοποίησης, η οποία εμφανίζεται σε πολλές περιπτώσεις να απέχει πολύ από την πραγματικότητα. Ένα σύνηθες πρόβλημα εμφανίζεται να είναι η ανεπάρκεια οργάνων για να καθορισθεί η ακριβής κατανάλωση ατμού στις στήλες. Ο υπολογισμός της παροχής ατμού μεγάλων καταναλώσεων στις στήλες και η σύγκριση της πραγματικής χρήσης με τη σχεδιαστική, πρέπει να γίνουν πριν αρχίσει οποιαδήποτε συστηματική προσέγγιση για βελτιωμένη λειτουργία.



3.2.2 Επαναχρησιμοποίηση του θερμικού περιεχομένου των ατμών του αποστάγματος

Στην πλειοψηφία των αποστάξεων, κάθε στήλη έχει τον αναβραστήρα της και τον υδρόψυκτο συμπυκνωτή της. Η θερμότητα που παρέχεται στον αναβραστήρα ρέει προς τα επάνω στη στήλη, υποβιβάζεται σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση και ο όγκος της θερμότητας που παρέχεται, απορρίπτεται στον συμπυκνωτή χωρίς περαιτέρω χρήση. Μία αποδοτικότερη χρήση της παρεχόμενης θερμότητας, ειδικότερα όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση του θερμικού περιεχομένου των ατμών του αποστάγματος, δίνει τη δυνατότητα για σημαντική μείωση των ενεργειακών αναγκών στην απόσταξη. Μερικές προσεγγίσεις σε αυτό περιγράφονται παρακάτω. Αν και μερικές από αυτές τις μεθόδους έχουν πρόσφατα ανακαλυφθεί ξανά, οι περισσότερες από αυτές δεν είναι ιδιαίτερα νέες και έχουν αναγνωριστεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (μερικές περιορισμένες μορφές ανάκτησης θερμότητας, όπως η προθέρμανση της τροφοδοσίας, είναι φυσικά καθιερωμένες πρακτικές).

Παραγωγή ατμού χαμηλής πίεσης:

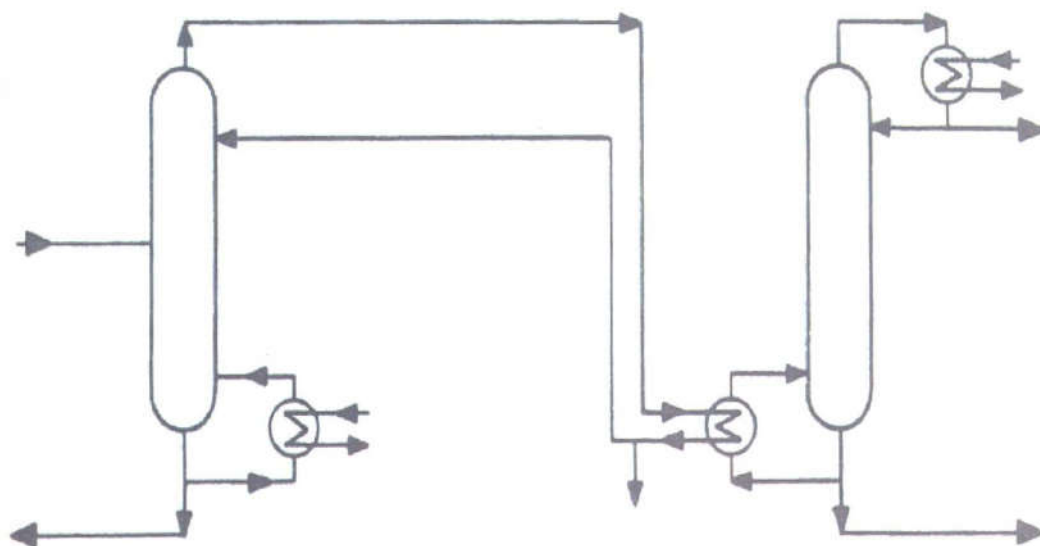
Είναι δυνατή η παραγωγή ατμού χαμηλής πίεσεως εφόσον η θερμοκρασία συμπύκνωσης είναι αρκετά υψηλή. Αυτό είναι περισσότερο ελκυστικό εάν ένας χρήστης ατμού βρίσκεται κοντά στη στήλη απόσταξης έτσι ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση ατμού χαμηλής πίεσεως σε μεγάλες αποστάσεις.

Χρησιμοποίηση των ατμών στον αναβραστήρα μιας άλλης στήλης:

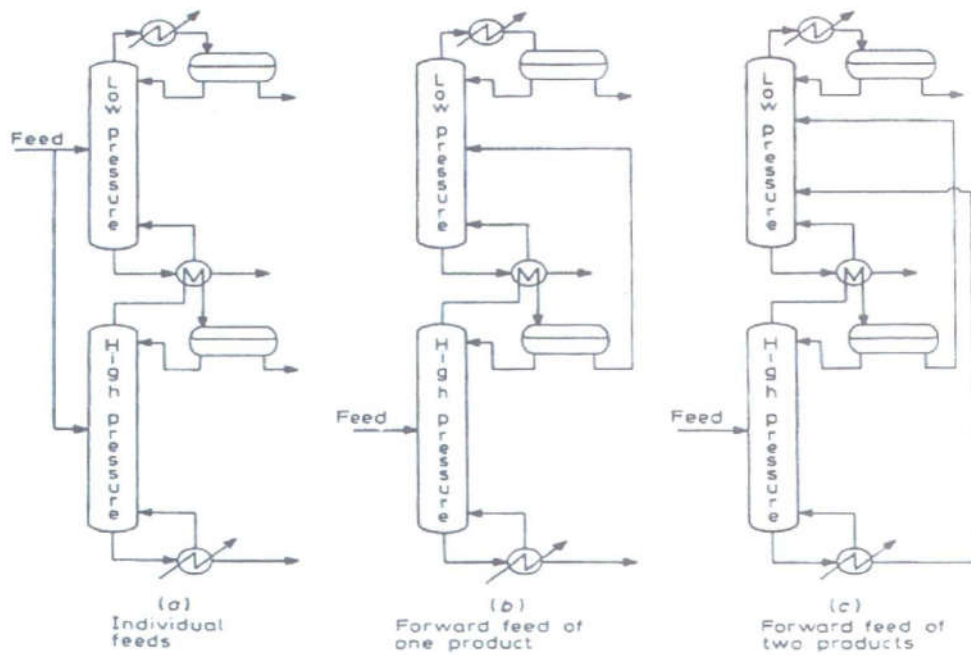
Ένας αριθμός παραλλαγών αυτής της προσέγγισης είναι δυνατός, ιδιαίτερα εάν οι πιέσεις των στηλών είναι ποικίλες έτσι ώστε να παρέχουν επαρκείς διαφορές θερμοκρασίας. Μερικά παραδείγματα παρουσιάζονται στα σχήματα 3.1 έως και 3.3:

