

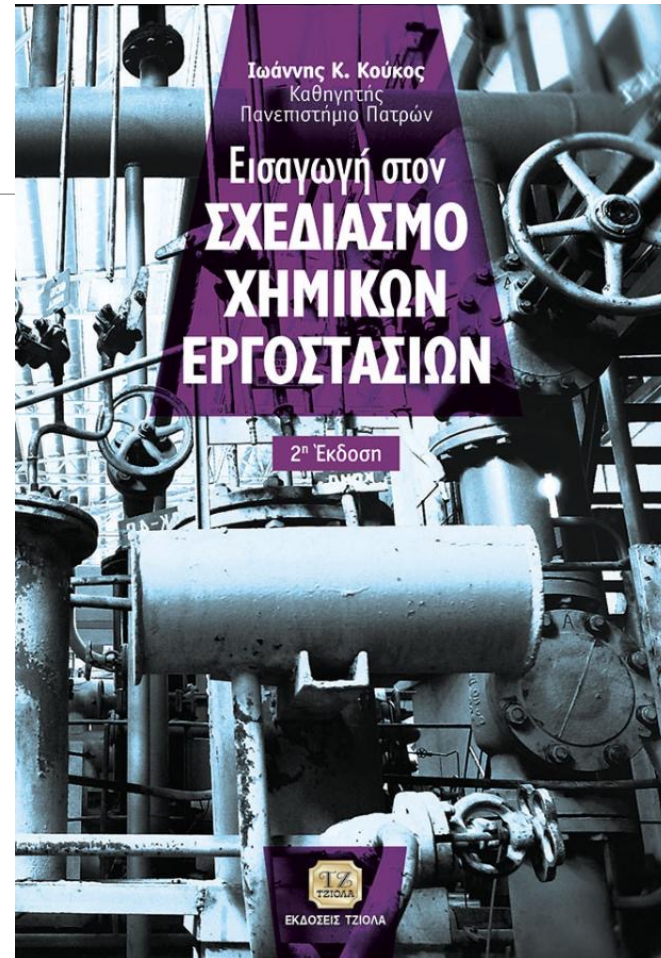


ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ, 8^ο Εξαμ. ΤΧΜ

ΚΩΣΤΑΣ ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



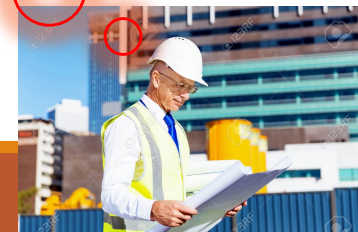
Πρώτες Ύλες

Ενέργεια

Κεφάλαια



Ικανοποίηση
Αναγκών



ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



Προτού συζητηθούν τα βήματα που εμπλέκονται στον εννοιολογικό σχεδιασμό μιας διεργασίας, θα πρέπει να σημειωθεί ότι συχνά η πιο σημαντική απόφαση στο σχεδιασμό μιας διεργασίας είναι η επιλογή των χημικών συνθέσεων ή διαδρομών που θα πρέπει να εξεταστούν για την παραγωγή ενός επιθυμητού προϊόντος. Ο προσδιορισμός των εναλλακτικών χημικών μεθόδων διεργασίας πρέπει να γίνεται στην αρχή κάθε εννοιολογικού σχεδιασμού.

Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις (εξοικονομήσεις) που σχετίζονται με χημικές διεργασίες οφείλονται συχνότερα σε αλλαγές, μερικές φορές ριζικές αλλαγές, στη χημική οδό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος. Τις περισσότερες φορές, υπάρχουν τουλάχιστον δύο βιώσιμοι τρόποι για την παραγωγή μιας δεδομένης χημικής ουσίας. Αυτές οι εναλλακτικές διαδρομές μπορεί να απαιτούν διαφορετικές πρώτες ύλες και να παράγουν διαφορετικά υποπροϊόντα.

Το κόστος των πρώτων υλών, η αξία των παραπροϊόντων, η πολυπλοκότητα της σύνθεσης και ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος τυχόν παραγόμενων αποβλήτων και ρύπων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών οδών σύνθεσης.

ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



Ο Douglas, μεταξύ άλλων, έχει προτείνει μια ιεραρχική προσέγγιση για τον σχεδιασμό συμβατικών διαδικασιών. Στην προσέγγιση αυτή, η διαδικασία σχεδιασμού ακολουθεί μια σειρά αποφάσεων και βημάτων. Η σειρά με την οποία λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις αποτελεί την ιεραρχία της διαδικασίας σχεδιασμού. Οι αποφάσεις αυτές απαριθμούνται ως εξής.

1. Αποφασίστε αν η διαδικασία θα είναι ασυνεχής ή συνεχής.
2. Προσδιορισμός της δομής εισόδου/εξόδου της διεργασίας.
3. Προσδιορισμός της δομής αντιδράσεων και ανακύκλωσης της διεργασίας.
4. Προσδιορισμός και σχεδιασμός της γενικής δομής του συστήματος διαχωρισμού.
5. Προσδιορισμός και σχεδιασμός του δικτύου εναλλαγής θερμότητας ή το σύστημα ανάκτησης ενέργειας της διεργασίας.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Θα πρέπει να επισημανθεί ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ μιας διεργασίας παρτίδας και μιας λειτουργίας παρτίδας (μονάδας). Είναι πολύ λίγες οι διεργασίες που χρησιμοποιούν μόνο συνεχείς λειτουργίες.

Για παράδειγμα, οι περισσότερες χημικές διεργασίες που περιγράφονται ως συνεχείς λαμβάνουν τις πρώτες ύλες τους και στέλνουν τα προϊόντα τους προς και από τη μονάδα με βαγόνια, βυτιοφόρα ή φορτηγίδες. Η εκφόρτωση και η φόρτωση αυτών των υλικών γίνεται κατά τρόπο τμηματικό.

Η οριοθέτηση μεταξύ συνεχών και διεργασιών παρτίδας περιπλέκεται ακόμη περισσότερο από τις περιπτώσεις όπου οι εγκαταστάσεις λειτουργούν συνεχώς αλλά τροφοδοτούν ή λαμβάνουν υλικό από άλλες μονάδες διεργασίας εντός της εγκατάστασης που λειτουργούν με παρτίδες. Τέτοιες διεργασίες αναφέρονται συχνά ως ημι-συνεχείς.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Μια διεργασία παρτίδας είναι μια διεργασία κατά την οποία μια πεπερασμένη ποσότητα (παρτίδα) προϊόντος παράγεται κατά τη διάρκεια μιας περιόδου λίγων ωρών ή ημερών. Η διεργασία παρτίδας αποτελείται συνήθως από τη φόρτωση της τροφοδοσίας (ή των τροφοδοσιών) σε ένα δοχείο, ακολουθούμενη από μια σειρά λειτουργιών μονάδας (ανάμιξη, θέρμανση, αντίδραση, απόσταξη κ.λπ.) που λαμβάνουν χώρα σε διακριτά προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα.

Ακολουθεί η απομάκρυνση και αποθήκευση των προϊόντων, των υποπροϊόντων και των ρευμάτων αποβλήτων. Στη συνέχεια, ο εξοπλισμός καθαρίζεται και προετοιμάζεται για την επόμενη διεργασία. Έχει αναφερθεί η παραγωγή έως και 100 διαφορετικών προϊόντων από την ίδια εγκατάσταση.

Αυτός ο τύπος λειτουργίας έρχεται σε αντίθεση με τις συνεχείς διεργασίες, στις οποίες η τροφοδοσία στέλνεται συνεχώς σε μια σειρά εξοπλισμού, με κάθε κομμάτι να εκτελεί συνήθως μια συγκεκριμένη λειτουργία. Τα προϊόντα, τα υποπροϊόντα και απόβλητα εξέρχονται συνεχώς από τη διεργασία και αποστέλλονται προς αποθήκευση ή για περαιτέρω επεξεργασία.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη λήψη της απόφασης σχετικά με τη λειτουργία σε παρτίδες έναντι της συνεχούς λειτουργίας. Πιθανώς οι πιο σημαντικές από αυτά είναι το μέγεθος και η ευελιξία.

Εάν είναι επιθυμητή η παραγωγή σχετικά μικρών ποσοτήτων, <500 τόνους/έτος, μιας ποικιλίας διαφορετικών προϊόντων χρησιμοποιώντας μια ποικιλία διαφορετικών υλικών τροφοδοσίας, τότε η επεξεργασία σε παρτίδες είναι πιθανώς η σωστή επιλογή.

Για μεγάλες ποσότητες, >5000 τόνους/έτος προϊόντος, χρησιμοποιώντας μία ή λίγες μόνο πρώτες ύλες, τότε η συνεχής επεξεργασία είναι πιθανώς η καλύτερη επιλογή.

Σε κάθε περίπτωση γίνονται συμβιβασμοί με το τελικό κριτήριο να είναι το κόστος. Για μια διεργασία παρτίδας σε σύγκριση με την αντίστοιχη συνεχή διεργασία, η επένδυση κεφαλαίου είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη, επειδή ο ίδιος εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλές λειτουργίες και μπορεί να αναδιαμορφωθεί εύκολα για μια μεγάλη ποικιλία τροφοδοσιών και προϊόντων.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Από την άλλη πλευρά, το εργατικό κόστος και το κόστος βοηθητικών παροχών τείνουν να είναι πολύ υψηλότερα. Οι πρόσφατες εξελίξεις στις ασυνεχείς διεργασίες παρτίδων οδήγησαν στην έννοια της «διεργασίας παρτίδας χωρίς σωληνώσεις» (pipeless batch process).

Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας, ο εξοπλισμός μετακινείται αυτόματα σε διαφορετικούς σταθμούς εργασίας στους οποίους εκτελούνται διαφορετικές διεργασίες. Για παράδειγμα, ένας αντιδραστήρας μπορεί να γεμίζει με πρώτες ύλες και να αναμιγνύεται στο σταθμό 1, να μετακινείται στο σταθμό 2 για θέρμανση και αντίδραση, στο σταθμό 3 για διαχωρισμό του προϊόντος και, τέλος, στο σταθμό 4 για απομάκρυνση του προϊόντος.

Οι σταθμοί εργασίας περιέχουν ποικίλο εξοπλισμό για την εκτέλεση λειτουργιών όπως ανάμιξη, ζύγιση, θέρμανση/ψύξη, φιλτράρισμα κ.λπ. Αυτή η σπονδυλωτή προσέγγιση στην αλληλουχία των εργασιών παρτίδας βελτιώνει σημαντικά την παραγωγικότητα και διευκολύνει τον προγραμματισμό των διαφόρων γεγονότων στη συνολική διαδικασία.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Τέλος, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ο ρόλος των πιλοτικών εγκαταστάσεων στην ανάπτυξη των διεργασιών. Αυτό που λειτουργεί καλά στο εργαστήριο συχνά δεν λειτουργεί το ίδιο καλά σε μεγάλη κλίμακα. Φυσικά, πολλές από τις σημαντικές προκαταρκτικές εργασίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη καταλυτών και την ισορροπία φάσεων ολοκληρώνονται πιο αποτελεσματικά και ανέξοδα στο εργαστήριο.

Ωστόσο, τα προβλήματα που σχετίζονται με τα ίχνη ανεπιθύμητων παράπλευρων προϊόντων, προβλήματα χειρισμού των υλικών και αντιδράσεις πολλαπλών σταδίων δεν είναι εύκολο να επεκταθούν από τα πειράματα εργαστηριακής κλίμακας. Σε τέτοιες περιπτώσεις, συγκεκριμένες λειτουργίες μονάδων ή ολόκληρη η διεργασία μπορούν να "δοκιμαστούν" πιλοτικά για να αποκτηθεί καλύτερη εικόνα της προβλεπόμενης λειτουργίας πλήρους κλίμακας. Μερικές φορές, η πιλοτική μονάδα εξυπηρετεί τον διπλό σκοπό της δοκιμής της διεργασίας σε ενδιάμεση κλίμακα και της παραγωγής αρκετού υλικού για τους πελάτες και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Μέγεθος	Μικρή δυναμικότητα ευνοεί ασυνεχείς διεργασίες. Με αύξηση δυναμικότητας, αυξάνεται το μέγεθος του εξοπλισμού και οι δυσκολίες μετακίνησης ποσοτήτων από εξοπλισμό σε εξοπλισμό.	Οι οικονομίες κλίμακας ευνοούν τις συνεχείς διεργασίες για μεγάλη δυναμικότητα.
Ποιότητα-σταθερότητα προϊόντος	Όταν η ποιότητα του προϊόντος κάθε παρτίδας επαληθεύεται/πιστοποιείται, προτιμώνται οι διαδικασίες παρτίδων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα φαρμακευτικά προϊόντα και τρόφιμα. Εάν δεν επιτρέπεται η επανεπεξεργασία (reprocessing) προϊόντος εκτός προδιαγραφών, προτιμώνται οι μικρές παρτίδες.	Πραγματοποιούνται συνεχείς ή περιοδικοί έλεγχοι της ποιότητας του προϊόντος, αλλά μπορεί να παραχθούν μεγάλες ποσότητες προϊόντος εκτός προδιαγραφών. Εάν το υλικό εκτός προδιαγραφών μπορεί να αναμιχθεί ή να αποθηκευτεί σε δεξαμενές και να επανεπεξεργαστεί μέσω της διεργασίας, ευνοούνται οι συνεχείς διεργασίες.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Λειτουργική ευελιξία	Ο ίδιος εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλές λειτουργίες - πχ μια δεξαμενή ανάδευσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναμικτήρας, ως αντιδραστήρας και ως δοχείο καθίζησης για εκχύλιση υγρού-υγρού.	Συχνά οδηγεί σε αναποτελεσματική χρήση του κεφαλαίου. Εξοπλισμός μπορεί να παραμείνει αδρανής για μήνες. Συχνά οι διεργασίες σχεδιάζονται για παραγωγή συγκεκριμένων προϊόντων από στανταρ τροφοδοσίες. Εάν η αγορά αλλάξει, τότε η μονάδα θα αναμορφωθεί για να προσαρμοστεί.
Τυποποιημένος εξοπλισμός-πολλαπλά προϊόντα	Τροποποιούνται για παραγωγή πολλών προϊόντων με τον ίδιο εξοπλισμό. Υπάρχουν εγκαταστάσεις που μπορούν να παράγουν 100 διαφορετικά προϊόντα. Ο βέλτιστος έλεγχος και η αλληλουχία των λειτουργιών είναι ζωτικής σημασίας.	Η γκάμα προϊόντων που παράγεται από συνεχείς διεργασίες είναι συνήθως σταθερή. Ο εξοπλισμός τείνει να σχεδιάζεται και να βελτιστοποιείται για μία μόνο ή μικρό αριθμό συνθηκών λειτουργίας.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Αποδοτικότητα διεργασίας	Απαιτούν αυστηρό προγραμματισμό και έλεγχο. Παραγωγή προϊόντων back-to-back, σημαίνει αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα, προβλήματα με διαθεσιμότητα προϊόντων. Ο ίδιος εξοπλισμός χρησιμοποιείται για παραγωγή πολλών προϊόντων, δεν είναι βελτιστοποιημένος. Η ενεργειακή ολοκλήρωση αδύνατη, υψηλή χρήση των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Διαχωρισμός και επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών πιο δύσκολες.	Όσο αυξάνεται η δυναμικότητα, οι συνεχείς διεργασίες γίνονται πιο αποδοτικές. Μειώνονται οι απώλειες ενέργειας, περιστροφικός εξοπλισμός (αντλίες, συμπιεστές) λειτουργεί με υψηλότερη απόδοση. Η ανακύκλωση πρώτων υλών και η ανάκτηση ενέργειας αποτελούν συνήθεις πρακτικές και είναι σχετικά εύκολο να επιτευχθούν.
Συντήρηση και Λειτουργικό κόστος	Υψηλότερο λειτουργικό κόστος εργασίας λόγω καθαρισμού εξοπλισμού, χρόνου προετοιμασίας.	Για την ίδια διεργασία, το λειτουργικό κόστος χαμηλότερο για τις συνεχείς διεργασίες.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Διαθεσιμότητα πρώτων υλών	Ευνοούνται όταν η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών είναι περιορισμένη, πχ εποχιακά. Κονσερβοποιίες, οινοποιεία συχνά λειτουργούν μόνο ένα μέρος του έτους.	Τείνουν να είναι μεγάλες, πρέπει να λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για να είναι κερδοφόρες. Οι διακυμάνσεις πρώτων υλών αντιμετωπίζονται με μαζικές, ακριβές εγκαταστάσεις αποθήκευσης.
Ζήτηση προϊόντων	Η εποχιακή ζήτηση για προϊόντα όπως λιπάσματα, αντιψυκτικά για γραμμές φυσικού αερίου, παγοποιητικά για δρόμους και πεζοδρόμια κ.ο.κ. μπορεί εύκολα να εξυπηρετηθεί. Μπορούν να παραχθούν και άλλα προϊόντα εκτός εποχής.	Δύσκολο να παραχθούν άλλα προϊόντα εκτός εποχής. Παρόμοια προϊόντα, πχ μια οικογένεια διαλυτών, μπορούν να παραχθούν με τις ίδιες διαδικασίες μέσω σειράς εκστρατειών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Ρυθμός αντίδρασης για παραγωγή προϊόντων	Κατάλληλες για πολύ αργούς ρυθμούς αντίδρασης που απαιτούν μεγάλους χρόνους παραμονής. Πχ ζύμωση, αερόβια και αναερόβια επεξεργασία λυμάτων και πολλές άλλες βιολογικές αντιδράσεις.	Απαιτείται πολύ μεγάλος εξοπλισμός. Η ροή μέσω είναι αργή και η διασπορά μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα εάν απαιτούνται πολύ υψηλή μετατροπή και εμβολική ροή.
Καθαρισμός εξοπλισμού	Προτιμώνται οι διεργασίες παρτίδας, επειδή ο καθαρισμός του εξοπλισμού είναι πάντα μια τυπική διαδικασία και μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα στον προγραμματισμό της διεργασίας.	Σημαντική ρύπανση είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί. Παράλληλη λειτουργία ίδιων μονάδων, η μία on-line η άλλη off-line για καθαρισμό, μπορεί να λύσει αυτό το πρόβλημα. Η επένδυση κεφαλαίου είναι υψηλότερη, απαιτείται πρόσθετη εργασία και τα προβλήματα ασφαλείας είναι πιο πιθανά.

