



ΙΔΕΠ

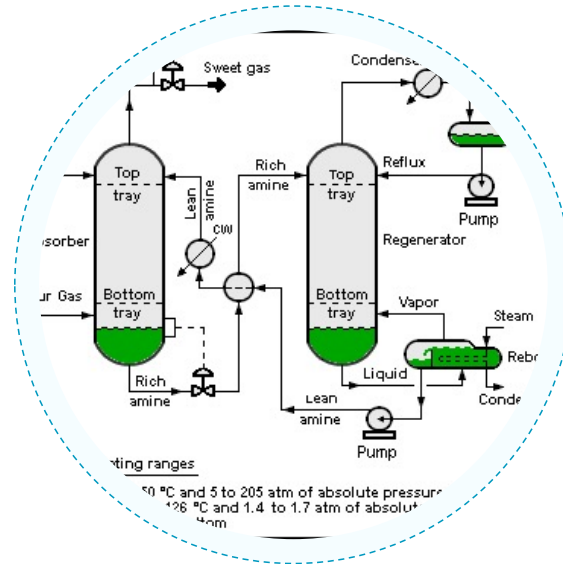
Ινστιτούτο
Χημικών
Διεργασιών και
Ενεργειακών
Πόρων

Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Σχεδιασμός Χημικών Εγκαταστάσεων II

Καλογιάννης Κων/νος, kkalogia@cperi.certh.gr

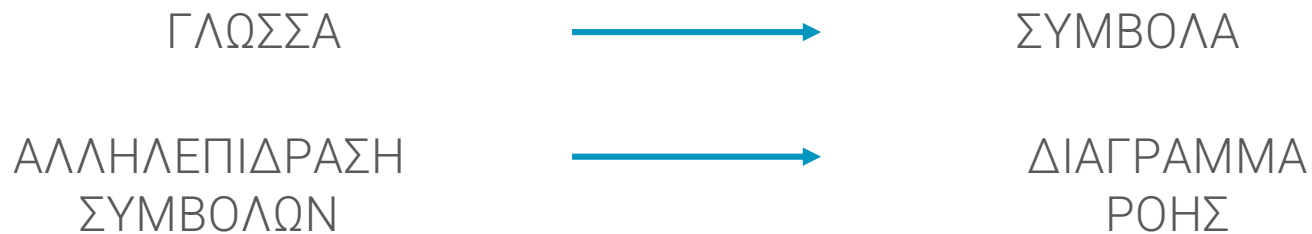
Χειμερινό εξάμηνο 2019-2020



Διάγραμμα ροής

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

- Το διάγραμμα ροής επικοινωνεί πληροφορία.
- Χρησιμοποιεί μία γλώσσα → σύμβολα
- Χαρακτηρίζεται από μία αλληλουχία και διασύνδεση συμβόλων για να αποτυπώσει όλες τις αλληλεπιδράσεις.
- Η συνολική αυτή σύνθεση είναι το διάγραμμα ροής



Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Το διάγραμμα ροής διεργασιών (PFD) αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς τα πάνω από το BFD όσον αφορά στη ποσότητα των πληροφοριών που περιέχει.

Το PFD περιέχει το μεγαλύτερο μέρος των δεδομένων χημικής μηχανικής που είναι απαραίτητα για το σχεδιασμό μιας χημικής διεργασίας. Δεν υπάρχουν καθολικά αποδεκτά πρότυπα, υπάρχουν όμως συνηθισμένες και καλές πρακτικές.

Το PFD μιας εταιρείας θα περιέχει πιθανώς ελαφρώς διαφορετικές πληροφορίες από το PFD για την ίδια διεργασία μιας άλλης εταιρείας, τυπικά όμως τα περισσότερα PFD μεταφέρουν πολύ παρόμοιες πληροφορίες.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Ένα τυπικό PFD θα περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Όλα τα σημαντικά κομμάτια του εξοπλισμού της διεργασίας θα απεικονίζονται στο διάγραμμα μαζί με την περιγραφή του εξοπλισμού. Σε κάθε κομμάτι εξοπλισμού θα έχει αποδοθεί ένας μοναδικός αριθμός εξοπλισμού και ένα περιγραφικό όνομα.
- Όλες οι ροές ροής της διεργασίας θα απεικονίζονται και θα αναγνωρίζονται με έναν αριθμό. Θα περιλαμβάνεται περιγραφή των συνθηκών της διεργασίας και της χημικής σύνθεσης κάθε ρεύματος. Τα δεδομένα αυτά θα εμφανίζονται είτε απευθείας στο PFD είτε θα περιλαμβάνονται σε συνοδευτικό συνοπτικό πίνακα ροής.
- Θα εμφανίζονται όλα τα ρεύματα κοινής ωφέλειας που τροφοδοτούν τον κύριο εξοπλισμό που παρέχει μια λειτουργία διεργασίας.
- Θα απεικονίζονται οι βασικοί βρόχοι ελέγχου, που απεικονίζουν τη στρατηγική ελέγχου που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της διεργασίας κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας.

Οι βασικές πληροφορίες που παρέχονται από ένα PFD μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Τοπολογία διεργασίας
2. Πληροφορίες ροής
3. Πληροφορίες εξοπλισμού

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Στο παρακάτω σχήμα έχουμε ένα διάγραμμα ροής διεργασίας για την παραγωγή βενζολίου. Αυτό το διάγραμμα απεικονίζει τη θέση των κύριων τμημάτων του εξοπλισμού και τις συνδέσεις που πραγματοποιούν οι ροές διεργασίας μεταξύ του εξοπλισμού. Η θέση και η αλληλεπίδραση μεταξύ του εξοπλισμού και των ροών διεργασίας αναφέρονται ως τοπολογία της διεργασίας.

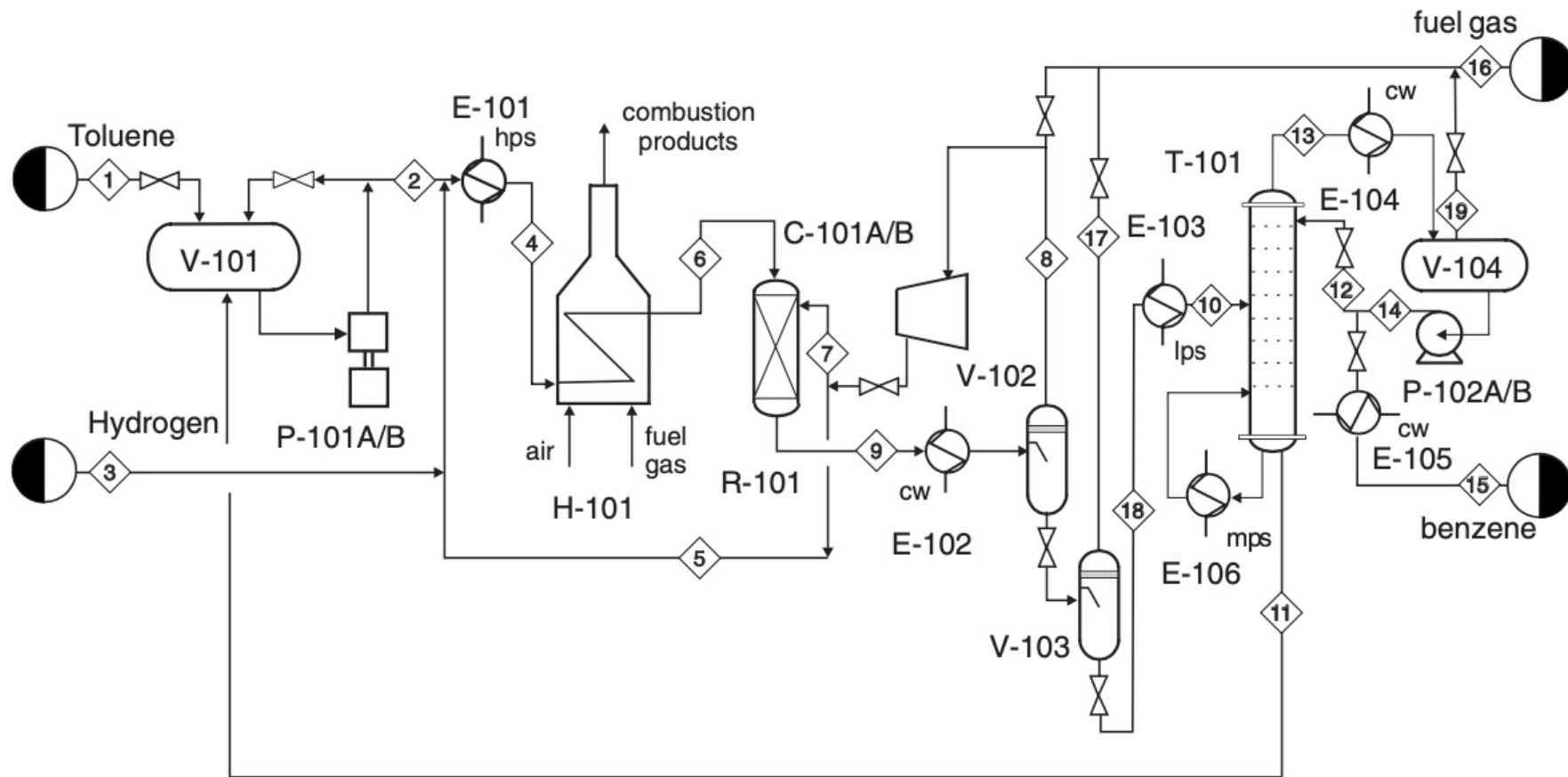
Ο εξοπλισμός αναπαρίσταται συμβολικά με "εικονίδια" που προσδιορίζουν συγκεκριμένες λειτουργίες της μονάδας. Παρόλο που η Αμερικανική Εταιρεία Μηχανολόγων Μηχανικών (ASME) δημοσιεύει ένα σύνολο συμβόλων για την προετοιμασία των φύλλων ροής, δεν είναι ασυνήθιστο για τις εταιρείες να χρησιμοποιούν εσωτερικά σύμβολα. Όποιο σύνολο συμβόλων και αν χρησιμοποιείται, σπάνια υπάρχει πρόβλημα στην αναγνώριση της λειτουργίας που αντιπροσωπεύει κάθε εικονίδιο.

Δίνεται κατάλογος των συμβόλων που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα διεργασιών που παρουσιάζονται στο παρόν κείμενο. Ο κατάλογος αυτός καλύπτει περισσότερο από το 90% αυτών που απαιτούνται σε διεργασίες ρευστών (αερίων ή υγρών).

Βλέπουμε ότι κάθε σημαντικό κομμάτι του εξοπλισμού της διεργασίας αναγνωρίζεται από έναν αριθμό στο διάγραμμα. Ένας κατάλογος με τους αριθμούς του εξοπλισμού μαζί με μια σύντομη ονομασία του εξοπλισμού εκτυπώνεται κατά μήκος της κορυφής του διαγράμματος. Η διάταξη αυτών των αριθμών και των ονομάτων εξοπλισμού αντιστοιχεί περίπου στην οριζόντια θέση του αντίστοιχου εξοπλισμού.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

V-101	P-101A/B	E-101	H-101	R-101	C-101A/B	E-102	V-102	V-103	E-103	E-106	T-101	E-104	V-104	P-102A/B	E-105
Toluene Storage Drum	Toluene Feed Pumps	Feed Preheater	Feed Heater	Reactor	Recycle Gas Compressor	Reactor Effluent Cooler	High Pres. Phase Sep.	Low Pres. Phase Sep.	Tower Feed Heater	Benzene Reboiler	Benzene Column	Benzene Condenser	Reflux Drum	Reflux Pumps	Product Cooler



Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Process Equipment	General Format XX-YYY A/B
	<p>XX are the identification letters for the equipment classification</p> <p>C - Compressor or Turbine</p> <p>E - Heat Exchanger</p> <p>H - Fired Heater</p> <p>P - Pump</p> <p>R - Reactor</p> <p>T - Tower</p> <p>TK - Storage Tank</p> <p>V - Vessel</p> <p>Y designates an area within the plant</p> <p>ZZ is the number designation for each item in an equipment class</p> <p>A/B identifies parallel units or backup units not shown on a PFD</p>
Supplemental Information	Additional description of equipment given on top of PFD

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Ως παράδειγμα χρήσης αυτών των πληροφοριών, ας εξετάσουμε τη μονάδα P-101A/B και τι σημαίνει κάθε αριθμός ή γράμμα.

- Το P-101A/B προσδιορίζει τον εξοπλισμό ως αντλία.
- Το P-101A/B υποδεικνύει ότι η αντλία βρίσκεται στην περιοχή 100 της εγκατάστασης.
- Το P-101A/B υποδεικνύει ότι η συγκεκριμένη αντλία είναι ο αριθμός 01 στη μονάδα 100.
- Το P-101A/B υποδεικνύει ότι έχει εγκατασταθεί εφεδρική αντλία. Συνεπώς, υπάρχουν δύο πανομοιότυπες αντλίες P-101A και P-101B. Η μία αντλία θα λειτουργεί ενώ η άλλη θα βρίσκεται σε αδράνεια.

Κατά μήκος της κορυφής του PFD, σε κάθε κομμάτι του εξοπλισμού διεργασίας αποδίδεται ένα περιγραφικό όνομα. Από το προηγούμενο σχήμα φαίνεται ότι η αντλία P-101 ονομάζεται "αντλία τροφοδοσίας τολουολίου". Αυτό το όνομα θα χρησιμοποιείται συνήθως σε συζητήσεις σχετικά με τη διεργασία και είναι συνώνυμο της P-101.

*Κατά τη διάρκεια της ζωής της μονάδας, θα γίνουν πολλές τροποποιήσεις στη διεργασία, συχνά θα χρειαστεί να αντικατασταθεί ή να καταργηθεί ο εξοπλισμός της διεργασίας. Όταν ένα κομμάτι εξοπλισμού φθίρειται και αντικαθίσταται από μια νέα μονάδα που παρέχει ουσιαστικά την ίδια λειτουργία διεργασίας με την παλιά μονάδα, τότε δεν είναι ασυνήθιστο το νέο κομμάτι εξοπλισμού να κληρονομήσει το όνομα και τον αριθμό του παλιού εξοπλισμού (συχνά χρησιμοποιείται ένα πρόσθετο γράμμα ως επίθεμα, π.χ. το H-101 μπορεί να γίνει H-101A). Αν πραγματοποιείται σημαντική τροποποίηση της διαδικασίας, τότε είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται νέοι αριθμοί και ονόματα εξοπλισμού.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Ανατρέχοντας στο PFD, φαίνεται ότι κάθε ροή διεργασίας προσδιορίζεται από έναν αριθμό σε ένα πλαίσιο-ρόμβο που βρίσκεται πάνω στη ροή. Η κατεύθυνση της ροής προσδιορίζεται από ένα ή περισσότερα βέλη. Οι αριθμοί των ροών διεργασιών χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των ροών στο PFD, και ο τύπος των πληροφοριών που συνήθως δίνονται για κάθε ροή συζητείται παρακάτω.

Προσδιορίζονται επίσης οι ροές κοινής ωφέλειας (βοηθητικές παροχές). Οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας είναι αναγκαίες υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες στο εργοστάσιο. Τα χημικά εργοστάσια διαθέτουν μια σειρά από κεντρικές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας που περιλαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια, πεπιεσμένο αέρα, νερό ψύξης, ψυχρό νερό, ατμό, επιστροφή συμπυκνωμάτων, αδρανές αέριο για κάλυψη, χημική αποχέτευση, επεξεργασία λυμάτων και πυρσούς. Ένας κατάλογος των κοινών υπηρεσιών παρατίθεται στο παρακάτω πίνακα, ο οποίος παρέχει επίσης έναν οδηγό για τον προσδιορισμό των ροών διεργασίας.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Ανατρέχοντας στο PFD, φαίνεται ότι κάθε ροή διεργασίας προσδιορίζεται από έναν αριθμό σε ένα πλαίσιο-ρόμβο που βρίσκεται πάνω στη ροή. Η κατεύθυνση της ροής προσδιορίζεται από ένα ή περισσότερα βέλη. Οι αριθμοί των ροών διεργασιών χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση των ροών στο PFD, και ο τύπος των πληροφοριών που συνήθως δίνονται για κάθε ροή συζητείται παρακάτω.