- Το σχήμα 3.1 παρουσιάζει την προσέγγιση που εφαρμόζεται στη περίπτωση δύο αρχικά χωριστών αποστάξεων.
- Το σχήμα 3.2 παρουσιάζει παραδείγματα της “πολύ-αποτελεσματικής” απόσταξης.
- Το σχήμα 3.3 παρουσιάζει μία “θερμικά συνδεδεμένη” ρύθμιση (ο όρος “θερμική σύζευξη” χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει ένα σύστημα όπου η

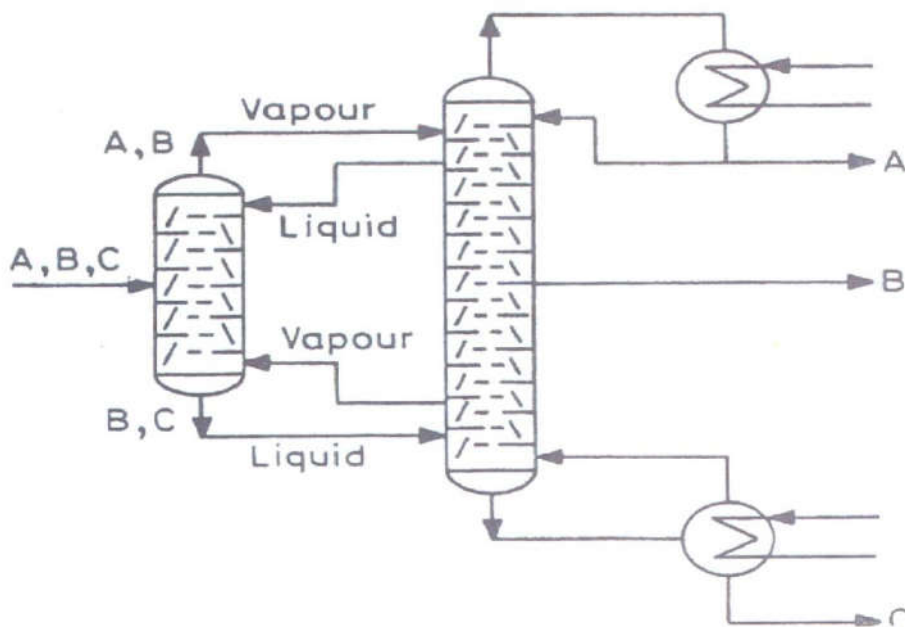
μεταφορά θερμότητας ανάμεσα στα τμήματα διαχωρισμού συμβαίνει από την άμεση επαφή υγρού και ατμού).



Εικόνα 3.1 Απόσταγμα από μία στήλη που χρησιμοποιείται από μία άλλη [3]



Εικόνα 3.2 'Πολύ-αποτελεσματικές' αποστακτικές στήλες [3]

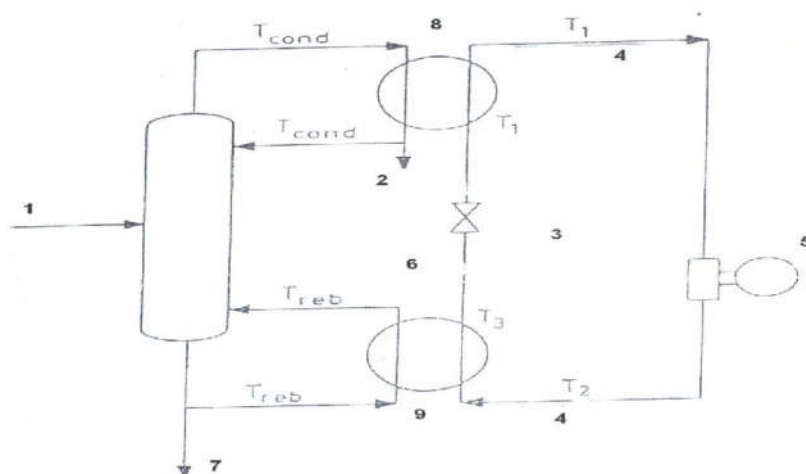


Εικόνα 3.3 'Θερμικά συνδεδεμένη' απόσταξη [3]

Εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση αντλίας θερμότητας σε αποστακτική στήλη

Με τη χρήση της αρχής των αντλιών θερμότητας, το περιεχόμενο θερμότητας του αποστάγματος μπορεί να αναβαθμιστεί επαρκώς για να παρέχει αναβρασμένη θερμότητα στην ίδια στήλη. Αυτό είναι προφανώς ελκυστικό μόνο κατά το διαχωρισμό των σχετικά κοντινών θερμών συστατικών, όπου ο βαθμός θερμοκρασιών στη στήλη δεν είναι πολύ μεγάλος. Το σχήμα 3.4 παρουσιάζει μια αποστακτική στήλη όπου έχει προστεθεί μια αντλία θερμότητας κλειστού τύπου με χωριστό εργαζόμενο μέσο.

Έτσι χρειάζεται λιγότερη κατανάλωση θερμικής ενέργειας, δηλαδή έχουμε ανάκτηση θερμότητας. Χωρίς την αντλία θερμότητας το θερμικό περιεχόμενο του αποστάγματος έφευγε είτε προς το περιβάλλον μέσω του πύργου ψύξης είτε σε κάποιο ποταμό που συνήθως βρίσκετε δίπλα από τέτοιες χημικές μονάδες.



Σχήμα 3.4 Απόσταξη με αντλία θερμότητας κλειστού κύκλου [3]

3.2.3 Η αλληλουχία των στηλών στις αποστάξεις πολλών - συστατικών

Ο χωρισμός ενός ν-συστατικού μίγματος στα σχετικά καθαρά προϊόντα απαιτεί μια ακολουθία ν-1 στηλών απόσταξης υπό τον όρο ότι κάθε στήλη έχει μια ενιαία τροφοδοσία και παράγει ένα απόσταγμα και ένα υπόλειμμα. Οι στήλες μπορούν να συνδεθούν σε μια ποικιλία διαφορετικών διατάξεων, ο πιθανός αριθμός των οποίων αυξάνεται ραγδαία καθώς ο αριθμός των συστατικών στην τροφοδοσία αυξάνεται. Για οποιοδήποτε διαχωρισμό κάθε μια από τις διατάξεις, θα έχει διαφορετικές ενεργειακές καταναλώσεις αλλά θα υπάρξει έτσι μια βέλτιστη διάταξη.

Οι βέλτιστες διατάξεις για κάποιους συγκεκριμένους διαχωρισμούς, ειδικά στον τομέα της απόσταξης οινοπνεύματος, έχουν υπάρξει για πολλά έτη. Εντούτοις, δε συνέβαινε πριν την δεκαετία του '60, όταν το γενικό πρόβλημα βελτιστοποίησης άρχισε να αντιμετωπίζεται συστηματικά χρησιμοποιώντας τις ευριστικές ή αλγοριθμικές τεχνικές βασισμένες στις μεθόδους βελτιστοποίησης.