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ Η ΑΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ



Παράμετρος	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα ασυνεχών διεργασιών	Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα συνεχών διεργασιών
Ασφάλεια	Η έκθεση των εργαζομένων σε χημικές ουσίες και σφάλματα χειριστών είναι υψηλότερη (ανά κιλό προϊόντος). Η εκπαίδευση των χειριστών στην έκθεση σε χημικές ουσίες και στη λειτουργία του εξοπλισμού είναι ζωτικής σημασίας.	Έχουν εξαιρετικό ιστορικό ασφάλειας και οι διαδικασίες ασφαλείας είναι καθιερωμένες. Η εκπαίδευση των χειριστών εξακολουθεί να έχει μεγάλη σημασία, αλλά πολλοί από τους κινδύνους που συνδέονται με το άνοιγμα του εξοπλισμού έχουν εξαλειφθεί.
Δυνατότητα ελέγχου	Συχνά χρησιμοποιείται ο ίδιος εξοπλισμός για διαφορετικές λειτουργίες και παραγωγή διαφορετικών προϊόντων. Ο αποτελεσματικός προγραμματισμός του εξοπλισμού καθίσταται πολύ σημαντικός. Ο έλεγχος που χρησιμοποιείται για αυτόν τον προγραμματισμό είναι περίπλοκος.	Ελέγχονται ευκολότερα, έχουν μελετηθεί περισσότερο. Για πολύπλοκες και ιδιαίτερα ολοκληρωμένες εγκαταστάσεις (ενέργειας ή/και πρώτων υλών), ο έλεγχος γίνεται πολύπλοκος και η λειτουργική ευελιξία μειώνεται σημαντικά.

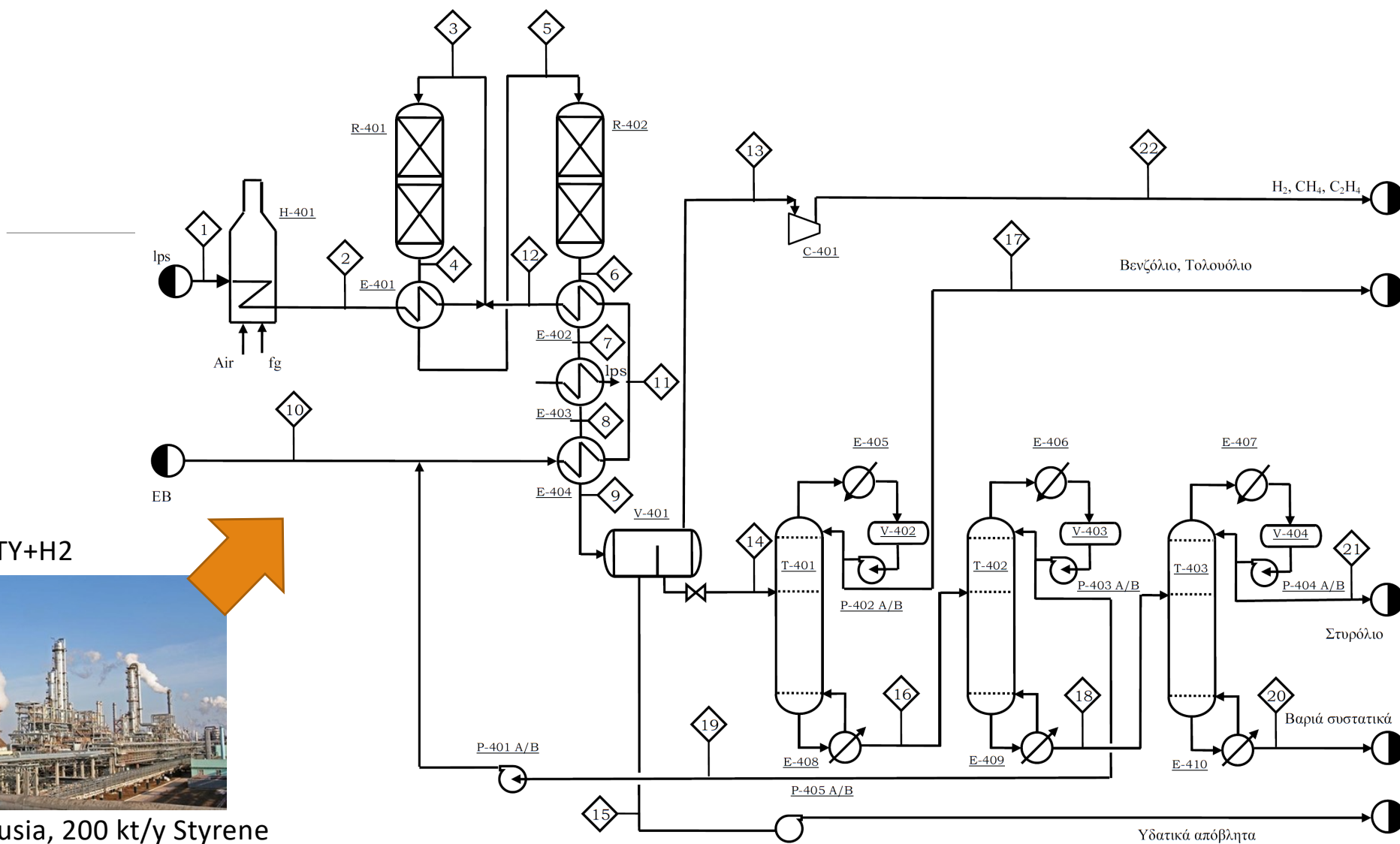
ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



Πρόβλημα αναπαράστασης: Ποιες είναι οι εφικτές **εναλλακτικές λύσεις** που ικανοποιούν το σκοπό και πως τις **αναπαριστώ**;

Πρόβλημα αποτίμησης: Πώς αποτιμώ και **συγκρίνω** (άρα **κατατάσσω**) τις εναλλακτικές λύσεις;

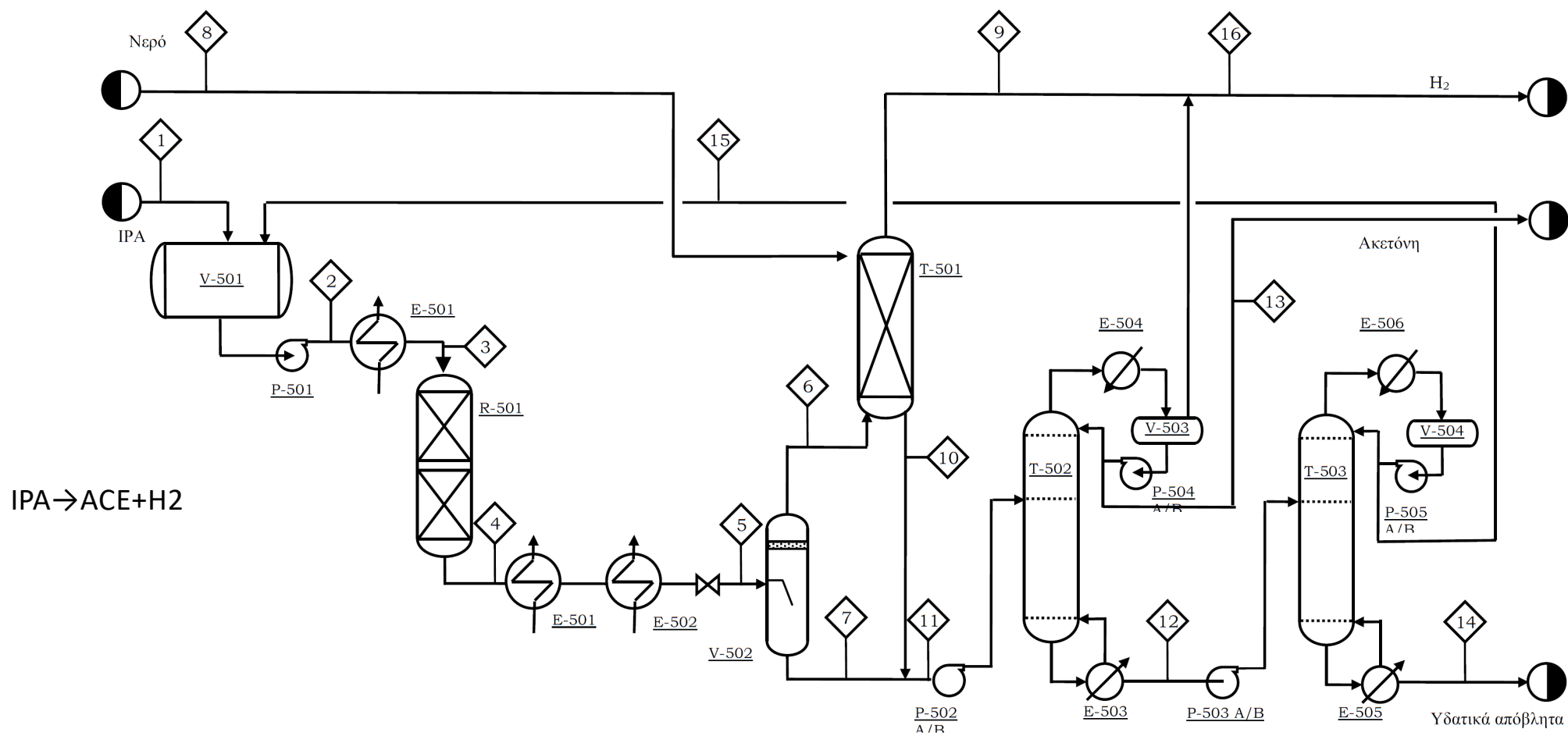
Πρόβλημα στρατηγικής: Πώς αναπτύσσω ένα αποτελεσματικό και συστηματικό **αλγόριθμο** για τον εντοπισμό των καλύτερων λύσεων;

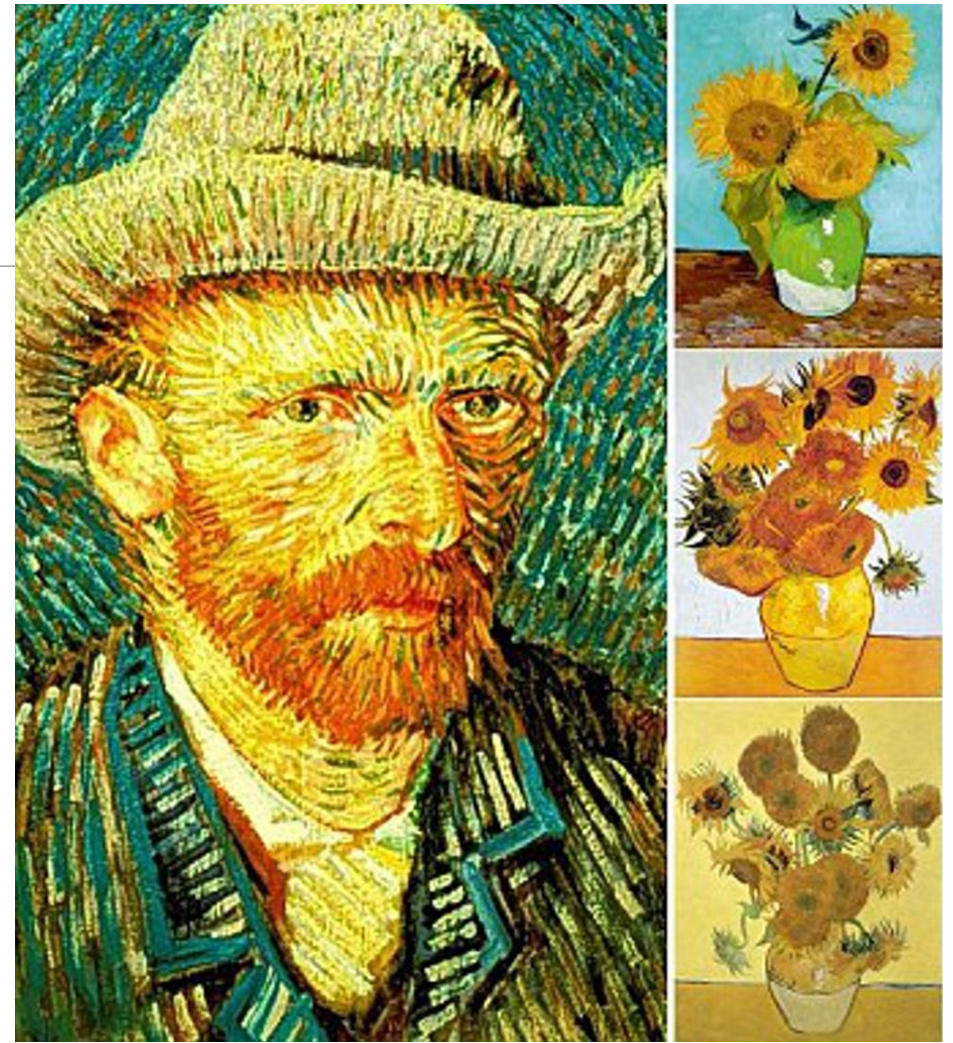


EB → STY + H₂



Salawat, Rusia, 200 kt/y Styrene





ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ



Διαδικασία **ιεραρχικής αποικοδόμησης** υπαρχόντων διαγραμμάτων ροής με σκοπό την κατανόησή τους.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε τρία βήματα:

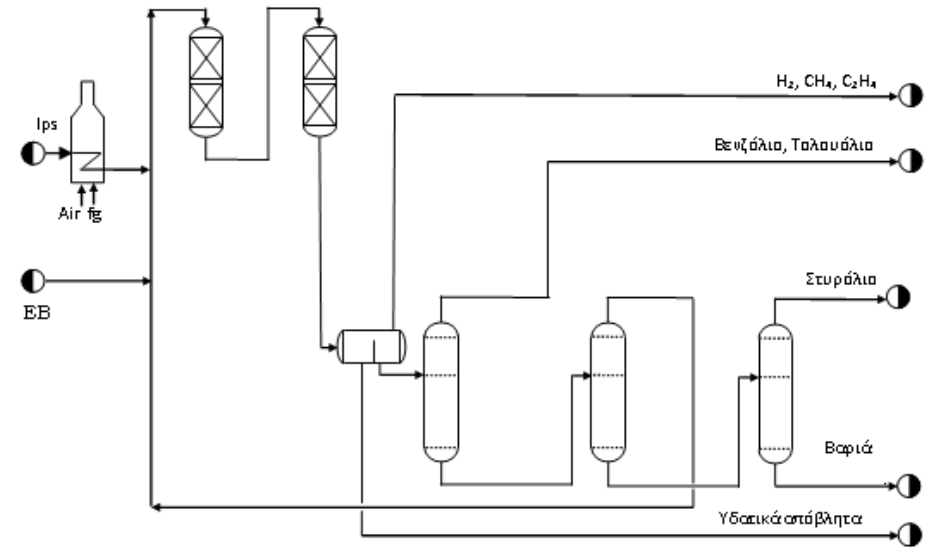
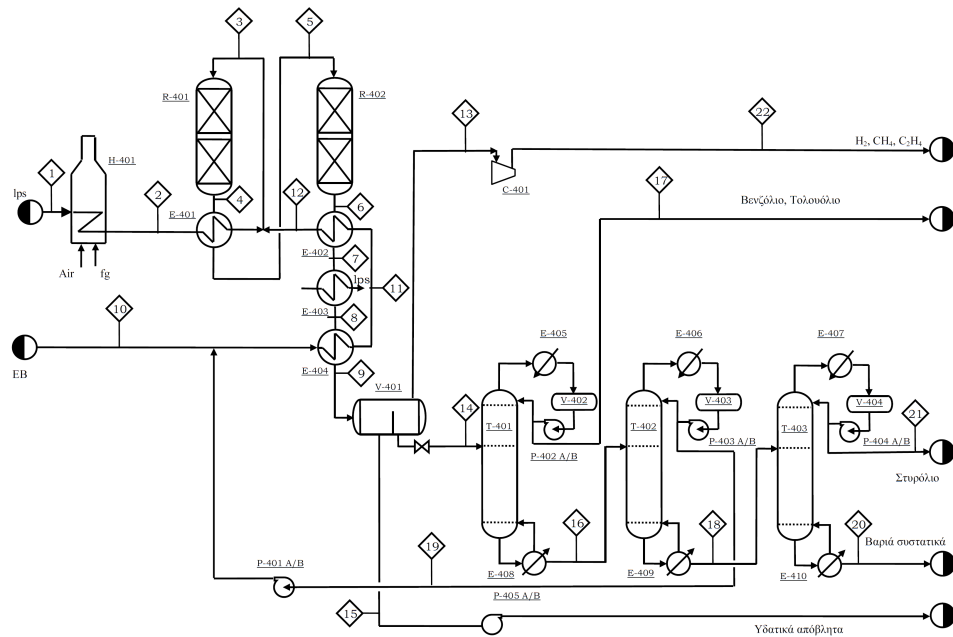
Βήμα 1: **Αφαίρεση** όλων των αντλιών, συμπιεστών, εναλλακτών θερμότητας, βανών και ενδιαμέσων δοχείων από το διάγραμμα ροής

Βήμα 2α: Ομαδοποίηση των **συστημάτων διαχωρισμού αερίων**

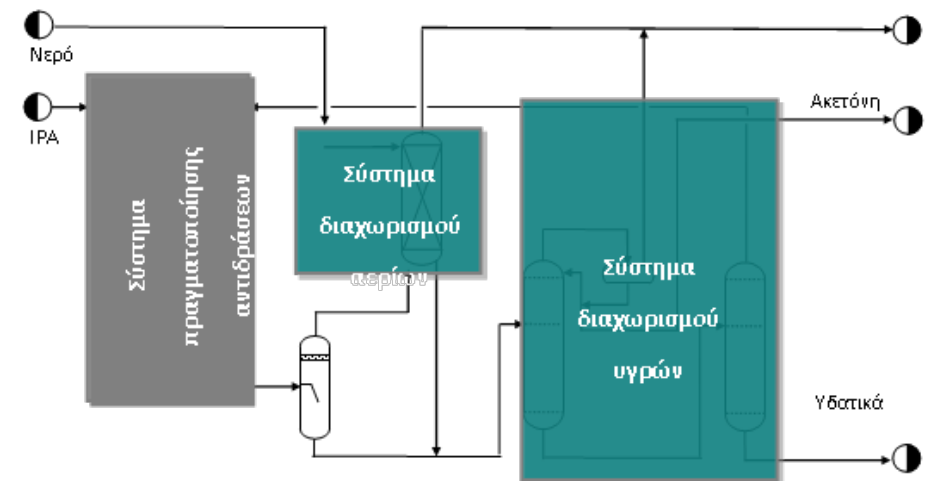
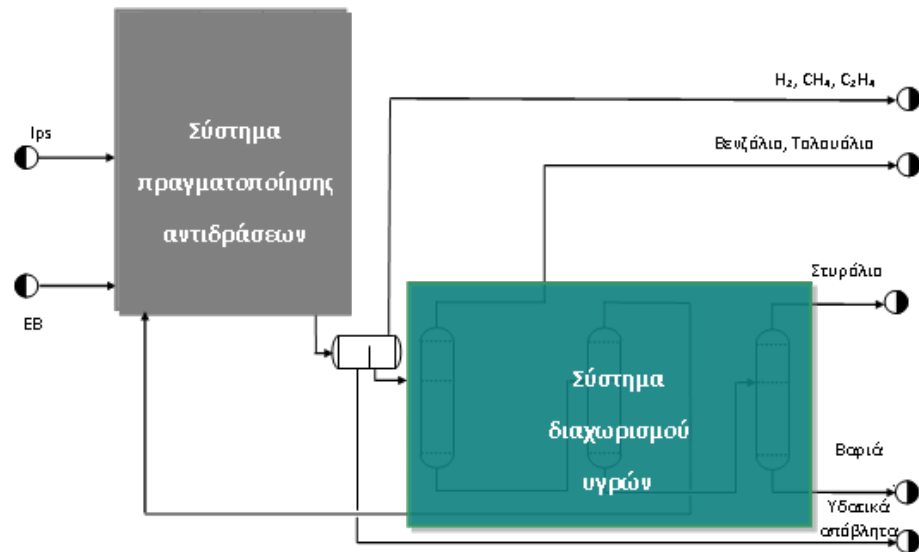
Βήμα 2β: Ομαδοποίηση των **συστημάτων διαχωρισμού υγρών**

Βήμα 3: Ομαδοποίηση των **αντιδραστήρων**

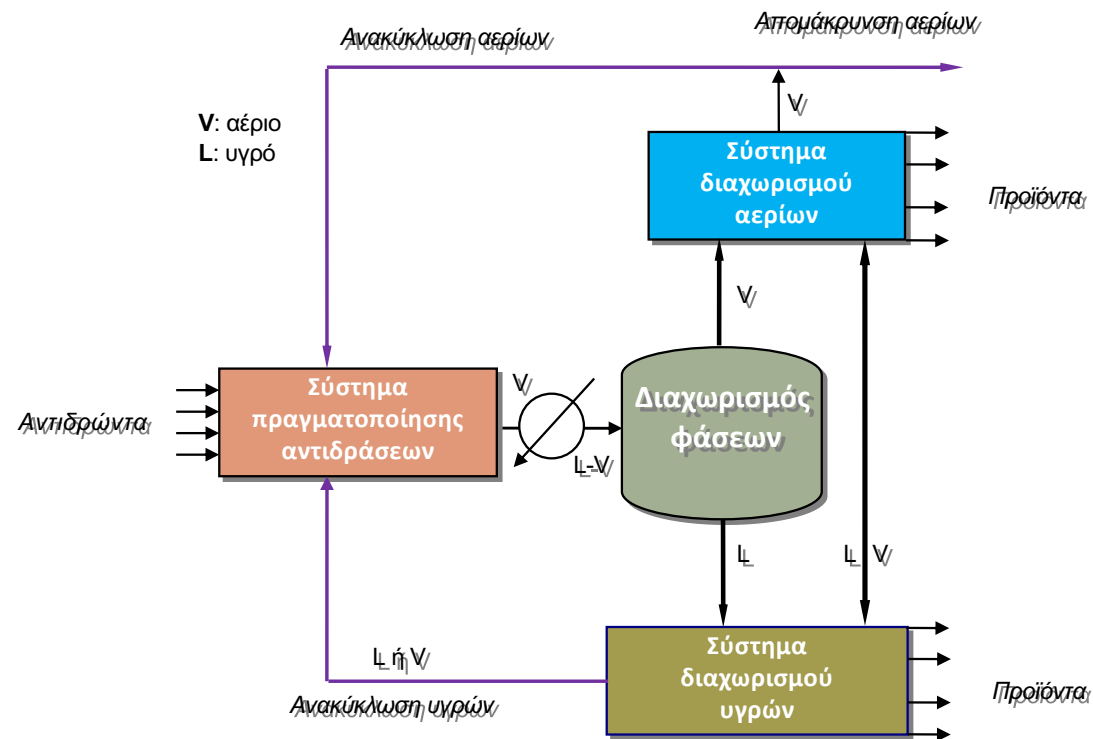
ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

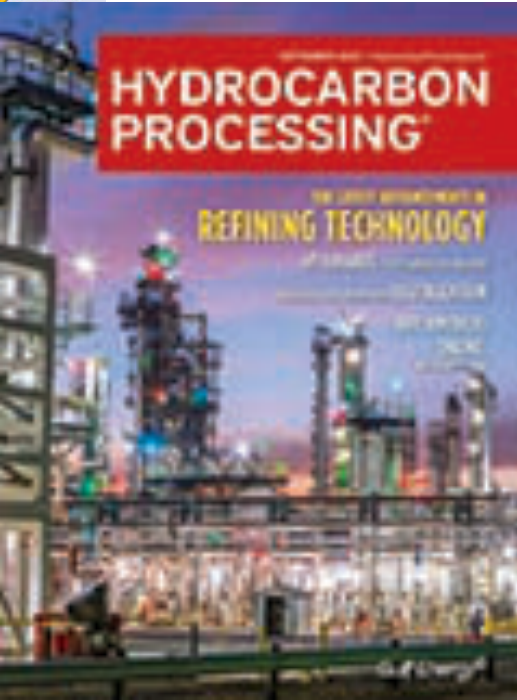
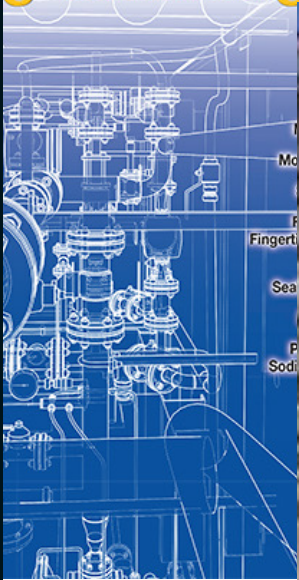
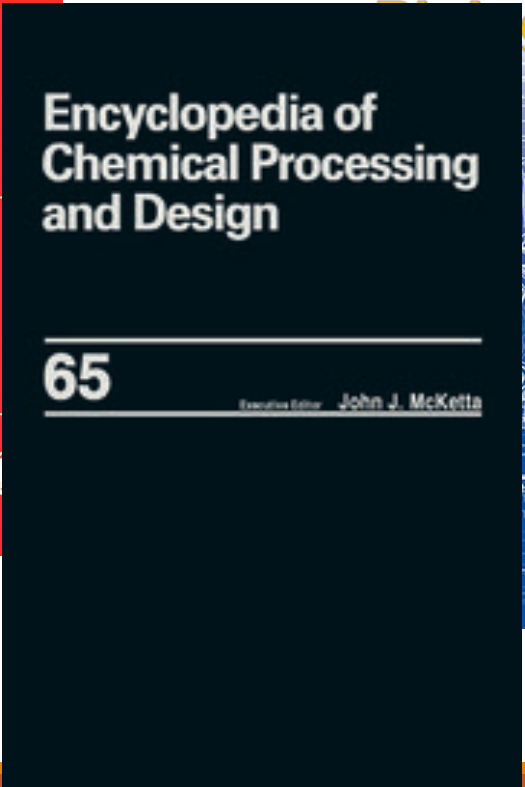
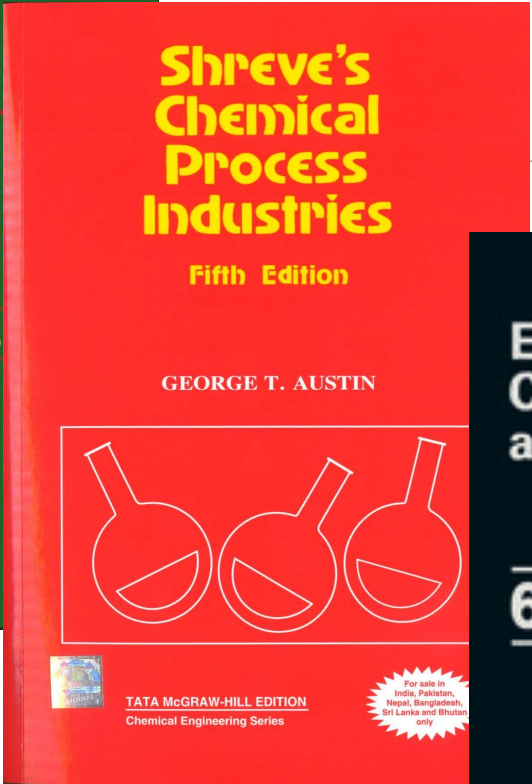
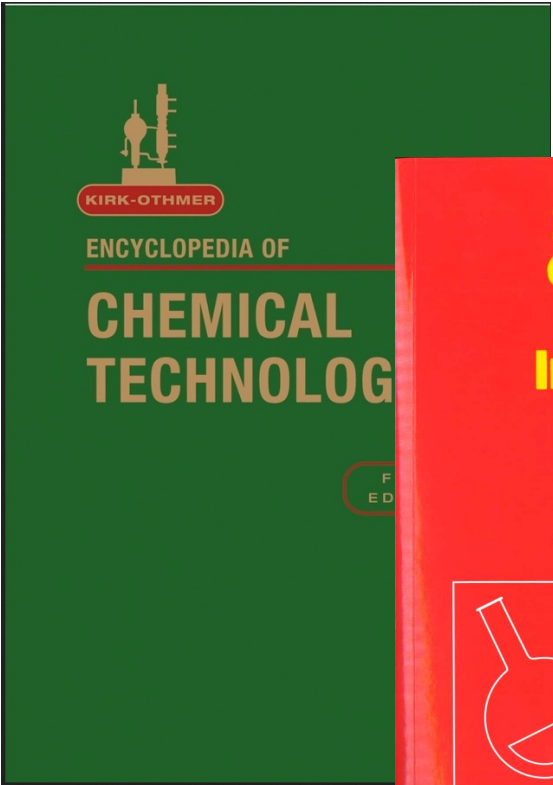


ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ



ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΥΝΕΧΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΓΡΟΥ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ «ΣΥΝΑΦΩΝ» ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ





ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



- Η πιο σημαντική απόφαση στο σχεδιασμό μιας διεργασίας είναι η επιλογή των χημικών συνθέσεων ή διαδρομών που θα πρέπει να εξεταστούν για την παραγωγή ενός επιθυμητού προϊόντος.
- Ο προσδιορισμός των εναλλακτικών χημικών μεθόδων διεργασίας πρέπει να γίνεται στην αρχή κάθε εννοιολογικού σχεδιασμού. Ο εννοιολογικός σχεδιασμός και η επακόλουθη βελτιστοποίηση μιας διεργασίας αποτελούν "απαραίτητες προϋποθέσεις" για κάθε επιτυχημένη νέα διεργασία.
- Ωστόσο, οι μεγαλύτερες βελτιώσεις που σχετίζονται με χημικές διεργασίες οφείλονται συχνότερα σε αλλαγές, μερικές φορές ριζικές αλλαγές, στη χημική οδό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος.