Προσδιορίζονται επίσης οι ροές κοινής ωφέλειας (βοηθητικές παροχές). Οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας είναι αναγκαίες υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες στο εργοστάσιο.

Τα χημικά εργοστάσια διαθέτουν μια σειρά από κεντρικές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας που περιλαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια, πεπιεσμένο αέρα, νερό ψύξης, ψυχρό νερό, ατμό, επιστροφή συμπυκνωμάτων, αδρανές αέριο για κάλυψη, χημική αποχέτευση, επεξεργασία λυμάτων και πυρσούς.

Ένας κατάλογος των κοινών υπηρεσιών παρατίθεται στο παρακάτω πίνακα, ο οποίος παρέχει επίσης έναν οδηγό για τον προσδιορισμό των ροών διεργασίας.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Utility Streams	
lps	Low-Pressure Steam: 3–5 barg (sat) †
mps	Medium-Pressure Steam: 10–15 barg (sat) †
hps	High-Pressure Steam: 40–50 barg (sat) †
htm	Heat Transfer Media (Organic): to 400°C
cw	Cooling Water: From Cooling Tower 30°C Returned at Less Than 45°C [†]
wr	River Water: From River 25°C Returned at Less Than 35°C
rw	Refrigerated Water: In at 5°C Returned at Less Than 15°C
rb	Refrigerated Brine: In at –45°C Returned at Less Than 0°C
cs	Chemical Waste Water with High COD
ss	Sanitary Waste Water with High BOD, etc.
el	Electric Heat (Specify 220, 440, 660V Service)
ng	Natural Gas
fg	Fuel Gas
fo	Fuel Oil
fw	Fire Water

†These pressures are set during the preliminary design stages and typical values vary within the ranges shown.

†Above 45°C, significant scaling occurs.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Κάθε βοηθητική παροχή προσδιορίζεται με τα αρχικά που παρέχονται στο πίνακα. Ως παράδειγμα, ας εντοπίσουμε το E-102 στο PFD. Ο συμβολισμός, cw, που σχετίζεται με το ρεύμα εκτός διεργασίας που ρέει στο E-102 υποδηλώνει ότι χρησιμοποιείται νερό ψύξης ως ψυκτικό μέσο.

Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία κινητήρων και γεννητριών είναι ένα πρόσθετο βοηθητικό στοιχείο που δεν προσδιορίζεται άμεσα στο PFD ή στον πίνακα, αλλά αντιμετωπίζεται χωριστά. Τα περισσότερα από τα βοηθητικά στοιχεία που εμφανίζονται σχετίζονται με εξοπλισμό που προσθέτει ή αφαιρεί θερμότητα εντός της διεργασίας για τον έλεγχο των θερμοκρασιών.

Για μικρά διαγράμματα που περιέχουν λίγες μόνο λειτουργίες, τα χαρακτηριστικά των ρευμάτων, όπως οι θερμοκρασίες, οι πιέσεις, οι συνθέσεις και οι ροές, μπορούν να εμφανίζονται απευθείας στο σχήμα, δίπλα στο ρεύμα. Αυτό δεν είναι πρακτικό για ένα πιο σύνθετο διάγραμμα. Στην περίπτωση αυτή, στο διάγραμμα παρέχεται μόνο ο αριθμός του ρεύματος οι λεπτομέρειες των ρευμάτων δίνονται σε μια σύνοψη ροών ή σε έναν πίνακα ροών, ο οποίος συχνά παρέχεται κάτω από το διάγραμμα ροής διεργασίας.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Stream Number	1	2	3	4	5	6	7	8
Temperature (°C)	25	59	25	225	41	600	41	38
Pressure (bar)	1.90	25.8	25.5	25.2	25.5	25.0	25.5	23.9
Vapor Fraction	0.0	0.0	1.00	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mass Flow (tonne/h)	10.0	13.3	0.82	20.5	6.41	20.5	0.36	9.2
Mole Flow (kmol/h)	108.7	144.2	301.0	1204.4	758.8	1204.4	42.6	1100.8
Component Mole Flow (kmol/h)								
Hydrogen	0.0	0.0	286.0	735.4	449.4	735.4	25.2	651.9
Methane	0.0	0.0	15.0	317.3	302.2	317.3	16.95	438.3
Benzene	0.0	1.0	0.0	7.6	6.6	7.6	0.37	9.55
Toluene	108.7	143.2	0.0	144.0	0.7	144.0	0.04	1.05

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
654	90	147	112	112	112	38	38	38	38	112
24.0	2.6	2.8	3.3	2.5	3.3	2.3	2.5	2.8	2.9	2.5
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0
20.9	11.6	3.27	14.0	22.7	22.7	8.21	2.61	0.07	11.5	0.01
1247.0	142.2	35.7	185.2	290.7	290.7	105.6	304.2	4.06	142.2	0.90
652.6	0.02	0.0	0.0	0.02	0.0	0.0	178.0	0.67	0.02	0.02
442.3	0.88	0.0	0.0	0.88	0.0	0.0	123.05	3.10	0.88	0.88
116.0	106.3	1.1	184.3	289.46	289.46	105.2	2.85	0.26	106.3	0.0
36.0	35.0	34.6	0.88	1.22	1.22	0.4	0.31	0.03	35.0	0.0

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Με τις πληροφορίες από το PFD και τον συνοπτικό πίνακα ροής, αναλύονται εύκολα θέματα σχετικά με τα ισοζύγια υλικών και άλλα προβλήματα. Τα παρακάτω παραδείγματα προσφέρουν εμπειρία στην εργασία με πληροφορίες από το PFD.

Παράδειγμα 1:

Ελέγξτε το συνολικό ισοζύγιο υλικών για τη διεργασία βενζολίου που παρουσιάζεται στο PFD.

Από το σχήμα, αναγνωρίζουμε τα ρεύματα εισόδου ως ρεύμα 1 (τροφοδοσία τολουολίου) και ρεύμα 3 (τροφοδοσία υδρογόνου) και τα ρεύματα εξόδου ως ρεύμα 15 (προϊόν βενζολίου) και ρεύμα 16 (αέριο καύσιμο). Από τον συνοπτικό πίνακα ροής, οι ροές αυτές αναφέρονται ως (οι μονάδες είναι σε 10^3 kg)/h):

Είσοδος:

Ρεύμα 3 0.82

Ρεύμα 1 10.00

Σύνολο 10.82×10^3 kg/h

Έξοδος:

Ρεύμα 15 8.21

Ρεύμα 16 2.61

Σύνολο 10.82×10^3 kg/h

Επιτυγχάνεται ισορροπία, αφού Είσοδος = Έξοδος.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Παράδειγμα 2:

Προσδιορίστε τη μετατροπή ανά πέρασμα του τολουολίου σε βενζόλιο στο R-101.

Η μετατροπή ορίζεται ως $\varepsilon = (\text{παραγόμενο βενζόλιο}) / (\text{συνολικά εισαγόμενο τολουόλιο})$

Από το PFD, τα ρεύματα εισόδου στον R-101 εμφανίζονται ως ρεύμα 6 (τροφοδοσία αντιδραστήρα) και ρεύμα 7 (απόσβεση αερίου ανακύκλωσης), και το ρεύμα εξόδου είναι το ρεύμα 9 (ρεύμα εκροής αντιδραστήρα). Από τις πληροφορίες του πίνακα (οι μονάδες είναι kmol/h):

$$\text{εισαγόμενο τολουόλιο} = 144 \text{ (ρεύμα 6)} + 0,04 \text{ (ρεύμα 7)} = 144,04 \text{ kmol/h}$$

$$\text{παραγόμενο βενζόλιο} = 116 \text{ (ρεύμα 9)} - 7,6 \text{ (ρεύμα 6)} - 0,37 \text{ (ρεύμα 7)} = 108,03 \text{ kmol/h}$$

$$\varepsilon = 108.03/144.04 = 0.75$$

Εναλλακτικά, μπορούμε να γράψουμε

$$\text{mol παραγόμενου βενζολίου} = \text{εισερχόμενο τολουόλιο} - \text{εξερχόμενο τολουόλιο} = 144,04 - 36,00 = 108,04 \text{ kmol/h}, \varepsilon = 108.04/144.04 = 0.75$$

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Το τελευταίο στοιχείο του PFD είναι η περίληψη του εξοπλισμού. Η περίληψη αυτή παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την εκτίμηση του κόστους του εξοπλισμού και παρέχει τη βάση για τον λεπτομερή σχεδιασμό του εξοπλισμού.

Στο πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη σύνοψη του εξοπλισμού για τη πλειοψηφία του εξοπλισμού που συναντάται στις διεργασίες ρευστών.

Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στον πίνακα χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία του τμήματος της περίληψης εξοπλισμού του PFD για τη διεργασία βενζολίου. Η σύνοψη εξοπλισμού για τη διεργασία βενζολίου επίσης παρουσιάζεται σε πίνακα, ενώ λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο εκτιμούμε και επιλέγουμε διάφορες παραμέτρους εξοπλισμού θα δοθούν σε επόμενα μαθήματα.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Equipment Type
Description of Equipment
Towers
Size (height and diameter), Pressure, Temperature Number and Type of Trays Height and Type of Packing Materials of Construction
Heat Exchangers
Type: Gas-Gas, Gas-Liquid, Liquid-Liquid, Condenser, Vaporizer Process: Duty, Area, Temperature, and Pressure for both streams Number of Shell and Tube Passes Materials of Construction: Tubes and Shell

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Tanks and Vessels
Height, Diameter, Orientation, Pressure, Temperature, Materials of Construction
Pumps
Flow, Discharge Pressure, Temperature, ΔP , Driver Type, Shaft Power, Materials of Construction
Compressors
Actual Inlet Flowrate, Temperature, Pressure, Driver Type, Shaft Power, Materials of Construction
Heaters (Fired)
Type, Tube Pressure, Tube Temperature, Duty, Fuel, Material of Construction
Other
Provide Critical Information

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Διεργασία παραγωγής Βενζολίου

Heat Exchangers	E-101	E-102	E-103	E-104	E-105	E-106
Type	Fl.H.	Fl.H.	MDP	Fl.H.	MDP	Fl.H.
Area (m ²)	36	763	11	35	12	80
Duty (MJ/h)	15,190	46,660	1055	8335	1085	9045
Shell						
Temp. (°C)	225	654	160	112	112	185
Pres. (bar)	26	24	6	3	3	11
Phase	Vap.	Par. Cond.	Cond.	Cond.	1	Cond.
MOC	316SS	316SS	CS	CS	CS	CS
Tube						
Temp. (°C)	258	40	90	40	40	147
Pres. (bar)	42	3	3	3	3	3
Phase	Cond.	1	1	1	1	Vap.
MOC	316SS	316SS	CS	CS	CS	CS

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Διεργασία παραγωγής Βενζολίου

Vessels/Tower/ Reactors	V-101	V-102	V-103	V-104	T-101	R-101
Temperature (°C)	55	38	38	112	147	660
Pressure (bar)	2.0	24	3.0	2.5	3.0	25
Orientation	Horizn'l	Vertical	Vertical	Horizn'l	Vertical	Vertical
MOC	CS	CS	CS	CS	CS	316SS
Size						
Height/Length (m)	5.9	3.5	3.5	3.9	29	14.2
Diameter (m)	1.9	1.1	1.1	1.3	1.5	2.3
Internals		s.p.	s.p.		42 sieve trays 316SS	catalyst packed bed-10m

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Διεργασία παραγωγής Βενζολίου

Pumps/Compressors	P-101 (A/B)	P-102 (A/B)	C-101 (A/B)	Heater	H-101
Flow (kg/h)	13,000	22,700	6770	Type	Fired
Fluid Density (kg/m ³)	870	880	8.02	MOC	316SS
Power (shaft) (kW)	14.2	3.2	49.1	Duty (MJ/h)	27,040
Pumps/Compressors	P-101 (A/B)	P-102 (A/B)	C-101 (A/B)	Heater	H-101
Type/Drive	Recip./ Electric	Centrf./ Electric	Centrf./ Electric	Radiant Area (m ²)	106.8
Efficiency (Fluid Power/Shaft Power)	0.75	0.50	0.75	Convective Area (m ²)	320.2
MOC	CS	CS	CS	Tube P (bar)	26.0
Temp. (in) (°C)	55	112	38		
Pres. (in) (bar)	1.2	2.2	23.9		
Pres. (out) (bar)	27.0	4.4	25.5		

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Διεργασία παραγωγής Βενζολίου

Key:

MOC	Materials of construction	Par	Partial
316SS	Stainless steel type 316	F.H.	Fixed head
CS	Carbon steel	Fl.H.	Floating head
Vap	Stream being vaporized	Rbl	Reboiler
Cond	Stream being condensed	s.p.	Splash plate
Recipr.	Reciprocating	l	Liquid
Centrf.	Centrifugal	MDP	Multiple double pipe

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Διεργασία παραγωγής Βενζολίου

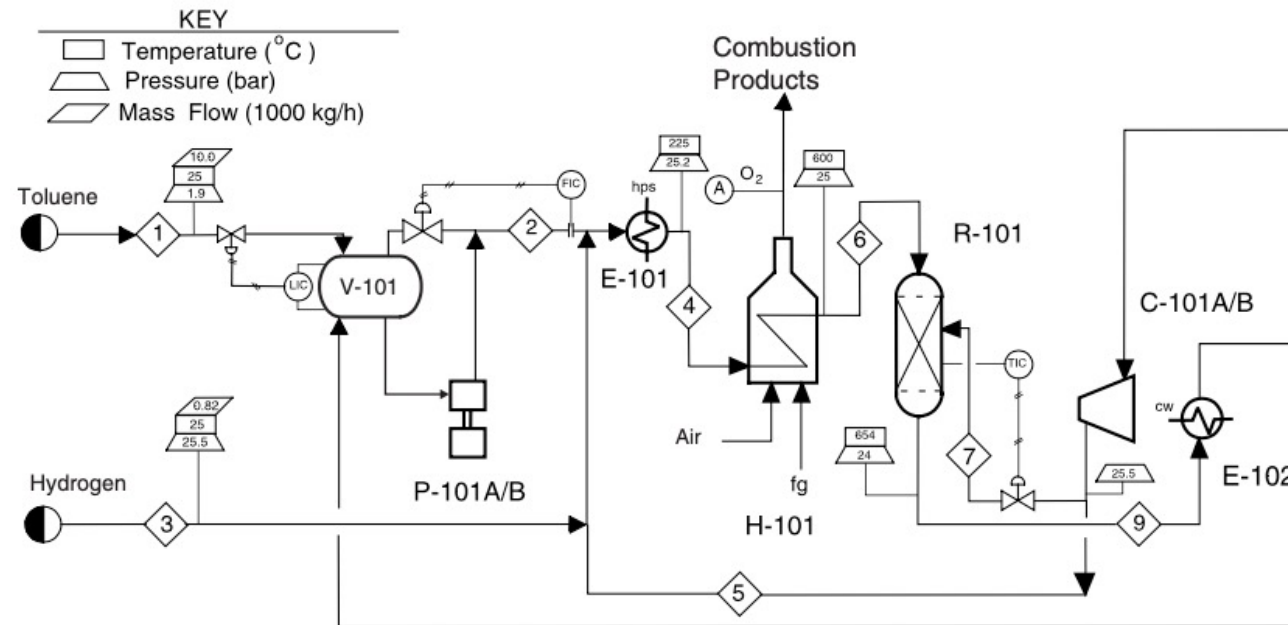
Key:

MOC	Materials of construction	Par	Partial
316SS	Stainless steel type 316	F.H.	Fixed head
CS	Carbon steel	Fl.H.	Floating head
Vap	Stream being vaporized	Rbl	Reboiler
Cond	Stream being condensed	s.p.	Splash plate
Recipr.	Reciprocating	l	Liquid
Centrf.	Centrifugal	MDP	Multiple double pipe

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs








Μέχρι τώρα περιορίσαμε στο ελάχιστο τις πληροφορίες που εμφανίζονται στο PFD. Ένα πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα PFD για τη διεργασία βενζολίου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Περιλαμβάνονται επιπλέον ορισμένες από τις πληροφορίες του πίνακα ροών, καθώς και πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τους κύριους βρόχους ελέγχου.