Υπάρχουν λίγα στοιχεία από εφαρμογές αυτών των τεχνικών στα νέα σχέδια και προφανώς δεν είναι ακόμη πλήρως καθιερωμένες για να υπερνικήσουν την κατανοητή απροθυμία έτσι ώστε να αλλαχτούν οι καθιερωμένες και αποδεδειγμένες διαμορφώσεις. Εντούτοις, η προσέγγιση προσφέρει ικανοποιητική δυνατότητα για εξοικονόμηση ενέργειας ώστε να δοθεί προσοχή, ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου αξιόπιστες ευριστικές και εύκολα εφαρμόσιμες σχεδιαστικές μέθοδοι μπορούν να αναπτυχθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

Τρεις είναι οι μέθοδοι αξιολογήσεως και κατατάξεως των επενδυτικών προτάσεων, οι παρακάτω:

1. Ο Χρόνος Αποπληρωμής ή απόσβεσης (μη επικαιροποιημένος) (**ΧΑ**)
(ή αλλιώς η διάρκεια δημιουργίας μιας θετικής χρηματοροής)
2. Η Καθαρά Παρούσα Αξία (**ΚΠΑ**)
3. Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (**ΕΒΑ**)

Παρακάτω αναλύονται περισσότερο ενώ παράλληλα δίνεται και από ένα παράδειγμα

1. Χρόνος Αποπληρωμής (μη επικαιροποιημένος) -ΧΑ

Ο χρόνος αποπληρωμής είναι ο απαραίτητος χρόνος έτσι ώστε τα καθαρά αθροιστικά έσοδα που προκαλούνται από μια επένδυση να επαρκούν για να καλύψουν το αρχικό κόστος (χωρίς επικαιροποίηση των χρηματοροών)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα της μεθόδου όπου φαίνονται τα μειονεκτήματά της. Το παράδειγμα έχει ως εξής: Έχουμε μια επένδυση 300€ με κόστος κεφαλαίου 10% και θέλουμε να βρούμε το χρόνο αποπληρωμής για δύο διαφορετικές περιπτώσεις έργων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

	ΕΡΓΟ Α	ΕΡΓΟ Β
<u>ΕΤΗ</u>	<u>ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΕΣ</u>	
1 ^ο	200€	100€
2 ^ο	100€	100€
3 ^ο	100€	100€
ΧΑ	2 χρόνια	2 χρόνια

Πίνακας 4.1 Παράδειγμα της μεθόδου ΧΑ

Από το παραπάνω πίνακα 'φαίνονται' και τα δύο έργα εξίσου ενδιαφέροντα. Αυτό όμως δεν είναι σωστό διότι οι χρηματοροές είναι διαφορετικές στα πρώτα δύο χρόνια στα δύο έργα.

2. Καθαρά Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η καθαρά παρούσα αξία είναι η διαφορά μεταξύ των μελλοντικών χρηματοροών και του κόστους επενδύσεως μετρημένα βάση της σημερινής αξίας.

Η γενική εξίσωση της ΚΠΑ έχει ως εξής:

$$\text{ΚΠΑ} = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} - \text{INV}$$

Στη περίπτωση που $F_1=F_2=\dots=F$ η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$\text{ΚΠΑ} = F \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} - \text{INV} \quad (1)$$

$$\text{ή ΚΠΑ} = F \cdot \frac{1}{I} \left[1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right] - \text{INV} \quad (2)$$

Η παραπάνω εξίσωση στην εργασία αυτή διαμορφώνεται ανάλογα με τα δεδομένα και για τις δύο διαφορετικές υποθέσεις που αναλύονται παρακάτω, ξεχωριστά.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα της μεθόδου για μια επένδυση (INV) 1000€ με κόστος κεφαλαίου (I) 10% που μπορεί να εξοφληθεί με δύο έργα που έχουν διαφορετικές χρηματοροές

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

		ΕΡΓΟ Α		ΕΡΓΟ Β	
ΕΤΗ (t)	(1+I) ^{-t}	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΠΑ	ΧΡΗΜΑΤΟΡΡΟΗ	ΠΑ
1 ^ο	0,9091	500€	455€	100€	91€
2 ^ο	0,8264	400€	331€	200€	165€
3 ^ο	0,7513	300€	225€	300€	225€
4 ^ο	0,6830	100€	68€	400€	273€
5 ^ο	0,6209	10€	6€	500€	310€
6 ^ο	0,5645	10€	6€	600€	339€
		ΣΠΑ=	1091€		1403€
		-INV=	-1000€		-1000€
		ΚΠΑ=	91€		403€

Πίνακας 4.2 Παράδειγμα της μεθόδου ΚΠΑ

Από το παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το έργο Β είναι ευνοϊκότερο του Α.

3. Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι ο λόγος επικαιροποίησης για τον οποίο η Καθαρά Παρούσα Αξία μιας επένδυσης γίνεται ίση με το μηδέν.

$$\sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} - INV = 0 \text{ και } i = \frac{I}{100} \%$$

Η τιμή του I που ικανοποιεί την εξίσωση είναι ο EBA

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα στο οποίο παρουσιάζεται ποιους EBA θεωρούμε ικανοποιητικούς και ποιους όχι

Κατάλογος των Προτεινόμενων Έργων				
Προτάσεις		Επενδύσεις	Σύνολο	EBA
1.	Αγορά ενοικιαζόμενων κτιρίων	2,000,000 €	2,000,000 €	23%
2.	Μηχανογράφηση του λογιστηρίου	1,200,000 €	3,200,000 €	19%
3.	Ανακαίνιση γραφείων (κτίρια)	1,500,000 €	4,700,000 €	17%
4.	Επένδυση υπ. Αρ.1 σχετική με την εξοικονόμηση ενέργειας	900,000 €	5,600,000 €	16%
5.	Αγορά συγγενικής εταιρείας	3,600,000 €	9,200,000 €	13%
6.	Αγορά μιας υποδομής για φόρτωση	300,000 €	9,500,000 €	12%
7.	Επένδυση υπ. Αρ. 2 σχετική με την εξοικονόμηση ενέργειας	500,000 €	10,000,000 €	11%
....10%
8.	Εγκατάσταση μιας μεταφορικής ταινίας	200,000€	10,200,000€	9%
9.	Κατασκευή ενός νέου εργοστασίου	2,300,000€	12,500,000€	8%
10.	Επένδυση υπ. Αρ. 3 σχετική με την εξοικονόμηση ενέργειας	200,000€	12,700,000€	7%

Πίνακας 4.3 Κατάταξη επενδύσεων με φθίνοντα EBA

Γενικά κατατάσσουμε τις επενδύσεις με φθίνοντα εσωτερικό βαθμό απόδοσης και θεωρούμε ότι όσοι EBA είναι πάνω από το κόστος κεφαλαίου (I) θεωρούνται αποδεκτοί, ενώ όσοι είναι κάτω από αυτό δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Στο παραπάνω παράδειγμα θεωρούμε πως το I είναι 10% και άρα συμφέρει να αποδεχθούμε τις επενδύσεις που είναι πάνω από αυτό το ποσοστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΠΟΣΤΑΚΤΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

5.1 Η Αποστακτική Στήλη

Θεωρούμε μια βιομηχανική αποστακτική στήλη από τη οποία παράγονται 150,000 τόνοι κυκλοεξανόλης.