Τις περισσότερες φορές, υπάρχουν τουλάχιστον δύο βιώσιμοι τρόποι για την παραγωγή μιας δεδομένης χημικής ουσίας. Αυτές οι εναλλακτικές διαδρομές μπορεί να απαιτούν διαφορετικές πρώτες ύλες και να παράγουν διαφορετικά υποπροϊόντα.

Το κόστος των πρώτων υλών, η αξία των παραπροϊόντων, η πολυπλοκότητα της σύνθεσης και ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος τυχόν παραγόμενων αποβλήτων και ρύπων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών οδών σύνθεσης.

ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



- Τις περισσότερες φορές, υπάρχουν τουλάχιστον δύο βιώσιμοι τρόποι για την παραγωγή μιας δεδομένης χημικής ουσίας. Αυτές οι εναλλακτικές διαδρομές μπορεί να απαιτούν διαφορετικές πρώτες ύλες και να παράγουν διαφορετικά υποπροϊόντα.
- Το κόστος των πρώτων υλών, η αξία των παραπροϊόντων, η πολυπλοκότητα της σύνθεσης και ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος τυχόν παραγόμενων αποβλήτων και ρύπων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των εναλλακτικών οδών σύνθεσης.

ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



Προτείνεται μια ιεραρχική προσέγγιση για τον σχεδιασμό συμβατικών διεργασιών. Στην προσέγγιση αυτή, η διαδικασία σχεδιασμού ακολουθεί μια σειρά αποφάσεων και βημάτων. Η σειρά με την οποία λαμβάνονται αυτές οι αποφάσεις αποτελεί την ιεραρχία της διαδικασίας σχεδιασμού. Οι αποφάσεις αυτές απαριθμούνται ως εξής.

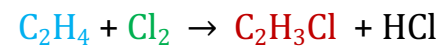
1. Απόφαση αν η διεργασία θα είναι ασυνεχής ή συνεχής.
2. Προσδιορισμός της δομής εισόδου/εξόδου της διεργασίας.
3. Προσδιορισμός και ορισμός της κυκλικής δομής της διεργασίας.
4. Προσδιορισμός και σχεδιασμός της γενικής δομής του συστήματος διαχωρισμού.
5. Προσδιορισμός και σχεδιασμός του δικτύου εναλλαγής θερμότητας ή ανάκτησης ενέργειας της διεργασίας σύστημα.

ΕΠΙΠΕΔΟ 0: ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ



Σας έχει ζητηθεί η επιλογή τεχνολογίας για την παραγωγή βινυλοχλωριδίου ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$). Μετά από σχετική έρευνα, έχουν εντοπιστεί και σας έχουν προταθεί οι ακόλουθοι εναλλακτικοί τρόποι για την παραγωγή βινυλοχλωριδίου:

1. Χλωρίωση του αιθυλενίου



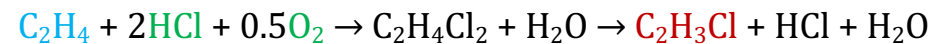
2. Υδροχλωρίωση του ακετυλενίου



3. Χλωρίωση του αιθυλενίου και θερμική διάσπαση του διχλωροαιθυλενίου



4. Οξυχλωρίωση του αιθυλενίου και θερμική διάσπαση



5. Συνδυασμός των 3 & 4



ΕΠΙΠΕΔΟ 0: ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ



Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα μοριακά βάρη των σχετικών ενώσεων και οι τιμές τους σε €/kg ως προς την τιμή του βινυλοχλωριδίου

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, να εκτιμηθεί ποια εναλλακτική τεχνολογία θα πρέπει να απορριφθεί από περαιτέρω αξιολόγηση.

ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ 1&3: $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow (C_2H_4Cl_2 \rightarrow) C_2H_3Cl + HCl$



$$EP^1 = EP^3 = \left\{ \underbrace{62.5 \cdot 1 + 36.46 \cdot 0.8}_{\text{έσοδα}} - \underbrace{(28.05 \cdot 0.8 + 70.91 \cdot 0.5)}_{\text{έξοδα}} \right\} / 62.5 = 0.54 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$$

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80

ΧΗΜΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ 2: $C_2H_2 + HCl \rightarrow C_2H_3Cl$



$$EP^2 = \left\{ \underbrace{62.5 \cdot 1}_{\text{έσοδα}} - \underbrace{(26.04 \cdot 2.25 + 36.46 \cdot 0.8)}_{\text{έξοδα}} \right\} / 62.5 = -0.23 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$$

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80

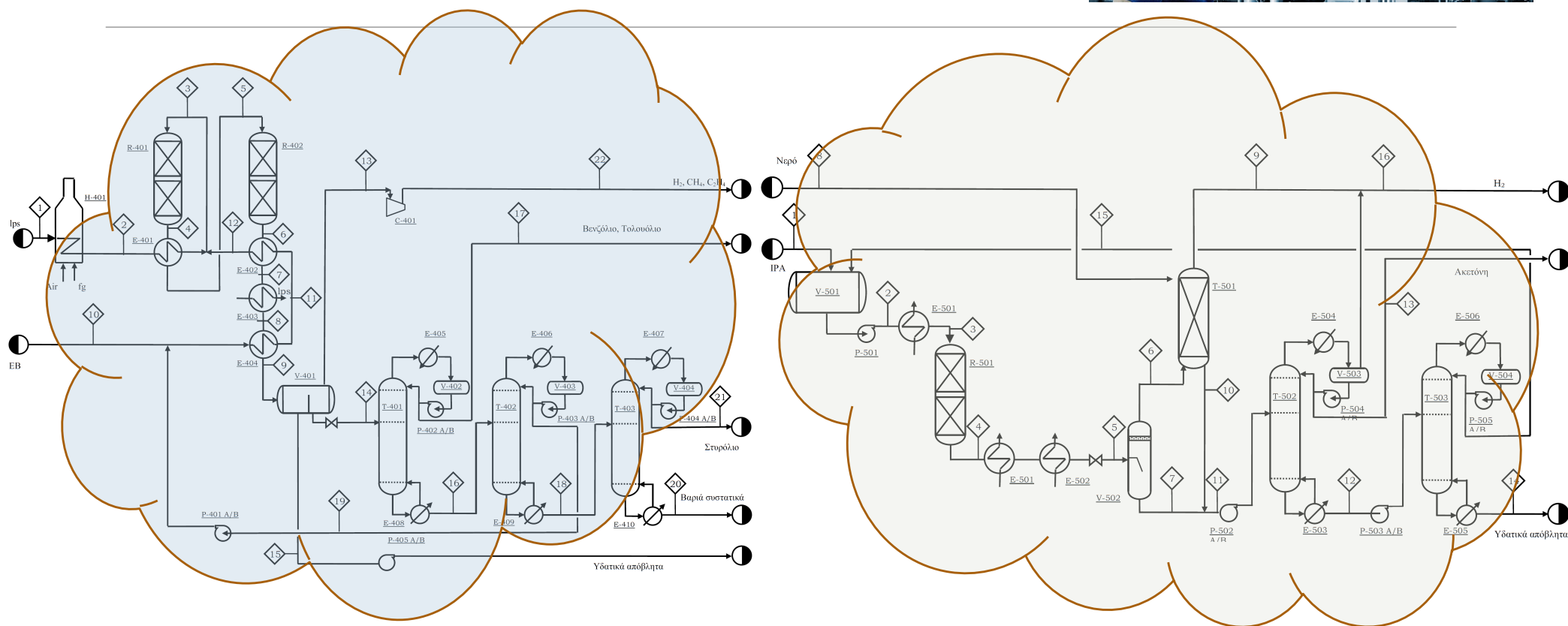
ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



Ως **δομή εισόδου-εξόδου** ενός διαγράμματος ροής αναφέρουμε τον αριθμό και τη σύσταση όλων των ρευμάτων τα οποία είτε εισέρχονται είτε εξέρχονται από μια διεργασία. Στα ρεύματα αυτά δεν λαμβάνουμε υπόψη τα ρεύματα των βοηθητικών παροχών, όπως είναι το νερό ψύξης και ο ατμός θέρμανσης. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται στο επίπεδο 1 αναφέρονται στον:

- α.** καθαρισμό ή όχι των **αντιδρώντων** από πιθανές προσμίξεις
- β.** αριθμό και σύσταση των **ρευμάτων εξόδου**
- γ.** χειρισμό των πιθανών **παραπροϊόντων** και των **αντιδρώντων** που δεν μετατρέπονται πλήρως
- δ.** προσδιορισμό των **σχεδιαστικών μεταβλητών** με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



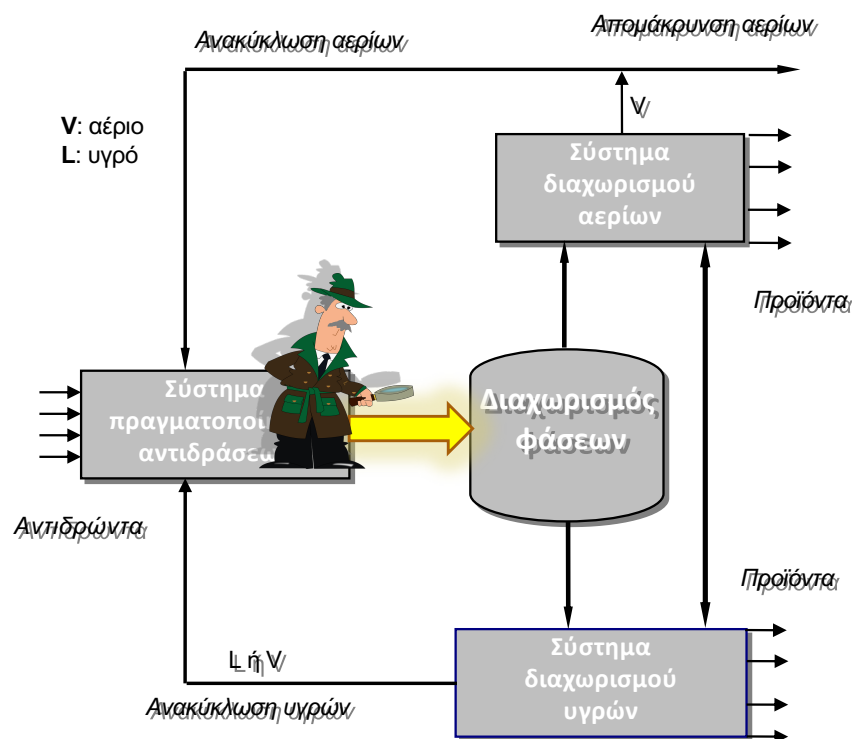
Για κάθε μη πλήρως καταναλισκόμενο αντιδρών, πρόσμιξη της τροφοδοσίας ή παραπροϊόν των αντιδράσεων, θα πρέπει να προβλεφθεί κάποιο **σημείο εξόδου** τους από το διάγραμμα ροής (τα προϊόντα αντιστρεπτών αντιδράσεων μπορούμε να τα απομακρύνουμε ή να τα ανακυκλώνουμε μέχρι την επίτευξη ισορροπίας).

Οι περισσότερες πρώτες ύλες περιέχουν προσμίξεις οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη διεργασία που σχεδιάζουμε. **Οι προσμίξεις αυτές θα πρέπει να απομακρύνονται** πριν από την τροφοδότησή τους στη διεργασία, εάν:

- **επηρεάζουν** τη σταθερότητα ή ενεργότητα του καταλύτη
- υπάρχουν σε **σημαντικές ποσότητες** ή
- είναι **δύσκολο** να διαχωριστούν από τα προϊόντα (αλλά ευκολότερο από τις α' ύλες).