V-101	P-101A/B	E-101	H-101	R-101	C-101A/B	E-102
Toluene	Toluene	Feed	Heater	Reactor	Recycle Gas	Reactor Effluent
Feed Drum	Feed Pumps	Preheater			Compressor	Cooler



Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Οι πληροφορίες ροής προστίθενται στο διάγραμμα με την προσθήκη "σημαιών πληροφοριών". Το σχήμα των σημαιών υποδεικνύει τις συγκεκριμένες πληροφορίες που παρέχονται στη σημαία. Αυτές οι σημαίες πληροφοριών παίζουν διπλό ρόλο. Παρέχουν πληροφορίες που απαιτούνται στο σχεδιασμό της εγκατάστασης που οδηγεί στην κατασκευή της και στην ανάλυση των προβλημάτων λειτουργίας κατά τη διάρκεια της ζωής της εγκατάστασης. Οι σημαίες τοποθετούνται σε μία ράβδο που συνδέεται με το κατάλληλο ρεύμα διεργασίας. Περισσότερες από μία σημαίες μπορούν να τοποθετηθούν σε μια ράβδο.

	STREAM I.D.
	TEMPERATURE
	PRESSURE
	LIQUID FLOWRATE
	GAS FLOWRATE
	MOLAR FLOWRATE
	MASS FLOWRATE

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Με την προσθήκη των βρόχων ελέγχου της διεργασίας και των σημαιών πληροφοριών, το PFD αρχίζει να γίνεται πολύπλοκο. Για να διατηρηθεί η σαφήνεια, είναι απαραίτητο να περιοριστούν τα δεδομένα που παρουσιάζονται με αυτές τις σημαίες πληροφοριών

Οι πληροφορίες που παρέχονται στις σημαίες περιλαμβάνονται επίσης στον συνοπτικό πίνακα ροής. Ωστόσο, συχνά είναι πολύ πιο βολικό κατά την ανάλυση του PFD να υπάρχουν ορισμένα δεδομένα απευθείας στο διάγραμμα.

Δεν είναι όλες οι πληροφορίες διεργασίας εξίσου σημαντικές. Οι γενικές κατευθυντήριες γραμμές για το ποια δεδομένα θα πρέπει να περιλαμβάνονται στις σημαίες πληροφοριών στο PFD είναι δύσκολο να αποτυπωθούν.

Ωστόσο, πρέπει να δίνονται τουλάχιστον πληροφορίες κρίσιμες για την ασφάλεια και τη λειτουργία της εγκατάστασης. Αυτό περιλαμβάνει τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις που σχετίζονται με τον αντιδραστήρα, τις ροές των ρευμάτων τροφοδοσίας και προϊόντων, καθώς και τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες των ρευμάτων που είναι σημαντικά υψηλότερες από την υπόλοιπη διεργασία.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Παραδείγματα επιλογής πληροφοριών που αποτυπώνονται στο PFD

- Το ακρυλικό οξύ είναι ευαίσθητο στη θερμοκρασία και πολυμερίζεται στους 90°C όταν βρίσκεται σε υψηλή συγκέντρωση. Διαχωρίζεται με απόσταξη και φεύγει από τον πυθμένα του πύργου. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να προβλεφθεί μια σημαία θερμοκρασίας και πίεσης για το ρεύμα που εξέρχεται από τον αναβραστήρα.
- Στη διεργασία του βενζολίου, η τροφοδοσία στον αντιδραστήρα είναι σημαντικά θερμότερη από την υπόλοιπη διεργασία και είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία της διεργασίας. Επιπλέον, η αντίδραση είναι εξωγενής και η θερμοκρασία εκροής του αντιδραστήρα πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά. Για το λόγο αυτό, το ρεύμα 6 (είσοδος) και το ρεύμα 9 (έξοδος) διαθέτουν σημαίες θερμοκρασίας.
- Οι πιέσεις των ρευμάτων προς και από το R-101 στη διεργασία βενζολίου είναι επίσης σημαντικές. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο ρευμάτων δίνει την πτώση πίεσης στον αντιδραστήρα. Αυτό, με τη σειρά του, δίνει ένδειξη τυχόν κακής κατανομής του αερίου στη καταλυτική κλίνη. Για το λόγο αυτό, περιλαμβάνονται επίσης σημαίες πίεσης στα ρεύματα 6 και 9.

Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

Το PFD είναι το πρώτο ολοκληρωμένο διάγραμμα που σχεδιάζεται για κάθε νέα μονάδα ή διεργασία. Παρέχει όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την κατανόηση της χημικής διεργασίας. Επιπλέον, δίνονται επαρκείς πληροφορίες για τον εξοπλισμό, την ενέργεια και τα ισοζύγια υλικών, ώστε να καθοριστεί πρωτόκολλο ελέγχου της διεργασίας και να προετοιμαστούν εκτιμήσεις κόστους για τον προσδιορισμό της οικονομικής βιωσιμότητας της διεργασίας.

Η αξία του PFD δεν τελειώνει με την κατασκευή της μονάδας. Αποτελεί το έγγραφο που περιγράφει καλύτερα τη διαδικασία και χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση των χειριστών και των νέων μηχανικών. Συμβουλεύεται τακτικά για τη διάγνωση λειτουργικών προβλημάτων που προκύπτουν και για την πρόβλεψη των επιπτώσεων των αλλαγών στη διεργασία.

Διάγραμμα Σωληνώσεων και Οργάνων – Piping and Instrumentation Diagram, P&ID

Το διάγραμμα σωληνώσεων και οργάνων (P&ID), επίσης γνωστό ως διάγραμμα μηχανικής ροής (MFD), παρέχει πληροφορίες που χρειάζονται οι μηχανικοί για να ξεκινήσουν το σχεδιασμό της κατασκευής της μονάδας.

Το P&ID περιλαμβάνει κάθε μηχανολογική πτυχή της μονάδας εκτός από τις πληροφορίες που δίνονται στο παρακάτω πίνακα. Οι γενικές συμβάσεις που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση των P&ID δίνονται παρακάτω.

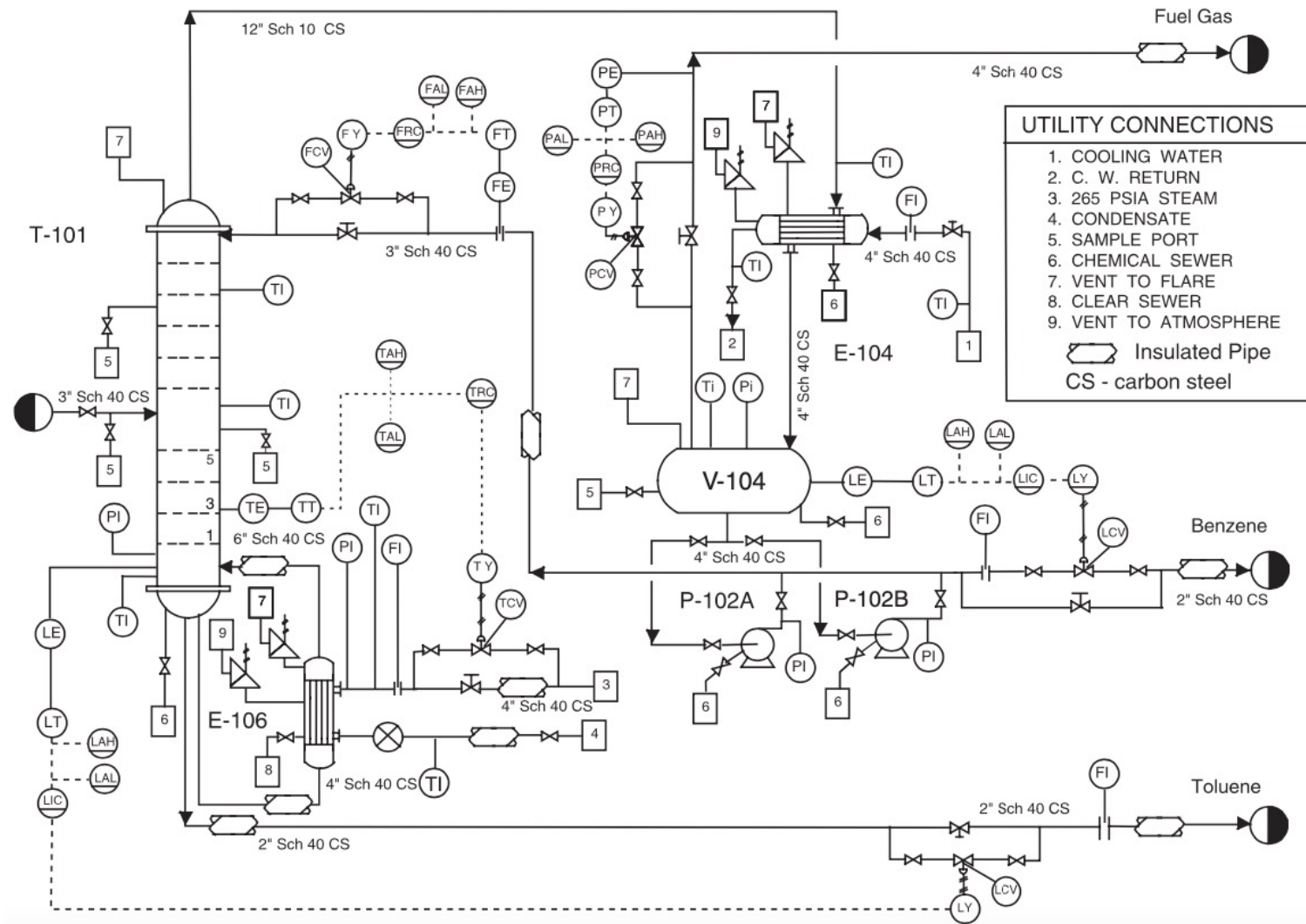
Εξαιρέσεις από το διάγραμμα σωληνώσεων και οργάνων

1. Συνθήκες λειτουργίας - T, P
2. Ροές ρευμάτων
3. Θέσεις εξοπλισμού
4. Δρομολόγηση σωλήνων
 - Μήκη σωλήνων
 - Εξαρτήματα σωλήνων
5. Στήριξη, κατασκευές και θεμέλια

Διάγραμμα Σωληνώσεων και Οργάνων – Piping and Instrumentation Diagram, P&ID

- Για εξοπλισμό - δείχνουμε κάθε κομμάτι, συμπεριλαμβανομένων:
 - ✓ Εφεδρικές μονάδες
 - ✓ Παράλληλες μονάδες
 - ✓ Συνοπτικές λεπτομέρειες για κάθε μονάδα
- Για σωληνώσεις - Περιλαμβάνουμε όλες τις γραμμές συμπεριλαμβανομένων των αποχετεύσεων και των συνδέσεων δειγμάτων και προσδιορίζουμε:
 - ✓ Το μέγεθος (χρησιμοποιήστε τυποποιημένα μεγέθη)
 - ✓ Διάγραμμα (πάχος)
 - ✓ Υλικά κατασκευής
 - ✓ Μόνωση (πάχος και τύπος)
- Για όργανα – προσδιορίστε:
 - ✓ τους δείκτες
 - ✓ Καταγραφείς
 - ✓ Ελεγκτές
 - ✓ Εμφάνιση γραμμών οργάνων
- Για υπηρεσίες κοινής ωφέλειας – προσδιορίστε:
 - Τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας εισόδου
 - Τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας εξόδου
 - Εξόδους προς εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων

Διάγραμμα Σωληνώσεων και Οργάνων – Piping and Instrumentation Diagram, P&ID






Διάγραμμα Σωληνώσεων και Οργάνων – Piping and Instrumentation Diagram, P&ID




Όλες οι πληροφορίες διεργασίας που μπορούν να μετρηθούν στην εγκατάσταση εμφανίζονται στο P&ID με κυκλικές σημαίες. Αυτό περιλαμβάνει τις πληροφορίες που πρέπει να καταγραφούν και να χρησιμοποιηθούν στους βρόχους ελέγχου της διεργασίας.

Οι κυκλικές σημαίες στο διάγραμμα υποδεικνύουν πού λαμβάνονται οι πληροφορίες στη διεργασία και προσδιορίζουν τις μετρήσεις που λαμβάνονται και πώς αντιμετωπίζονται οι πληροφορίες. Παρακάτω συνοψίζουμε τις συμβάσεις που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των πληροφοριών που σχετίζονται με τα όργανα και τον έλεγχο.

*Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ελέγχου διεργασιών, το τελικό στοιχείο ελέγχου είναι μια βάνα. Όλη η λογική του ελέγχου βασίζεται στην επίδραση που έχει μια αλλαγή σε μια δεδομένη ροή σε μια δεδομένη μεταβλητή. Το κλειδί για την κατανόηση της λογικής ελέγχου είναι να προσδιοριστεί ποια ροή αλλάζει για να ελεγχθεί μία μεταβλητή. Ο χρόνος απόκρισης του συστήματος και ο τύπος της δράσης ελέγχου που χρησιμοποιείται -για παράδειγμα, αναλογικός, ολοκληρωτικός ή διαφορικός- επαφίεται στους μηχανικούς οργάνων.

Διάγραμμα Σωληνώσεων και Οργάνων – Piping and Instrumentation Diagram, P&ID

Location of Instrumentation	
	Instrument Located in Plant
	Instrument Located on Front of Panel in Control Room
	Instrument Located on Back of Panel in Control Room

Identification of Instrument Connections	
	Capillary
	Pneumatic
	Electrical

Meanings of Identification Letters XY	
First Letter (X)	Second or Third Letter (Y)
A Analysis	Alarm
B Burner Flame	
C Conductivity	Control
D Density or Specific Gravity	
E Voltage	Element
F Flowrate	
H Hand (Manually Initiated)	High
I Current	Indicate
J Power	
K Time or Time Schedule	Control Station
L Level	Light or Low
M Moisture or Humidity	Middle or Intermediate
O	Orifice
P Pressure or Vacuum	Point
Q Quantity or Event	
R Radioactivity or Ratio	Record or print
S Speed or Frequency	Switch
T Temperature	Transmit
V Viscosity	Valve, Damper, or Louver
W Weight	Well
Y	Relay or Compute
Z Position	Drive