Θεωρούμε επίσης πως η βιομηχανία αποφάσισε να εξοικονομήσει ενέργεια προσθέτοντας στην αποστακτική της στήλη μία αντλία θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό γίνεται επαναχρησιμοποίηση του θερμικού περιεχομένου των ατμών που εξέρχονται από τη κορυφή της στήλης.

5.2 Τα Δεδομένα

Ολική Επένδυση

$$INV = 6,454,153\text{€}$$

Δύο Υποθέσεις Χρηματοδότησης:

- Υπόθεση 1: Πλήρης αυτοχρηματοδότηση
Κόστος για την εταιρεία : 6,454,153 € (χωρίς επιδότηση του κράτους)
Κόστος για την εταιρεία : 5,163,323 € (με 20% επιδότηση του κράτους)
- Υπόθεση 2: Πλήρης χρηματοδότηση από την τράπεζα με δύο ειδών δανείων
 - 1) Για το 50% της επένδυσης μακροπρόθεσμο δάνειο (15 χρόνια) με επιτόκιο 7% [5]
 - 2) Για το υπόλοιπο 50% της επένδυσης μεσοπρόθεσμο δάνειο (7 χρόνια) με επιτόκιο 6% [5]

Φορολογία

$$35\% [6]$$

Κόστος Συντήρησης και Ασφάλειας

$$5\% \text{ (ποσοστό επί της αρχικής επένδυσης το χρόνο)}$$

Ποσοστό Εξοικονόμησης Ενέργειας

$$17,500 \text{ tep/έτος}$$

Κόστος Πετρελαίου

$$0,2 \text{ €/lt [6]}$$

Ποσοστό Καταναλισκόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας

$$11,700,000 \text{ tep/έτος}$$

Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας

0,09852€/kWh [7]

Υπολοιπούσα Αξία

0 €

Διάρκεια Οικονομικής Ανάλυσης

15 χρόνια

- a. Πρόκειται για την εκτιμώμενη διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης
- b. Ως προς την «υπόθεση 2» χρηματοδότησης, ισούται με την διάρκεια του μακροπρόθεσμου δανείου, αλλά είναι μεγαλύτερη από την διάρκεια του μεσοπρόθεσμου.

Λόγος Επικαιροποίησης

12% (τιμή που έχει υιοθετηθεί από τις επιχειρήσεις για τους υπολογισμούς των επενδύσεων τους) [6]

Ποσοστό Πληθωρισμού

3%

Ποσοστό Αύξησης του Κόστους του Καυσίμου (Rth)

4 υποθέσεις: 0%, 5%, 8%, 10%

Ποσοστό Αύξησης του Κόστους του Ηλεκτρισμού (Rel)

3 υποθέσεις: 0%, 3%, 5%

- ❖ Οι συνδυασμοί που προκύπτουν από τις παραπάνω υποθέσεις για τα ποσοστά του καυσίμου και του ηλεκτρισμού είναι 12: (0-0), (0-3), (0,5), (5,0), (5,3), (5,5), (8,0), (8,3), (8,5), (10,0), (10,3), (10,5).
- ❖ Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι στα παραπάνω ποσοστά προστίθεται και ο πληθωρισμός (3%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Υπολογισμός των Χρηματοροών της Θερμότητας και του Ηλεκτρισμού

- Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας λόγω θερμότητας:

$$F_{th} = \frac{17,500tep / \acute{\epsilon}τος}{0.0009tep / lt} \times 0.2 \text{ €/lt} = 3,888,889 \text{ €/έτος}$$

- Υπολογισμός καταναλώσεως ηλεκτρικής ενέργειας:

$$F_{el} = 11,700tep / \acute{\epsilon}τος \times 184\text{€} / tep = 2,152,800\text{€} / \acute{\epsilon}τος$$

6.1.1 Υπόθεση 1^η - Πλήρης Αυτοχρηματοδότηση

Εδώ ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης (1) η οποία μετά από κατάλληλες μετατροπές, έχει ως εξής:

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{t=1}^{15} \frac{F_{th}(1+R_{th})^t}{(1+I)^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{F_{el}(1+R_{el})^t}{(1+I)^t} - 0.05 \times INV \times \sum_{t=1}^{15} \left(\frac{1}{1+I} \right)^t - \sum_{t=1}^{15} F_1 - \sum_{t=1}^7 F_2 \right] \times 0.65 - INV$$

Στην υπόθεση αυτή έχουμε πλήρη αυτοχρηματοδότηση και άρα δεν υπάρχουν δάνεια από την τράπεζα, οπότε στην παραπάνω εξίσωση οι χρηματοροές F_1 και F_2 είναι μηδέν. Εάν υπάρχει επιδότηση του κράτους το μόνο που διαφοροποιείται είναι το κόστος για την επιχείρηση που ισούται με το 80% της αρχικής (INV), δηλαδή **5,163,323€**.

6.1.2 Υπόθεση 2^η – πλήρης χρηματοδότηση από τράπεζα

Στην υπόθεση αυτή έχουμε πλήρη χρηματοδότηση από τη τράπεζα με δάνεια (μακροπρόθεσμο και μεσοπρόθεσμο) τα οποία επιστρέφονται σταδιακά σε 15 και 7 χρόνια αντίστοιχα με τη μορφή χρηματορροών (F_1 και F_2).

Ο υπολογισμός των χρηματορροών για τα δυο δάνεια γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης (2) και έχει ως εξής:

Περίπτωση 1^η: Χωρίς Επιδότηση του Κράτους

$$0 = F_1 \frac{1}{0.07} \left[1 - \frac{1}{(1+0.07)^{15}} \right] - \frac{6,454,153}{2} \Rightarrow F_1 = 354,315$$

$$0 = F_2 \frac{1}{0.06} \left[1 - \frac{1}{(1+0.06)^7} \right] - \frac{6,454,153}{2} \Rightarrow F_2 = 578,082$$

Περίπτωση 2^η: Με 20% Επιδότηση από το Κράτος

$$0 = F_1' \frac{1}{0.07} \left[1 - \frac{1}{(1+0.07)^{15}} \right] - \frac{5,163,323}{2} \Rightarrow F_1' = 283,452$$

$$0 = F_2' \frac{1}{0.06} \left[1 - \frac{1}{(1+0.06)^7} \right] - \frac{5,163,323}{2} \Rightarrow F_2' = 462,466$$

Τέλος εδώ ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης (1) μετά από κατάλληλες μετατροπές και έχει ως εξής:

$$\text{ΚΠΑ} = \left[\sum_{t=1}^{15} \frac{F_m (1+R_m)^t}{(1+I)^t} - \sum_{t=1}^{15} \frac{F_e (1+R_e)^t}{(1+I)^t} - 0.05 \times \text{INV} \times \sum_{t=1}^{15} \left(\frac{1}{1+I} \right)^t - \sum_{t=1}^{15} F_1 - \sum_{t=1}^7 F_2 \right] \times 0.65$$

6.2 Στάθμιση του ΚΠΑ

Για την υπόθεση 2 μπορούμε να υπολογίσουμε και τη σταθμισμένη παρούσα αξία (ΚΠΑ_Σ), δηλαδή την επίδραση, θετική ή αρνητική, που μπορεί να έχει η επένδυση της εταιρείας λόγω ορισμένων εξωτερικών παραγόντων.