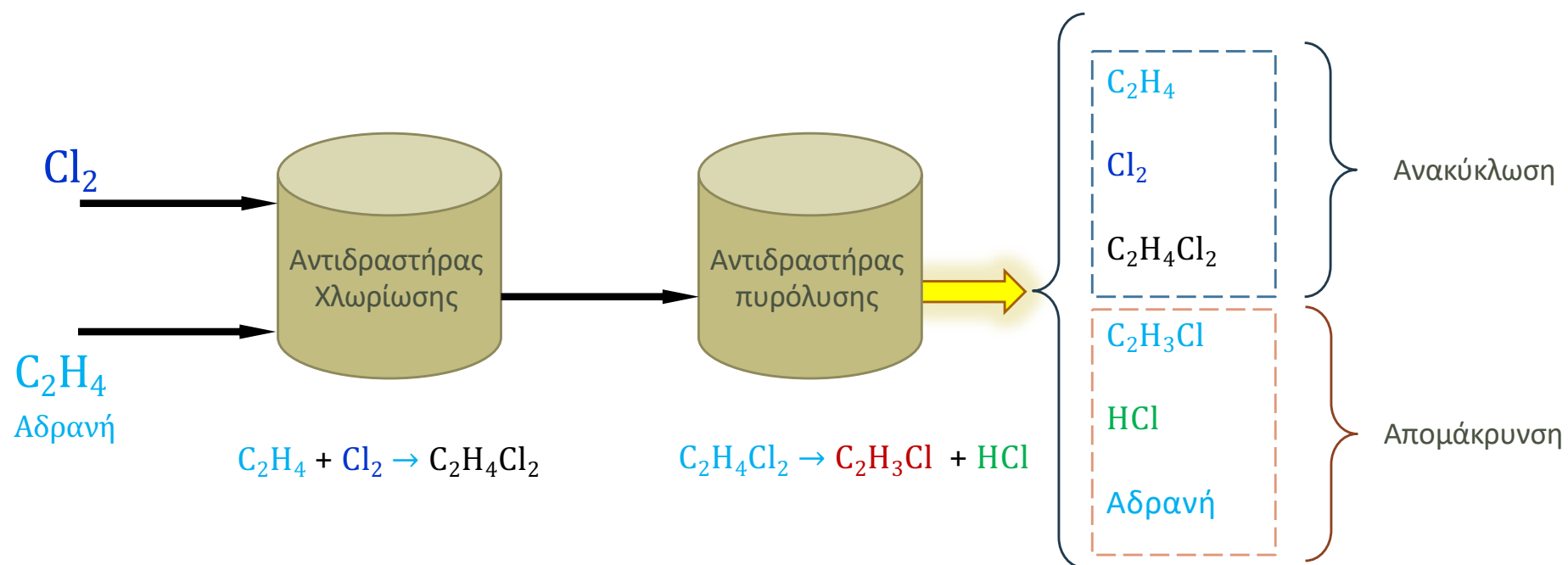
(η κατασκευή μονάδας επεξεργασίας των α' υλών αυξάνει το κόστος και για τον λόγο αυτό είναι προτιμότερο να αποφεύγεται)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ

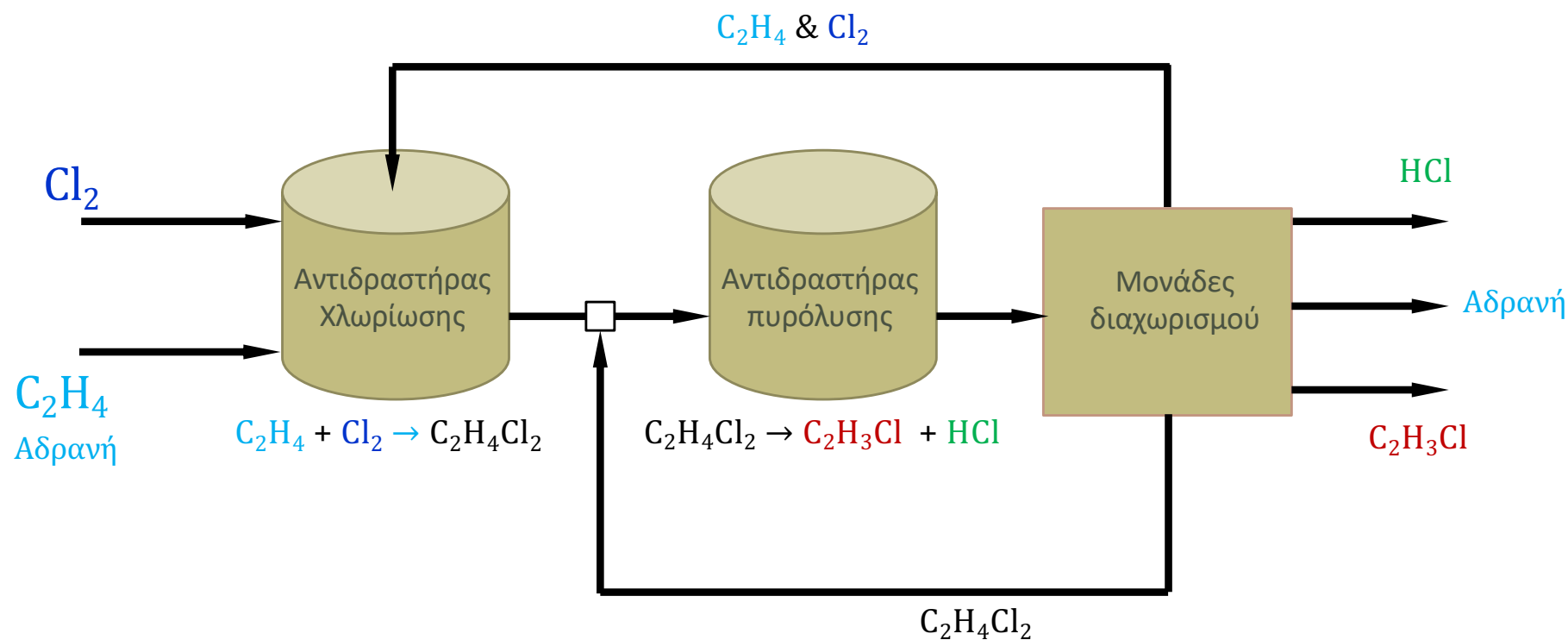


- α. αντιδρών (ανακυκλώνεται)
- β. ενδιάμεσο αντιδράσεων (ανακυκλώνεται)
- γ. παραπροϊόν από αντιστρεπτή αντίδραση (ανακυκλώνεται ή απομακρύνεται)
- δ. βασικό προϊόν ή πολύτιμο παραπροϊόν (απομακρύνεται)
- ε. απόβλητο ή παραπροϊόν με ευτελή αξία (απομακρύνεται)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Οι αποφάσεις του επιπέδου αυτού αφορούν:

- α. στον καθορισμό του **τύπου** και του αριθμού (**πλήθους**) των αντιδραστήρων
- β. στον καθορισμό του τύπου λειτουργίας των αντιδραστήρων — **αδιαβατική** ή με εναλλαγή θερμότητας (**μη αδιαβατική**)
- γ. στην **αραίωση** της τροφοδοσίας ή στη χρήση **φορέα θερμότητας** (diluent or heat carrier)
- δ. στη χρήση τεχνικών για τη μετατόπιση της μετατροπής **ισορροπίας** (χρήση περίσσειας, επιλογή κατάλληλης πίεσης ή/και θερμοκρασίας)
- ε. στην αντιστοίχιση ρευμάτων **ανακύκλωσης** και αντιδραστήρων

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Εάν οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα απαιτούν διαφορετικές συνθήκες **πίεσης** και **θερμοκρασίας** ή διαφορετικούς **καταλύτες**, τότε απαιτείται και ανάλογος **αριθμός αντιδραστήρων**. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να γίνει κατάλληλη αντιστοίχιση ρευμάτων ανακύκλωσης και αντιδραστήρων.

Όσον αφορά στην **πίεση** λειτουργίας, αυτή θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (μικρότερη), εάν η πραγματοποίηση της επιθυμητής αντίδρασης οδηγεί σε μείωση (αύξηση) των συνολικών moles ή η επιθυμητή αντίδραση είναι μεγαλύτερης (μικρότερης) τάξης από τις μη επιθυμητές.

Για ενδόθερμες αντιδράσεις ή μη αντιστρεπτές εξώθερμες αντιδράσεις, είναι επιθυμητό να λειτουργούμε τον αντιδραστήρα ισοθερμοκρασιακά και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη **μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία** με σκοπό τη μεγιστοποίηση του ρυθμού της αντίδρασης.

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Για αντιστρεπτές εξώθερμες αντιδράσεις (η συνηθέστερη περίπτωση σε πρακτικά προβλήματα), ο μέγιστος ρυθμός αντίδρασης χαρακτηρίζεται από (σχεδόν γραμμική) μείωση της θερμοκρασίας σαν συνάρτηση του κλασματικού βαθμού μετατροπής.

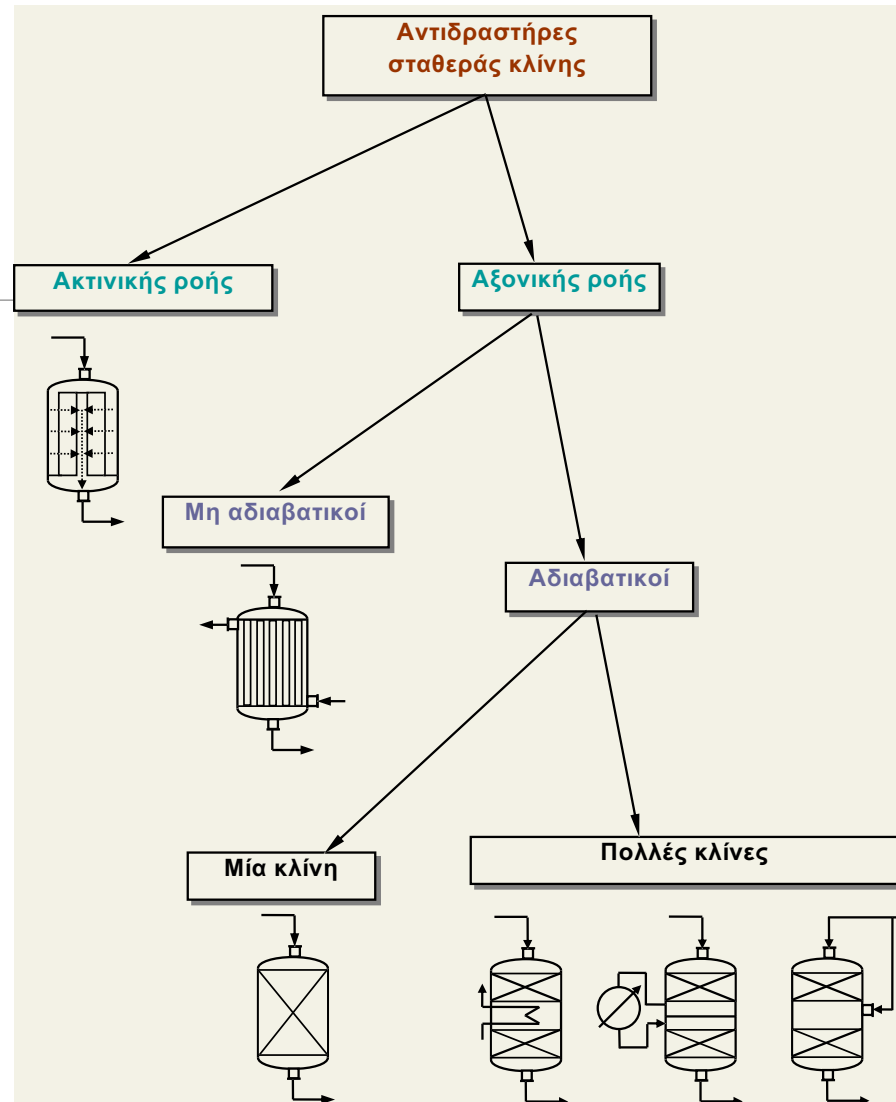
Στις περιπτώσεις αυτές, αρχικά, εξετάζουμε την πιθανότητα πραγματοποίησης της αντίδρασης σε αδιαβατικό αντιδραστήρα μιας σταθεράς κλίνης.

Η αδιαβατική λειτουργία θα είναι εφικτή, εφόσον η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά μήκος της καταλυτικής κλίνης είναι αποδεκτή (μικρότερη από 50 °C).

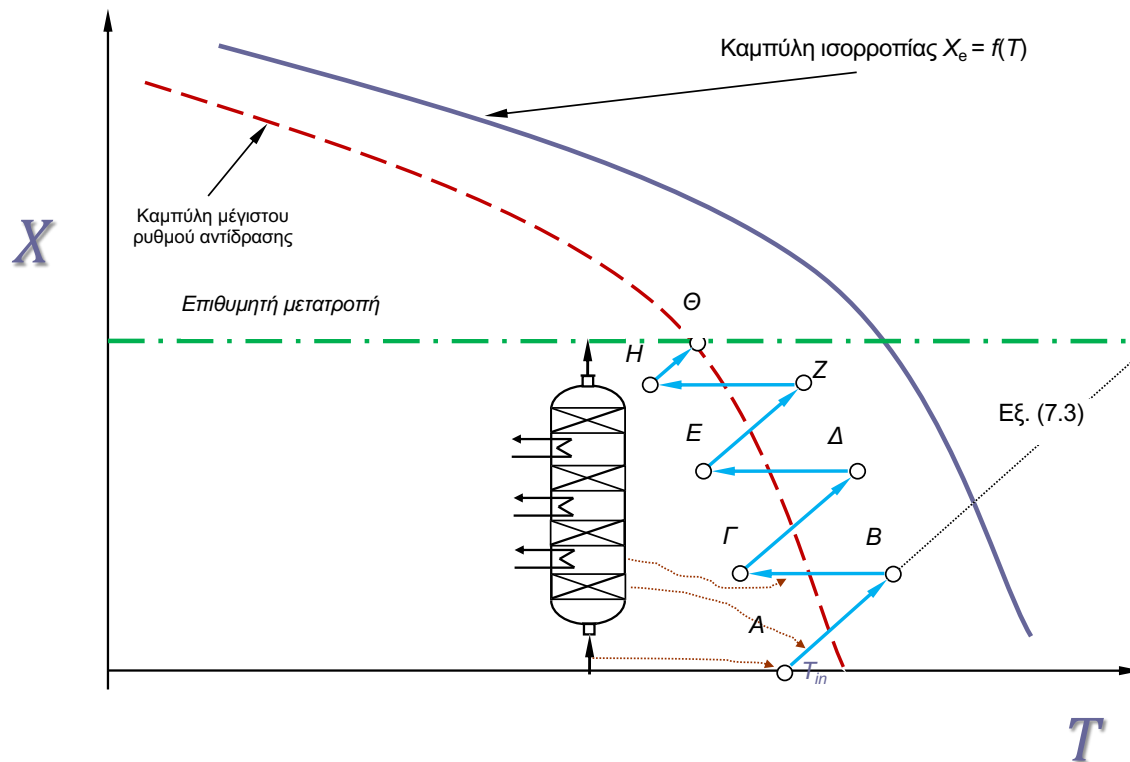
Εάν, αντίθετα, η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά μήκος της καταλυτικής κλίνης είναι σημαντική, τότε εξετάζουμε την πιθανότητα χρησιμοποίησης πολλαπλών κλινών με ενδιάμεση ψύξη (για εξώθερμες αντιδράσεις) ή θέρμανση (για ενδόθερμες αντιδράσεις)

ΕΠΙΠΕΔΟ 2:

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_{out} - T_{in} \\ &= \frac{Q_{rxn}}{\sum_{i=1}^{NC} n_{in,i} c_{p_i}} \\ &= \frac{(-\Delta h_{rxn}) f_{in,r} X}{\sum_{i=1}^{NC} n_{in,i} c_{p_i}}\end{aligned}$$



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Για έντονα ενδόθερμες ή εξώθερμες αντιδράσεις προτείνεται η:

- χρησιμοποίηση **περίσσειας** ενός αντιδρώντος, ή
- χρησιμοποίηση **αδρανούς** φορέα θερμότητας (diluent ή heat carrier) ή
- **συνδυασμό** των παραπάνω

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



Οι μέθοδοι διαχωρισμού μπορούν να καταταχθούν σε μία από τις ακόλουθες πέντε γενικές κατηγορίες:

- διαχωρισμός μέσω δημιουργίας φάσης
- διαχωρισμός μέσω προσθήκης φάσης
- διαχωρισμός μέσω διαχωριστικού μέσου
- διαχωρισμός υποβοηθούμενος από στερεό
- διαχωρισμός υποβοηθούμενος από πεδίο δυνάμεως

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *δημιουργίας φάσης* κατατάσσονται οι περισσότερες από τις γνωστότερες μεθόδους διαχωρισμού, όπως η *κλασματική απόσταξη*, η *απορρόφηση*, η *ξήρανση*, η *κρυστάλλωση*, κλπ., στις οποίες με την προσθήκη ή αφαίρεση ενέργειας από το σύστημα επιτυγχάνουμε τη δημιουργία μιας νέας φάσης η οποία έχει διαφορετική σύσταση από την αρχική.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *προσθήκης φάσης* κατατάσσονται η *εκχύλιση*, η *εκχυλιστική απόσταξη* και η *έκπλυση*. Στην εκχύλιση, για παράδειγμα, γίνεται προσθήκη στο αρχικό μίγμα ενός μη αναμίξιμου διαλύτη στον οποίο παρουσιάζει υψηλή διαλυτότητα ένα ή περισσότερα από τα συστατικά του μίγματος.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *διαχωριστικού μέσου* ανήκουν οι τεχνολογίες *μεμβρανών*. Κλασικότερα παραδείγματα ίσως αποτελούν η υπερδιήθηση, η μικροδιήθηση, η διάχυση αερίων μέσω μεμβρανών (gas permeation και pervaporation).