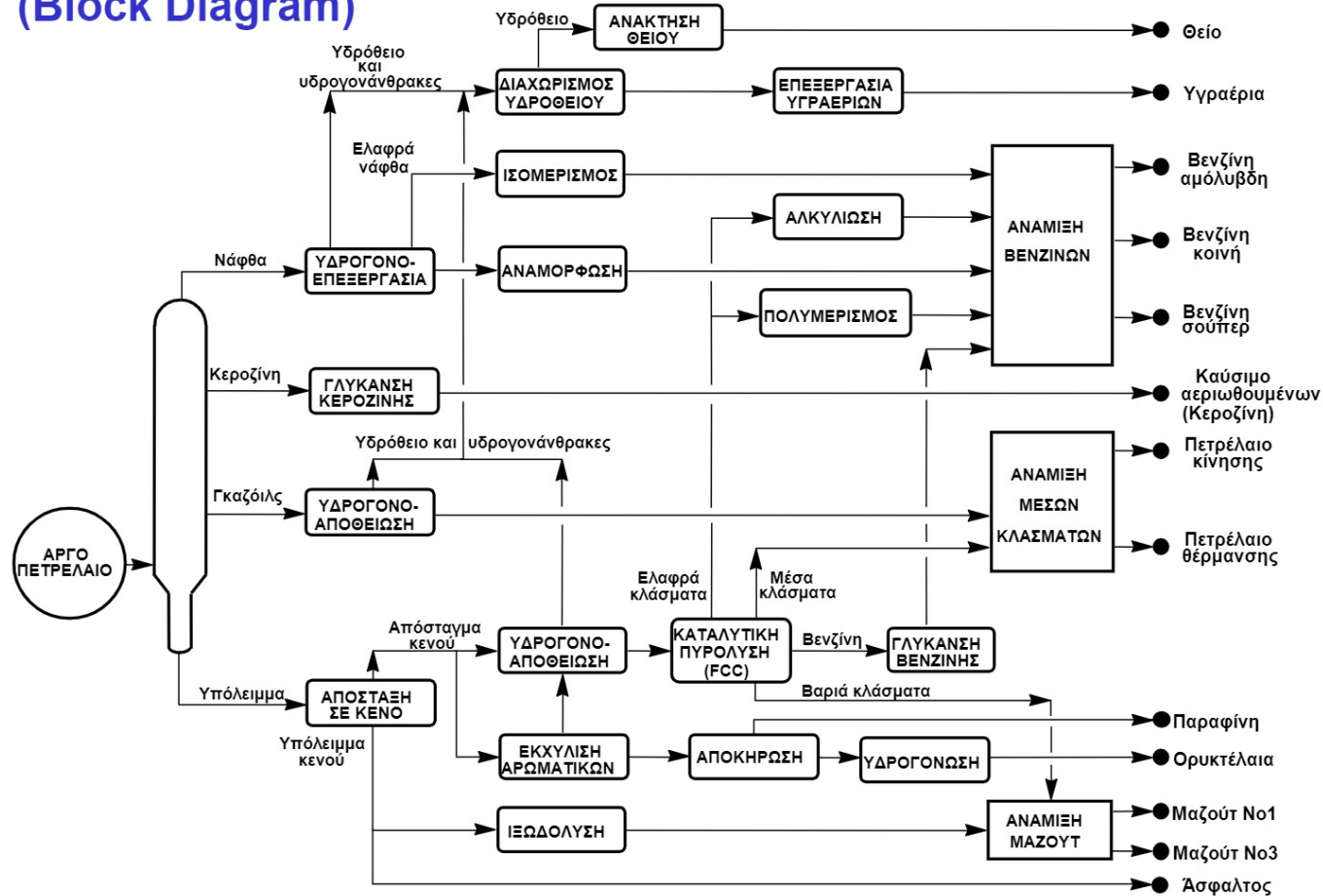
Άλλα Διαγράμματα

Επιπλέον μπορεί να συναντήσουμε και άλλου είδους διαγράμματα

- Μπορεί να παρέχεται ένα φύλλο ροής βοηθητικών στοιχείων που δείχνει όλες τις κεφαλίδες για τις διαθέσιμες εισόδους και εξόδους βοηθητικών στοιχείων μαζί με τις συνδέσεις που απαιτούνται για τη διεργασία. Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ροές και τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας που χρησιμοποιούνται από τη μονάδα.
- Σκίτσα δοχείων, λογικά διαγράμματα, διαγράμματα καλωδιώσεων, σχέδια χώρου, διαγράμματα δομικής υποστήριξης και πολλά άλλα σχέδια χρησιμοποιούνται συνήθως, αλλά προσθέτουν ελάχιστα στην κατανόηση των βασικών χημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα.
- Παρουσιάζονται σχεδιαγράμματα χώρου και υψομετρικά διαγράμματα που προσδιορίζουν την τοποθέτηση και το υψόμετρο όλων των σημαντικών τμημάτων του εξοπλισμού, όπως πύργοι, δοχεία, αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας κ.λπ. Κατά την κατασκευή αυτών των σχεδίων, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη και να προβλεφθεί η πρόσβαση για την επισκευή του εξοπλισμού, την αφαίρεση δεσμών σωλήνων από εναλλάκτες θερμότητας, την αντικατάσταση μονάδων κ.λπ. Αυτό που πρέπει να φαίνεται είναι η προσθήκη της δομικής στήριξης και των σωληνώσεων.

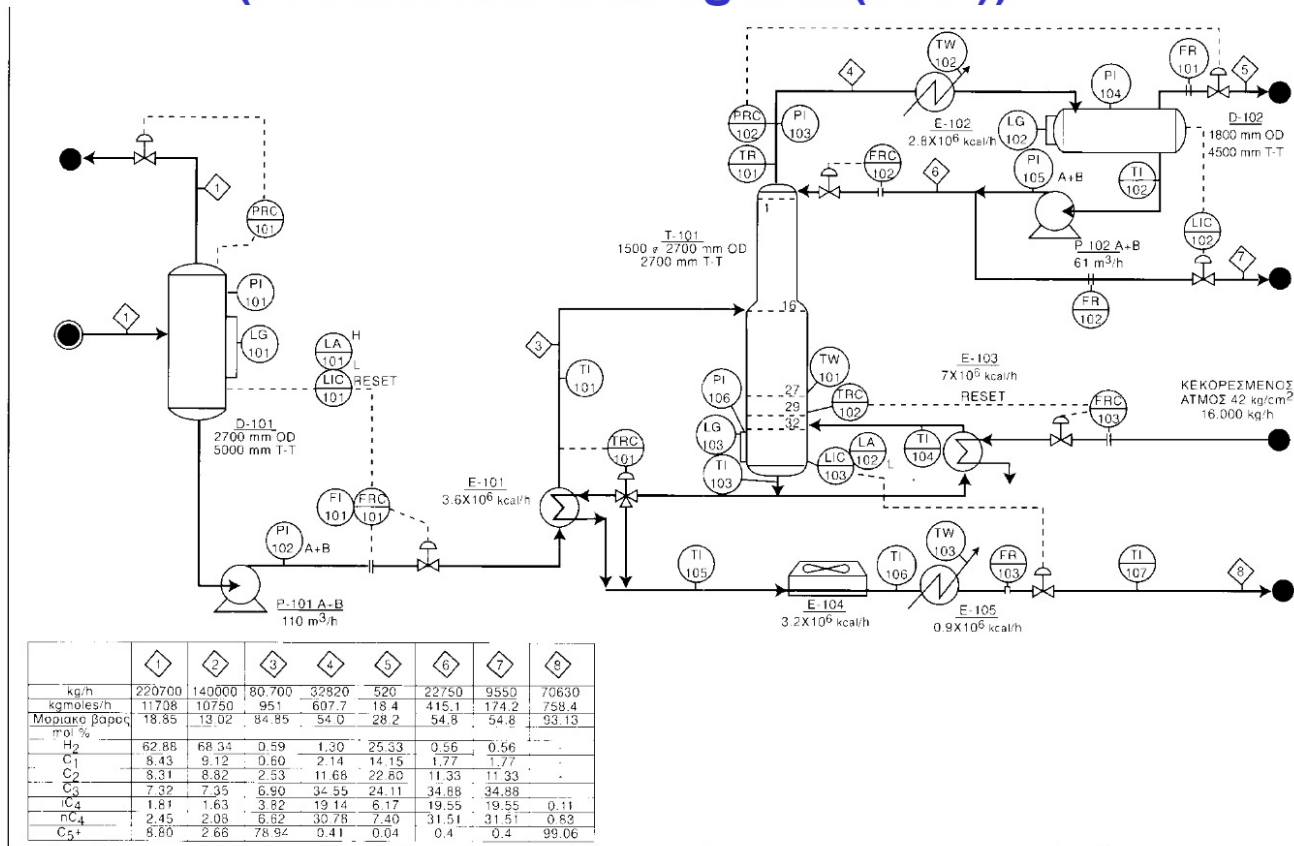
Διάγραμμα βαθμίδων

ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΑΘΜΙΔΩΝ (Block Diagram)



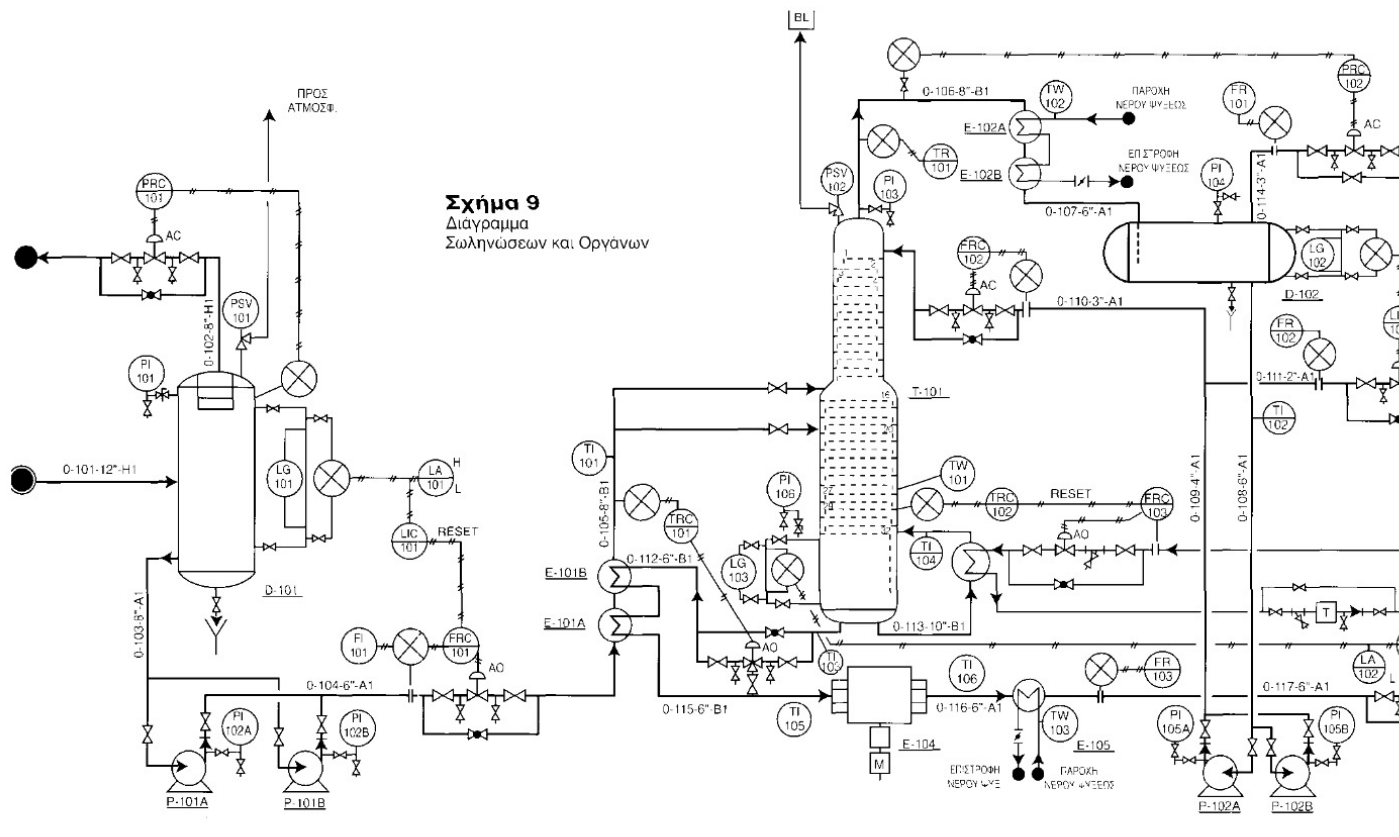
Διάγραμμα ροής – Process flow diagrams, PFDs

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ (Process Flow Diagram (PFD))



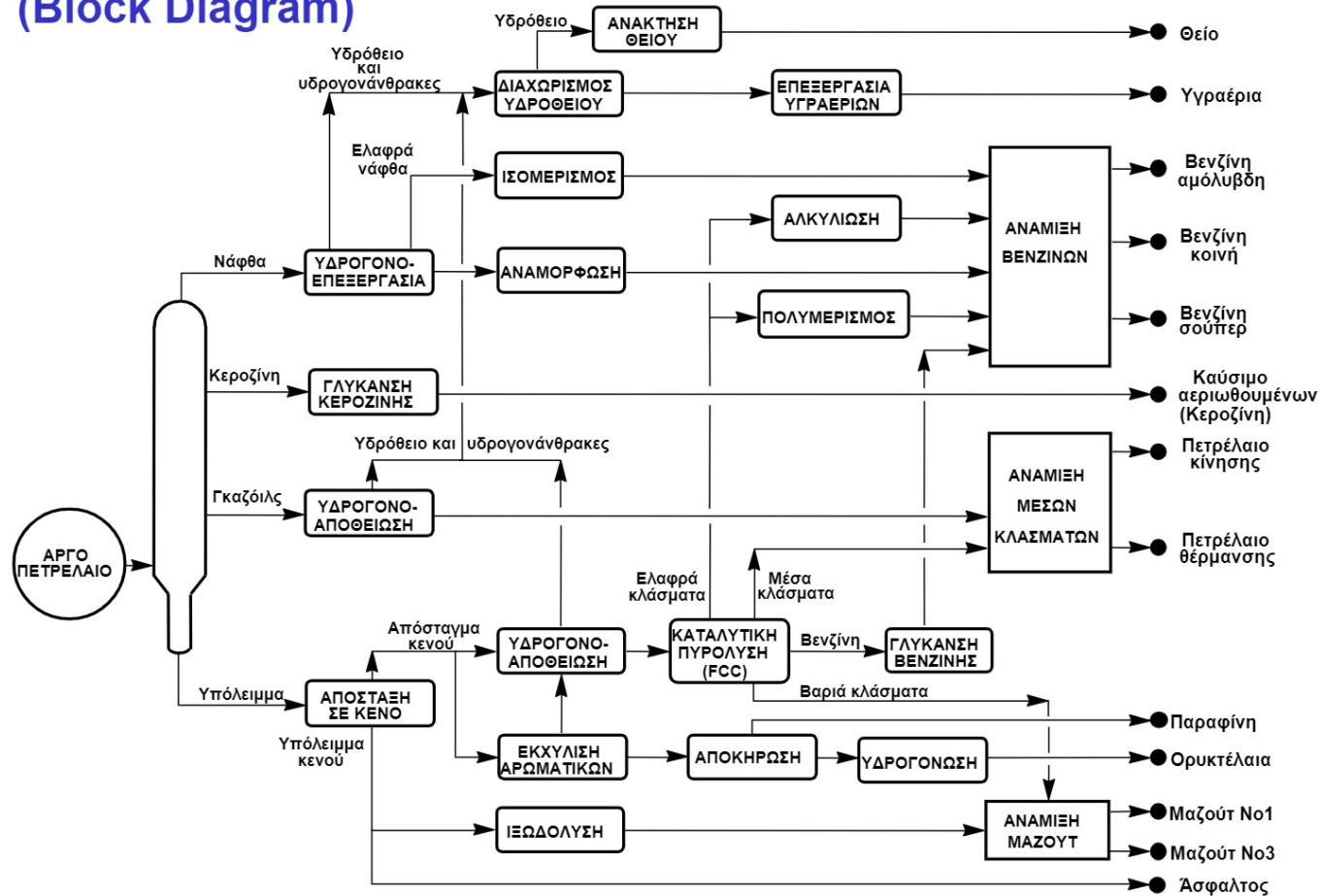
Διάγραμμα σωληνώσεων και οργάνων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΝ (Piping and Instrumentation Diagram (P&ID))