Θεωρούμε πως οι εξωτερικές επιδράσεις είναι τρείς:

1. Η καλυτέρευση της τεχνολογίας,
2. Η καταπολέμηση της ρύπανσης και
3. Η ασφάλεια του εφοδιασμού

Για κάθε κίνητρο θεωρούμε τους συντελεστές α και β και υπολογίζουμε το $\sum_{i=1}^n \alpha \cdot \beta$

όπου ο συντελεστής α αντιπροσωπεύει το ποσοστό του ολικού κόστους που χρησιμοποιείται για το κίνητρο και ο συντελεστής β αντιπροσωπεύει το βάρος που δίνει η εταιρεία στο κίνητρο αυτό.

6.2.1 Η καλυτέρευση της τεχνολογίας (κίνητρο 1)

Αυτή η καλυτέρευση των τεχνολογιών (κίνητρο 1 = ανάπτυξη της έρευνας) δια μέσου της έρευνας και της ανάπτυξης αφορά τους εναλλάκτες και το σύστημα ρύθμισης.

Προσδιορισμός του συντελεστή α_1

Το κόστος των συμπιεστών, των εναλλακτών και των ρυθμίσεων αντιπροσωπεύει το 50% του ολικού κόστους της επένδυσης για εξοικονόμηση ενέργειας, άρα $\alpha_1=0.5$.

Προσδιορισμός του συντελεστή β_1

Ο προϋπολογισμός της εταιρείας για έρευνα και ανάπτυξη είναι πολύ σημαντικός. Αντιπροσωπεύει το 50% των ετήσιων επενδύσεων, άρα $\beta_1=0.5$.

6.2.2 Η καταπολέμηση της ρύπανσης (κίνητρο 2)

Πρόκειται για την ελάττωση της θερμικής ρύπανσης, λόγω ελάττωσης της θερμότητας που διαχέεται στον αέρα από τον συμπυκνωτή.

Προσδιορισμός του συντελεστή α_2

Η εξωτερική αυτή οικονομία οφείλεται στην όλη επένδυση και άρα $\alpha_2=+1$.

Προσδιορισμός του συντελεστή β_2

Το 10% των επενδύσεων της εταιρείας έχουν ως κίνητρο την καταπολέμηση της ρύπανσης και άρα $\beta_2=+0.1$

6.2.3 Η ασφάλεια του εφοδιασμού (κίνητρο 3)

Εδώ έχουμε δύο εξωτερικές επιδράσεις με αντίθετο αποτέλεσμα:

- A. Η λιγότερη εξάρτηση από το πετρέλαιο και
- B. Η μεγαλύτερη εξάρτηση από τη ΔΕΗ

Η επένδυση μας δίνει λιγότερη εξάρτηση ως προς τις χώρες που παράγουν το πετρέλαιο (π.χ. κίνδυνος αποκλεισμού) αλλά μεγαλύτερη εξάρτηση από τη ΔΕΗ (π.χ. κίνδυνος απεργιών).

Για να υπολογίσουμε τους συντελεστές αυτών των δύο εξωτερικών επιδράσεων, θα υπολογίσουμε ξεχωριστά τους συντελεστές α_3 και β_3 θέτοντας:

$$\alpha_3 \beta_3 = (\alpha_a \times \beta_a) + (\alpha_b \times \beta_b)$$

Προσδιορισμός του α_a

- 1) Η επένδυση μας δίνει λιγότερη εξάρτηση ως προς το πετρέλαιο.
- 2) Η επένδυση της αντλίας θερμότητας μας δίνει 5% λιγότερη κατανάλωση σε όλο το εργοστάσιο και άρα:

$$\alpha_a = +1 \times 0.05 = +0.05$$

Προσδιορισμός του β_a

Το 15% των επενδύσεων που προσδίδονται έχουν κίνητρο την εξοικονόμηση ενέργειας. Από αυτές το 80% έχουν σχέση με την ελάττωση κατανάλωσης καυσίμου.

$$\beta_a = 0,15 \times 0,8 = +0.12$$

Προσδιορισμός του α_b

Όλη η επένδυση δημιουργεί μια μεγαλύτερη εξάρτηση ως προς τη ΔΕΗ. Η επένδυση αυξάνει τις αγορές από την ΔΕΗ κατά ένα ποσοστό 25% και άρα:

$$\alpha_b = -1 \times 0.25 = -0.25$$

Προσδιορισμός του β_b

Η πολιτική της εταιρείας ως προς τις επενδύσεις είναι να ελαττώνει την εξάρτηση της ως προς τη ΔΕΗ. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού μέσα στην

εταιρεία σε περίπτωση που η ΔΕΗ δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της είναι 25% της αρχικής επένδυσης.

$$\beta_{\beta}=+0,05$$

Προσδιορισμός των συντελεστών α_3 και β_3

Παρόλο που η ενεργειακή εξάρτηση ως προς τη ΔΕΗ έχει μικρότερη βαρύτητα έναντι αυτή των χωρών που παράγουν πετρέλαιο, η επίδραση της επένδυσης ως προς την κατανάλωση από τη ΔΕΗ παραμένει σημαντική.

$$\alpha_3 \beta_3 = (\alpha_a \beta_a) + (\alpha_{\beta} \beta_{\beta}) = -0.0065$$

Προσδιορισμός του Σ

$$\begin{aligned} \Sigma &= \text{ΠΑ} (\alpha_1 \beta_1 + \alpha_2 \beta_2 + \alpha_3 \beta_3) = \text{ΠΑ} ((0.50 \times 0.50) + (1 \times 0.10) + (-0.0065)) = \\ &= \text{ΠΑ} (+ 0.3435) \end{aligned}$$

Άρα η σταθμισμένη καθαρά παρούσα αξία ισούται με:

$$\text{ΚΠΑ}_{\Sigma} = \text{ΠΑ} (1 + 0.3435) - \text{INV} = \text{ΠΑ} \times 1.3435 - \text{INV} \text{ ή}$$

$$\text{ΚΠΑ}_{\Sigma} = \text{ΠΑ} \times 1.3435 - \text{INV}$$

6.3 Αποτελέσματα του ΚΠΑ

Υπόθεση 1^η : Πλήρης Αυτοχρηματοδότηση

ΚΠΑ (€) - ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	1,355,836.19	19,357,188,76	15,979,003.55	21,402,221.84
3%	-1,085,273.42	6,916,079.15	13,537,893.94	18,961,112.23
5%	-3,073,529.59	4,927,822,99	11,549,637,78	16,972,856.07