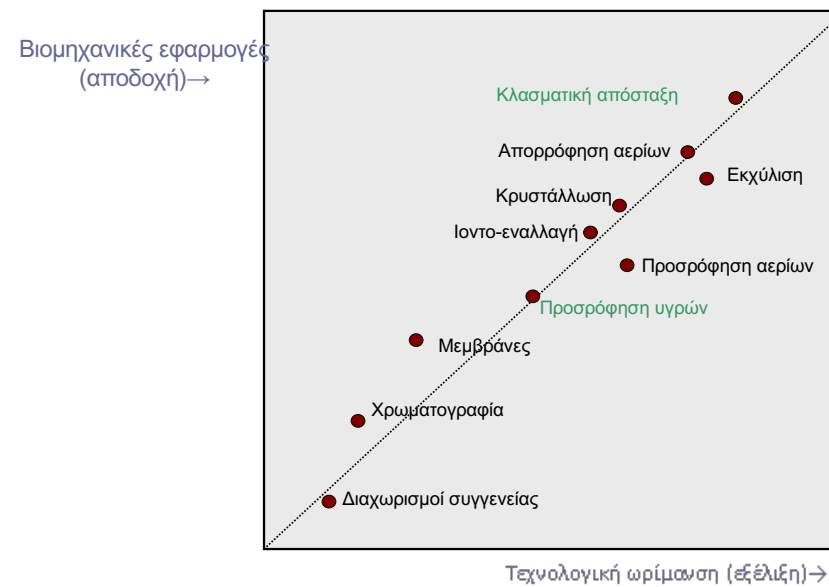
ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



Στην κατηγορία των διαχωρισμών *υποβοηθούμενων από στερεά* κατατάσσονται η *προσρόφηση*, η *χρωματογραφία* και η *ιοντο-εναλλαγή*. Η προσρόφηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση συστατικών τα οποία βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις από ρεύματα αερίων ή υγρών με χρησιμοποίηση στερεών προσροφητικών μέσων όπως ενεργός άνθρακας και η silica gel.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών *υποβοηθούμενων από πεδίο δυνάμεως* κατατάσσονται η *φυγοκέντριση*, η *ηλεκτροδιαπίδυση* και η *ηλεκτροφόρηση*. Η φυγοκέντριση, για παράδειγμα, βασίζεται στον διαχωρισμό υγρών με σημαντική διαφορά στην πυκνότητα με την ανάπτυξη φυγόκεντρων δυνάμεων.

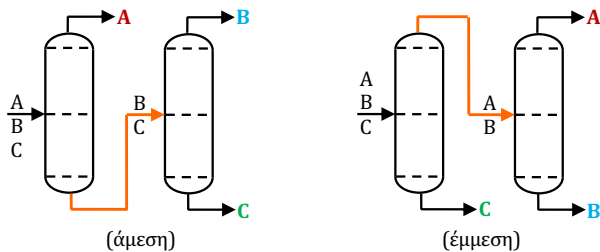
ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

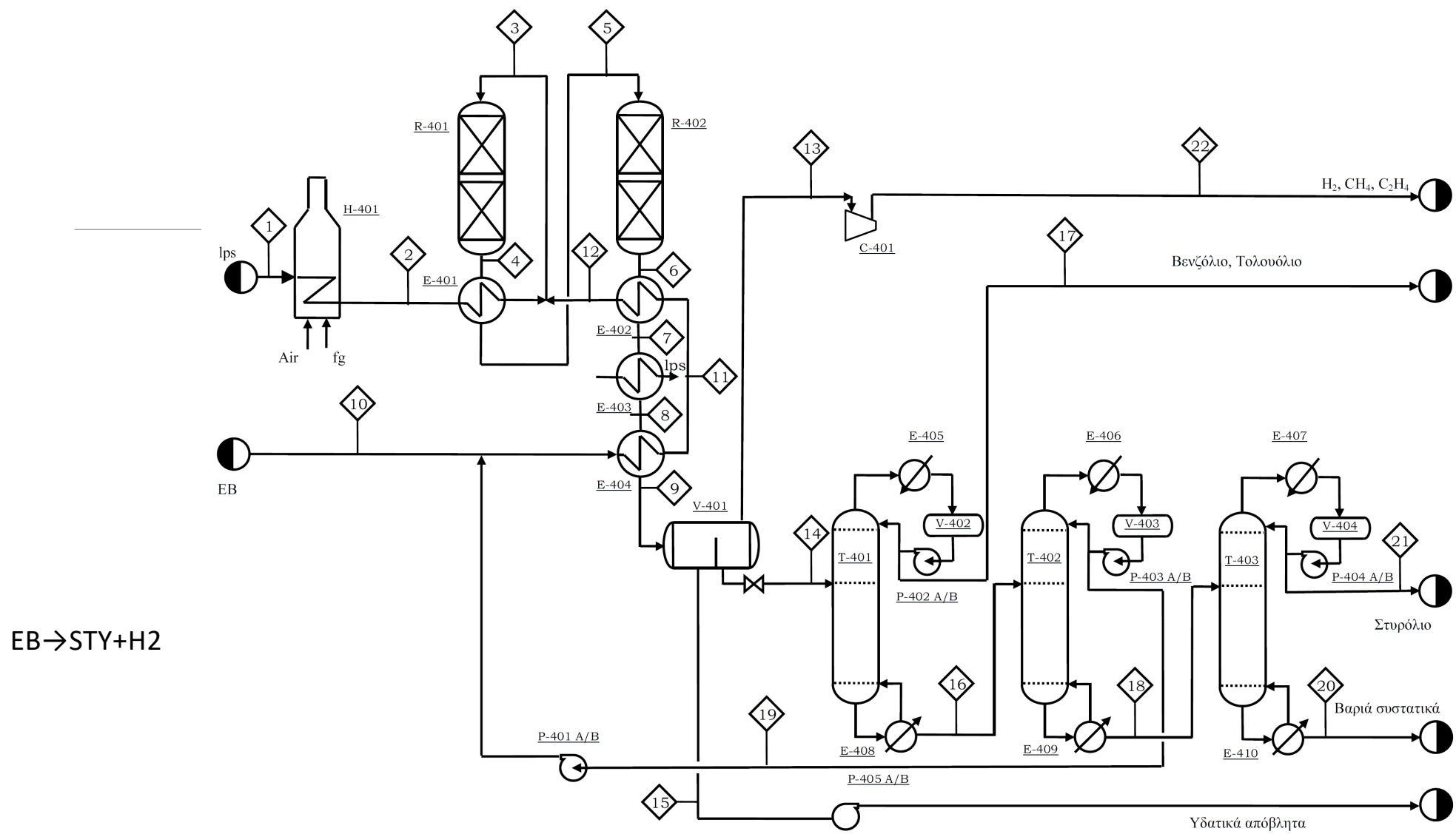


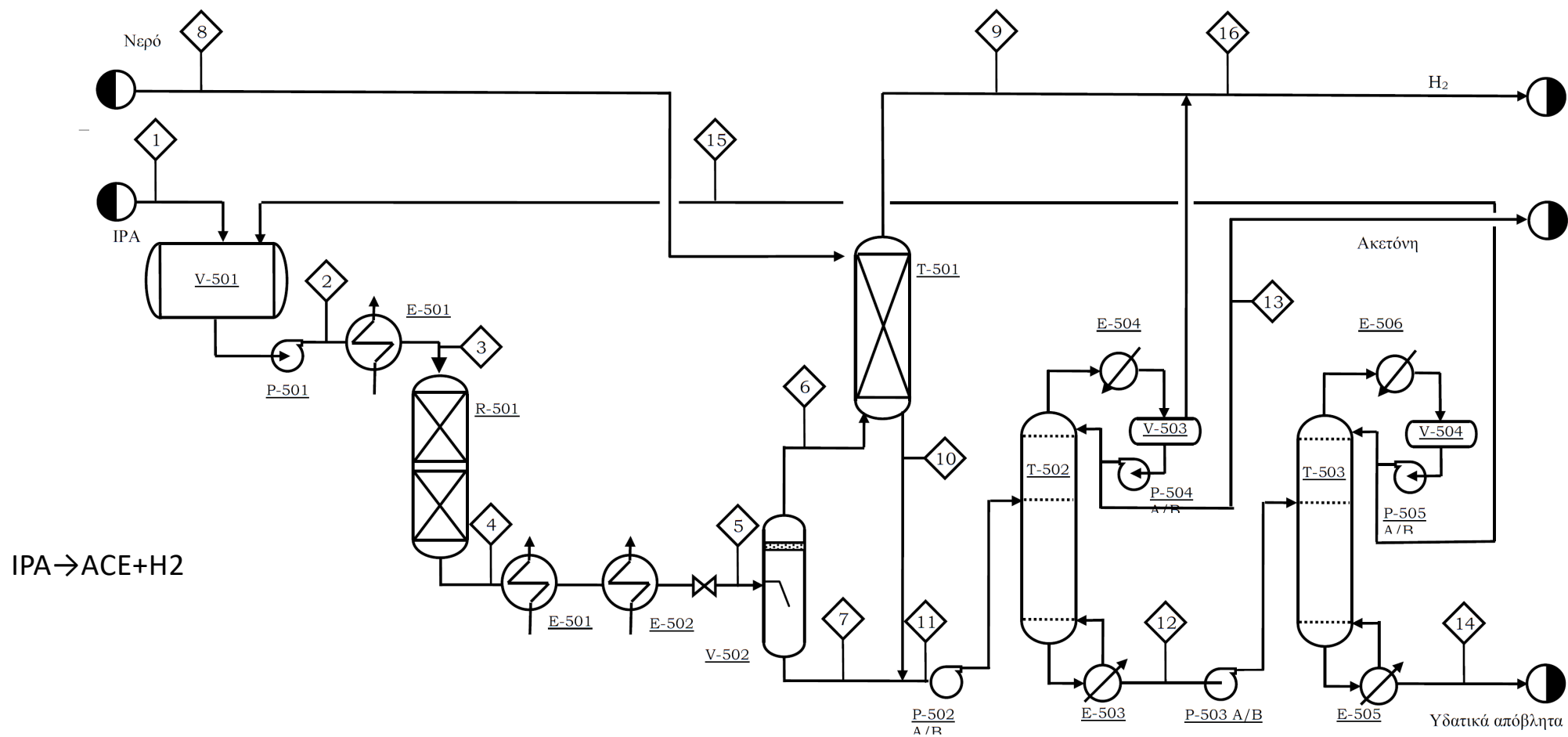
Δομή συστήματος διαχωρισμού με στήλες κλασματικής απόσταξης (εναλλακτικές και εμπειρικοί κανόνες)



$$N = \frac{[2(N_{\Pi} - 1)]!}{N_{\Pi}! (N_{\Pi} - 1)!}$$

- Θα πρέπει να προτιμώνται οι **άμεσες δομές**.
- Θα πρέπει να προτιμώνται δομές οι οποίες δίνουν προϊόντα κορυφής και βάσης με **συγκρίσιμες γραμμομοριακές ροές**.
- Απομακρύνονται πρώτα τα **ασταθή, διαβρωτικά ή χημικώς ενεργά** συστατικά.
- Απομακρύνονται πρώτα τα συστατικά με τις **μεγαλύτερες γραμμομοριακές παροχές**.
- Οι **δύσκολοι διαχωρισμοί** θα πρέπει να γίνονται τελευταίοι.
- Διαχωρισμοί με **προϊόντα υψηλής καθαρότητας** θα πρέπει να γίνονται τελευταίοι.





ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΔΟΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΠΕΔΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

ΕΠΙΠΕΔΟ 5: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



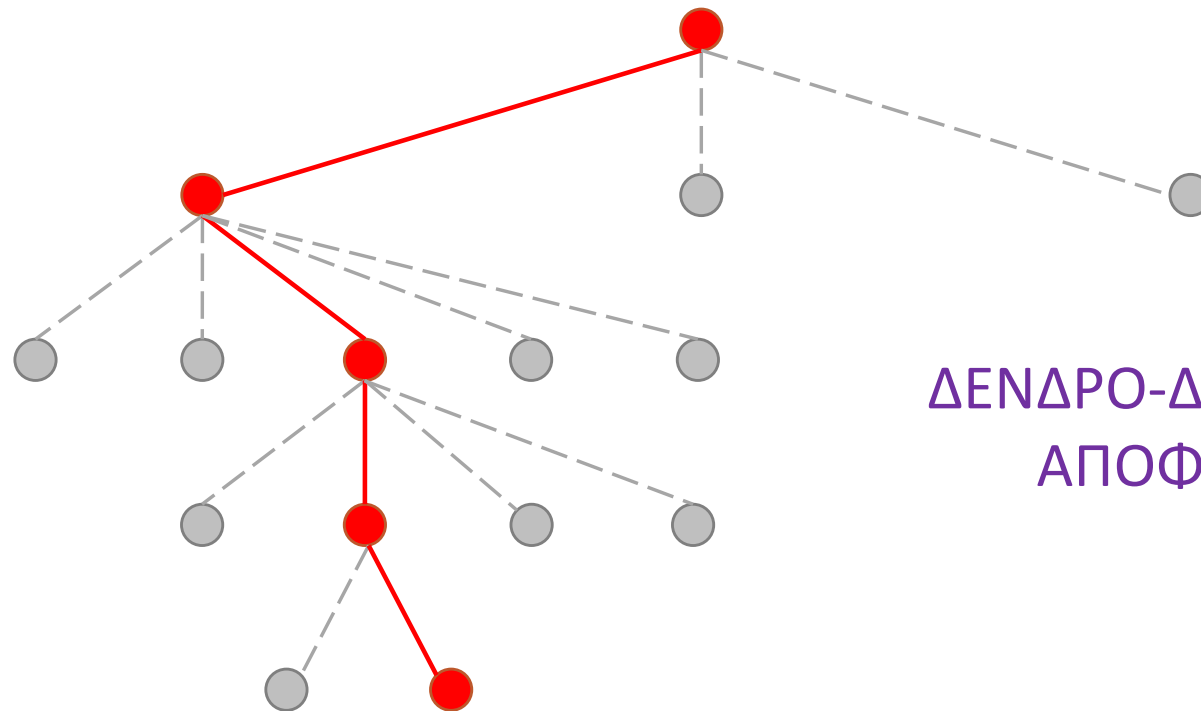
ΕΠΙΠΕΔΟ 1

ΕΠΙΠΕΔΟ 2

ΕΠΙΠΕΔΟ 3

ΕΠΙΠΕΔΟ 4

ΕΠΙΠΕΔΟ 5



ΔΕΝΔΡΟ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



$$K_{eq} = \frac{P_{\text{EtOH}}}{P_E P_W} = 1.27825 \cdot 10^{-7} \exp\left(\frac{5679}{T}\right), \quad \ln K_{eq} = \underbrace{\ln 1.27825 \cdot 10^{-7}}_{-15.8726} + \frac{5679}{T}$$