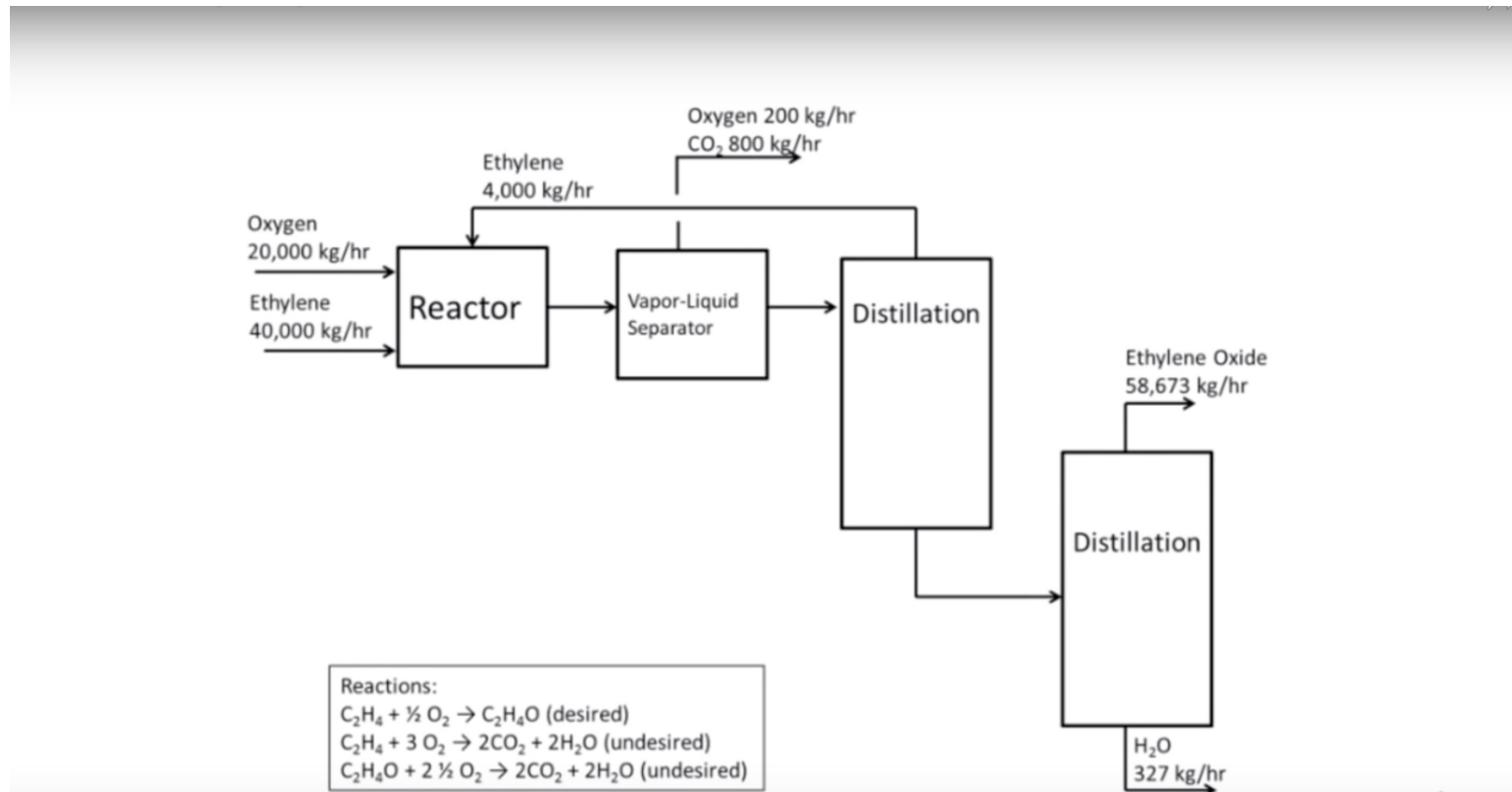


Διαγράμματα ροής – Process flow diagrams, PFDs

ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΑΘΜΙΔΩΝ (Block Diagram)

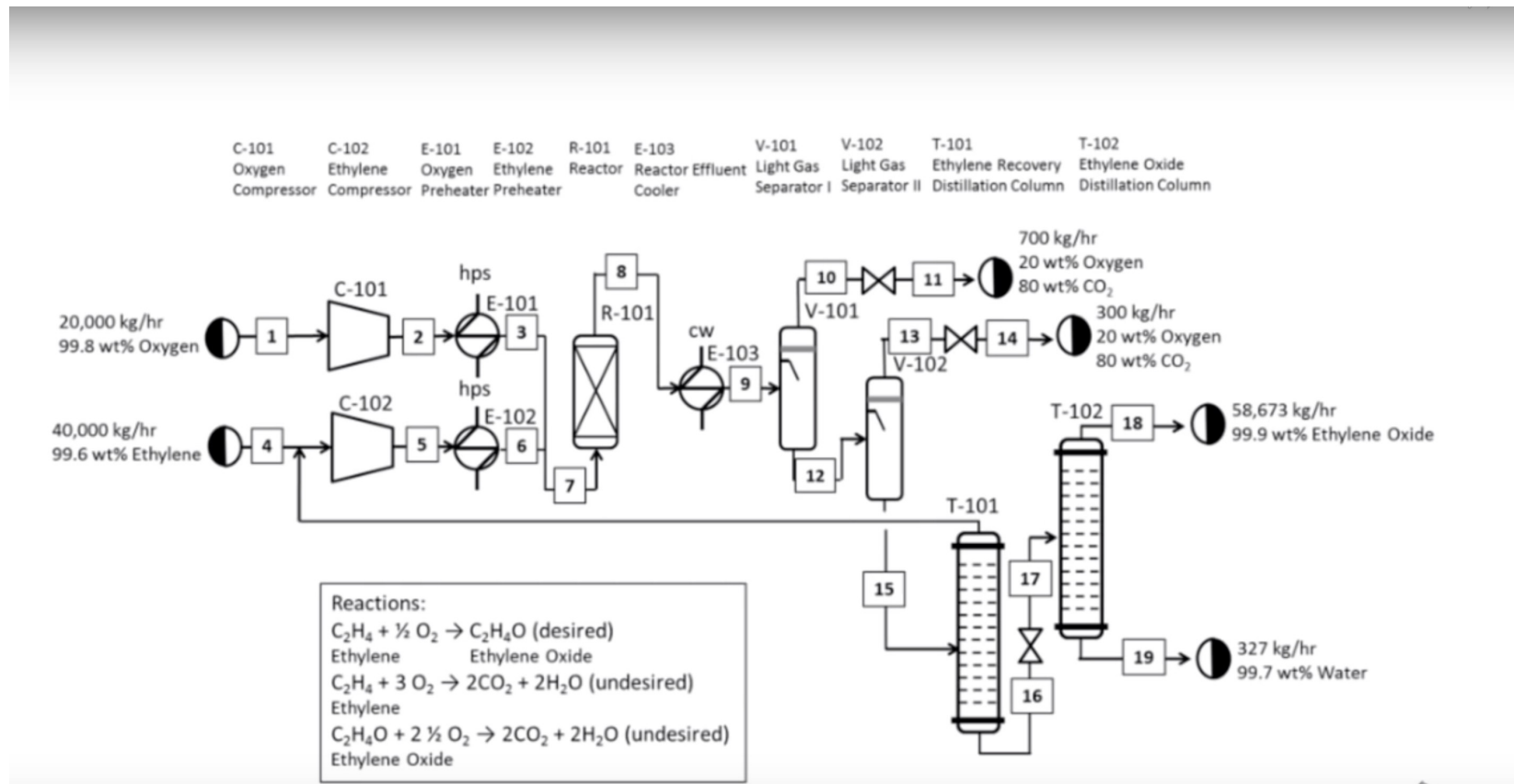


Βασικό διάγραμμα ροής – Block flow diagram, BFD



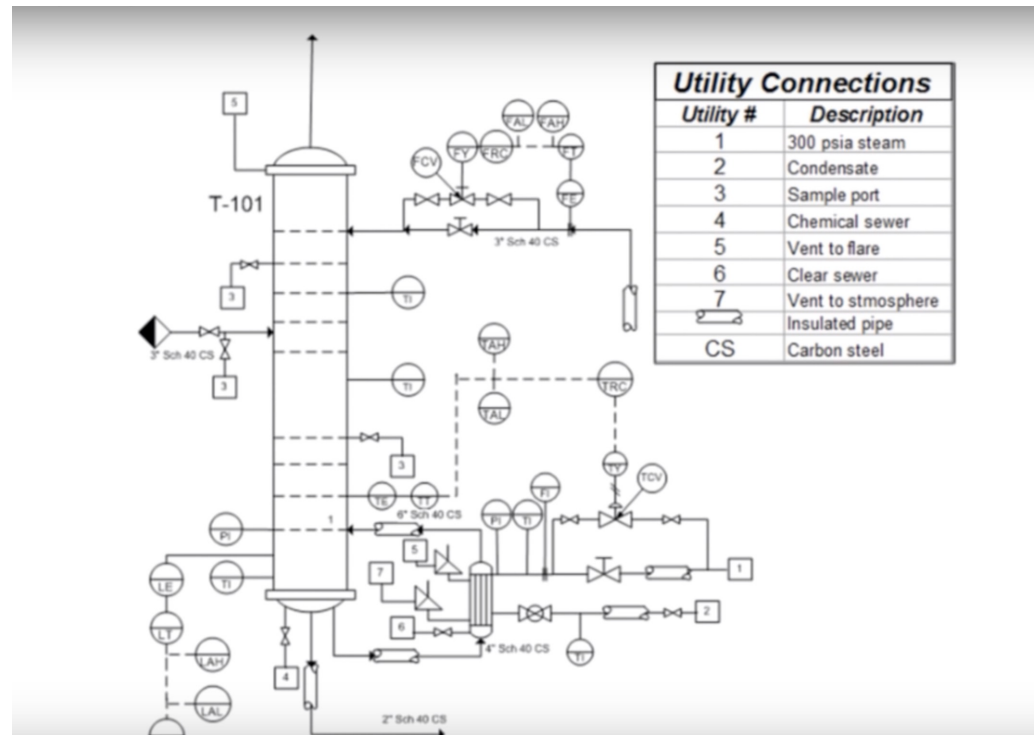
- Απλότητα – Έλλειψη λεπτομερειών
- Απεικόνιση διεργασίας - Όλες οι πληροφορίες σε μία σελίδα
- Απομόνωση κρίσιμων στοιχείων μόνο

Διάγραμμα ροής διεργασίας – Process flow diagram, PFD

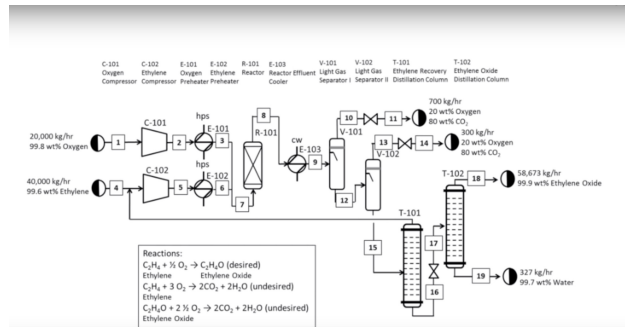
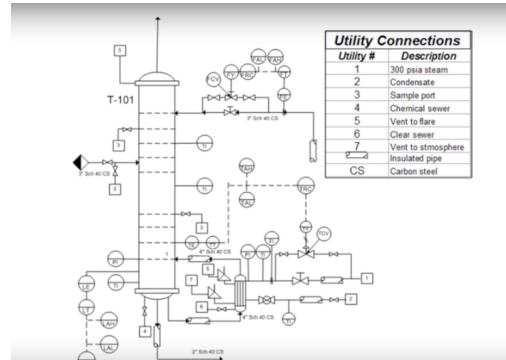


- Περισσότερος εξοπλισμός και πληροφορίες
- Απεικόνιση διεργασίας αναλυτικά - Όλες οι πληροφορίες σε μία σελίδα

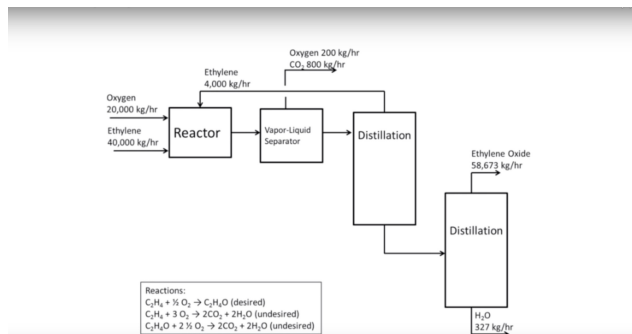
Διάγραμμα σωληνώσεων και οργάνων – Process and instrumentation diagram, P&ID



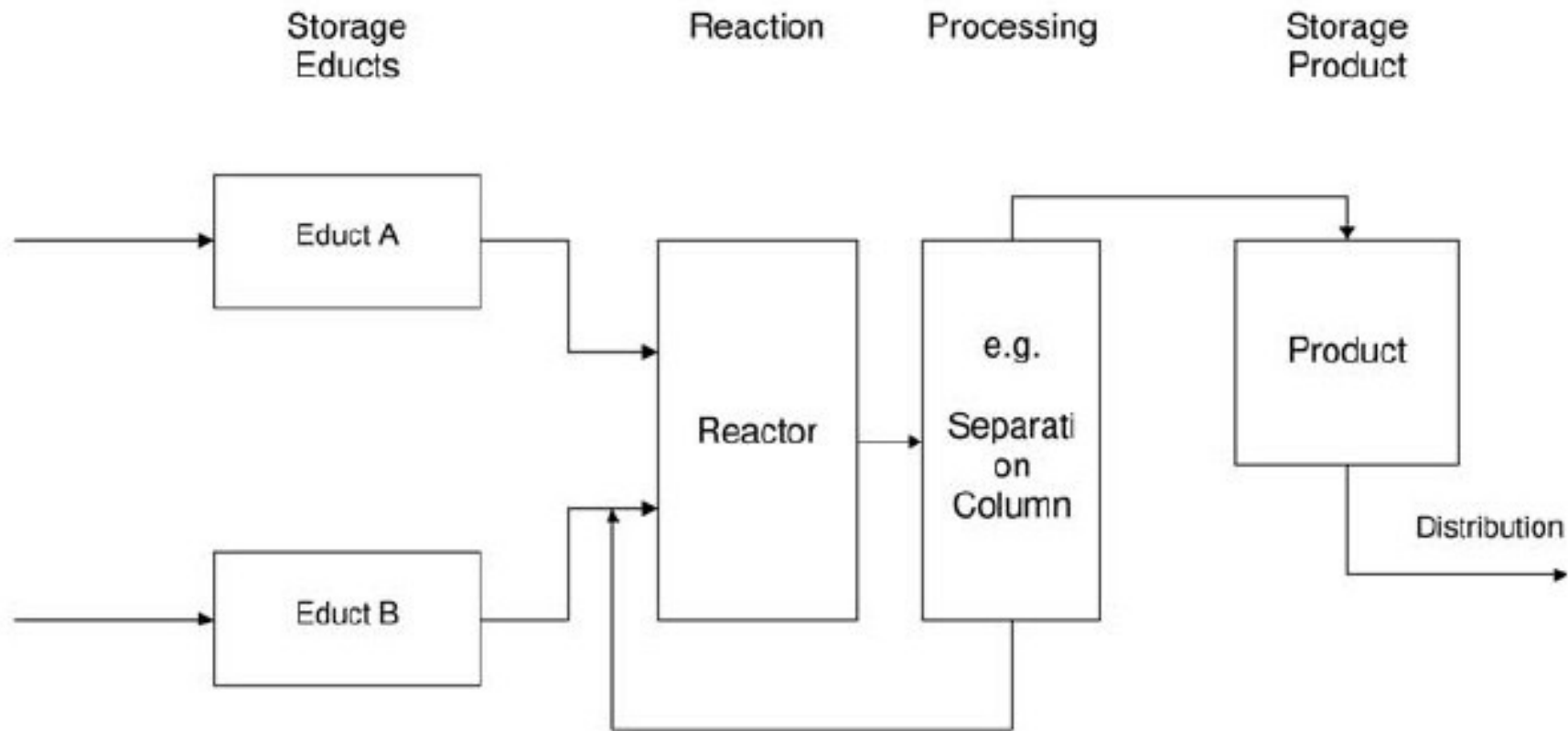
- Μέγιστη δυνατή πληροφορία και λεπτομέρεια
- Απεικόνιση διεργασίας τμηματικά λόγω όγκου πληροφοριών