<u>ΚΠΑ (€) - ΜΕ 20% ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ</u>				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	2,932,395.40	10,933,747.98	17,555,562.77	22,978,781.05
3%	491,285.79	8,492,638.37	15,114,453.16	20,537,671.45
5%	-1,496,970.37	6,504,382.21	13,126,197.00	18,549,415.28

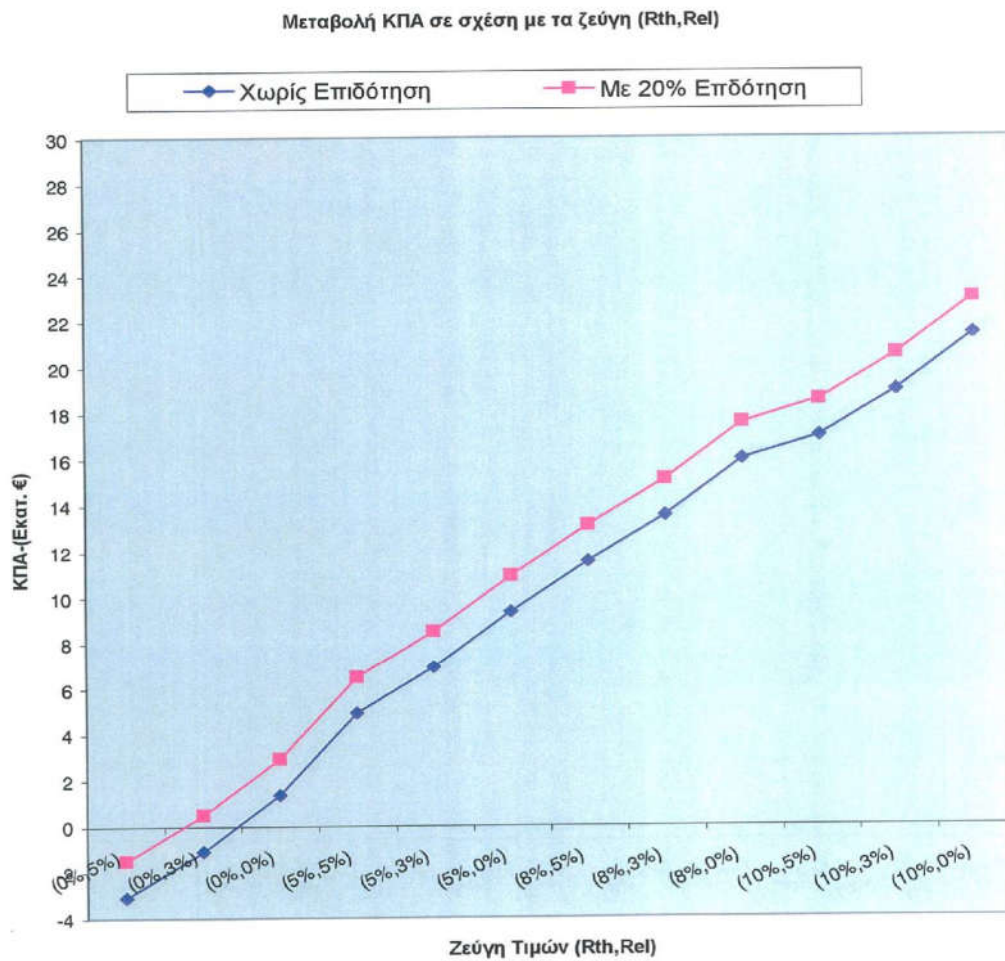
Υπόθεση 2^η : Πλήρης Χρηματοδότηση από Τράπεζα

<u>ΚΠΑ (€) - ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ</u>				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	1,725,144.84	9,726,497.41	16,348,312.20	21,771,530.49
3%	-715,964.77	7,285,387.80	13,907,202.59	19,330,420.88
5%	-2,704,220.94	5,297,131.64	11,918,946.43	17,342,164.72

<u>ΚΠΑ (€) - ΜΕ 20% ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ</u>				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	3,227,841.10	11,229,193.68	17,851,008.47	23,274,226.75
3%	786,731.49	8,788,084.07	15,409,898.86	20,833,117.15
5%	-1,201,524.67	6,799,827.91	13,421,642.70	18,844,860.98

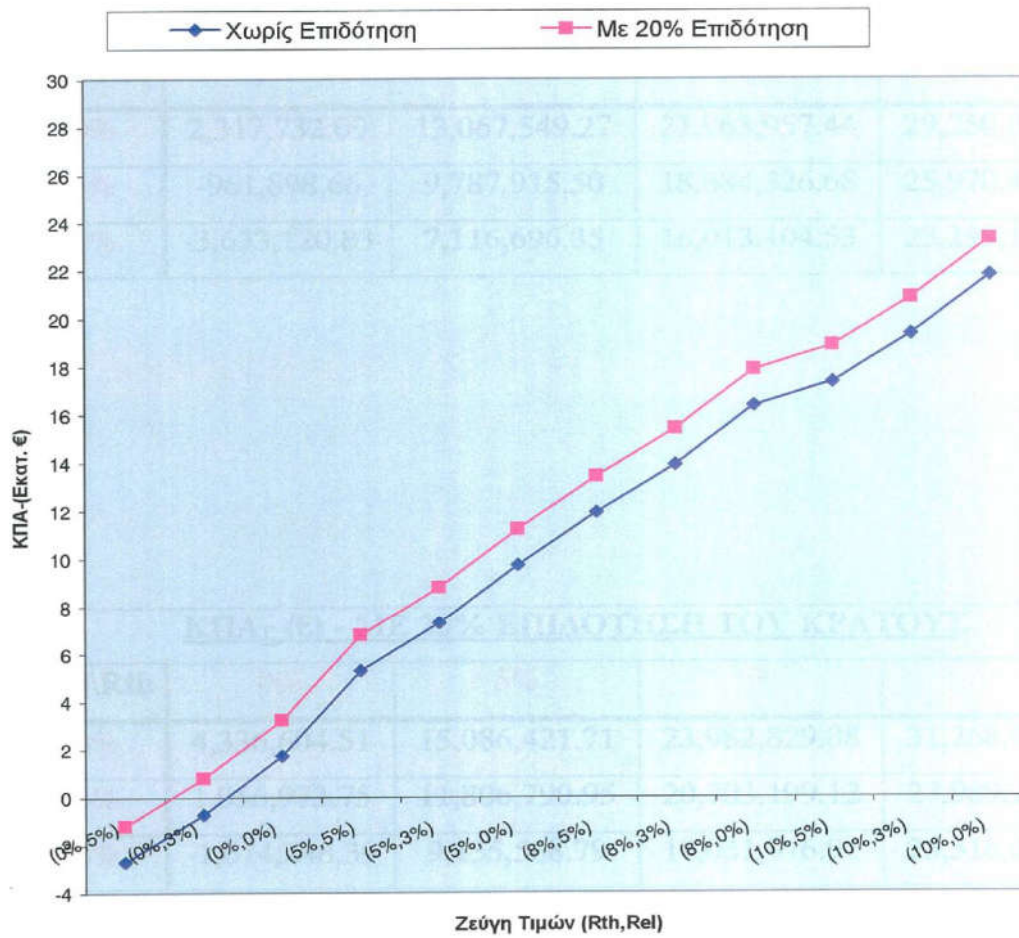
6.3.1 Διαγράμματα του ΚΠΑ

Υπόθεση 1^η : Πλήρης Αυτοχρηματοδότηση



Υπόθεση 2^η : Πλήρης Χρηματοδότηση από Τράπεζα

Μεταβολή ΚΠΑ σε σχέση με το ζεύγος (Rth,Rel)