Αιθυλένιο : διαθέσιμο σε 15 °C, 50 bar, 1 % αιθάνιο @ 0.5 \$/kg

Ατμός : κορεσμένος σε 42 bar,

Παραγόμενη αιθανόλη >94 wt% υδατικό διάλυμα @ 1 \$/kg, 30 kt/y EtOH

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ / ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

2208

Ind. Eng. Chem. Res. 1993, 32, 2208–2212

Olefin/Paraffin Separation Technology: A Review

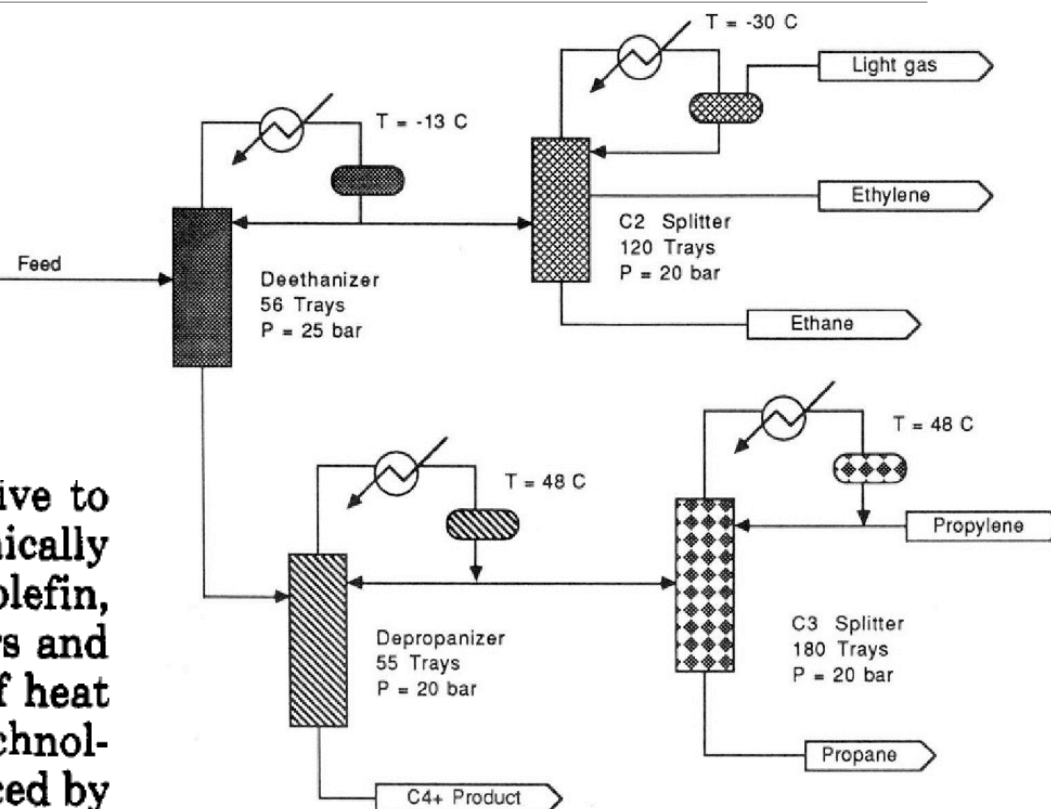
R. Bruce Eldridge

Phillips Petroleum Company, Bartlesville, Oklahoma 74004

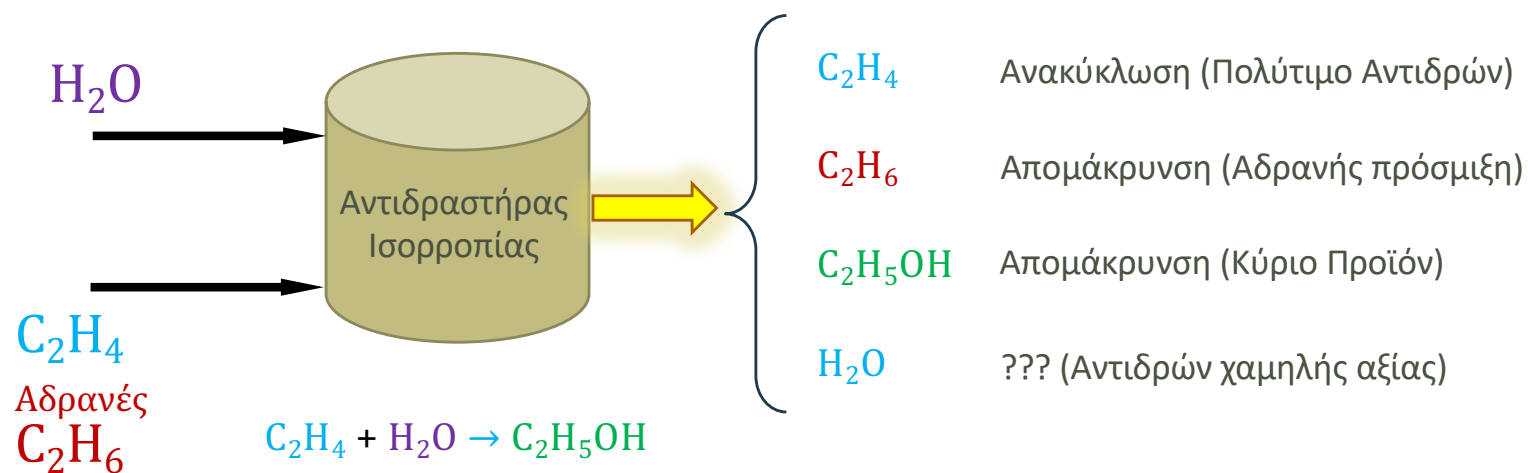
A review of traditional and nontraditional technologies for the separation of light olefins and paraffins is presented. The technologies addressed range from conventional low-temperature distillation to chemical complexation using copper and silver ions.



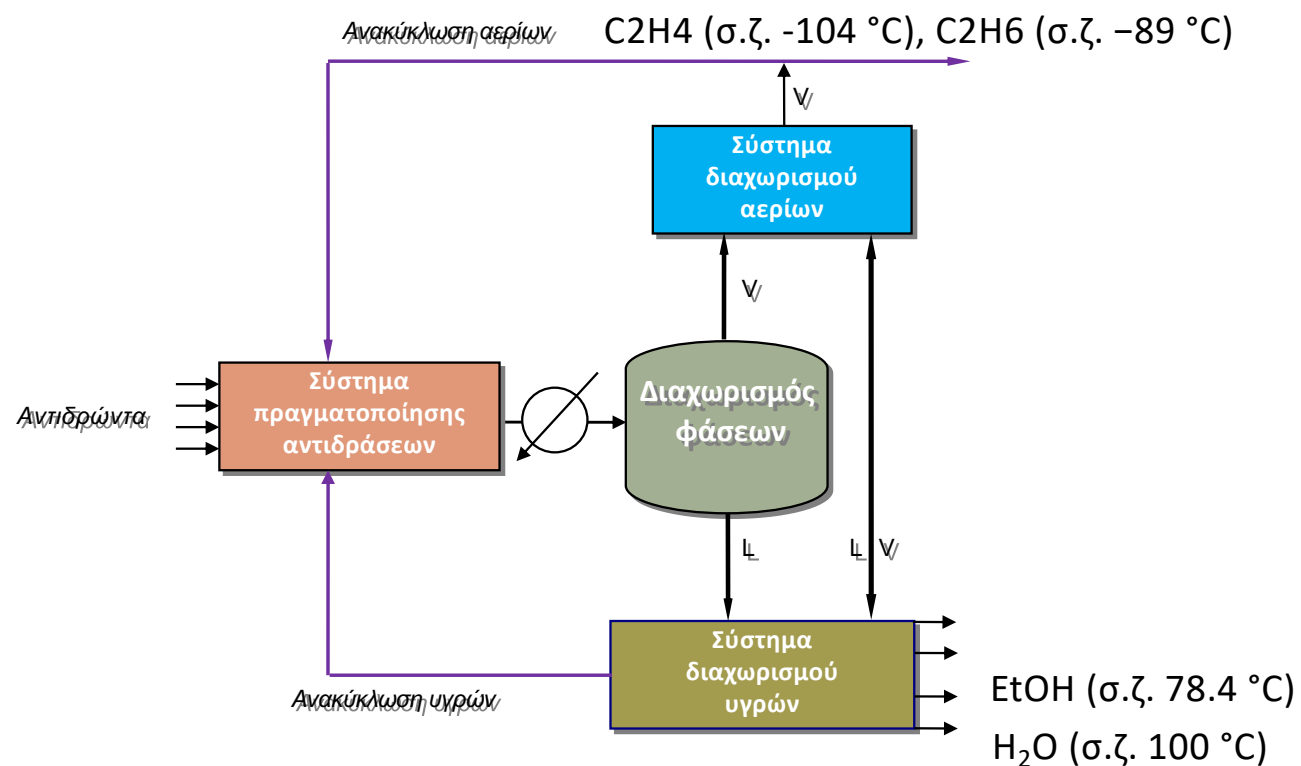
gated (Minton, 1979). These systems are expensive to build and operate and are currently only economically attractive for streams containing high quantities of olefin, such as those from large refinery catalytic crackers and high-capacity ethylene crackers. The high level of heat integration requires that alternative separation technologies be carefully reviewed. Capital savings produced by



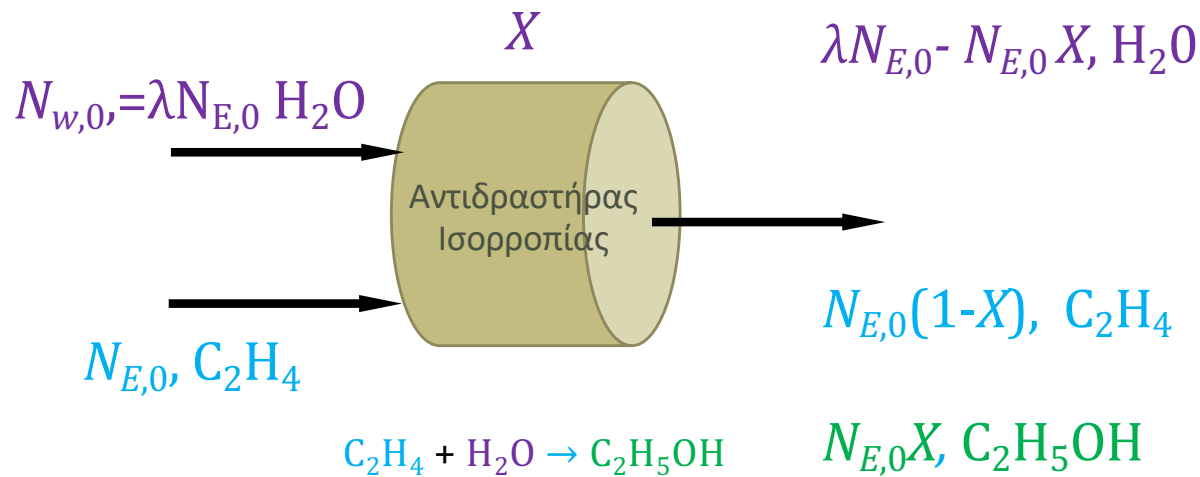
ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



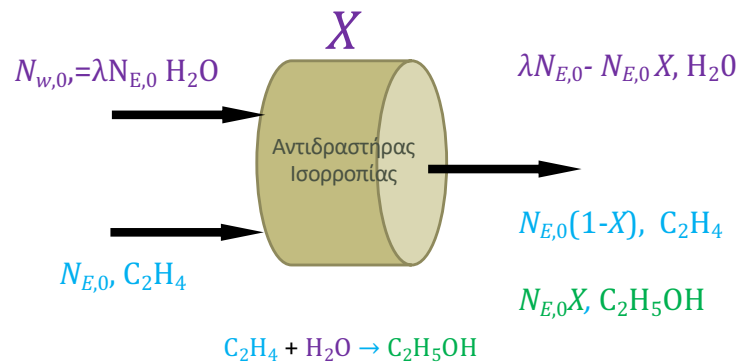
$$K_{eq} = \frac{P_{EtOH}}{P_E P_W} = \frac{1}{P} \frac{y_{EtOH}}{y_E y_W}$$

$$K_{eq} P = \frac{\frac{N_{E,0} X}{N_{E,0} [1 + \lambda - X]}}{\frac{N_{E,0} (1 - X) N_{E,0} (\lambda - X)}{N_{E,0}^2 [1 + \lambda - X]^2}}$$

$$= \frac{\frac{X}{1 + \lambda - X}}{\frac{(1 - X)(\lambda - X)}{(1 + \lambda - X)^2}} = \frac{X(1 + \lambda - X)}{(1 - X)(\lambda - X)} \Rightarrow$$

$$X^2 - (1 + \lambda)X + \frac{K_{eq} P}{1 + K_{eq} P} \lambda = 0$$

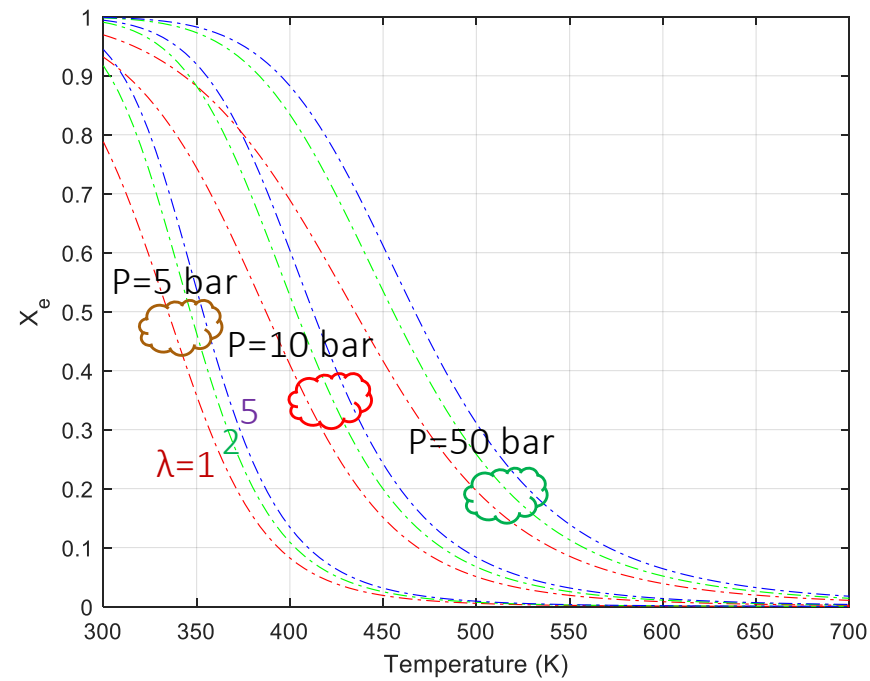
ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



$$X^2 - (1 + \lambda)X + \frac{K_{eq}P}{1 + K_{eq}P}\lambda = 0$$

$$X_{eq} = f(\lambda, P, T) = \frac{1 + \lambda}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{K_{eq}P}{1 + K_{eq}P} \cdot \frac{\lambda}{(1 + \lambda)^2}} \right)$$

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

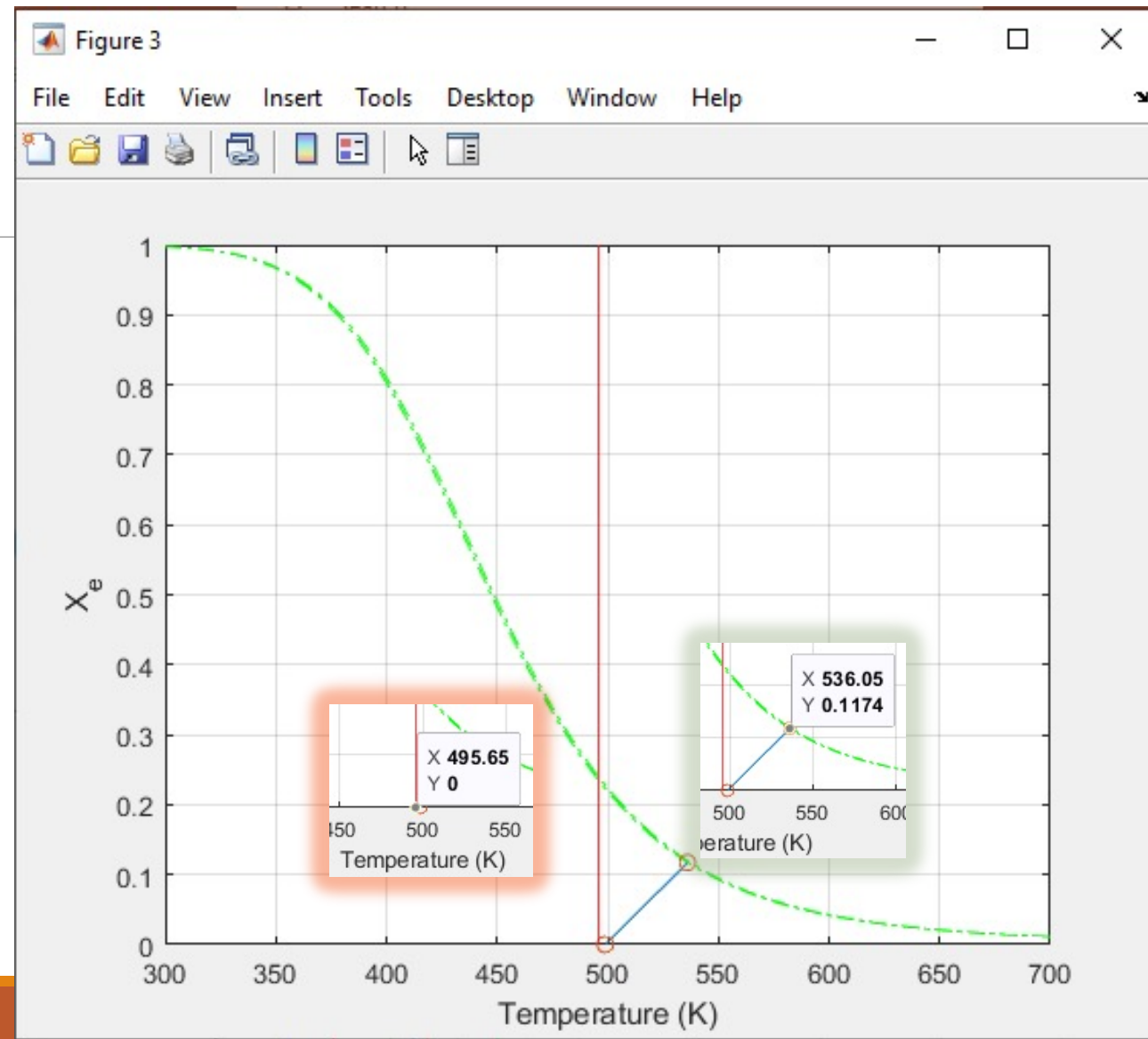


$\lambda=2$

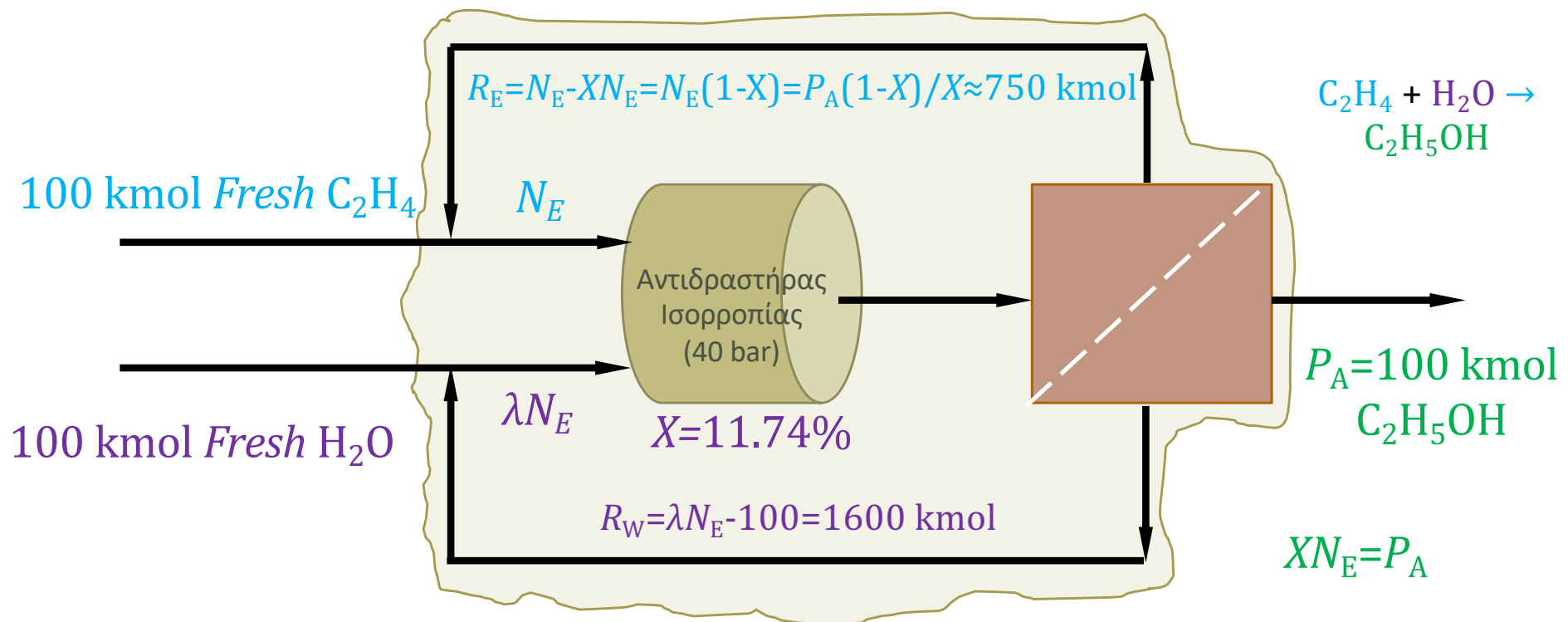
&

Μέγιστη
πίεση με
βάση τις
διαθέσιμες
α' ύλες
(40 bar)

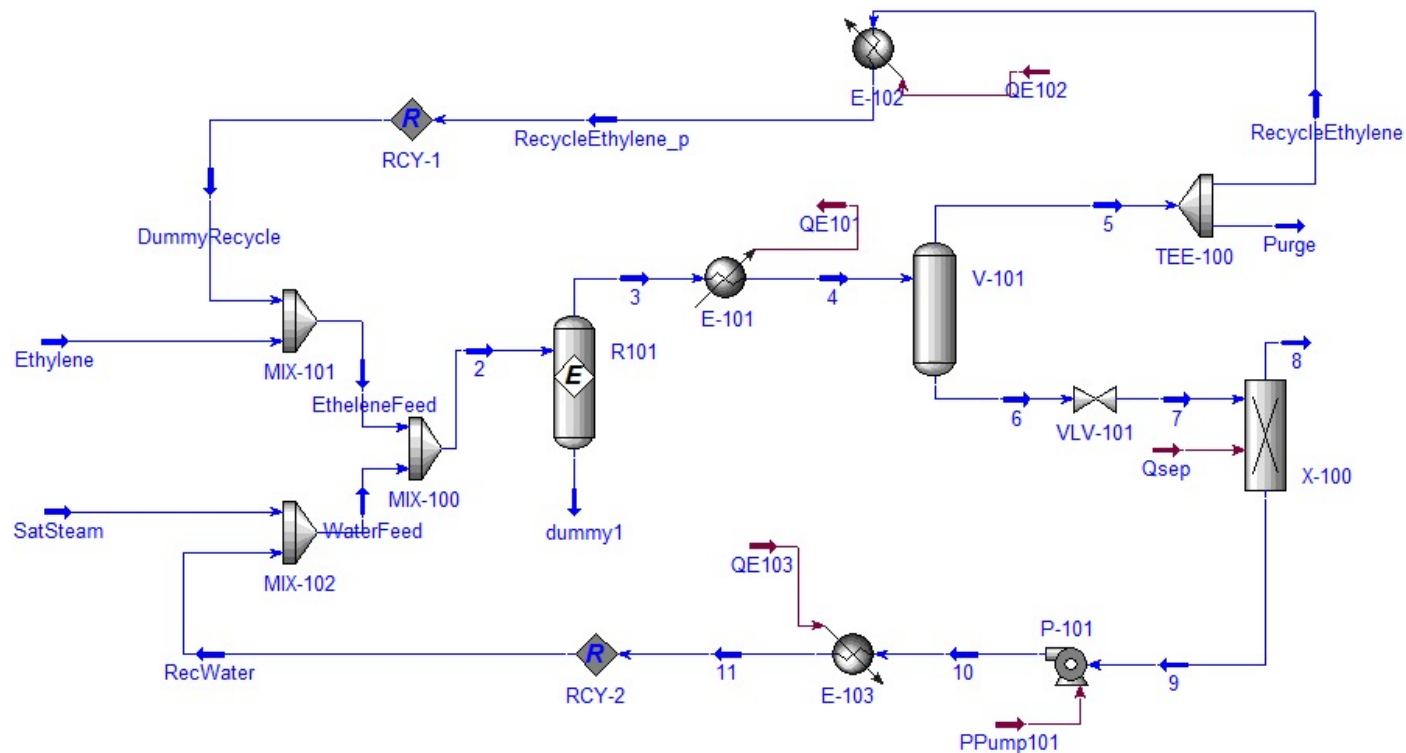
$P=40 \text{ bar}$, $\lambda=2$



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Ethylene		
Temperature	15.00	C
Pressure	5000	kPa
Molar Flow	100.0	kgmole/h

EthyleneFeed		
Temperature	194.2	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	841.2	kgmole/h

SatSteam		
Temperature	250.3	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	100.0	kgmole/h

WaterFeed		
Temperature	250.3	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	1682	kgmole/h

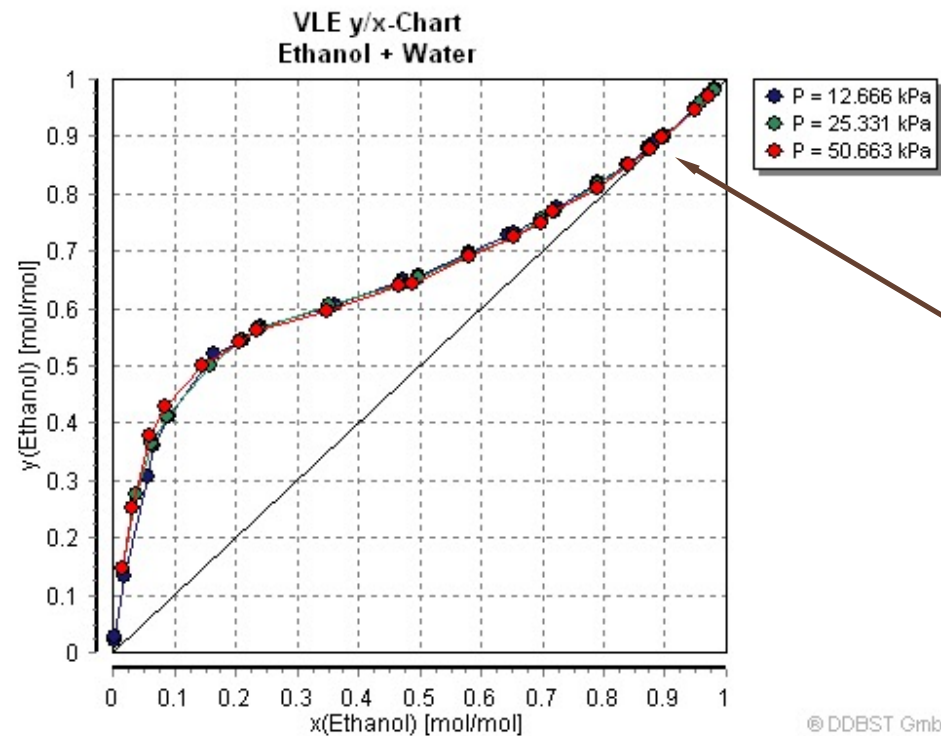
2		
Temperature	224.7	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	2523	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethylene)	836.14	kgmole/h
Comp Molar Flow (H2O)	1684.4	kgmole/h

3		
Temperature	262.2	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	2424	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethylene)	736.69	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethanol)	102.16	kgmole/h

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



<http://www.ddbst.com>



Αζεότροπο
90 mol% EtOH
95.8 wt% EtOH

ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΔΟΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

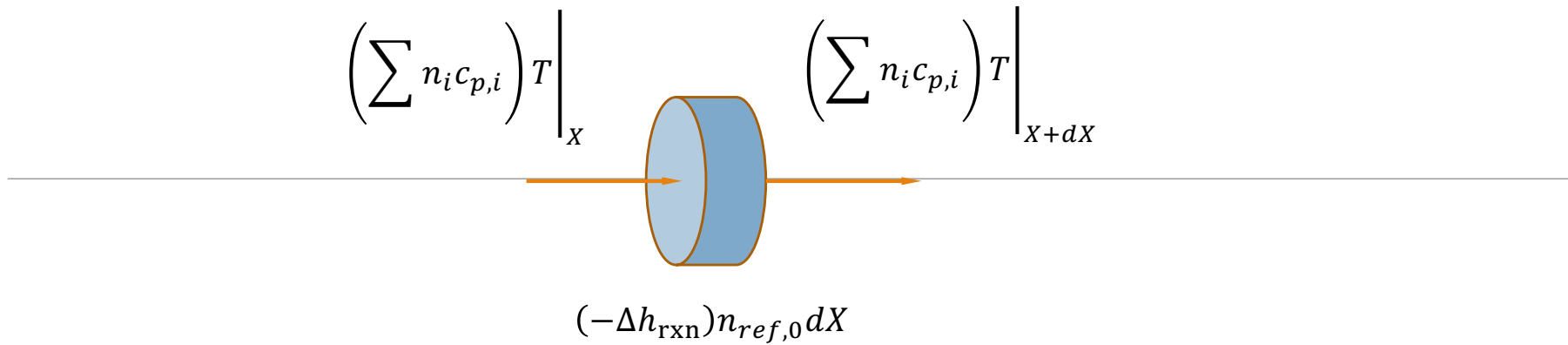
ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

7ο & 8ο
Εξαμηνο
ΤΧΜ ΠΠ

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

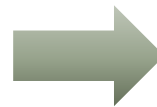
ΕΠΙΠΕΔΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

ΕΠΙΠΕΔΟ 5: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ



$$\underbrace{\left(\sum n_i c_{p,i} \right) T \Big|_X}_{Nc_p} + (-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0} dX = \underbrace{\left(\sum n_i c_{p,i} \right) T \Big|_{X+dX}}_{Nc_p} \Rightarrow \frac{dT}{dX} = \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p}$$

$$T_{X+\Delta X} = T_X + \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p} \Delta X$$



$$T_X = T_0 + \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p} X$$