Βαθμός λεπτομέρειας



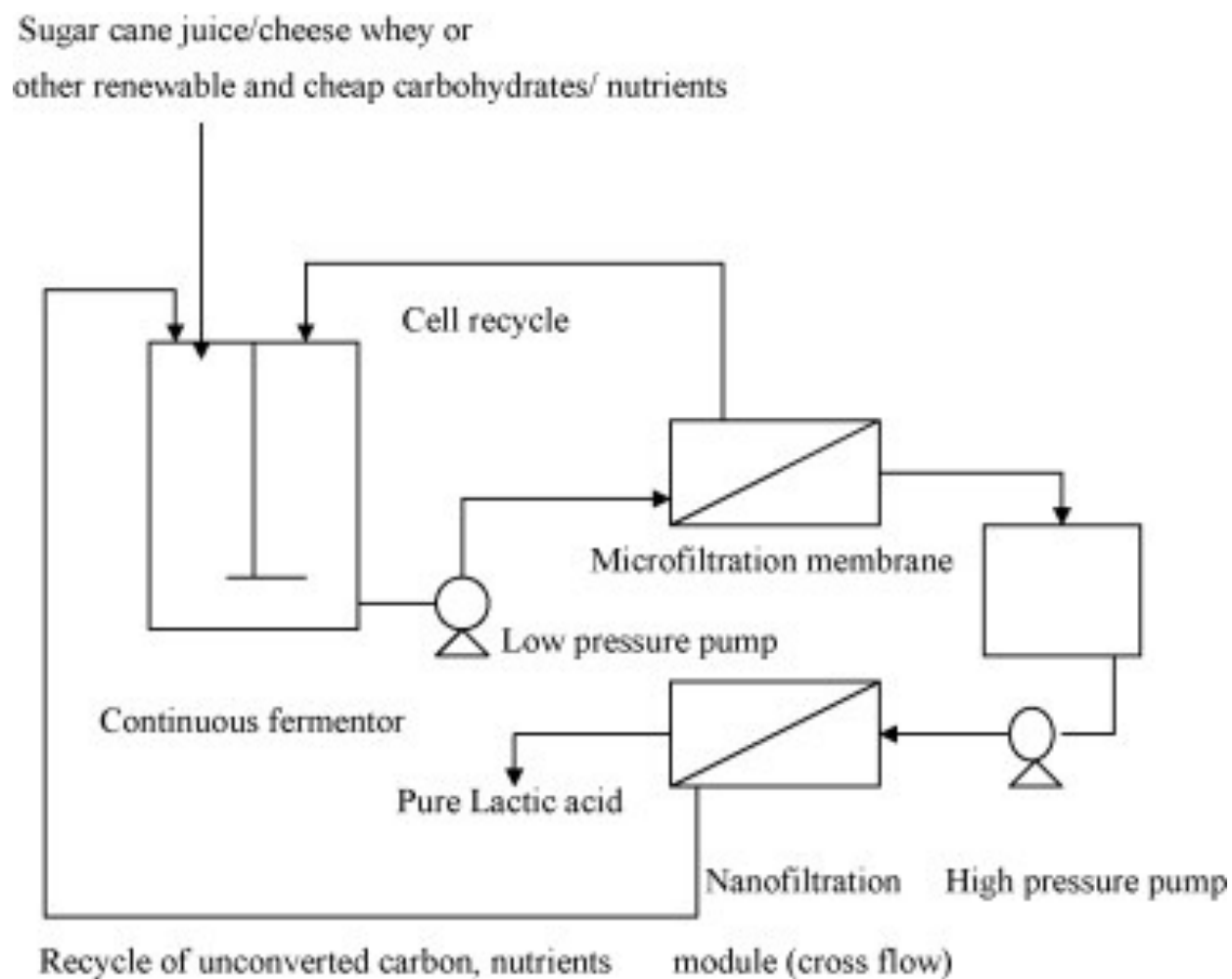
Βασικό διάγραμμα ροής



Βασικό διάγραμμα ροής

- Οι διεργασίες απεικονίζονται ως απλά γεωμετρικά σχήματα, τυπικά κουτιά (ορθογώνια ή τετράγωνα).
- Οι κύριες γραμμές μεταφοράς απεικονίζονται με βέλη σε μία συνολική διεύθυνση ροής.
- Ελαφρά (από πλευράς πτητικότητας) ρεύματα μπαίνουν στο πάνω μέρος του διαγράμματος.
- Βαριά (από πλευράς πτητικότητας) ρεύματα μπαίνουν στο κάτω μέρος του διαγράμματος.
- Μας δίνει τις πιο καίριες πληροφορίες της αντίδρασης, μπορεί να περιλαμβάνει και τις βασικές αντιδράσεις/αντιδρώντα.
- Δίνονται και απλά ισοζύγια μάζας υπό τη μορφή ενδεχομένως παροχών.
- Συνοδεύεται πάντα από λεζάντα, αριθμό και περιγραφή-τίτλο.

Βασικό διάγραμμα ροής



Παραγωγή Αιθανίου από Αιθανόλη

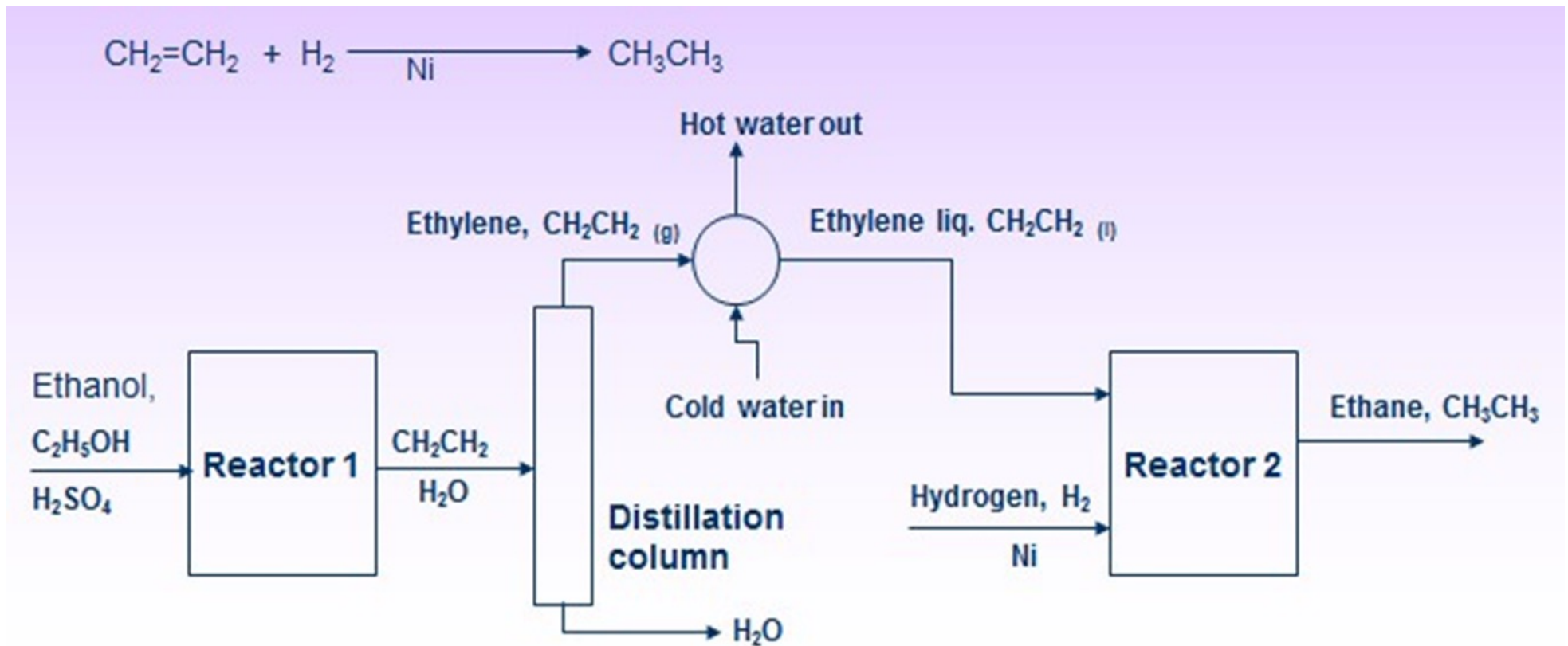
Η Αιθανόλη είναι τροφοδοσία σε συνεχή αντιδραστήρα, παρουσία θειϊκού οξέος που δρά ως καταλύτης, προς τελικό προϊόν Αιθάνιο.

Στην απόσταξη επιτυγχάνεται διαχωρισμός του μίγματος Νερό-Αιθυλένιο.

Λαμβάνουμε Αιθυλένιο στην κορυφή της στήλης και έπειτα το συμπυκνώνουμε σε υγρή μορφή.

Σε επόμενο αντιδραστήρα λαμβάνει χώρα η υδρογόνωση του Αιθυλενίου παρουσία καταλύτη Νικελίου προς το τελικό προϊόν Αιθάνιο.

Διάγραμμα ροής Αιθανόλη προς Αιθάνιο



Διάγραμμα ροής - Process flow diagram (PFD)

- Αποτυπώνει όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ροών υλικών, ενέργειας και εξολισμού.
- Μεταξύ άλλων περιέχει και τις παρακάτω πληροφορίες:
 - ✓ Το σύνολο του εξοπλισμού, όπως αντλίες, βάνες, συμπιεστές, στήλες.
 - ✓ Αριθμημένα ρεύματα.
 - ✓ Όλες τις βοηθητικές παροχές όπως γραμμές ατμού, συμπιεσμένος αέρας, ρεύματα ψύξης, κτλ.
 - ✓ Όλες τις ροές υλικών: χαρακτηρίζονται από κάποιο αριθμό, συνθήκες (πίεση, θερμοκρασία), χημική σύσταση.
 - ✓ Βασικούς βρόγχους ελέγχου: αποτυπώνουν τη στρατηγική ελέγχου.

Διάγραμμα ροής - Process flow diagram (PFD)

Επιπρόσθετα μπορεί να αποτυπώνει:

- ✓ Τοπολογία της διεργασίας: θέση εξοπλισμού και συνδεσμολογία των ρευμάτων.
- ✓ Πληροφορίες ρευμάτων: συνθήκες, συστάσεις....
- ✓ Πληροφορίες για τον εξοπλισμό: υλικό κατασκευής, είδος, διαστάσεις.

Αποτύπωση Διαγράμματος ροής

- Χρήση λογισμικού για βασική αποτύπωση, πχ AUTOCAD, VISIO
- Αυτού του είδους το λογισμικό έχει αναπτυχθεί και για μηχανική διεργασιών
- Τυπικά δεδομένα του λογισμικού:
 - ✓ Ταυτότητα οργάνου/εξοπλισμού
 - ✓ Αριθμός ταυτοποίησης
 - ✓ Διαστάσεις

Αποτύπωση εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός που αποτυπώνεται σε ένα διάγραμμα ροής έχει μία ταυτότητα ή όνομα που τον ξεχωρίζει το οποίο αποτελείται από δύο μέρη ένα γράμμα και ένα αριθμό, π.χ. R-101, όπου:

Το γράμμα δηλώνει το είδος τους εξοπλισμού:

- **R** – **R**eactor
- **E** – **E**xchanger
- **P** – **P**ump
- **C** – **C**ompressor

Αποτύπωση εξοπλισμού

Οι αριθμοί έχουν αύξουσα σειρά.

Όταν το διάγραμμα χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα, αντιστοιχεί μια δεκάδα (10, 20, 30) ή εκατοντάδα (100, 200, 300) σε κάθε τμήμα.

Έτσι:

- **R** – 101 είναι ο πρώτος κατά σειρά αντιδραστήρας στο τμήμα 100
- **E** – 203 είναι ο τρίτος εναλλάκτης στο τμήμα 200

*τυπικά τα τμήματα είναι τα σημεία του χημικού εργοστασίου όπου λαμβάνουν χώρα συγκεκριμένες διεργασίες, πχ στο τμήμα 100 γίνονται οι αντιδράσεις, στο τμήμα 200 ανάκτηση θερμότητας από τα θερμά ρεύματα εξόδου των αντιδραστήρων, στο τμήμα 300 γίνεται διαχωρισμός προϊόντων και παραπροϊόντων ΚΟΚ.

Διάγραμμα σωληνώσεων και οργάνων – Process and instrumentation diagram, P&ID

Περιλαμβάνουν

- Καταγραφικά
- Ρυθμιστές
- Χαρακτηριστικά σωληνώσεων

Δε περιλαμβάνουν

- Παροχές
- Τεχνικές λεπτομέρειες που αφορούν καθαρά στη χημική διεργασία, πχ είδος καταλύτη
- Συνθήκες λειτουργίας
- Λεπτομέρειες για τις σωληνώσεις που αφορούν σε: μήκη, λεπτομέρειες διαδρομών
- Θεμελίωση και μηχανική στήριξη του εξοπλισμού

Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

- Τυπικά τα όργανα συμβολίζονται με κύκλο όπου δίνεται ο αριθμός και το είδος του οργάνου
- Δίνεται 1 αριθμός και 2 ή 3 λατινικοί χαρακτήρες
- Το πρώτο γράμμα δηλώνει τη μετρούμενη/ελεγχόμενη μεταβλητή:
 - (T)emperature = θερμοκρασία
 - (P)ressure = πίεση
 - (L)evel = στάθμη
 - (F)low = ροή
- Το δεύτερο/ τρίτο γράμμα (εφόσον υπάρχουν) δηλώνουν τη λειτουργία του οργάνου:
 - (I)ndicator = ένδειξη
 - (R)ecorder = καταγραφή
 - (C)ontroller = ρύθμιση
 - (A)larm = σήμα κινδύνου
- Όπου τα ρυθμιστικά όργανα μπορεί να είναι:
 - Τυφλά
 - Ενδεικτικά
 - Καταγραφικά

Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

Τα γράμματα ορίζουν ποιό είναι το μετρούμενο μέγεθος και ο σκοπός του οργάνου:

- Το πρώτο γράμμα δηλώνει τη μετρούμενη μεταβλητή (μέγεθος)
- Το δεύτερο γράμμα δηλώνει το λειτουργικό σκοπό του οργάνου

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- PI (Pressure Indicator) – Ενδεικτικό πίεσης
- TI (Temperature Indicator) – Ενδεικτικό θερμοκρασίας
- FI (Flow Indicator) – Ενδεικτικό ροής
- LI (Level Indicator) – Ενδεικτικό στάθμης

Τα γράμματα ορίζουν ποιό είναι το μετρούμενο μέγεθος και ο σκοπός του οργάνου

Κατά αναλογία υπάρχουν οι:

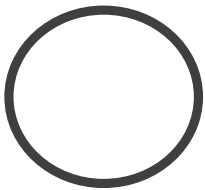
- Ρυθμιστές πίεσης (Pressure Controller – PC) και ακολούθως οι TC, FC, LC.
- Ρυθμιστές πίεσης με ένδειξη (Pressure Indicator & Controller – PIC), TIC, FIC, LIC.
- Καταγραφικοί Ρυθμιστές πίεσης (Pressure Recorder & Controller – PRC), TRC, FRC, LRC.

Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

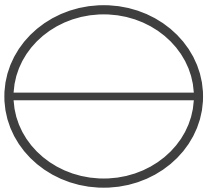
Το γεωμετρικό σχήμα, πχ κύκλος, που συμβολίζει το όργανο εμπεριέχει και τον αριθμό του οργάνου:

Η αρίθμηση των οργάνων ακολουθεί τους ίδιους κανόνες που ακολουθεί και η αρίθμηση του εξοπλισμού.

Αν σχηματίζεται βρόχος οργάνων, δηλαδή ένα κλειστό υποσύστημα οργάνων, πχ ρυθμιστής πίεσης που συνδέεται με βάνα εκτόνωσης, τότε στον ίδιο βρόχο όλα τα διαφορετικά όργανα παίρνουν τον ίδιο αριθμό.



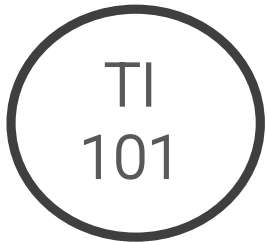
Τοπικό όργανο



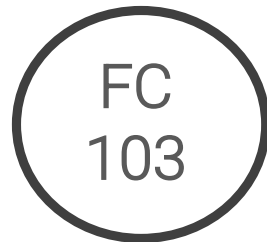
Όργανο που βρίσκεται στον κεντρικό θάλαμο ελέγχου (control room)

Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

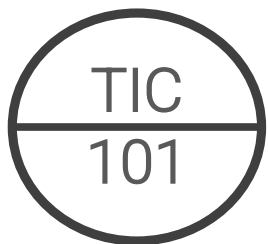
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



Ενδεικτικό θερμοκρασίας.
Είναι το πρώτο στη σειρά.
Εγκατεστημένο στο σημείο μέτρησης.



Ρυθμιστής ροής.
Τρίτος ρυθμιστής στη σειρά.
Εγκατεστημένος στο σημείο μέτρησης.



Ενδεικτικός ρυθμιστής θερμοκρασίας.
Πρώτος ενδεικτικός ρυθμιστής θερμοκρασίας.
Εγκατεστημένος στον κεντρικό θάλαμο ελέγχου.

Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



Γραμμή σύνδεσης κύριας σωλήνωσης ή δοχείου με όργανο.



Σωληνώσεις σήματος αέρος οργάνων – πνευματικό σήμα.