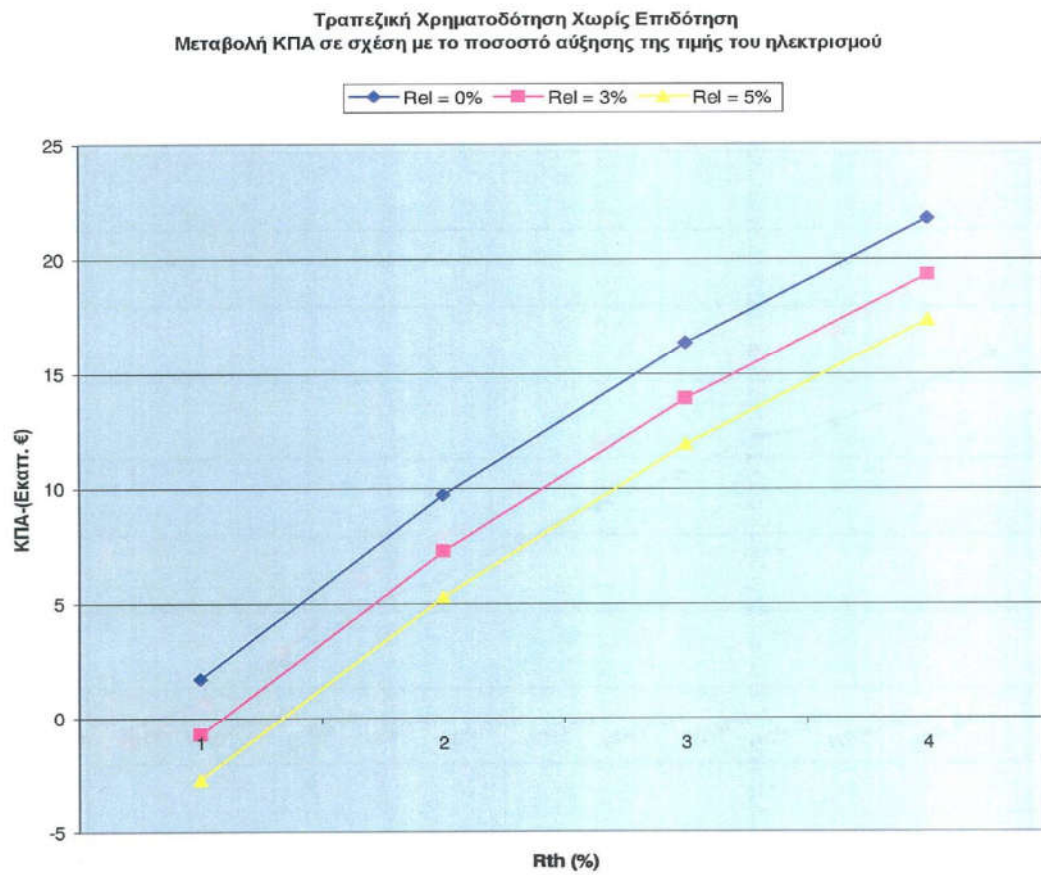
6.4 Αποτελέσματα του ΚΠΑ_Σ

Υπόθεση 2^η : Πλήρης Χρηματοδότηση από Τράπεζα

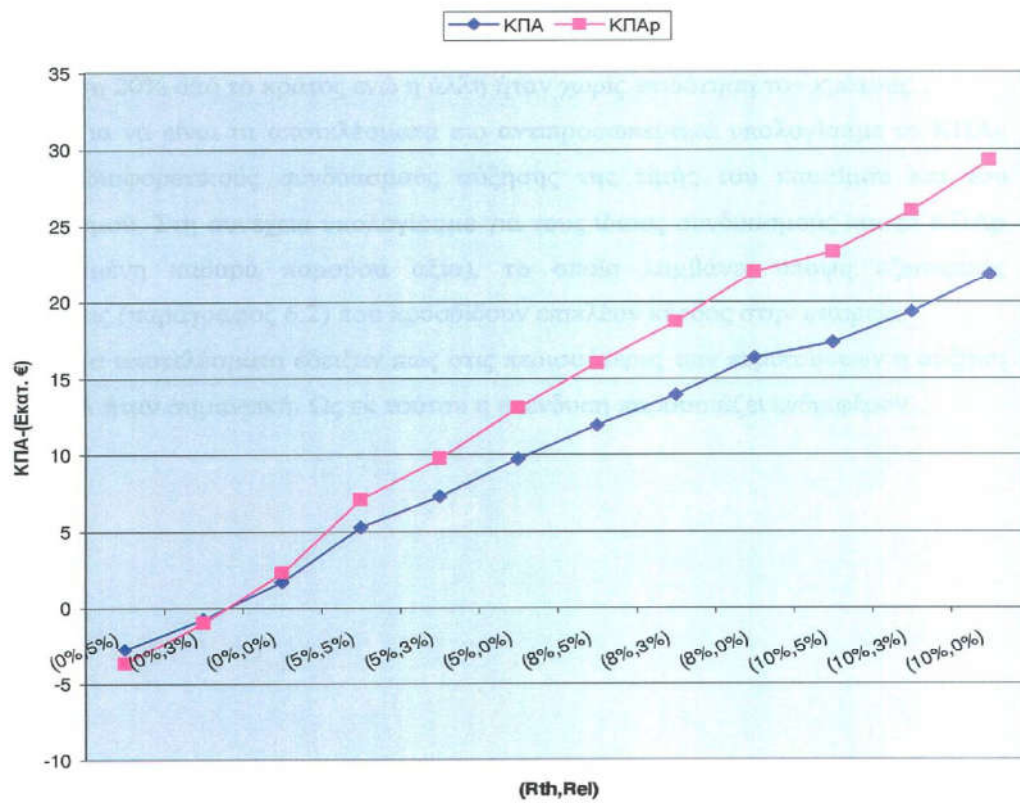
ΚΠΑ_Σ (€) - ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	2,317,732.09	13,067,549.27	21,963,957.44	29,250,051.21
3%	-961,898.66	9,787,915.50	18,684,326.68	25,970,420.45
5%	-3,633,120.83	7,116,696.35	16,013,104.53	23,299,198.30

ΚΠΑ_Σ (€) - ΜΕ 20% ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ				
Rel\Rth	0%	5%	8%	10%
0%	4,336,604.51	15,086,421.71	23,982,829.88	31,268,923.64
3%	1,056,973.75	11,806,790.95	20,703,199.12	27,989,292.89
5%	-1,614,248.39	9,135,568.79	18,031,976.97	25,318,070.73

6.5 Διάφορα Συγκριτικά Διαγράμματα



Τραπεζική Χρηματοδότηση Χωρίς Επιδότηση
 Μεταβολή ΚΠΑ και ΚΠΑρ σε σχέση με το ποσοστό αύξησης του ζεύγους (Rth,Rel)



7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη διπλωματική εργασία αυτή μελετήθηκε η προσθήκη αντλίας θερμότητας σε μια αποστακτική στήλη με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και ως εκ τούτου και χρημάτων.

Μελετήσαμε 4 περιπτώσεις χρηματοδοτήσεων, μία υπόθεση πλήρης αυτοχρηματοδότησης, μία υπόθεση πλήρης χρηματοδότησης από τη τράπεζα ενώ για τη καθεμία υπήρξαν δύο επιπλέον ξεχωριστές περιπτώσεις. Η μία περιλάμβανε επιδότηση 20% από το κράτος ενώ η άλλη ήταν χωρίς επιδότηση του κράτους.

Για να είναι τα αποτελέσματα πιο αντιπροσωπευτικά υπολογίσαμε το ΚΠΑ_Σ για 12 διαφορετικούς συνδυασμούς αύξησης της τιμής του καυσίμου και του ηλεκτρισμού. Στη συνέχεια υπολογίσαμε για τους ίδιους συνδυασμούς και το ΚΠΑ_Α (σταθμισμένη καθαρά παρούσα αξία), το οποίο λαμβάνει υπόψη εξωτερικές επιδράσεις (παράγραφος 6.2) που προσδίδουν επιπλέον κέρδος στην εταιρεία.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στις περισσότερες των περιπτώσεων η αύξηση του ΚΠΑ ήταν σημαντική. Ως εκ τούτου η επένδυση παρουσιάζει ενδιαφέρον.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

INV	: Επένδυση
F_t	: Χρηματορροή
F_{th}	: Χρηματορροή εξοικονόμησης ενέργειας λόγω θερμότητας
F_{el}	: Χρηματορροή καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας
I	: Ποσοστό επικαιροποίησης
F₁	: Χρηματορροή μεσοπρόθεσμου δανείου
F₂	: Χρηματορροή μακροπρόθεσμου δανείου
ΚΠΑ	: Καθαρά Παρούσα Αξία
ΚΠΑ_Σ	: Σταθμισμένη Καθαρά Παρούσα Αξία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ.Ι. Ασσαέλ και Μ.Χ. Μαγγιλιώτου, *Φυσικές Διεργασίες, Εισαγωγή στον Υπολογισμό τους*, Εκδόσεις Τζιόλα., Θεσσαλονίκη, 1998.
2. Κ.Α. Μάτης και Π.Κ. Σπαθής, *Αρχές Φυσικών Διεργασιών, Θεωρία και Εφαρμογές* Εκδόσεις, ΓΡΑΦΗΜΑ, Θεσσαλονίκη 1996.
3. C.D. Grant. *Energy Conservation in the Chemical and Process industries*, The Institution of Chemical Engineers in association with George Godwin Limited, 1979.
4. Π.Α. Πηλαβάκης, *Σημειώσεις: Σύγχρονα Θέματα Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη, Μάιος 2003.
5. Εθνική Τράπεζα Ελλάδος, *προσωπική επικοινωνία*, 2004.
6. ΕΛΠΕ, *προσωπική επικοινωνία*, 2004.
7. ΔΕΗ, *προσωπική επικοινωνία*, 2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζεται ο κώδικας του προγράμματος στη Fortran με τη μορφή των εντολών. Η εκτέλεσή του μπορεί να γίνει μόνο από τη Fortran.

Kpa.for

```
subroutine kpa(sumtotal,sum1,sum2,sum3,sum4,sum5)
  real(8) :: sumtotal,sum1,sum2,sum3,sum4,sum5
  sumtotal=(sum1-sum2-sum3-sum4-sum5)*0.5-0.65
end subroutine
```

main.for

```
real(8):: I,sum1,sum2,sum3,sum4,sum5,sumtotal
integer(4) :: n

write(*,*) 'dose ta xronia'
read*, n
write(*,*) 'dose to I'
read*, I
call S1(n,I,sum1)
print*, sum1
call S2(n,I,sum2)
print*, sum2
call S3(n,sum3)
print*, sum3
call S4(n,sum4)
print*, sum4
call S5(n,sum5)
print*, sum5
call kpa(sumtotal,sum1,sum2,sum3,sum4,sum5)
print*, sumtotal
print*, "
print*, "
print*, "
```

```

print*, "
print*, 'the final result of KPA is', sumtotal
end

```

sub1.for

```

subroutine S1(n,I,sum1)
  real, parameter :: Fth=10.0
  real(8):: oros1,oros2,I,sum1,Rth
  integer(4) :: t,n

  write(*,*) 'dose to Rth'
  read*, Rth
  oros1=1.0
  oros2=1.0
  sum1=0.0
  do t=1,n
    oros1=oros1*(1+Rth)
    oros2=oros2*(1+I)
    sum1=sum1+((Fth*oros1)/oros2)
!   print*, oros1
!   print*, oros2
!   print*, sum
  enddo
end subroutine

```

sub2.for

```

subroutine S2(n,I,sum2)
  real, parameter :: Fe=10.0
  real(8):: oros1,oros2,I,sum2,Re
  integer(4) :: t,n

  write(*,*) 'dose to Re'
  read*, Re

```

```

oros1=1.0
oros2=1.0
sum2=0.0
do t=1,n
oros1=oros1*(1+Re)
oros2=oros2*(1+I)
sum2=sum2+((Fe*oros1)/oros2)
! print*, oros1
! print*, oros2
! print*, sum
enddo
end subroutine

```

sub3.for

```

subroutine S3(n,sum3)
real(8):: sum3,INV,oros
integer(4) :: t,n

write(*,*) 'dose to INV'
read*, INV
oros=1.0
do t=1,n

oros=oros*((1.0)/(1+0.12))
! print*, oros1
! print*, oros2
! print*, sum
enddo
sum3=0.05*INV*oros
end subroutine

```

sub4.for

```

subroutine S4(n,sum4)
real(8):: sum4,F1

```

```
integer(4) :: t,n
```

```
write(*,*) 'dose to F1'
```

```
read*, F1
```

```
sum4=0.0
```

```
do t=1,n
```

```
sum4=sum4+F1
```

```
enddo
```

```
end subroutine
```

sub5.for

```
subroutine S5(n,sum5)
```

```
real(8):: sum5,F2
```

```
integer(4) :: t,n
```

```
write(*,*) 'dose to F2'
```

```
read*, F2
```

```
sum5=0.0
```

```
do t=1,n
```

```
sum5=sum5+F2
```

```
enddo
```

```
end subroutine
```