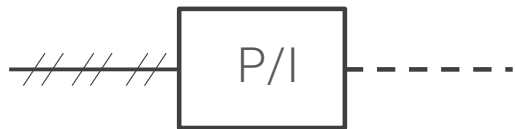
Γραμμή ηλεκτρικού σήματος οργάνων.



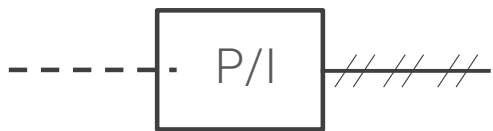
Τριχοειδείς σωληνώσεις οργάνων.



Υδραυλικό σήμα οργάνων.



Μετατροπέας πνευματικού σήματος σε ηλεκτρικό.



Μετατροπέας ηλεκτρικού σήματος σε πνευματικό.

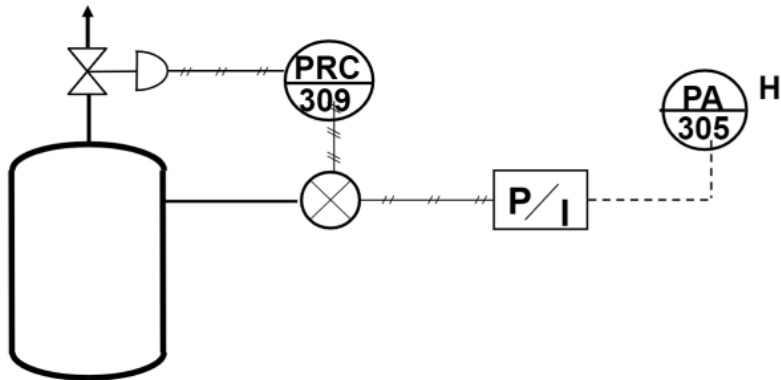
Σύμβολα – Αρίθμηση οργάνων μέτρησης/ρύθμισης

Οι βασικές μεταβλητές ρύθμισης μίας διεργασίας είναι τυπικά 4:

- Θερμοκρασία
- Πίεση
- Ροή
- Στάθμη

Τα συστήματα ρύθμισης αποτελούνται από 3 βασικά μέρη:

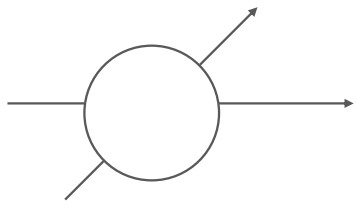
- Το όργανο μέτρησης του αντίστοιχου μεγέθους/μεταβλητής
- Τον ρυθμιστή
- Το τελικό όργανο που είναι υπεύθυνο για το φυσικό κομμάτι του ελέγχου, πχ μία βάνα



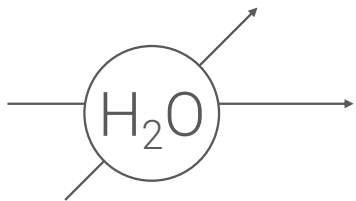
Η βάνα είναι τύπου PRCV, Pressure recorder control valve.

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

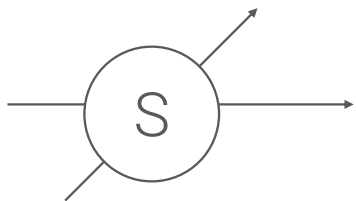
Σύμβολο



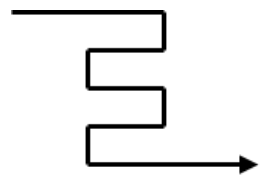
Εναλλάκτης θερμότητας



Ψύκτης νερού



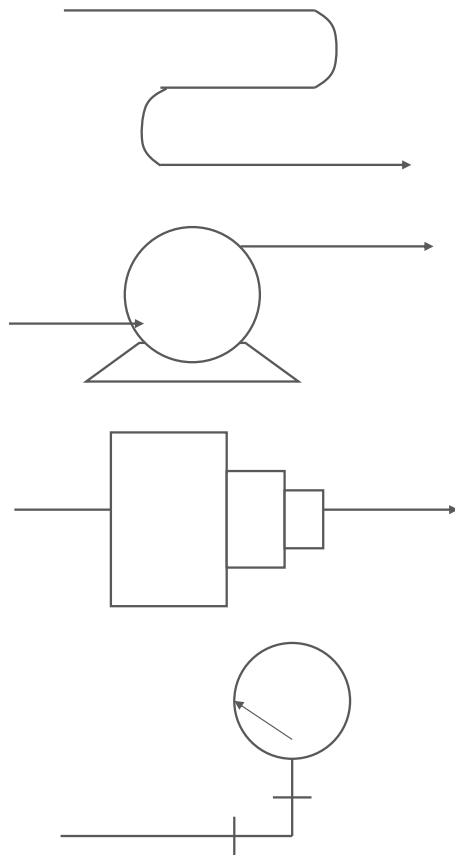
Θέρμανση με ατμό



Σπείρα ψύξης

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

Σύμβολο



Περιγραφή

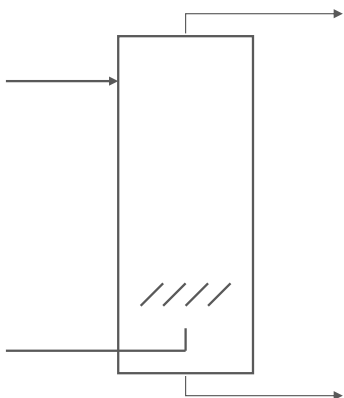
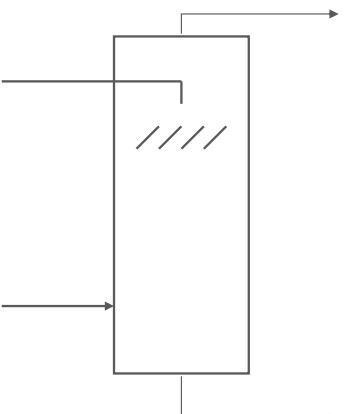
Σπείρα θέρμανσης

Φυγοκεντρική αντλία

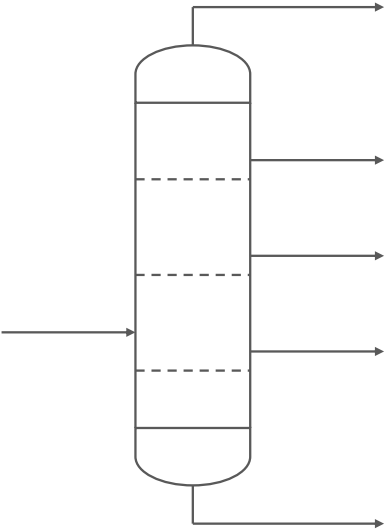
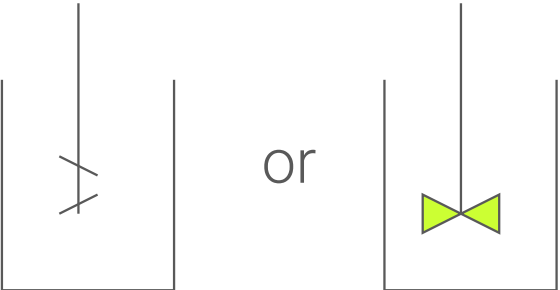
Συμπιεστής τουρμπίνας

Μετρητής πίεσης

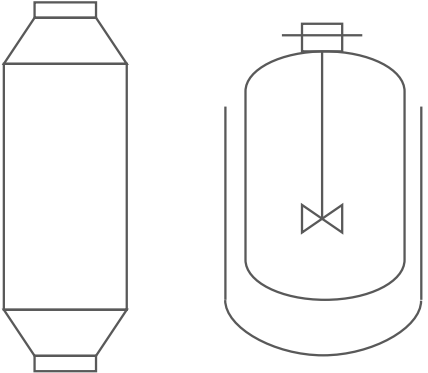

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

<u>Σύμβολο</u>	<u>Όνομα</u>	<u>Περιγραφή</u>
	Απογυμνωτής Stripper	Αφαίρεση συστατικού από υγρό ρεύμα με βοήθεια αέριου ρεύματος Πχ καθαρισμός νερού (sour water)
	Στήλη απορρόφησης Absorber	Αφαίρεση συστατικού από αέριο ρεύμα με βοήθεια υγρού ρεύματος Πχ H_2S από ελαφριούς υδρογονάνθρακες

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

<u>Σύμβολο</u>	<u>Όνομα</u>	<u>Περιγραφή</u>
	Στήλη απόσταξης Distillation column	Διαχωρισμός υγρού ρεύματος σε κλάσματα
	Αναμίκτης υγρών Liquid mixer	Ανάμιξη διαφορετικών υγρών ρευμάτων

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

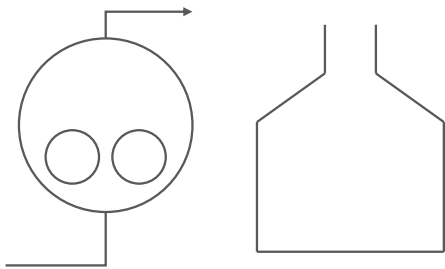
<u>Σύμβολο</u>	<u>Όνομα</u>	<u>Περιγραφή</u>
	Αντιδραστήρες	Σημείο όπου λαμβάνει χώρα χημική αντίδραση ή διεργασία
	Οριζόντιο δοχείο ή κύλινδρος	Αποθήκευση υγρού ή αερίου

Σύμβολα Διαγράμματος ροής

Σύμβολο

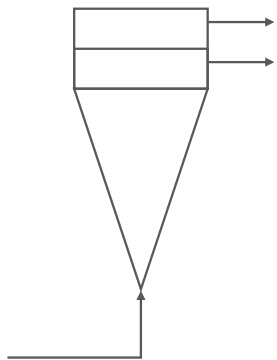
Όνομα

Περιγραφή



Μπόιλερ

Καλύπτει ανάγκες θέρμανσης



Φυγόκεντρος

Φυσική διεργασία διαχωρισμού
Πχ έλαιο-νερό

Σύμβολα Διαγράμματος ροής



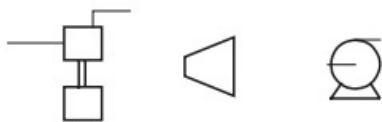
HEAT EXCHANGERS



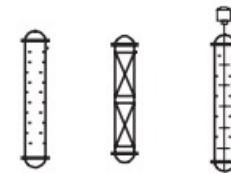
FIRED HEATER



STORAGE TANKS



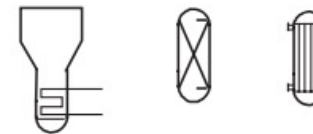
PUMPS, TURBINES,
COMPRESSORS



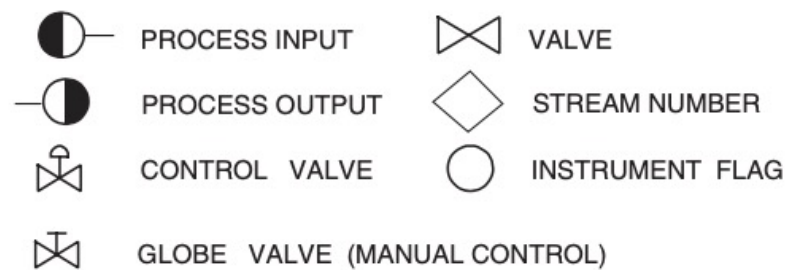
TOWERS



VESSELS



REACTORS



Σύμβολα Διαγράμματος ροής

Σύμβολο



Όνομα

Gate Valve



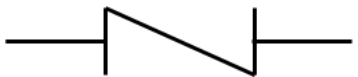
Globe Valve



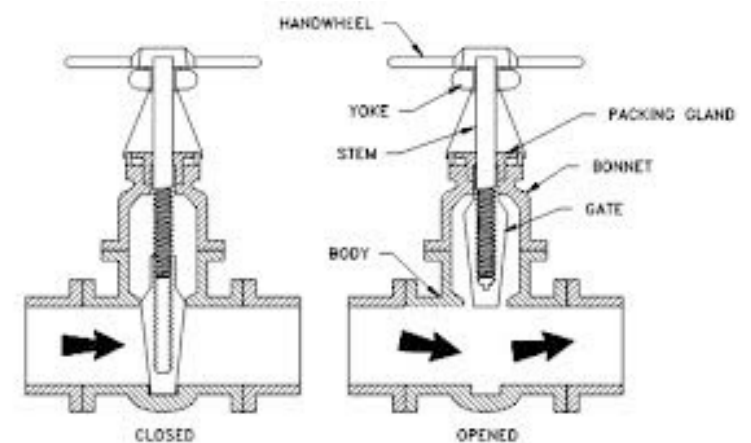
Ball Valve



Check Valve



Butterfly Valve



Σύμβολα Διαγράμματος ροής

Σύμβολο

Όνομα



Needle Valve (a)

(a)



(b)

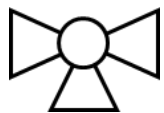


Butterfly Valve (b)

(c)



(d)

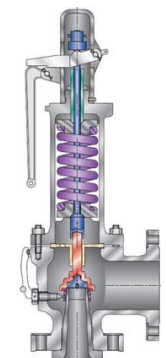


3-way Valve (c)



Relief Valve (d)

(e)



Angle Valve (e)

Αποτύπωση Διαγράμματος ροής

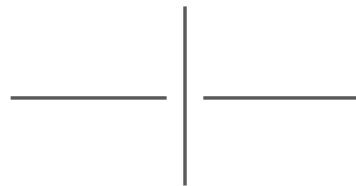
* Το διάγραμμα ροής αποτυπώνει όλες τις ροές υλικών: χαρακτηρίζονται από κάποιο αριθμό, συνθήκες (πίεση, θερμοκρασία), χημική σύσταση.

Γενικοί κανόνες για αρίθμηση και σχεδίαση γραμμών

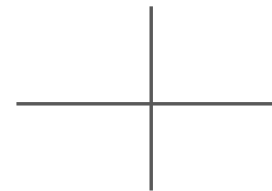
- Αύξοντες αριθμοί από αριστερά προς δεξιά
- Οι οριζόντιες γραμμές «κόβουν» τις κάθετες



ΝΑΙ

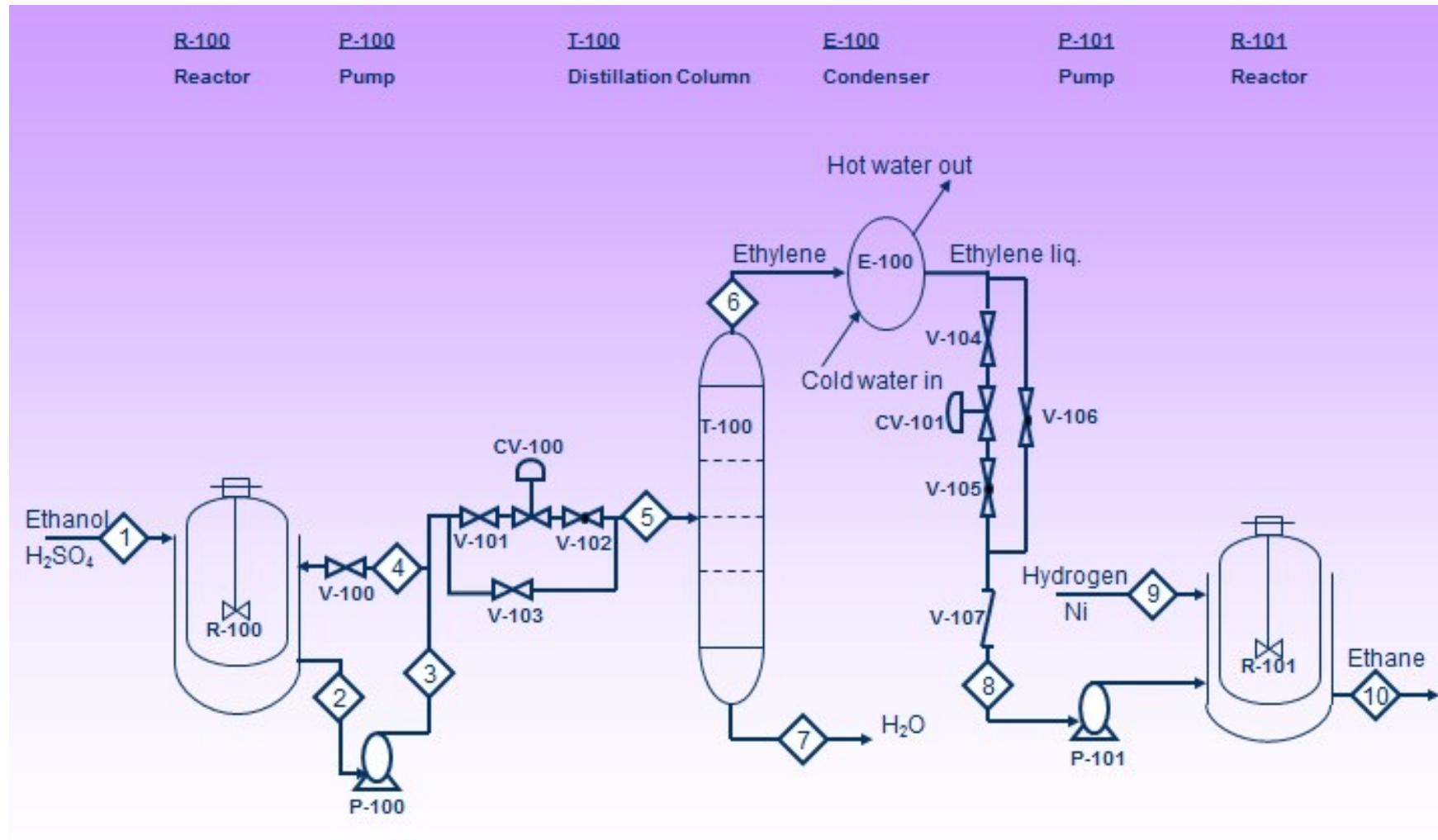


ΟΧΙ



ΟΧΙ

Παράδειγμα Διαγράμματος ροής



Αποτύπωση Διαγράμματος ροής

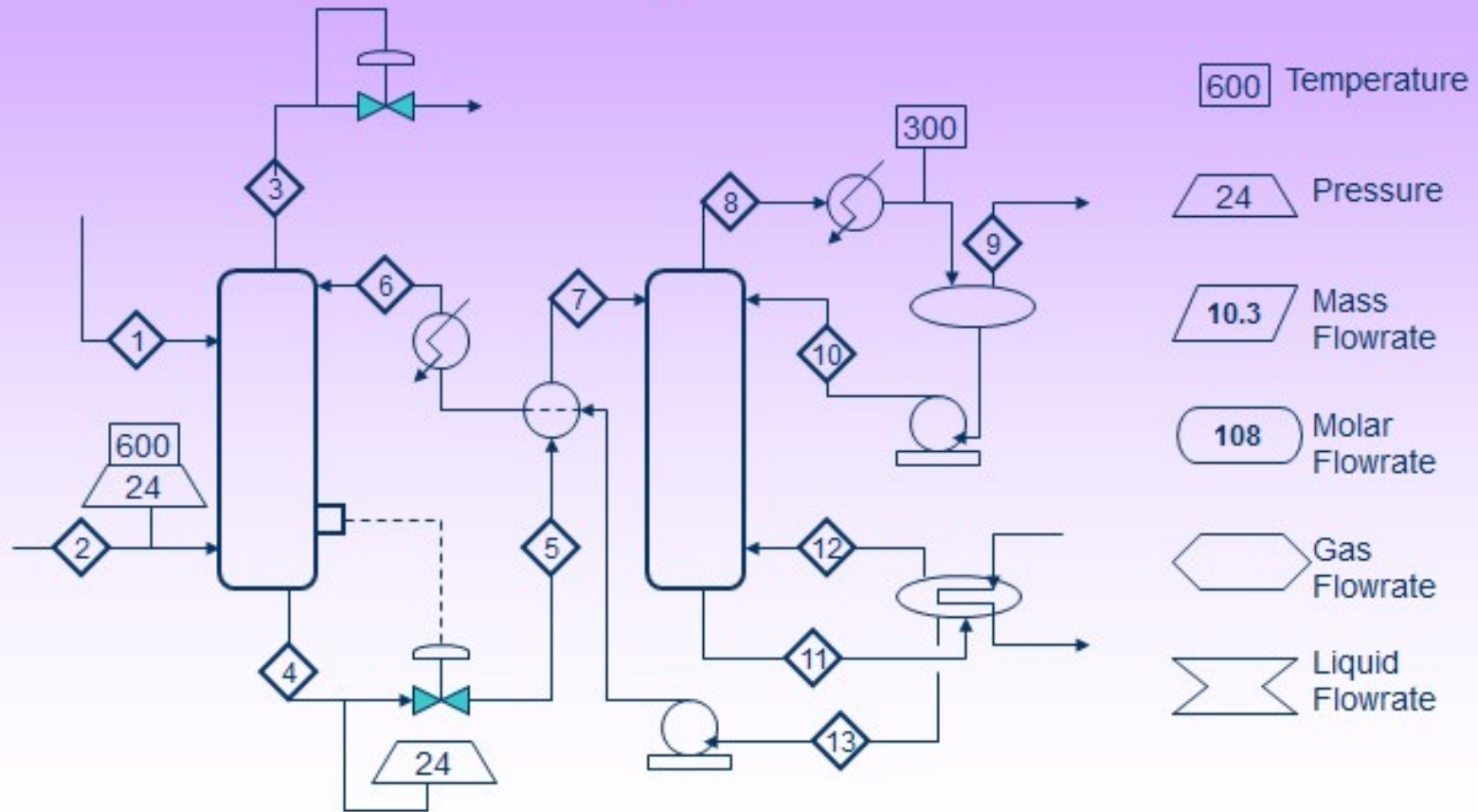
Περιγραφή ρευμάτων

Αφορά κυρίως σε αντιδραστήρες, πύργους ψύξης, κτλ.

- Χρησιμοποιούμε επισημάνσεις (flags, labels) όπου χρειάζεται
- Μπορούμε να συμπεριλάβουμε και τα πλήρη δεδομένα

Παράδειγμα Διαγράμματος ροής

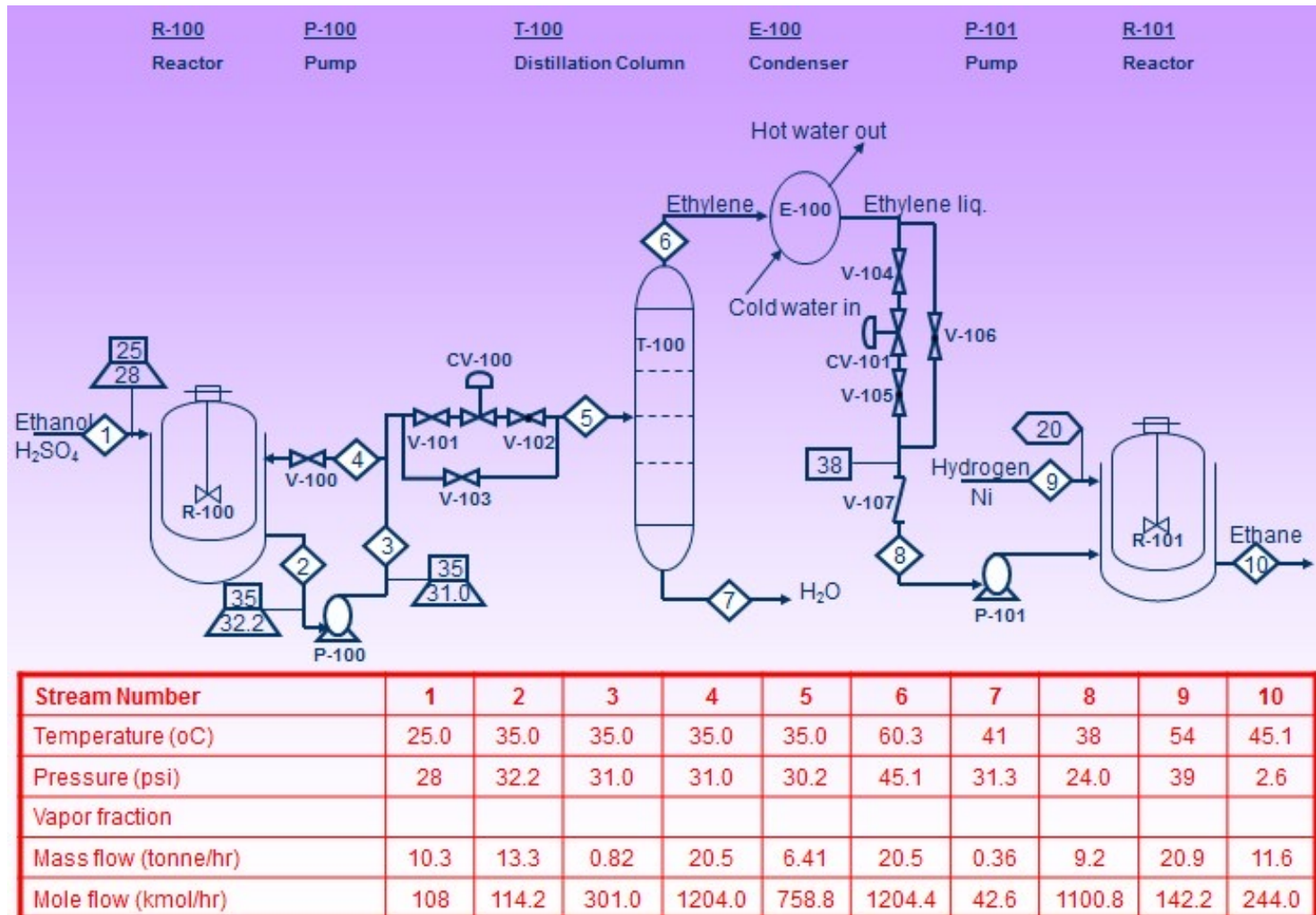
Stream Information - Flag



Πληροφορία και δεδομένα ρεύματος

Αριθμός ρεύματος	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Θερμοκρασία (°C)	25.0	35.0	35.0	35.0	35.0	60.3	41	38	54.0	45.1
Πίεση (psi)	28	32.2	31.0	31.0	30.2	45.1	31.3	24.0	39.0	2.6
Μερική πίεση										

Παράδειγμα Διαγράμματος ροής

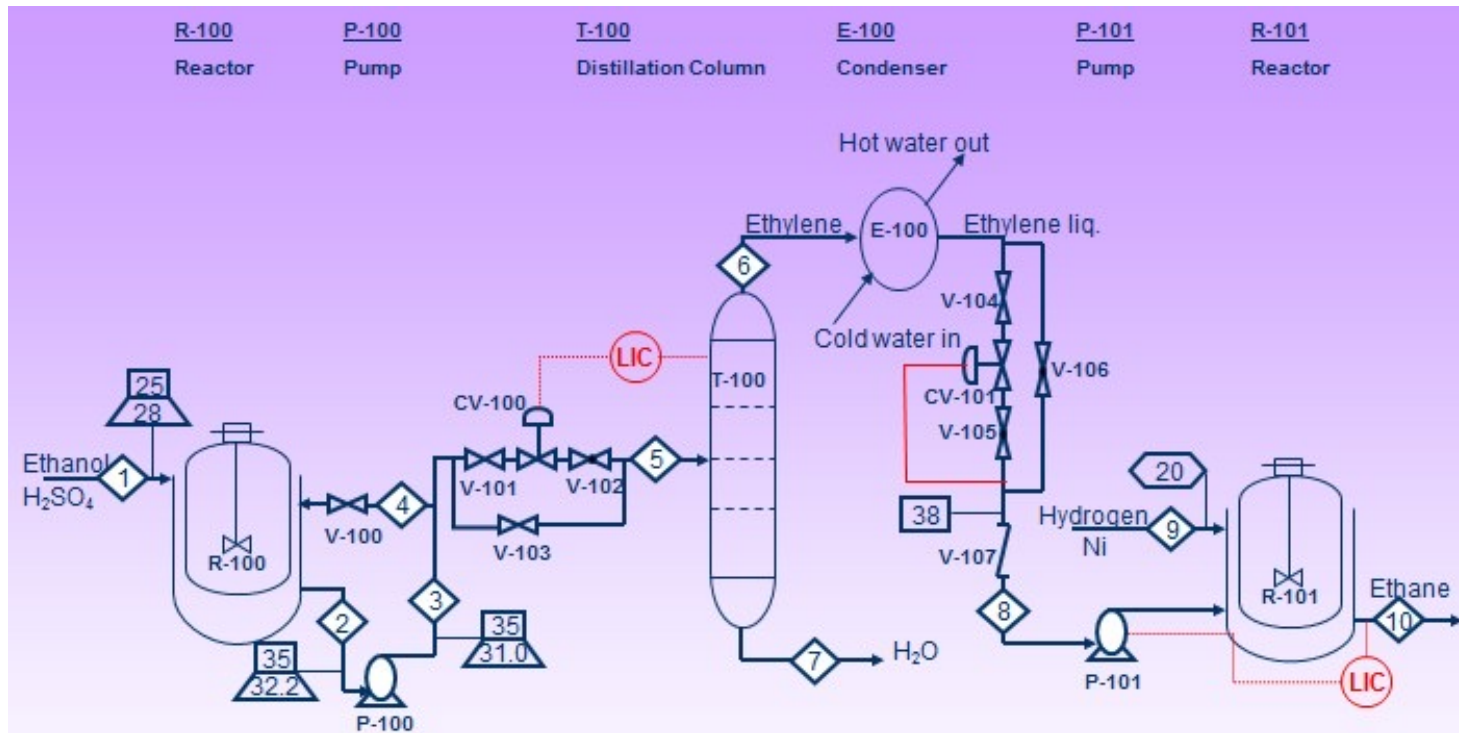


Αποτύπωση Διαγράμματος ροής

Επιπρόσθετα, ένα διάγραμμα ροής πιθανώς να περιέχει επιπλέον πληροφορία που αφορά στο σύστημα ελέγχου της διεργασίας.

Μπορούμε να αποτυπώσουμε κάποιους βρόγχους ελέγχου.

Παράδειγμα Διαγράμματος ροής



Stream Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperature (oC)	25.0	35.0	35.0	35.0	35.0	60.3	41	38	54	45.1
Pressure (psi)	28	32.2	31.0	31.0	30.2	45.1	31.3	24.0	39	2.6
Vapor fraction										
Mass flow (tonne/hr)	10.3	13.3	0.82	20.5	6.41	20.5	0.36	9.2	20.9	11.6
Mole flow (kmol/hr)	108	114.2	301.0	1204.0	758.8	1204.4	42.6	1100.8	142.2	244.0

Σωληνώσεις και όργανα

Οι βασικές πληροφορίες χωρίζονται σε υποκατηγορίες:

- Διάφορες συσκευές και μηχανολογικός εξοπλισμός
- Σωληνώσεις και μέσα μεταφοράς (πχ ιμάντες)
- Βάνες
- Πληροφορίες για διαστάσεις, ονομαστικές πιέσεις, κατηγορίες υλικών
- Μονώσεις, ηλεκτρικοί μανδύες

Κύρια διεργασία - συσκευή

Βασικά βήματα για σχεδιασμό κύριας συσκευής:

- 1) Σχεδιασμός βάσει της διεργασίας
 - Εφαρμοσμένη γνώση σε μηχανική θερμικών, χημικών, μηχανικών, βιολογικών διεργασιών
 - Υδροδυναμική: διάμετρος και ύψος αντιδραστήρα, εναλλάκτες θερμότητας, σχεδιασμός συμπιεστών: θερμοδυναμικά δεδομένα
 - Όλα τα αποτελέσματα αποτυπώνονται σε τεχνικό δελτίο (technical data sheet)
- 2) Σχεδιασμός βάσει απαιτούμενων ανοχών του συστήματος
 - Υπολογισμοί για πάχη τοιχωμάτων
- 3) Σχεδιασμός βάσει αναγκών υλοποίησης της μονάδας
 - Βάσει αναλυτικών σχεδίων
 - Ανάθεση σε υπεργολάβους

Χωροταξία

- Σε γενικές γραμμές αρκετά πολύπλοκο ζήτημα
- Λαμβάνει χώρα μετά την υποβολή αναλυτικού P&I



ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ;