

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :
**ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ,
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ, ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΡΕΝΤΟΥΜΗΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΚΑΠΠΟΣ



ΑΘΗΝΑ 2001

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3158
----------------------	------

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ - ΜΕΡΟΣ 1^ο, 2^ο

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ.....	4
Δομή	5
2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ	6
Βασικές ιδιότητες.....	6
Χαρακτηριστικές ιδιότητες υγραερίων.....	6
Φυσικές ιδιότητες υγραερίου.....	8
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	10
Ιστορικό.....	10
Λειτουργικός ρόλος	11
Κύρια προϊόντα.....	11
Δεξαμενές / αποθηκευτικοί χώροι.....	11
Πίνακας δεξαμενών εγκαταστάσεως.....	13
Παραλαβή προϊόντων.....	14
Διακίνηση χύμα προϊόντων (Bulk /Small Bulk Transport –1997).....	15
Μεταφορικά Μέσα	15
Ελαστικοσωλήνες εκφόρτωσης	15
Γεμιστήρια βυτιοφόρων	16
Λέβητες	16
Πανελλαδικός Χάρτης περιοχής δραστηριοτήτων της Εγκατάστασης Ασπροπύργου	17
Κατάλογος Δραστηριοτήτων	18
Το σύστημα διαχείρισης πιθανών περιστατικών της εγκατάστασης	26
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ & ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	27
α. Καταγραφή όλων των διαδικασιών	27
β. Αναγνώριση των κρίσιμων διαδικασιών	27
γ. Ανάλυση των κρίσιμων διαδικασιών της εγκατάστασης	28
δ. Αναγνώριση κινδύνων	28
ε. Εκτίμηση της επικινδυνότητας	29
στ. Σύνταξη πινάκων πιθανών περιστατικών	30
Παράγοντες επικινδυνότητας	32
Ιεραρχία των ελέγχων – Προτάσεων	32
5. ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ / ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	33
Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου	34
Παραλαβή από διυλιστήρια	38
Γεμιστήριο φιαλών	42
Συντήρηση – Έλεγχοι εγκατάστασης	45

6. ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	48
7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	86
Συντήρηση / προσθήκες	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	87
ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΠΙΗΤΩΣΕΩΝ.....	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΙΕΣΗΣ – ΘΕΡΜΟΡΑΣΙΑΣ	90
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	91
ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΟΡΩΝ	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕΡΟΥΣΑ΄	93

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	94
HSE CASE AREAS.....	95
ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟΥ.....	96
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ.....	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ, ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ
ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο υποφαινόμενος νοιώθει την υποχρέωση των θερμών ευχαριστιών προς την εταιρεία SHELLGAS AEBEY τόσο για την ευαισθησία της σε θέματα υγιεινής, ασφαλείας και προστασίας του περιβάλλοντος όσο και για την άδεια που παραχώρησε για την δημοσιοποίηση της παρούσας που εκπονήθηκε κατόπιν δικής της πρωτοβουλίας. Συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μπαμπίλη Μιλτιάδη (Διευθυντή εκμετάλλευσης) για την εν λόγω άδεια και τον κ. Χαριτόπουλο Παναγιώτη (Διευθυντή της Εγκατάστασης Ασπροπύργου) για τις πάρα πολλές και εύστοχες παρατηρήσεις του όσον αφορά σε όλα τα μέρη της μελέτης χωρίς τις οποίες η παρούσα δεν θα ήταν δυνατή.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η αναγνώριση και εξάλειψη κατά το δυνατόν των κινδύνων που ενέχει η διαδικασία παραλαβής, διακίνησης και εμφιάλωσης του υγραερίου σε κλίμακα μιας πλήρους εγκατάστασης με τα στοιχεία που θα περιγραφούν στην συνέχεια. Επίσης περιγράφει κατά το δυνατόν όλο το κύκλωμα διακίνησης υγραερίου σε μια εγκατάσταση με όλες τις διαδικασίες και τον απαιτούμενο εξοπλισμό.

Η παρούσα εργασία έχει επίσης σκοπό την επισήμανση των εργασιών υποδομής και των ακολουθούμενων διαδικασιών κατά την λειτουργία της επιχείρησης και θα πρέπει να χρησιμοποιείται συχνά από την διοίκηση και το προσωπικό. Αντίγραφα θα πρέπει να διανέμονται στους προϊστάμενους τμημάτων τοπικά και γενικά όπου χρειάζονται έτσι ώστε όλα τα εμπλεκόμενα άτομα/μέρη να το χρησιμοποιούν ως ένα συνεχή οδηγό για την ασφάλεια της εγκατάστασης.

Καλύπτονται κατά το δυνατόν όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι που αναγνωρίζονται καθ' όλες τις δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνονται ή έχουν σχέση με την λειτουργία μιας εγκατάστασης υγραερίου όπως είναι η παραλαβή, ο χειρισμός και αποθήκευση των κύριων προϊόντων, ο ποιοτικός έλεγχος, η εμφιάλωση, η μεταφορά των προϊόντων και η συντήρηση της εγκατάστασης.

Γενικά το HSE-MS καλύπτει ό,τι έχει σχέση με την Ασφάλεια, την Υγιεινή των Εργαζομένων, την Προστασία του Περιβάλλοντος και την Διοίκηση / Διαχείριση μιας εγκατάστασης υγραερίου.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η παρούσα εργασία εντάσσεται στα πλαίσια των μελετών επικινδυνότητας εγκαταστάσεων (Hazard and operability study-HAZOP) μιας και υπερκαλύπτει την σχετική απαίτηση για την εκπόνηση της μελέτης επικινδυνότητας εγκατάστασης (Sevezo 2) η οποία επίκειται. Η εκπόνηση μελέτης Sevezo 2 (επέκταση της μελέτης Sevezo 1 μέρος της οποίας είναι η HAZOP) προς το παρόν αποτελεί οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που σύντομα θα πάρει υποχρεωτικό χαρακτήρα για τις βιομηχανικές δραστηριότητες.

Η παρούσα εργασία είναι εναρμονισμένη με τη βασική αρχή που υποχρεώνει την τήρηση των εθνικών και νομοθετημένων προτύπων ή των προτύπων της εταιρίας. Γενικά ακολουθούνται όποια πρότυπα είναι πιο αυστηρά από τα δύο. Βεβαίως είναι κατανοητό ότι η μέριμνα για την εναρμόνιση της εγκατάστασης με τα ελληνικά νομοθετικά πλαίσια έχει ήδη ληφθεί πολύ πριν και ανεξάρτητα με την παρούσα εργασία η οποία καλείται να επισημάνει τρόπους για περαιτέρω βελτίωση της ασφάλειας πέρα από τις τυπικές προϋποθέσεις λειτουργίας.

Η διαχείριση των κινδύνων και των επιπτώσεων αναπτύχθηκε σύμφωνα με το πλαίσιο δραστηριοτήτων της Εγκατάστασης με προσεκτική ανάλυση των εργασιών και είναι εφαρμόσιμο για κάθε Εγκατάσταση με παρόμοιες δραστηριότητες.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε αρχικά ως μελέτη για λογαριασμό της SHELLGAS AEBEY, εταιρίας διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου. Ο αγγλικός όρος της για τον τίτλο της παρούσας είναι: “HSE – MANAGEMENT SYSTEM” όπου HSE είναι τα αρχικά του τρίπτυχου Health – Safety – Environment. Η σημασία της παρούσας υποδεικνύεται από το γεγονός ότι μια πολυεθνική εταιρεία του μεγέθους της SHELL (στης οποίας τον όμιλο εταιριών ανήκει η SHELLGAS)

χρησιμοποιεί τέτοιου είδους συστηματικές προσεγγίσεις για την βελτίωση της ασφάλειας στις εγκαταστάσεις και τις δραστηριότητες της.

ΔΟΜΗ

Προκειμένου η παρούσα εργασία να γίνει κατανοητή από τον αναγνώστη και με σκοπό να αποτελέσει σημείο αναφοράς και για άλλες παρόμοιες μελέτες στον χώρο του υγραερίου θα πρέπει ως ένα βαθμό να αναλυθούν οι δραστηριότητες μιας εγκατάστασης ώστε να γίνει και κατά το δυνατόν πιο εύκολη η κατανόηση των ενεχομένων κινδύνων καθώς και οι διορθωτικές ενέργειες για την εξάλειψή τους.

Η παρούσα εργασία λοιπόν αποτελείται από τρία μέρη.

Το πρώτο μέρος στο οποίο περιγράφεται ο σκοπός της παρούσας καθώς και μία μικρή περιγραφή της φύσης και των ιδιοτήτων του υγραερίου.

Το δεύτερο μέρος στο οποίο γίνεται μία περιγραφή των δραστηριοτήτων και διαδικασιών που ακολουθούνται σε κάθε διακριτή μονάδα – δραστηριότητα της Εγκατάστασης.

Στο τρίτο μέρος γίνεται μία περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στην εκπόνηση της παρούσας.

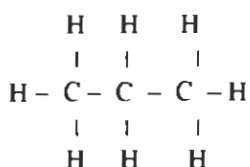
Τέλος στο τέταρτο μέρος παρατίθενται οι πίνακες εκτίμησης κινδύνων και απαιτούμενων ενεργειών το οποίο αποτελεί την κυρίως εργασία. Οι πίνακες είναι χωρισμένοι ανά διαδικασία σε κάθε διακριτό τμήμα της εγκατάστασης. Σε αυτούς τους πίνακες γίνεται και η εκτίμηση της επικινδυνότητας του κάθε πιθανού σεναρίου και από την πλευρά της έκτασης και από την πλευρά της συχνότητας περιστατικού καθώς και αναφέρεται η υφιστάμενη κατάσταση και οι προτάσεις για βελτίωση.

2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

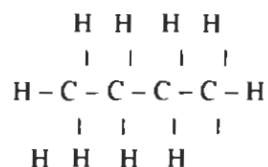
2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Στην κατηγορία των υγραερίων περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες προπάνιο και βουτάνιο και τα μίγματα αυτών. Το προπάνιο είναι υδρογονάνθρακας με 3 άτομα



ΠΡΟΠΑΝΙΟ



ΒΟΥΤΑΝΙΟ

άνθρακα στο μόριο του (C₃) ενώ το βουτάνιο είναι υδρογονάνθρακας με 4 άτομα άνθρακα στο μόριο του (C₄).

Τα υγραέρια λαμβάνονται είτε από τη διύλιση του αργού πετρελαίου, είτε από τα φυσικά αέρια των οποίων αποτελούν συστατικό. Στην Ελλάδα τα υγραέρια είναι αποκλειστικά προϊόντα της διύλισης του αργού πετρελαίου. Για τις βιομηχανικές, τις βιοτεχνικές αλλά και τις οικιακές καταναλώσεις χρησιμοποιούνται οι παρακάτω συσκευασίες :

ΠΡΟΪΟΝ

Προπάνιο

Μίγμα Προπανίου (20%) Βουτανίου (80%)(κ.β.)

Βουτάνιο

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

δεξαμενές και φιάλες

δεξαμενές και φιάλες

φιαλίδιο

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΩΝ

Τα υγραέρια σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (συνθήκες περιβάλλοντος) βρίσκονται σε Αέρια Φάση.

Τα υγραέρια σε Αέρια Φάση για να υγροποιηθούν πρέπει

- είτε να τεθούν υπό πίεση (συμπίεση)

- είτε να τεθούν σε χαμηλή θερμοκρασία (ψύξη)

(Σημείο βρασμού σε κανονικές συνθήκες : Βουτάνιο -2°C και Προπάνιο -42°C)

Τα υγραέρια σε υγρή Φάση είναι ελαφρύτερα από το νερό (περίπου κατά το μισό).

Επομένως μια δεξαμενή που περιέχει μια ποσότητα υγραερίου ζυγίζει λιγότερο από

ότι η ίδια δεξαμενή όταν περιέχει τον ίδιο όγκο (λίτρα) νερό. Ακόμη αν υπάρχει νερό και υγραέριο σε μια δεξαμενή το νερό θα συγκεντρωθεί στον πυθμένα της δεξαμενής.

Η διαστολή του υγρού υγραερίου με τη θερμοκρασία είναι περίπου 15 με 20 φορές μεγαλύτερη από τη διαστολή του νερού και επίσης μεγαλύτερη από τα περισσότερα άλλα συνήθη προϊόντα πετρελαίου. Επομένως όλες οι δεξαμενές υγραερίου δεν πρέπει να γεμίζονται πάνω από το 80% (για προπάνιο) ή 85% (για μίγμα) ώστε να μένει αρκετός χώρος για τη διαστολή.

Το υγρό υγραέριο είναι πολύ λεπτόρρευστο και έτσι μπορεί να διαρρεύσει σε περιπτώσεις όπου το νερό, η βενζίνη ή άλλα υγρά δεν μπορούν.

Με την ελάττωση της πίεσης το υγρό υγραέριο γίνεται αέριο (εξαερώνεται). Αυτή η αλλαγή της φυσικής κατάστασης χρειάζεται θερμότητα που λαμβάνεται από το ίδιο το υγρό και από το περιβάλλον προκαλώντας έτσι πτώση της θερμοκρασίας. Έτσι εάν υγρό υγραέριο έρθει σε επαφή με το δέρμα και εξαερωθεί μπορεί να δημιουργήσει ψυχρά εγκαύματα.

Το υγραέριο είναι άοσμο. Για την εμπορία και την χρήση του το υγραέριο εμπλουτίζεται από τα διυλιστήρια με μια ουσία που δίνει χαρακτηριστική οσμή ώστε να αντιλαμβανόμαστε τη διαρροή με την όσφρηση σε συγκέντρωση πέντε φορές μικρότερη από το κατώτερο όριο ανάφλεξης.

Το υγραέριο όταν παραλαμβάνεται από τα διυλιστήρια μπορεί να περιλαμβάνει και πολύ μικρή ποσότητα νερού διαλυμένη μέσα στον όγκο του. Με τις συνεχείς παραδόσεις υγραερίου το νερό αυτό συγκεντρώνεται μέσα στην δεξαμενή του πελάτη και δημιουργεί ένα στρώμα στο κάτω μέρος της. Η απομάκρυνση του νερού αυτού γίνεται με την εξυδάτωση της δεξαμενής σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δεξαμενή υγραερίου δεν διαβρώνεται από το νερό αυτό λόγω της έλλειψης οξυγόνου στο εσωτερικό της.

Το υγραέριο δεν είναι δηλητηριώδες και μπορούμε να το εισπνεύσουμε σε μικρές ποσότητες. Πρέπει όμως να αποφεύγουμε να βρισκόμαστε σε χώρο που περιέχει ατμούς υγραερίου διότι τότε υπάρχει κίνδυνος για τον οργανισμό λόγω έλλειψης οξυγόνου.

Τα υγραέρια σε Αέρια Φάση είναι βαρύτερα από τον αέρα έτσι συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα σημεία του εδάφους.

Ένας όγκος υγρού υγραερίου, σε συνθήκες περιβάλλοντος, για να μετατραπεί σε αέριο διαστέλλεται περίπου 250 φορές.

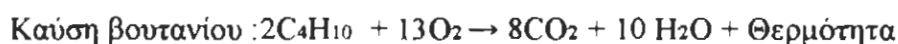
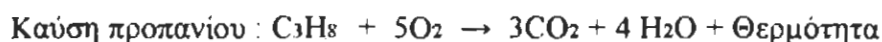
Το υγραέριο καίγεται μόνο όταν αναμειχθεί με οξυγόνο σε κατάλληλες αναλογίες. Όταν η ποσότητα του υγραερίου στο μίγμα (υγραέριο / οξυγόνο) είναι πολύ μικρή (πολύ φτωχό μίγμα) ή πολύ μεγάλη (πολύ πλούσιο μίγμα), τότε το μίγμα δεν

αναφλέγεται. Παρακάτω δίνονται τα όρια ευφλεκτότητας του υγραερίου, δηλαδή το ελάχιστο (κατώτερο όριο) και το μέγιστο (ανώτερο όριο) ποσοστό υγραερίου που πρέπει να αναμειχθεί με το οξυγόνο για να υπάρξει καύση. Πολλές φορές, λανθασμένα, τα όρια ευφλεκτότητας αναφέρονται και ως όρια εκρηκτικότητας.

<u>ΠΡΟΪΟΝ</u>	<u>ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΟΡΙΟ %</u>	<u>ΑΝΩΤΕΡΟ ΟΡΙΟ %</u> (% κατ' όγκο)
Βουτάνιο	1,8	8,4
Προπάνιο	2,2	9,5

Ένα λίτρο υγρό υγραέριο, αν διαφύγει στην ατμόσφαιρα, μπορεί να δημιουργήσει περίπου 12.500 λίτρα αναφλέξιμου αέριου μίγματος.

Το υγραέριο παρουσία οξυγόνου (που βρίσκεται στον αέρα) καίγεται, παράγοντας θερμότητα.



Ο όγκος που καταλαμβάνουν τα προϊόντα της καύσης είναι πολύ μεγαλύτερος από την όγκο των προϊόντων πριν καούν. Για το λόγο αυτό ο χώρος μέσα στον οποίο γίνεται καύση υγραερίου πρέπει να εξαερίζεται καλά διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος ασφυξίας από CO₂.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

Παρακάτω δίνονται οι φυσικές ιδιότητες του βουτανίου και του προπανίου καθώς και του μίγματος των δύο που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα (80%B – 20%Π). Σημειώνεται ότι οι τιμές που δίνονται αφορούν το καθαρό προπάνιο και το βουτάνιο. Το βιομηχανικό προπάνιο και βουτάνιο όπως παράγονται από τα διυλιστήρια είναι μίγματα και άλλων υδρογονανθράκων και έτσι οι πραγματικές τιμές των παραπάνω ιδιοτήτων μπορεί να διαφέρουν κατά μικρό ποσοστό. Για παράδειγμα το σημείο βρασμού του υγρού βουτανίου σε 760 mm Hg (= 1.013 bar) είναι στην πραγματικότητα -2°C.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ		ΜΟΝ.	ΒΟΥΤΑΝΙΟ	ΠΡΟΠΑΝΙΟ	ΜΙΓΜΑ 80%-20%
1. Χημικός τύπος			C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈	
2. Μοριακό βάρος			44,094	58,120	
3. Σημείο πήξης υγρού σε (760mmHg) (= 1.013 bar)		°C	-187,7	-138,3	
4. Σημείο βρασμού υγρού (760mmHg) (= 1.013 bar)		°C	-0,5	-42,1	-8
5. Ειδικό βάρος υγρού (15,5°C)		Kg/m ³	582	507	567
6. Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας=1)	[S.C]		2,008	1,522	1,909
7. Τάση (πίεση) ατμών	[0°C] [50°C]	bar bar	0.03-1 4-5.25	3.7-4.7 16-20.5	0.8-1.8 8.4-8.3
8. Κρίσιμη θερμοκρασία		°C	152,0	98,8	
9. Κρίσιμη πίεση (απόλυτη)		bar	38,0	42,6	
10. Όγκος αερίου / όγκο υγρού	[S.C]		237,8	272,7	244,7
11. Απαιτούμενη ενέργεια εξαερ.	[15°C]	Kcal/Kg	89	85.5	88.5
12. Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού και 760mmHg		Kcal/Kg Kcal/lit	92,3 53,1	101,7 51,5	
13. Ανώτερη θερμογόνος δύναμη	[S.C]	Kcal/Kg Kcal/m ³	11851 29875	12048 22766	
14. Κατώτερη θερμογόνος δύναμη	[S.C]	Kcal/Kg	10940	11060	10960
15. Απαιτούμενος αέρας καύσης	[S.C]	m ³ /m ³ Kg/Kg	30,97 15,49	23,82 15,71	
16. Ειδική θερμότητα αερίου [S.C]	[C _p] [C _v]	Kcal/Kg °C Kcal/Kg °C	0,397 0,361	0,388 0,343	
17. Σημείο ανάφλεξης (Flash-point)		°C	-60	-105	
18. Σημείο αυτανάφλεξης (Ignition-point)		°C	365	470	
19. Όρια ευφλεκτότητας	[άνω]	%	8.41	9.50	
(ή εκρηκτικότητας)	[κάτω]	%	1.86	2.37	
20. Ανώτατη θερμοκρασία φλόγας σε καύση με αέρα		°C	1900	1930	
21. Αριθμός Οκτανίων (Oktane N°)			91	125	

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η εγκατάσταση Ασπροπύργου ξεκίνησε την λειτουργία της το 1970 με την εταιρεία MINOGAS A.E.B.E η οποία ήταν θυγατρική των εταιρειών ΜΑΜΙΔΑΚΗΣ Α.Ε. Η αρχική εγκατάσταση ξεκίνησε με τρεις δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 187 m³, 2 βυτιοφόρα οχήματα υγραερίου χωρητικότητας 28 m³ έκαστο με το οποίο γινόταν η παραλαβή του υγραερίου από τα Ελληνικά Διυλιστήρια και μία μικρή πλατφόρμα με 4 σταθερούς ζυγούς για την εμφιάλωση του υγραερίου σε φιάλες των 10 kgf.

Αργότερα προστέθηκαν στην δυναμικότητα της εγκατάστασης και άλλες δεξαμενές καθώς επίσης βυτιοφόρα και φορτηγά μεταφοράς φιαλών. Επίσης κατασκευάστηκε η πλατφόρμα εμφιάλωσης φιαλών στην μορφή που υπάρχει και σήμερα με την εγκατάσταση ενός νέου CAROUSEL δώδεκα ζυγών. Κατασκευάστηκε επίσης και σταθμός φορτοεκφόρτωσης βυτιοφόρων στην μορφή που υπάρχει και λειτουργεί μέχρι και σήμερα.

Το 1976 προσαρτήθηκε στην έκταση της εγκατάστασης υπό μορφή ενοικίασης γειτονικό οικοπέδο ιδιοκτησίας BP, έκτασης 3.784 m², το οποίο χρησιμοποιήθηκε για κατασκευή αποθήκης, εστιατόριο προσωπικού, αποδυτήρια και συνεργείο και το οποίο ενοικιάζεται μέχρι σήμερα.

Το 1978 με την αγορά ενός γειτονικού οικοπέδου η εγκατάσταση επεκτάθηκε και δημιουργήθηκε το κτίριο των γραφείων καθώς επίσης και η μονάδα εμφιάλωσης φιαλιδίων.

Το 1979 και με την ολοκλήρωση της κατασκευής αγωγού σύνδεσης με ΕΛΔΑ η εγκατάσταση παραλαμβάνει πλέον προϊόντα και διαμέσου αγωγού.

Το 1982 με την αγορά και προσθήκη ενός ακόμα γειτονικού οικοπέδου η εγκατάσταση επεκτάθηκε περαιτέρω στην σημερινή της έκταση των 13.202 m². Στον εν λόγω χώρο κατασκευάζεται ο οικίσκος αεροσυμπιεστών και Η/Ζ και ο οικίσκος του υποσταθμού μέσης τάσεως (20 kV).

Το 1986 η εγκατάσταση αγοράστηκε από τον ΟΜΙΛΟ SHELL και με την επωνυμία SHELL GAS A.E.B.E.Y είναι θυγατρική εταιρεία της SHELL GAS BV με έδρα την Ολλανδία. Η SHELL GAS A.E.B.E.Y αποτελείται από τα κεντρικά γραφεία και δύο εγκαταστάσεις, την εγκατάσταση Ασπροπύργου και αυτήν της Θεσσαλονίκης.

Το 1986 η εγκατάσταση Ασπροπύργου ήταν εκτός των προδιαγραφών ασφαλείας του ομίλου SHELL. Από τότε έχουν γίνει σημαντικά έργα εκσυγχρονισμού ώστε σήμερα να θεωρείται εναρμονισμένη σε μεγάλο βαθμό με τα πρότυπα της SHELL. Τα έργα συνεχίζονται και σήμερα με απώτερο σκοπό με την ολοκλήρωσή τους η

εγκατάσταση να μη έχει να ζηλέψει σε τίποτα από άλλες σύγχρονες εγκαταστάσεις του Ομίλου στην Ευρώπη.

Σήμερα η εγκατάσταση διαθέτει 10 δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου συνολικής χωρητικότητας 1969 m³, και 6 ιδιόκτητα βυτιοφόρα, 3 φορτηγά μεταφοράς φιαλών και 2 αυτοκίνητα τεχνικών υπηρεσιών. Απασχολεί 39 άτομα ως μόνιμο προσωπικό. Επίσης μισθώνει 4 ακόμα βυτιοφόρα και 4 φορτηγά φιαλών.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, περιγράφονται τα στοιχεία της εγκατάστασης από πλευρά μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και γενικών δραστηριοτήτων, προκειμένου να δημιουργηθεί μία σαφής εικόνα για το μέγεθος της εγκατάστασης, τον όγκο της εργασίας καθώς και των διαδικασιών που εκτελούνται και κατ'επέκταση η συχνότητα επανάληψης των διαδικασιών που ενέχει κινδύνους για την ασφάλεια των εργαζομένων και του περιβάλλοντος.

Λειτουργικός ρόλος

Σήμερα, οι κύριες δραστηριότητες της εγκατάστασης Ασπροπύργου είναι η παραλαβή, αποθήκευση, γέμισμα, εμφιάλωση φιαλών και φιαλιδίων και διακίνηση των υγραερίων Βουτανίου και Προπανίου και μιγμάτων αυτών. Στο σχήμα 1 φαίνεται η οργανωτική δομή της εγκατάστασης.

Κύρια Προϊόντα

Μίγμα κίνησης (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο)

Άοσμο μίγμα (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο χωρίς την ουσία αιθυλομερκαπτάνη)

Μίγμα (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο)

Προπάνιο

Βουτάνιο

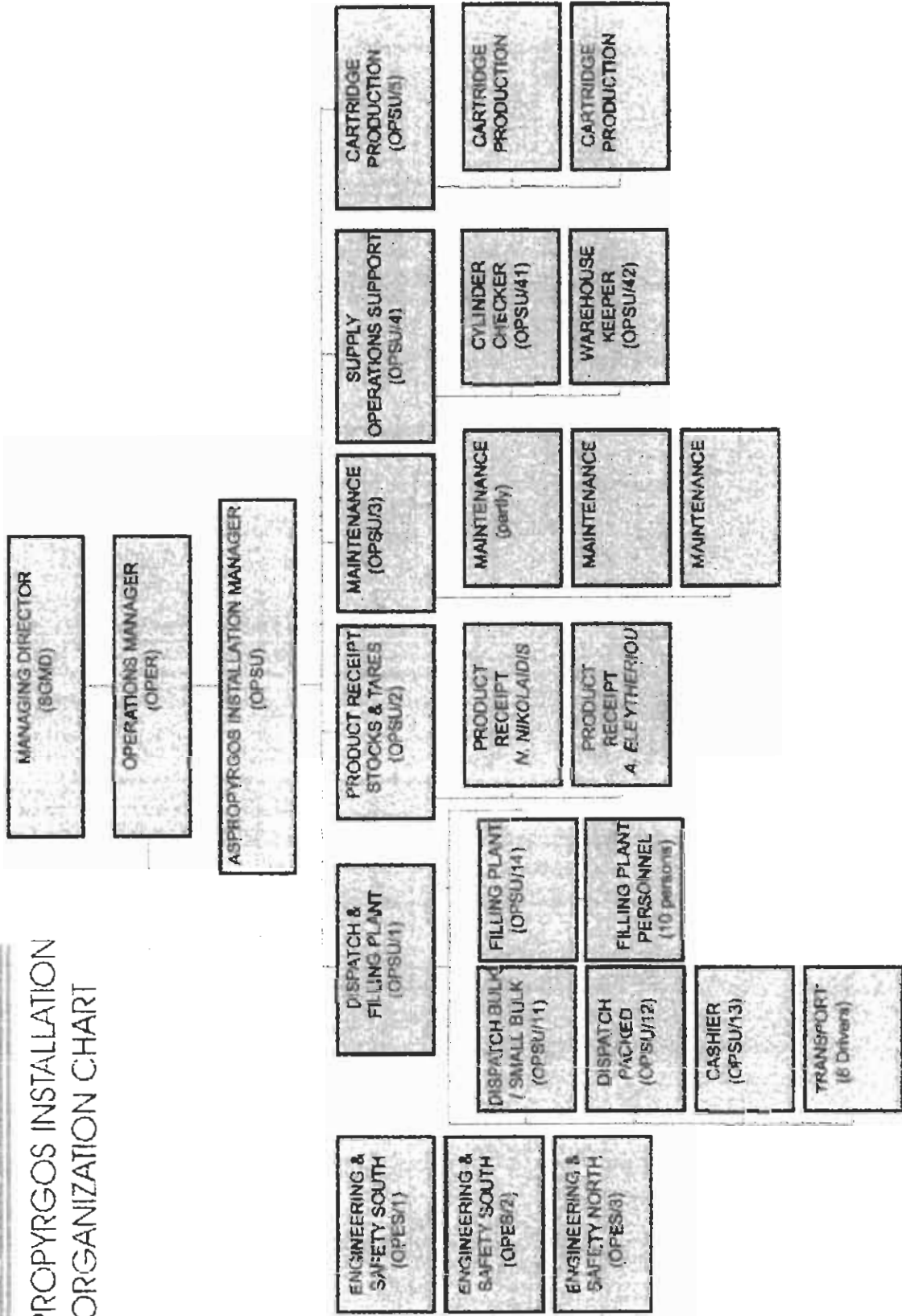
Δεξαμενές / αποθηκευτικοί χώροι

Σήμερα η εγκατάσταση διαθέτει 10 δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου συνολικής χωρητικότητας 1969 m³.

Στον πίνακα 1 φαίνονται όλα τα απαραίτητα αναλυτικά στοιχεία για τις δεξαμενές της εγκατάστασης. Η ημερομηνία κατασκευής καθώς και η ημερομηνία τελευταίας υδραυλικής δοκιμής είναι σημαντικά στοιχεία για μία δεξαμενή μιας και βάση νομοθεσίας κάθε δεξαμενή υγραερίου πρέπει να υπόκειται σε δοκιμασία υδραυλικής δοκιμής κάθε δεκαετία.



ASPROPYRGOS INSTALLATION ORGANIZATION CHART



Σχήμα 1

Πίνακας δεξαμενών εγκαταστάσεως

Νο Δ/Ξ	ΚΑΤΑΣΚΛΤΗΣ	ΕΤΟΣ ΚΑΤ.	ΠΙΕΣ. ΥΔΡ. ΔΟΚΙΜΗΣ (ΒΑΡ)	ΟΓΚΟΣ Δ/Ξ (m ³)	ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ Υ.Δ.	ΕΠΟΜΕΝΗ Υ.Δ.	ΠΡΟΪΟΝ
1	ΜΑΝΩΛΙΑΣ	1995	25.0	76.0	7/2/1995	7/2/2006	ΠΡΟΠΑΝΙΟ
2	ΚΟΥΠΑΣ	1975	21.7	77.6	14/4/1993	14/4/2003	ΠΡΟΠΑΝΙΟ
3	ΚΟΥΠΑΣ	1975	21.7	77.6	16/7/1993	16/7/2003	ΜΙΓΜΑ
4	ΜΑΝΩΛΙΑΣ	1992	27.0	93.0	18/12/1992	18/12/2002	ΜΙΓΜΑ-ΑΥΤΟ
5	ΚΑΤΣΑΝΟΣ	1976	25.0	56.8	6/2/1997	6/2/2007	ΒΟΥΤΑΝΙΟ
6	ΜΑΝΩΛΙΑΣ	1992	22.0	124.3	18/12/1992	18/12/2002	ΜΙΓΜΑ-ΑΥΤΟ
7	ΜΑΝΩΛΙΑΣ	1995	25.0	94.0	7/2/1995	7/2/2006	ΜΙΓΜΑ-ΑΟΣΜΟ
8	ΚΑΤΣΑΝΟΣ	1978	25.0	169.0	12/6/1997	12/6/2007	ΠΡΟΠΑΝΙΟ
9	ΚΑΤΣΑΝΟΣ	1979	25.0	170.0	17/6/1997	17/6/2007	ΒΟΥΤΑΝΙΟ
10	CMP FRANCE	1979	22.5	1000.0	29/3/1988	29/3/2008	ΜΙΓΜΑ

Πίνακας 1

Παραλαβή προϊόντων

Η παραλαβή των προϊόντων γίνεται:

Με Σωληνογραμμές (P/L) μέσω Διυλιστηρίου ΕΛΔΑ.

Με Βυτιοφόρα οχήματα.

Η Εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη με τα ΕΛΔΑ με 1 αγωγό από τον οποίο παραλαμβάνονται όλα τα διακινούμενα προϊόντα.

Ο αγωγός είναι κοινός για όλα τα προϊόντα που διακινούνται στην Εγκατάσταση.

Ο αγωγός των ΕΛΔΑ είναι αφιερωμένος στην SHELL GAS και έχει διάμετρο 4 και μήκος 1,5 km. Η παραλαβή των προϊόντων γίνεται βάση μηνιαίου προγράμματος. ο ρυθμός παραλαβής των προϊόντων είναι 60 m³/hr.

- **Παραλαβή των προϊόντων από τα ΕΛΔΑ (1997)**

4.300 m³ Προπάνιο

33.300 m³ Μίγμα

1.350 m³ Βουτάνιο

- **Παραλαβή προϊόντων με β/φ οχήματα (1997)**

4.300 m³ Προπάνιο

6.000 m³ Μίγμα

Διακίνηση χύμα προϊόντων (Bulk / Small Bulk Transport 1997)

Όπως προαναφέρθηκε, μέσα στα πλαίσια των δραστηριοτήτων της εγκατάστασης είναι και η διακίνηση χύμα προϊόντων στους ανά την Ελλάδα (βλ. Σχήμα 2 – χάρτης περιοχής διακίνησης) πελάτες της. Οι πελάτες χύμα προϊόντων διαχωρίζονται σε πελάτες μικρών και μεγάλων καταναλώσεων (Small Bulk – Bulk). Ο πίνακας 2 δείχνει την διακίνηση χύμα προϊόντων κατά το 1997. Σημειώνεται ότι η διακίνηση με εργολαβικά οχήματα γίνεται κατά κύριο λόγο προς τους πελάτες μεγάλων καταναλώσεων.

	Όγκος (m ³)	Παραδόσεις	Συνολική Απόσταση (km)
Μικρές καταναλώσεις (Small Bulk)	3.100	3.800	200.000
Μεγάλες καταναλώσεις (Bulk)	14.800	2.700	100.000
Εργολαβικές παραδόσεις	15.300		210.000

Πίνακας 2

Η εγκατάσταση Ασπροπύργου έχει την ευθύνη διακίνησης και εφοδιασμού πελατών που ευρίσκονται στο σχήμα 2 το οποίο δείχνει παραστατικά την περιοχή δραστηριότητας της εγκατάστασης.

Μεταφορικά μέσα

- 10 β/φ υγραερίου (6 ιδιόκτητα και 4 μισθωμένα)
- 7 φορτηγά μεταφοράς φιαλών (3 ιδιόκτητα και 4 μισθωμένα)
- 2 οχήματα τεχνικών υπηρεσιών

Ελαστικοσωλήνες εκφόρτωσης

Υπάρχουν 4 ελαστικοσωλήνες 2 για την φορτοεκφόρτωση υγραερίου (2 για υγρά φάση και 2 για αέρια φάση) από ένα ζεύγος σε κάθε ένα εκ των δύο σταθμών φόρτωσης της Εγκατάστασης.

Οι ελαστικοσωλήνες είναι κοινοί για όλα τα διακινούμενα προϊόντα, μέγιστης πίεσης λειτουργίας 15 bar και χρησιμοποιούνται για φορτοεκφορτώσεις με συμπιεστή (ρυθμός φόρτωσης 35 m³/hr) και με αντλία (ρυθμός φόρτωσης 65 m³/hr).

Γεμιστήρια βυτιοφόρων

Υπάρχει 1 Γεμιστήριο για την φόρτωση Βυτιοφόρων οχημάτων. Η φόρτωση των προϊόντων (υγραέρια) γίνεται με αντλίες γεγονός που επισπεύδει την διαδικασία. Στην εγκατάσταση είναι υπό κατασκευή ο καινούριος σταθμός β/φ που θα επιτρέψει την περαιτέρω μείωση των πιθανών κινδύνων κατά την φορτοεκφόρτωση προϊόντων μιας και υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στην υλοποίηση κάποιων εκ των προτάσεων της παρούσας μελέτης.

Λέβητες

Υπάρχουν 2 λέβητες στην Εγκατάσταση. Ο ένας για την θέρμανση των γραφείων και ένας για την θέρμανση νερού για το λουτρό δοκιμής των φιαλιδίων.

**Πανελλαδικός χάρτης περιοχής δραστηριοτήτων της εγκατάστασης
Ασπροπύργου**



Σχήμα 2

Κατάλογος Δραστηριοτήτων (Activities Catalogue)

Προκειμένου να γίνει συστηματική διερεύνηση των πιθανών κινδύνων που ενέχονται στις δραστηριότητες της εγκατάστασης γίνεται πρωταρχικά αναγνώριση όλων ανεξαιρέτως των δραστηριοτήτων της επιχείρησης (είναι καταγεγραμμένοι) που γίνονται στην εγκατάσταση.

Με βάση το Downstream Business Activity Model (χάρτης καταγραφής όλων των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στην Shell GAS) οι εξής διαδικασίες και υποδιαδικασίες θεωρούνται εφαρμόσιμες στην εν λόγω εγκατάσταση υγραερίου. Ακολουθεί επιγραμματική αναφορά όλων των ομάδων δραστηριοτήτων της επιχείρησης (Μετάφραση από το αντίστοιχο αγγλικό κείμενο).

Σημειώνεται ότι σε αυτό το σημείο δεν κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω επεξήγηση μιας και οι διαδικασίες εκ των οποίων απορρέουν πιθανά σενάρια επεξηγούνται λεπτομερέστερα στην συνέχεια (κρίσιμες διαδικασίες). Οι κάτωθι διαδικασίες αναφέρονται για λόγους πληρότητας και μόνο για να φανεί ο τρόπος σκέψης της παρούσας εργασίας.

A – 05 ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ

M10 Παραγωγή επιχειρησιακών σχεδίων

- (15) - Ανασκόπηση στρατηγικής και θέσπισης δεικτών απόδοσης από Business και Operating Unit.
- (25) - Συγχώνευση άλλων τρεχούμενων επιχειρησιακών δραστηριοτήτων π.χ. προγράμματα βελτίωσης ποιότητας και ασφάλειας.
- (30) - προσδιορισμός των απαιτούμενων πόρων (resources) για την εκπλήρωση του επιχειρησιακού σχεδίου.
- (35) - Παραγωγή και συγχώνευση των παραπάνω στο ενιαίο επιχειρησιακό σχέδιο και ανασκόπηση με τους εκπροσώπους των μετοχών συμπεριλαμβανομένου και του capex.

M15 Κατεύθυνση και Ανασκόπηση της εφαρμογής των επιχειρησιακών σχεδίων

- (05) - Προσδιορισμός πόρων για την εφαρμογή του επιχειρησιακού σχεδίου.
- (10) - Παροχή οδηγιών λειτουργίας και έργων, διαδικασιών και χρονοδιαγραμμάτων.
- (15) - Διεύθυνση και παρακίνηση προσωπικού
- (35) - Ανασκόπηση απόδοσης έναντι δεικτών απόδοσης

M20 Δημιουργία και διατήρηση εξωτερικών σχέσεων

- (20) - Αναγνώριση αλλαγής της γνώμης των ενδιαφερομένων και ανταπόκριση όταν χρειάζεται, Σχέσεις με την κυβέρνηση για Περιβαλλοντολογικά θέματα, Άδειες, Ασφάλεια, και Σχεδιασμοί (από κοινού) αντιμετώπισης Καταστάσεων Κινδύνου.

A – 30 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

P10 Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών

- (10) - Εκτέλεση εσωτερικής διακίνησης
- (20) - Έλεγχος παραστατικών παράδοσης
- (25) - Παραλαβή πρώτων υλών

P15 Διαχείριση πρώτων υλών στην αποθήκη

- (04) - Διατήρηση ποιότητας αποθεμάτων

P20 Αποδέσμευση πρώτων υλών από την αποθήκη

- (10) - Άφιξη μεταφορικού μέσου
- (15) - Αποδέσμευση πρώτων υλών από την αποθήκη

P25 Παρακολούθηση αποθεμάτων

- (05) - Προσδιορισμός πραγματικών αποθεμάτων

P50 Λειτουργία μονάδας παραγωγής

- (06) - Εκκίνηση μονάδας παραγωγής
- (10) - Αποδοχή υλικού συσκευασίας
- (15) - Τροφοδότηση μονάδας με προϊόν
- (20) - Γέμισμα δοχείων και συσκευασία
- (25) - Έλεγχος ποιότητας προϊόντος
- (30) - Αποθήκευση προϊόντος στην αποθήκη
- (35) - Διακοπή λειτουργίας μονάδας παραγωγής

M30 Προγραμματισμός παραγωγής

- (05) - Ανάλυση απόδοσης βραχυπρόθεσμης παραγωγής
- (10) - Ανάπτυξη και διατήρηση μοντέλου προγραμματισμού
- (15) - Εκτίμηση περιορισμών και δεσμεύσεων αποθεμάτων
- (20) - Προγραμματισμός βραχυπρόθεσμης παραγωγής και διακίνηση αποθεμάτων

M60 Παρακολούθηση / αξιολόγηση μονάδας παραγωγής

- (10) - Προσδιορισμός και εκτίμηση απόδοσης παραγωγής

A – 35 ΠΩΛΗΣΗ ΣΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ**M20 Λήψη / καταγραφή παραγγελιών**

- (15) - Παραλαβή παραγγελίας πώλησης
- (20) - Αποδοχή παραγγελίας
- (50) - Διαχείριση μετατροπής παραγγελίας
- (55) - Λήψη μέτρων για την εκπλήρωση της παραγγελίας

M35 Χρέωση / τιμολόγηση

- (05) - Τιμολόγηση πελάτη
- (20) - Παροχή πιστωτικού σημειώματος (πώληση επί πιστώσει)
- (25) - Πληρωμή μεταπωλητή / διανομέα

M40 Παραλαβή πληρωμής

- (05) - Παραλαβή πληρωμής
- (15) - Καταγραφή παραλαβής
- (22) - Αντιπαραβολή και καταμερισμός πληρωμής έναντι παραγγελίας

A – 60 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

M20 Ανάπτυξη στρατηγικής για την συντήρηση

- (05) - Προσδιορισμός δείκτη απόδοσης
- (10) - Ανάλυση απόδοσης εξοπλισμού
- (15) - Ανάπτυξη στρατηγικής για κάθε τύπο εξοπλισμού
- (20) - Ανάπτυξη στρατηγικής για Περιστατικά (INCIDENTS)
- (25) - Ανάπτυξη στρατηγικής για Προληπτική Συντήρηση (Preventative Maintenance)
- (30) - Ανάπτυξη στρατηγικής για εργολαβίες
- (35) - Κατανομή προϋπολογισμού και πόρων
- (40) - Ανάπτυξη διαδικασιών συντήρησης

M05 Σχέδιο και πρόγραμμα συντήρησης και επιθεώρησης

- (05) - Σχέδιο κλεισίματος της εγκατάστασης σε συνεννόηση με τις παραγωγικές μονάδες
- (10) - Ανάπτυξη Προβλέψεων
- (15) - Καθιέρωση δράσης και συχνότητας Προληπτικής Συντήρησης
- (20) - Καταγραφή εργασιακών αιτημάτων, εκτίμηση κόστους και προτεραιοτήτων
- (25) - Προγραμματισμός συχνών επιθεωρήσεων και Προληπτικής Συντήρησης
- (30) - Προγραμματισμός επιθεώρησης Breakdown συσχετιζόμενης συντήρησης
- (35) - Μελέτη για γενικό κλείσιμο της εγκατάστασης
- (40) - Διαπραγμάτευση και συμφωνία για τα Unit Rates & τα Umbrella Contracts.
- (45) - Προσδιορισμός επιπέδων αντικατάστασης των προϊόντων (στοκ)

M15 Παρακολούθηση και επιθεώρηση εγκατάστασης

- (05) - Μέτρηση και παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού
- (06) - Εκτίμηση μετρήσεων και εξακρίβωση απαιτήσεων για επιθεώρηση και συντήρηση
- (07) - Μηχανισμός κλεισίματος
- (10) - Επιθεώρηση εξοπλισμών
- (20) - Εξοπλισμός εκκίνησης
- (35) - Εκτίμηση της αναφοράς επιθεώρησης και απόφαση για επιπρόσθετη συντήρηση ή οποιαδήποτε άλλη δράση

M25 Εκτέλεση συντήρησης

- (02) - Εξοπλισμός για το κλείσιμο της εγκατάστασης
- (05) - Προετοιμασία για συντήρηση
- (10) - Εξάρμωση
- (12) - Επισκευή , καθαρισμός, αντικατάσταση
- (14) - Ανακατασκευή
- (20) - Εξοπλισμός εκκίνησης
- (25) - Διαχείριση φυσικού αποθέματος

M30 Καταγραφή της απόδοσης της συντήρησης

- (02) - Προσδιορισμός εξοπλισμού, εργαλείων και αξιοπιστίας των ανταλλακτικών
 - (04) - Προσδιορισμός του κόστους της χαμένης παραγωγικότητας
 - (05) - Προσδιορισμός της Καταγραφής, της Επιθεώρησης και της Συντήρησης
 - (10) - Προτάσεις για βελτίωση
-

A65 ΠΑΡΟΧΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

M10 Υποστήριξη HSE

- (05) - Θέσπιση προτύπων για Υγεία , Ασφάλεια, και Περιβάλλον
 - (10) - Καταγραφή περιβαλλοντολογικών θεμάτων
 - (15) - Έρευνα και πιστοποίηση της ασφάλειας των επιχειρησιακών δραστηριοτήτων (Business Operations)
 - (20) - Διεξαγωγή επιθεωρήσεων για Ασφάλεια , Υγεία και Περιβάλλον
 - (25) - Παρακολούθηση Περιστατικών και Ατυχημάτων
 - (30) - Αύξηση της συνείδησης για το HSE
-

Το σύστημα διαχείρισης πιθανών περιστατικών της εγκατάστασης (HSE Management System)

Η εγκατάσταση Ασπροπύργου της SHELL GAS A.E.B.E.Y., έχει το δικό της συγκεκριμένο και λεπτομερές ετήσιο σχέδιο δραστηριοτήτων. Όλες οι διαδικασίες, σχεδιασμοί, ενέργειες καλύπτονται γραπτώς (Μόνιμες Οδηγίες). Τα πλάνα και οι ενέργειες για καταστάσεις κινδύνου είναι έτοιμα να μπουν σε εφαρμογή, σε εσωτερικό / εξωτερικό επίπεδο, και γίνονται περιοδικές ασκήσεις με την συμμετοχή του Προσωπικού της εγκατάστασης Ασπροπύργου και την συμμετοχή των αρμοδίων υπηρεσιών της Πολιτείας (Πυροσβεστική, Αστυνομία κ.λ.π.). Επίσης υπάρχει σύστημα καταγραφής των ατυχημάτων και των παρ' ολίγον ατυχημάτων στην εγκατάσταση και σε όλες τις δραστηριότητες της.

Η αναφορά και η παρακολούθηση των Πιθανών Περιστατικών και Παρ' ολίγον Ατυχημάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση εκείνων των διαδικασιών που ενέχουν μεγαλύτερους κινδύνους είτε λόγω συχνότητας της εργασίας είτε λόγω της ίδιας της φύσης της καθώς και των συνθηκών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται – απαιτείται.

Στην παρούσα δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα πιθανά περιστατικά (POTENTIAL INCIDENTS) με συνεχείς προσθέσεις καινούριων πιθανών περιστατικών από το τοπικό προσωπικό. Η συχνότητα συγκεκριμένων πιθανών περιστατικών (ή και πραγματικών περιστατικών) αλλάζει την προτεραιότητα των ενεργειών που προτείνονται στην παρούσα μελέτη στους πίνακες πιθανών περιστατικών, όπως φαίνονται στην παρούσα εργασία (βλ. Πίνακες πιθανών περιστατικών).

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ & ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας ακολουθεί διαδικασία κάποιων διακριτών βημάτων που περιγράφεται κατωτέρω:

α. Καταγραφή όλων των διαδικασιών

Από τον κατάλογο δραστηριοτήτων της εταιρίας (Activities Catalog) που συμπεριλήφθηκε στην παρούσα σε προηγούμενη ενότητα αναγνωρίζονται όλες εκείνες οι κρίσιμες διαδικασίες για την υγιεινή και την ασφάλεια των εργαζομένων καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η προσεκτική καταγραφή όλων των διαδικασιών βοηθάει στην συστηματική προσέγγιση του προβλήματος ώστε να διασφαλισθεί ότι καμμία διαδικασία δεν ξεφεύγει τον έλεγχο της παρούσας μελέτης.

β. Αναγνώριση των κρίσιμων διαδικασιών

Από όλες τις δραστηριότητες που καταγράφησαν το πρώτο βήμα της εργασίας, αναγνωρίζονται οι κρίσιμες διαδικασίες για την παρούσα μελέτη. Για παράδειγμα η παραλαβή παραστατικών από το λογιστήριο, παρόλο που είναι διαδικασία που διεκπεραιώνεται στα πλαίσια της λειτουργίας της εγκατάστασης δεν ενέχει κινδύνους. Δεν μπορούμε όμως να μην εξετάσουμε ως κρίσιμη διαδικασία αυτήν της διαμόρφωσης των φιαλιδίων από την πρέσσα.

Η κοινή λογική και η εμπειρία μας επιτρέπει να κάνουμε τον παραπάνω διαχωρισμό αλλά υπάρχουν και διάφορες στερεότυπες περιπτώσεις που μας οδηγούν. Ο αναγνώστης μπορεί να παραδειγματιστεί από τις παραγράφους “Αναγνωρισμένοι παράγοντες κινδύνων” που φαίνονται στη συνέχεια της μελέτης σε κάθε κρίσιμη διαδικασία που αναλύεται παρακάτω. Για λόγους πληρότητας αναφέρονται μερικοί και σε αυτό το σημείο της μελέτης.

- Ηλεκτρικά δίκτυα, δίκτυα υγραερίου, εργαλεία, συμπιεστές αέρα
- Κινούμενα φορτηγά, αυτοκίνητα
- Προσωπικό που κυκλοφορεί σε περιοχές με εμπόδια
- Βαρέα αντικείμενα
- Κινούμενα μέρη μηχανών
- Χειροκίνητη μεταφορά φορτίων
- Προσωπικό που εργάζεται σε ύψος

Γενικά διαδικασίες που περιλαμβάνουν τέτοιου είδους δραστηριότητες, μπορούν να αναγνωριστούν ως κρίσιμες για μελέτες τέτοιου είδους. Βέβαια αυτοί οι παράγοντες μπορούν να διαφοροποιηθούν, ανάλογα με τη φύση της εργασίας.

γ. Ανάλυση των κρίσιμων διαδικασιών σε δραστηριότητες

Οι κρίσιμες διαδικασίες αναλύονται σε δραστηριότητες της εγκατάστασης. Η αρχή της εργασίας βασίζεται στην σειριακή ανάλυση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τις εργασίες που απαιτούνται για κάθε δραστηριότητα της εγκατάστασης.

Κάθε περιοχή / διαδικασία που λαμβάνει χώρα στην εγκατάσταση αναλύεται λεπτομερώς. Στην παρούσα μελέτη αυτό το μέρος της εργασίας φαίνεται στην περιγραφή της κάθε μονάδας. Έχει γίνει προσπάθεια ώστε να καταγραφούν με σειριακό τρόπο (σύμφωνα με τη χρονική τους αλληλουχία) όλες εκείνες οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην κάθε μονάδα. Η περιγραφή της μονάδας φιαλιδίου προσφέρεται ιδιαίτερος ως παράδειγμα της διαδικασίας διότι έχουμε μία διαδικασία κατασκευής και εμφιάλωσης φιαλιδίων βουτανίου σε μία σειρά παραγωγής όπου όλα τα βήματα είναι απολύτως διακριτά.

δ. Αναγνώριση κινδύνων

Κατόπιν για όλες τις δραστηριότητες που αναγνωρίζονται, αναζητούνται οι πιθανοί κίνδυνοι που ενεδρεύουν τόσο για το άμεσα εμπλεκόμενο προσωπικό όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε αυτό το στάδιο κρίθηκε πολύτιμη η εμπειρία των προϊσταμένων κάθε μονάδας της εγκατάστασης οι οποίοι ρωτήθηκαν επί του θέματος.

Σημαντική βοήθεια σε αυτό το στάδιο της μελέτης υπήρξαν και οι καταγραφές των ατυχημάτων ή παρ' ολίγον ατυχημάτων στην εταιρεία και στην βιομηχανία γενικότερα. Τα συμπεράσματα που συνάγονται από προηγούμενες πραγματικές καταστάσεις κάνουν ευκολότερη την αναγνώριση των πιθανών κινδύνων.

Πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό το βήμα της εργασίας είναι στενά αλληλένδετο με το δεύτερο (Αναγνώριση των κρίσιμων διαδικασιών) μιας και δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε τις κρίσιμες διαδικασίες χωρίς υποσυνείδητα να αναγνωρίσουμε τους ενεδρεύοντες κινδύνους που αυτές περιλαμβάνουν.

Και πάλι σαν οδηγό χρησιμοποιούμε τους “Αναγνωρισμένους παράγοντες κινδύνων” που αναφέρθησαν στο δεύτερο βήμα και φαίνονται συγκεκριμένα για την κάθε μονάδα στην συνέχεια.

ε. Εκτίμηση της επικινδυνότητας των κινδύνων

Εν συνεχεία γίνεται εκτίμηση της επικινδυνότητας όλων των κινδύνων που αναγνωρίστηκαν με την ανωτέρω διαδικασία (βλ. παράγραφο “Παράγοντες επικινδυνότητας”).

Στην παρούσα μελέτη σε κάθε κίνδυνο γίνεται εκτίμηση σε δύο παραμέτρους. Στην πιθανότητα του αυτός να συμβεί και στις συνέπειες αν συμβεί. Η πιθανότητα ενός πιθανού περιστατικού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο.

Ένα δύσκολο κομμάτι της μελέτης είναι η ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας ενός πιθανού περιστατικού. Είναι φανερό ότι οι δύο ανωτέρω παράγοντες (δηλαδή η πιθανότητα του κινδύνου και η καταστροφική του έκταση) είναι οι δύο βασικές ανεξάρτητες μεταβλητές για την εν λόγω ποσοτικοποίηση. Η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την εκτίμηση των κινδύνων ανά πιθανό περιστατικό περιγράφεται λεπτομερώς στο εγχειρίδιο του GROUP “RISK ASSESSMENT MATRIX” (εκδ. Μάρτιος 1996, Shell Health Safety and Environment Committee).

Σε αυτή την κατεύθυνση το GROUP SHELL στις αντίστοιχες μελέτες προτείνει βοηθητικά την χρήση του πίνακα εκτίμησης κινδύνου (RISK MATRIX) για την πιθανότητα συμβάντος με βάση τα στατιστικά δεδομένα όπου αυτά είναι υπαρκτά από τα ήδη καταγεγραμμένα συμβάντα στην βιομηχανία. Έτσι ένα περιστατικό που έχει συμβεί στην συγκεκριμένη εγκατάσταση πρόσφατα, χαρακτηρίζεται πιο επικίνδυνο από ένα άλλο το οποίο έχει συμβεί στη βιομηχανία γενικά μιας και ανταποκρίνεται περισσότερο στις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης.

Για λόγους πληρότητας, στην παρούσα περιλαμβάνονται μεταφρασμένοι (βλ. Παράρτημα) οι πίνακες προσδιορισμού κατηγορίας επιπτώσεων (consequence category definition). Η ποσοτικοποίηση του τελικού ρίσκου με μορφή αριθμού γίνεται με την βοήθεια του πίνακα εκτίμησης κινδύνου (RISK MATRIX) ο οποίος περιλαμβάνεται στο παράρτημα της παρούσης.

Στον εν λόγω πίνακα υπάρχουν τέσσερις περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται ανάλογα με το ρίσκο που θεωρείται ότι έχουν. Έτσι έχουμε την επιθυμητή περιοχή (πράσινη περιοχή), την περιοχή χαμηλού ρίσκου (λευκή), την περιοχή μετρίου ρίσκου (κίτρινη) και την περιοχή υψηλού ρίσκου (κόκκινη). Η αριθμητική βαθμολογία κάθε κελιού του πίνακα προκύπτει από το γινόμενο των συντεταγμένων του στον πίνακα επί τον συντελεστή της περιοχής που βρίσκεται (1 για την λευκή περιοχή – 1,5 για την πράσινη – 3 για την κίτρινη και 4 για την κόκκινη). Ο διαχωρισμός των περιοχών υιοθετήθηκε από την ξένη βιβλιογραφία. Είναι φανερό ότι με την αλλαγή των ορίων των περιοχών μπορούμε να αλλάξουμε το επίπεδο αυστηρότητας κατηγοριοποίησης περιστατικών ώστε να έχουμε μια ελαστικότερη ή αυστηρότερη θεώρηση. Οι παράγοντες που συνηγορούν στην αυστηρότητα ή ελαστικότητα των περιοχών του πίνακα εκτίμησης κινδύνου είναι εκτός αντικειμένου της παρούσης.

Είναι φανερό ότι η εκτίμηση των επιπτώσεων δεν στερείται υποκειμενικότητας τόσο όσον αφορά στην εκτίμηση της καταστροφικής τους έκτασης όσο και (σε ορισμένα περιστατικά) στην εκτίμηση της συχνότητας του περιστατικού πράγμα το οποίο προβλέπεται σε τέτοιου είδους μελέτες και για αυτό τον λόγο διεκπεραιώνονται από ομάδες και όχι από μεμονωμένα άτομα.

Ως εκ τούτου γίνεται αντιληπτό ότι η αξία της εκτίμησης των περιστατικών που περιγράφονται στην παρούσα είναι συγκριτική για τον προσδιορισμό των επικινδυνότερων εκ των πιθανών περιστατικών ώστε να δοθεί η σωστή προτεραιότητα στα έργα υποδομής της εγκατάστασης.

Επίσης, τόσο τα πιθανά περιστατικά που αναφέρονται, όσο και η εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων τους, είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης Ασπροπύργου και ως εκ τούτου αντίστοιχες μελέτες άλλων εγκαταστάσεων μπορούν να διαφέρουν μερικώς (π.χ. λόγω έλλειψης αυτοματισμών φόρτωσης βυτιοφόρων) χωρίς όμως να βλάπτεται η αξία της παρούσας εργασίας η οποία μπορεί κάλλιστα να αποτελέσει γνώμονα για την εκπόνηση παρόμοιων μελετών σε άλλες εγκαταστάσεις υγραερίου μιας και οι διαδικασίες που ακολουθούνται ελάχιστα διαφέρουν.

στ. Σύνταξη πινάκων πιθανών περιστατικών

Κατά την εκτίμηση των κινδύνων και επιπτώσεων έγινε προσπάθεια της ενοποίησης σε ένα πίνακα τόσο των πιθανών περιστατικών και των επιπτώσεων τους (οργανωμένων ανά περιοχή κινδύνου) καθώς και της αναφορά του υπάρχοντος εξοπλισμού / υποδομής, όσο και των προτάσεων βελτίωσης, έτσι γίνονται άμεσα αντιληπτά εκείνα τα έργα υποδομής καθώς και οι αλλαγές στις διαδικασίες, στις οποίες θα πρέπει να δοθεί μία προτεραιότητα (βάση του τελικού ρίσκου του πιθανού περιστατικού). Αυτή η μείωση του όγκου κάνει την μελέτη περισσότερο εύκολα προσπελάσιμη από το άμεσα εμπλεκόμενο προσωπικό και τον αναγνώστη.

Οι πίνακες που ακολουθούν στην ενότητα 6 (πιν 3 - 9) συντάχτηκαν με την ακόλουθη λογική:

Στήλη 1: Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Περιγραφή του πιθανού περιστατικού καθώς και της μοναδικής ή πιθανής αιτίας προξενήσης του.
Στήλη 2: Συνέπειες περιστατικών	Επιγραμματική αναφορά στις συνέπειες του πιθανού περιστατικού.
Στήλη 3: Κίνδυνοι (θέσεις του πίνακα)	Αξιολόγηση της επίπτωσης του πιθανού περιστατικού σύμφωνα με την κωδικοποίηση του πίνακα κατηγοριοποίησης των επιπτώσεων (RISK MATRIX) όπου: A - επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ΠΡ - επίπτωση στην περιουσία της εταιρίας ΠΒ - επίπτωση στο περιβάλλον Ε - επίπτωση στην εικόνα της εταιρίας Τ.Ρ. - τελικό ρίσκο (το μεγαλύτερο εκ των προηγούμενων)
Στήλη 4: Αποτροπή κινδύνων	Όλες εκείνες οι ενέργειες, διαδικασίες και υποδομή της εγκατάστασης οι οποίες υπάρχουν και λειτουργούν κατά τον χρόνο εκπόνησης της παρούσας προκειμένου να αποτραπεί η εμφάνιση του εν λόγω πιθανού περιστατικού ή ο περιορισμός της έκτασης των αποτελεσμάτων του.
Στήλη 5: Προτάσεις για βελτίωση	Όλες εκείνες οι ενέργειες ή η βελτίωση της υλικοτεχνικής υποδομής της εγκατάστασης που μπορούν να γίνουν για την μείωση των πιθανοτήτων να συμβεί το εν λόγω πιθανό περιστατικό ή της μείωσης της έκτασης των πιθανών συνεπειών του.

Για περιγραφή του περιεχομένου των πινάκων βλ. παρ. 6

Οι προτάσεις για βελτίωση έγιναν με κριτήρια που περιγράφονται στην παράγραφο “Ιεραρχία των ελέγχων – Προτάσεων ” καθώς και οικονομοτεχνικά κριτήρια. Είναι φανερό ότι μία πρόταση βελτίωσης του επιπέδου ασφαλείας πρέπει να λαμβάνει υπόψη και οικονομικά κριτήρια ώστε να είναι εφικτή χωρίς όμως να γίνονται συμβιβασμοί σε βασικές αρχές ασφάλειας των εργαζομένων και προστασίας του περιβάλλοντος.

Βέβαια η σχετική νομοθεσία κάθε κράτους σχετικά με τις προϋποθέσεις λειτουργίας κάθε βιομηχανικής δραστηριότητας είναι πρωταρχικά υπαίτια για τις εγκαταστάσεις υποδομής που έχουν σχέση με την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος . Η εν λόγω εταιρία (όντας εναρμονισμένη με διεθνή στάνταρ και λειτουργώντας σύμφωνα με τις οδηγίες του SHELL GROUP) έχει προχωρήσει περαιτέρω στην βελτίωση της ασφάλειας και της προστασίας του περιβάλλοντος πέραν των υποχρεωτικών εκ της ελληνικής νομοθεσίας.

Παράγοντες επικινδυνότητας

Οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την επικινδυνότητα του κάθε περιστατικού είναι :

- η συχνότητα επαφής με τον κίνδυνο (φορές / βάρδια).
- ο αριθμός των ανθρώπων που ασχολούνται με την εν λόγω διαδικασία καθώς επίσης και η πυκνότητα της κυκλοφορίας των εργαζομένων στον συγκεκριμένο χώρο
- μέγεθος (σημαντικότητα της επίπτωσης),
- πιθανότητα συμβάντος κατ' εκτίμηση

Σε αυτού του είδους τις εργασίες ένα δύσκολο σημείο είναι η ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας των πιθανών περιστατικών. Όπως προαναφέρθηκε η αξία μιας τέτοιας αξιολόγησης είναι συγκριτική μιας και είναι αδύνατη η αναλυτική και ακριβοδίκαια αριθμητική ποσοτικοποίηση του κινδύνου εξαιτίας των πολλών και στοχαστικών παραγόντων που ενεπλάκονται.

Ιεραρχία των ελέγχων – Προτάσεων

Όπως προαναφέρθηκε στους πίνακες που ακολουθούν στη στήλη 5 υπάρχουν οι προτάσεις για βελτίωση των πιθανών περιστατικών. Οι προτάσεις στην παρούσα εργασία, όπως ενδείκνυται, υπόκεινται στην κάτωθι ιεραρχία όσον αφορά την κατεύθυνση που σκοπεύουν:

- απάλειψη του κινδύνου
- υποκατάσταση διαδικασιών
- βελτίωση της υλικοτεχνικής υποδομής μηχανολογικού εξοπλισμού (χωρικός περιορισμός της επικίνδυνης κατάστασης, εξαερισμός, μηχανικές υποβοηθήσεις, εγκαταστάσεις πρόσβασης, σχεδιασμός εργονομικότερων θέσεων εργασίας)
- διαδικαστικοί έλεγχοι
- ατομικός εξοπλισμός προστασίας (Personal Protective Equipment – PPE)

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε βιομηχανικές δραστηριότητες όπου υπάρχει μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας, είναι δύσκολο να γίνουν τόσο ριζοσπαστικές αλλαγές ώστε να επιτύχουμε για παράδειγμα απάλειψη του κινδύνου ή υποκατάσταση μιας διαδικασίας μιας και η μακρόχρονη λειτουργία τους έχει υποδείξει κατά μεγάλο ποσοστό τον τρόπο εργασίας. Αντίθετα σε καινούριες βιομηχανικές δραστηριότητες υπάρχουν μεγαλύτερα περιθώρια αλλαγών μιας και το σύστημα λειτουργίας δεν έχει αποκρυσταλλωθεί καθώς και δεν υπάρχουν συγκεκριμένες κοινά αποδεκτές πρακτικές.

5. ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ / ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Από τις διαδικασίες (επίπεδο I) , υποδιαδικασίες (επίπεδο II) και δραστηριότητες που αφορούν στην εγκατάσταση Ασπροπύργου επελέχθησαν αυτές που θεωρούνται ότι είναι κρίσιμες για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων και των περίοικων καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος (HSE Critical Subprocesses / Activities Catalogue). Παρακάτω, δίδεται ο κατάλογος των κρίσιμων διαδικασιών (επίπεδο I) , υποδιαιρέσεων (επίπεδο II) και δραστηριοτήτων ο οποίος αποτελείται από 7 ενότητες.

Η κάθε ενότητα έχει καταρτιστεί έτσι ώστε να αφορά μέρος ή όλες τις αρμοδιότητες / λειτουργίες κάθε αυτόνομου τμήματος της εγκατάστασης Ασπροπύργου. Η κάθε ενότητα χωρίζεται στις εξής παραγράφους. :

- Περιγραφή
- Κίνδυνοι που έχουν αναγνωρισθεί
- Διαχείριση
- Μέθοδοι για την επιτευξη αυτών των σκοπων
- Υπόλογοι
- Κρίσιμες πληροφορίες – Καταγραφή

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου

A – 30 Παραλαβή και Παραγωγή

P10 Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών

P15 Διαχείριση πρώτων υλών στην αποθήκη

P20 Αποδέσμευση πρώτων υλών από την αποθήκη

P25 Παρακολούθηση αποθεμάτων

P50 Λειτουργία μονάδας παραγωγής

M30 Προγραμματισμός της παραγωγής

M60 Παρακολούθηση / αξιολόγηση μονάδας παραγωγής

A-30, P10, P15, P20, P25, P50, M30 και M60

Προμήθεια, έλεγχος, διακίνηση και αποθήκευση πρώτων υλών. Επεξεργασία πρώτων υλών. Διαμόρφωση φιαλιδίων, πλήρωση με βουτάνιο, έλεγχος, συσκευασία και αποθήκευση έτοιμου προϊόντος.

Στα φιαλίδια υγραερίου εμφιαλώνεται Βουτάνιο.

Περιγραφή

Η μονάδα φιαλιδίου χωρίζεται σε δύο μέρη προκειμένου να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές αντεκρηκτικότητας που απαιτούνται σε ζώνες κλάσης 0 (ΦΕΚ 477B – ζώνες όπου η παρουσία του υγραερίου είναι διαρκής). Έτσι οι μηχανουργικές εργασίες που απαιτούνται για την διαμόρφωση των πάτων και του κορμού των φιαλιδίων, όπου η επίτευξη της αντεκρηκτικότητας δεν είναι οικονομοτεχνικά εφικτή, γίνονται σε απομονωμένο από την εμφιάλωση του υγραερίου στα φιαλίδια χώρο, όπου όλος ο εξοπλισμός είναι αντεκρηκτικής λειτουργίας.

Στις λειτουργίες της μονάδας περιλαμβάνονται οι εργασίες : Παραγγελία , παραλαβή, έλεγχος και αποθήκευση πρώτων υλών για την κατασκευή του φιαλιδίου (φύλλα λαμαρίνας, βερνίκια). Αποστολή πρώτων υλών σε εξωτερικό συνεργάτη για επεξεργασία (λιθογραφία και επίστρωση ειδικού βερνικιού για τις ανάγκες της εξελάσεως). Παραλαβή, έλεγχος και αποθήκευση επεξεργασμένων υλών (λιθογραφημένα φύλλα λαμαρίνας).

Χειρισμός των σωληνογραμμών και βανών των δεξαμενών και διακίνηση του βουτανίου με σκοπό να έρθει η μονάδα σε ασφαλή θέση λειτουργίας για την πλήρωση των φιαλιδίων υγραερίου.

Διαμόρφωση κορμών και πάτων φιαλιδίων και μεταφορά στην γραμμή εμφιάλωσης. Πλήρωση φιαλιδίων με βουτάνιο, σφράγισμα και έλεγχος. Συσκευασία και αποθήκευση έτοιμου προϊόντος.

Φόρτωση έτοιμου προϊόντος σε φορτηγά οχήματα εργολάβων / πελατών.

Για μεγαλύτερη εποπτεία του αναγνώστη καθώς και για καλύτερη κατανόηση των αναγνωρισμένων κινδύνων από την ανωτέρω περιγραφόμενη διαδικασία εμφιάλωσης του φιαλιδίου βουτανίου αναφέρονται οι εργασίες που γίνονται στην μονάδα φιαλιδίου με την χρονική σειρά που αυτές λαμβάνουν χώρα.

- i. Τα τετράγωνα φύλλα λιθογραφημένης λαμαρίνας κόβονται σε ψαλίδι ώστε κάθε μακρόστενη λουρίδα να περιλαμβάνει μόνο μία στήλη από λιθογραφημένους κορμούς ή πάτους.
- ii. Οι λωρίδες τοποθετούνται χειροκίνητα στους τροφοδότες των δύο πρέσσων (πρέσσα κορμών, πρέσσα πάτων).
- iii. Η πρέσσα πάτων διαμορφώνει τον πάτο του φιαλιδίου με δύο χτυπήματα δημιουργώντας και την περιοχή για την κόλλα στεγανοποίησης (πατούρα). Οι πάτοι τροφοδοτούνται αυτόματα (με ταινιόδρομο μικρού μήκους) στην μηχανή τοποθέτησης κόλλας στεγανοποίησης και βουλκανισμού (η κόλλα δύο συστατικών τοποθετείται στον κάθε πάτο σε υγρή μορφή και εκεί παίρνει τις τελικές της ιδιότητες κατόπιν παραμονής της σε θερμό θάλαμο για κάποιο διάστημα). Οι έτοιμοι πάτοι πηγαίνουν χειροκίνητα στον αντιαεκρηκτικό χώρο της μονάδας που γίνεται η εμφιάλωση και τοποθετούνται στον τροφοδότη της κλειστικής μηχανής.
- iv. Η πρέσσα κορμών διπλής εξέλασης δημιουργεί τους κορμούς των φιαλιδίων σε τέσσερις φάσεις . Οι έτοιμοι κορμοί τροφοδοτούνται αυτόματα με ταινιόδρομο στην εμφιαλωτική μηχανή που βρίσκεται στον αντιαεκρηκτικό μέρος της μονάδας.
- v. Οι κορμοί αναποδογυρίζονται και τοποθετούνται αυτόματα σε βάσεις (ώστε να μπορούν να στέκονται ανάποδα) προκειμένου να οδηγηθούν στην εμφιαλωτική μηχανή.
- vi. Από την δεξαμενή βουτανίου , που προορίζεται μόνο για τις ανάγκες εμφιάλωσης της μονάδας, το προϊόν οδηγείται σε ψυκτική μηχανή όπου και ψύχεται σε θερμοκρασία - 30 °C όπου και βρίσκεται κατά πολύ κάτω από το σημείο ατμοποίησης στην ατμοσφαιρική πίεση (βλ. Καταστατικό πίνακα υγραερίων στο παράρτημα) . το ψυγμένο βουτάνιο οδηγείται με μονωμένη σωληνογραμμή στην εμφιαλωτική μηχανή.
- vii. Η εμφιαλωτική μηχανή σε κάθε κίνηση αδειάζει με πνευματικό έμβολο τον δοσομετρητή υγραερίου στον αναποδογυρισμένο κορμό του φιαλιδίου που βρίσκεται εκεί. Ο όγκος του δοσομετρητή είναι τέτοιος ώστε το εγκλωβισμένο υγραέριο στην θερμοκρασία εμφιάλωσης να αντιστοιχεί στην ποσότητα των 190 γραμμαρίων που πρέπει να βρίσκονται στο φιαλίδιο.
- viii. Ο γεμισμένος κορμός του φιαλιδίου πλέον οδηγείται στην κλειστική μηχανή που βρίσκεται ακριβώς δίπλα στην εμφιαλωτική όπου και κλείνεται το φιαλίδιο.
- ix. Το φιαλίδιο αποχωρίζεται από την βάση του και περνάει από αυτόματο ζυγό με έμβολο απόρριψης ελλειποβαρών ή υπέρβαρων φιαλιδίων (190 gr ± 3 gr).

Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο ότι τα υπέρβαρα φιαλίδια είναι εξίσου απορριπτέα για λόγους ασφάλειας μιας και λόγω του μεγάλου συντελεστή θερμικής διαστολής του υγραερίου ΕΠΙΒΑΛΛΕΤΑΙ σε ένα πιεστικό δοχείο να υπάρχει ισορροπία υγρής –αέριας φάσης που να μην ξεπερνάει το 80 – 20 ώστε σε περίπτωση αύξησης θερμοκρασίας να υπάρχει χώρος εκτόνωσης. Για τον ίδιο λόγο οι πάτοι των φιαλιδίων βουτανίου έχουν τρουλοειδή διαμόρφωση ώστε σε περίπτωση υπερθέρμανσης του φιαλιδίου να δημιουργείται επιπλέον χώρος με την παραμόρφωση (φούσκωμα) των πάτων.

- x. Εν συνεχεία τα φιαλίδια συγκρατούμενα από μαγνητικούς βραχίονες οδηγούνται σε λουτρό με ζεστό νερό θερμοκρασίας 50 °C ώστε να γίνει η πιστοποίηση της στεγανότητας όπου και παραμένουν για 3 λεπτά.
- xi. Στην συνέχεια τα φιαλίδια που είναι έτοιμα για κατανάλωση, οδηγούνται στην μηχανή συσκευασίας.

Αναγνωρισμένοι παράγοντες κινδύνων

- Υγραέριο στην Μονάδα Παραγωγής Φιαλιδίου, Δεξαμενές.
- Σωληνογραμμές, βάνες, ελαστικοσωλήνες πλήρωσης
- Γειώσεις
- Ηλεκτρικά δίκτυα, δίκτυα υγραερίου, εργαλεία, συμπιεστές αέρα
- Κινούμενα φορτηγά, αυτοκίνητα
- Προσωπικό που κυκλοφορεί σε περιοχές με εμπόδια
- Βαρέα αντικείμενα
- Κινούμενα μέρη μηχανών.

Στόχοι της Διαχείρισης Κινδύνων και Επιπτώσεων

Η αποτροπή των παρακάτω καταστάσεων :

- Διαρροή υγραερίου
- Φωτιά, έκρηξη στην μονάδα παραγωγής φιαλιδίου, στις σωληνογραμμές
- Σωματικά προβλήματα του χειριστή
- Τραυματισμοί / θάνατος
- Φθορά / καταστροφή στην περιουσία της εταιρίας ή σε ξένη.

Μέθοδοι για την επίτευξη αυτών των σκοπών

- Εγχειρίδιο Μόνιμων Οδηγιών της εγκατάστασης.
- Μόνιμες Οδηγίες για τα Μέτρα Ασφαλείας και Χειρισμού των Προϊόντων διανεμημένα στο Προσωπικό.

- Εκπαίδευση / Σεμινάρια / πυροσβεστικές ασκήσεις με την συμμετοχή όλου του απασχολούμενου Προσωπικού της Εγκατάστασης.
- Πίνακες ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ και ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ στους απαιτούμενους χώρους.
- Πάγιες διαδικασίες παραγωγής
- Απασχόληση έμπειρου και ικανοποιητικά εκπαιδευμένου προσωπικού.
- Χρήση ατομικών μέσων προστασίας (γάντια ασφαλείας, παπούτσια ασφαλείας, ακουστικά) από το προσωπικό
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης).
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των βανών και σωληνογραμμών πληρώσεως (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης).
- Επαρκής εξαερισμός του χώρου κατά την διάρκεια του γεμίσματος
- Μπουτόν συναγερμού για την εκκίνηση των πυροσβεστικών αντλιών της εγκατάστασης.
- Φορητοί πυροσβεστήρες στον χώρο της πληρώσεως.

Υπόλογα Μέρη

- Ο Διευθυντής της εγκατάστασης (OPSU)
- Ο Προϊστάμενος της Μονάδας Παραγωγής Φιαλιδίου (OPSU/5)
- Ο Προϊστάμενος συντήρησης της Εγκατάστασης (OPSU/3)

Κρίσιμες Πληροφορίες – Καταγραφή

- Οδηγίες Εργασίας
- Πρακτικά εκπαίδευσης (εμπλεκόμενα άτομα)
- Συμμετοχή του προσωπικού σε πυροσβεστικές ασκήσεις
- Πρόσφατα Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας προϊόντων (Material Safety data sheet) για όλα τα προϊόντα
- Έλεγχος των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
- Αριθμός αναγνωριζόμενων Πιθανών Περιστατικών που συνέβαλλαν στη βελτίωση της ασφάλειας.
- Αριθμός φιαλιδίων που παρήχθησαν ετησίως
- Αριθμός ελαττωματικών φιαλιδίων ετησίως

Παραλαβή από διυλιστήρια – Φόρτωση βυτιοφόρων

A- 40 Διανομή

P10 Παραλαβή στην περιοχή της αποθήκευσης

.05 Εκτέλεση Εσωτερικής Διακίνησης

.10 Φορτοεκφόρτωση βυτιοφόρων

.15 Έλεγχος εγγράφων παραλαβής

.20 Παραλαβή προϊόντων

P20 Απελευθέρωση από τον χώρο αποθήκευσης

.10 Φορτοεκφόρτωση βυτιοφόρων

.15 Διανομή προϊόντος

A –40 .P10.05, .10, .15, .20, και P20. 10, .15

Προετοιμασία και παραλαβή προϊόντων, στις δεξαμενές της εγκατάστασης, μέσω αγωγού ή βυτιοφόρων οχημάτων. Διαχείριση αποθεμάτων. Φόρτωση βυτιοφόρων οχημάτων για εξωτερική διανομή.

Τα προϊόντα που παραλαμβάνονται είτε με τα β/φ οχήματα στα γεμιστήρια της εγκατάστασης Ασπρακτύργου είτε μέσω της σωληνογραμμής από τα ΕΛΔΑ καθώς και αυτά που παραδίδονται μέσω β/φ οχημάτων από τα γεμιστήρια είναι :

- Μίγμα κίνησης (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο)
- Άοσμο μίγμα (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο χωρίς την ουσία αιθυλομερκαπτάνη)
- Μίγμα (80% Βουτάνιο – 20% Προπάνιο)
- Προπάνιο
- Βουτάνιο

Περιγραφή

- i. Χειρισμός των σωληνογραμμών και βανών των δεξαμενών και διακίνηση των παραπάνω προϊόντων με σκοπό να έρθει η εγκατάσταση σε ασφαλή θέση παραλαβής των φορτίων (προϊόντων) από τα διυλιστήρια.
- ii. Διαδικασίες για την προσέγγιση / ασφαλή στάθμευση και σύνδεση του βυτιοφόρου, καθώς και η επιβεβαίωση για την απαραίτητη ασφάλεια που πρέπει να υπάρχει πριν την έναρξη και κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης των προϊόντων .
- iii. Διαδικασίες ελέγχου σωληνογραμμής παραλαβής από διυλιστήριο για την απαραίτητη ασφάλεια που πρέπει να υπάρχει πριν την έναρξη και κατά την διάρκεια της εκφόρτωσης των προϊόντων.

- iv. Διαδικασίες για την ασφαλή εκφόρτωση των προϊόντων , από τα β/φ ή την σωληνογραμμή στις δεξαμενές της εγκατάστασης.

Η διακίνηση (παράδοση, παραλαβή, μετάγχιση των προϊόντων) γίνεται όπως σε οποιοδήποτε υδραυλικό / πνευματικό κύκλωμα δηλαδή με την κατάλληλη χρήση βανών, αντλιών, συμπιεστών. Το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης περιλαμβάνεται για λόγους πληρότητας στο παράρτημα της παρούσας.

Αναγνωρισμένοι παράγοντες κινδύνων

- Υγραέρια στους σταθμούς φόρτωσης, Σωληνογραμμές, Δεξαμενές.
- Υγραέρια στο Χημείο
- Ηλεκτρικά δίκτυα, δίκτυα υγραερίου, εργαλεία, αντλίες, συμπιεστές υγραερίου
- Κινούμενα αυτοκίνητα
- Προσωπικό που δουλεύει σε ύψος
- Προσωπικό που κυκλοφορεί σε περιοχές με εμπόδια
- Βαρέα αντικείμενα
- Γειώσεις
- Βάνες, ασφαλιστικά, ελαστικοσωλήνες, δείκτες στάθμης κλπ.

Στόχοι της Διαχείρισης Κινδύνων και Επιπτώσεων

Η αποτροπή, κατά την προσέγγιση, ασφαλή στάθμευση και σύνδεση του βυτιοφόρου στον σταθμό φόρτωσης, προετοιμασία και χρήση του αγωγού παραλαβής από διυλιστήριο για την εκφόρτωση των Προϊόντων στις δεξαμενές της Εγκατάστασης των εξής αναφερομένων καταστάσεων :

- Διαρροή υγραερίου
- Φωτιά ή έκρηξη στον σταθμό φόρτωσης, σωληνογραμμές, δεξαμενές
- Υπερπλήρωση Δεξαμενής
- Υπερπίεση στις σωληνώσεις, τις δεξαμενές και στον εξοπλισμό
- Δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού πάνω από τα επιτρεπτά όρια
- Ανάμιξη προϊόντων
- Φθορά / καταστροφή στην περιουσία της εταιρίας ή ξένη
- Τραυματισμοί / θάνατος

Μέθοδοι για την επίτευξη αυτών των σκοπών

- Εγχειρίδιο Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης
- Μόνιμες Οδηγίες για τα Μέτρα Ασφάλειας και Χειρισμού των προϊόντων διανεμημένα στο Προσωπικό.

- Εκπαίδευση / Σεμινάρια / Πυροσβεστικές ασκήσεις με την συμμετοχή όλου του απασχολούμενου Προσωπικού της εγκατάστασης.
- Πινακίδες ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ και ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ στους απαιτούμενους χώρους.
- Απασχόληση έμπειρου και ικανοποιητικά εκπαιδευμένου προσωπικού.
- Χρήση ενδεικτικών οργάνων πίεσης στις σωληνώσεις και δεξαμενές για τον έλεγχο της πίεσης κατά την εκφόρτωση των βυτιοφόρων και κατά την παραλαβή μέσω αγωγού.
- Επαρκής επικοινωνία μεταξύ του επιβλέποντα την παραλαβή στο διυλιστήριο και του προσωπικού παραλαβής στην εγκατάσταση (μέσω VHF).
- Μέτρηση των δεξαμενών / έλεγχος χωρητικότητας των δεξαμενών / προσδιορισμός παραλαβής.
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης)
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των βανών και σωληνογραμμών (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης)
- Κομβίο συναγερμού για την εκκίνηση των πυροσβεστικών αντλιών της εγκατάστασης.
- Φορητοί πυροσβεστήρες στον χώρο πληρώσεως.

Υπόλογα Μέρη

Ο Διευθυντής της εγκατάστασης (OPSU).

Ο Προϊστάμενος του τμήματος ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ LPG της Εγκατάστασης (OPSU / 2).

(Προετοιμασία των δεξαμενών, Ασφαλή υποδοχή του β/φ, διαδικασία φορτοεκφόρτωσης ΕΛΔΑ-Δεξαμενές).

Ο Προϊστάμενος συντήρησης της Εγκατάστασης (OPSU / 3).

Κρίσιμες Πληροφορίες – Καταγραφή

- Λίστα εγκρίσεως β/φ (Κριτήρια επιλογής β/φ εκπλήρωση των προδιαγραφών Ασφαλείας (check list β/φ)
- Πρακτικά εκπαίδευσης
- Έλεγχος του αποθέματος και διαχείριση μέχρι την επόμενη ημερομηνία παραλαβής των προϊόντων
- Μέτρηση προϊόντος και χωρητικότητας δεξαμενής
- Πρόσφατα δελτία δεδομένων ασφαλείας (Management Safety Data Sheets) για όλα τα προϊόντα
- Πιστοποιητικά ελέγχου των βαλβίδων Ασφαλείας των Δεξαμενών (τεστ κ.λ.π.)
- Φύλλο ελέγχου βυτιοφόρων (Check List)

- Μετρήσεις της ποσότητας των Προϊόντων των βυτιοφόρων και των δεξαμενών (του διυλιστηρίου και της εγκατάστασης) πριν και μετά το πέρας της εκφόρτωσης.
- Εξαμηνιαίοι έλεγχοι και πρακτικά των ελέγχων στους ελαστικοσωλήνες φορτοεκφόρτωσης των προϊόντων.
- Ανά προϊόν, ποσοστό εκφόρτωσης με απρόβλεπτα περιστατικά
- Αριθμός αναγνωρίσιμων Πιθανών Περιστατικών που είχαν ως αποτέλεσμα την καλυτέρευση του υπάρχοντος συστήματος HSE.
- Αριθμός αποκλίσεων που αποκαλύφθηκε κατά την διάρκεια επιθεώρησης.
- Ανά προϊόν, ποσοστό εκφόρτωσης χωρίς Περιστατικά έναντι του ολικού αριθμού.

Γεμιστήριο φιαλών

A-40 Διανομή

P15 Χειρισμός προϊόντων (stock) στην περιοχή αποθήκευσης

- .05 Χειρισμός ανάμιξης (blending), πλήρωση (Filling), συσκευασίας (Packing)
- .10 Εκτέλεση Εσωτερικής Διακίνησης
- .20 Γέμισμα δοχείων
- .25 Έλεγχος ποιότητας προϊόντος
- .30 Μετακίνηση συσκευασμένων προϊόντων για αποθήκευση

P20 Απελευθέρωση από τον χώρο της αποθήκευσης

- .10 Υποδοχή Μέσων Μεταφοράς
- .15 Διανομή προϊόντος

A-40, P15,.05, .10, .20, .25, .30 και P20 .10, .15

Διακίνηση, πλήρωση και έλεγχος φιαλών προπανίου και μίγματος στην πλατφόρμα εμφιάλωσης. Φόρτωση και εκφόρτωση των κενών και πλήρων φιαλών στα μέσα μεταφοράς.

Στις φιάλες υγραερίου εμφιαλώνονται τα παρακάτω προϊόντα :

- Μίγμα (80% Βουτανίου –20% Προπάνιο)
- Προπάνιο

Περιγραφή

Χειρισμός των σωληνογραμμών και βανών των δεξαμενών και διακίνηση των παραπάνω προϊόντων με σκοπό να έρθει η μονάδα σε ασφαλή θέση λειτουργίας για την εμφιάλωση των φιαλών υγραερίου.

Εκφόρτωση των κενών φιαλών υγραερίων στην πλατφόρμα εμφιάλωσης από τα φορτηγά (ιδιόκτητα και εργολαβικά), έλεγχος και πλήρωση τους με προϊόν , αποθήκευση των γεμάτων φιαλών στην πλατφόρμα, φόρτωση στα φορτηγά για εξωτερική διανομή.

Σε αντιδιαστολή με την μονάδα φιαλιδίων η διαδικασία πλήρωσης των φιαλών όπως λαμβάνει χώρα χρονικά (σειριακά οι διαδικασίες που ακολουθούνται για τον έλεγχο, την πλήρωση και έλεγχο της φιάλης) είναι η εξής :

Αναγνωρισμένοι παράγοντες κινδύνων

- Υγραέρια στην Πλατφόρμα εμφιάλωσης φιαλών, Δεξαμενές.
- Σωληνογραμμές, βάνες, ελαστικοσωλήνες πλήρωσης
- Γειώσεις
- Ηλεκτρικά δίκτυα, δίκτυα υγραερίου, εργαλεία, συμπιεστές αέρα
- Κινούμενα φορτηγά, αυτοκίνητα
- Προσωπικό που κυκλοφορεί σε περιοχές με εμπόδια
- Βαρέα αντικείμενα

Στόχοι της διαχείρισης Κινδύνων και Επιπτώσεων

Η αποτροπή των παρακάτω καταστάσεων :

- Διαρροή υγραερίου
- Φωτιά, έκρηξη στην πλατφόρμα εμφιάλωσης, στις σωληνογραμμές
- Σωματικά προβλήματα του χειριστή
- Τραυματισμοί / θάνατος
- Ανάμιξη Προϊόντων
- Φθορά / καταστροφή στην περιουσία της εταιρίας ή σε ξένη

Μέθοδοι για την επίτευξη αυτών των σκοπών

- Εγχειρίδιο Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης
- Μόνιμες Οδηγίες για τα Μέτρα Ασφάλειας και Χειρισμού των προϊόντων διανεμημένα στο Προσωπικό.
- Εκπαίδευση / Σεμινάρια / Πυροσβεστικές ασκήσεις με την συμμετοχή όλου του απασχολούμενου Προσωπικού της Εγκατάστασης.
- Πινακίδες ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ και ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ στους απαιτούμενους χώρους.
- Απασχόληση έμπειρου και ικανοποιητικά εκπαιδευμένου προσωπικού.
- Χρήση ατομικών μέσων προστασίας (κράνη, γάντια ασφαλείας, παπούτσια ασφαλείας, μάσκα προστασίας) από το προσωπικό .
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης)
- Επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των βανών και σωληνογραμμών (πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης)
- Μπουτόν συναγερμού για την εκκίνηση των πυροσβεστικών αντλιών της εγκατάστασης.
- Φορητοί πυροσβεστήρες στον χώρο πληρώσεως.

Υπόλογα Μέρη

- Ο Διευθυντής της Εγκατάστασης (OPSU)
- Ο Προϊστάμενος του τμήματος Εμφιάλωσης και Διακίνησης (OPSU /1)
- Ο Προϊστάμενος της Μονάδας Εμφιάλωσης Φιαλών υγραερίου (OPSU/ 14)
- Ο Προϊστάμενος συντήρησης της Εγκατάστασης (OPSU/3)

Κρίσιμες Πληροφορίες – Καταγραφή

- Οδηγίες Εργασίας
- Πρακτικά εκπαίδευσης (εμπλεκόμενα άτομα)
- Συμμετοχή του προσωπικού σε πυροσβεστικές ασκήσεις
- Πρόσφατα Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας προϊόντων (Material Safety data sheet) για όλα τα προϊόντα
- Έλεγχος των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
- Εξαμηνιαίοι έλεγχοι και πρακτικά των ελέγχων στους ελαστικοσωλήνες των ζυγών πλήρωσης φιαλών.
- Αριθμός αναγνωριζόμενων Πιθανών Περιστατικών που συνέβαλλαν στη βελτίωση της ασφάλειας.
- Αριθμός φιαλιδίων που πληρώθηκαν ετησίως
- Αριθμός υπερπληρώσεων φιαλιδίων ετησίως
- Αριθμός διαρρεόντων φιαλών – μετά το γέμισμα – ετησίως .

Συντήρηση – Έλεγχοι εγκατάστασης

A- 60 Συντήρηση εγκατάστασης και εφοδίων

M02 Ανάπτυξη στρατηγικής για συντήρηση

M05 Σχέδια και προγράμματα για συντήρηση και επιθεώρηση

M15 Παρακολούθηση και επιθεώρηση εγκατάστασης

M25 Συντήρηση

M30 Παρακολούθηση της απόδοσης συντήρησης

A-60.M02, M05, M15, M25, M30

Ανάπτυξη Στρατηγικής Συντήρησης, Σχεδιασμός και Πρόγραμμα Προληπτικής Συντήρησης και Επιθεώρησης Εγκατάστασης, Παρακολούθηση Απόδοσης Συντήρησης.

Περιγραφή

- Προγραμματισμός και εκτέλεση επιθεωρήσεων και προληπτικής συντήρησης των συστημάτων ασφαλείας της εγκατάστασης.
- Προγραμματισμός και εκτέλεση προληπτικής συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης.
- Προγραμματισμός και εκτέλεση επιθεωρήσεων και προληπτικής συντήρησης των βυτιοφόρων της εγκατάστασης.
- Αντιμετώπιση βλαβών και έκτακτων περιστατικών
- Εκτέλεση προγραμματισμένων ελέγχων των συστημάτων και του ειδικού εξοπλισμού της εγκατάστασης.
- Επίβλεψη ορθής και ασφαλούς εκτέλεσης έργων από εργολάβους στην εγκατάσταση.
- Ανασκόπηση της απόδοσης της συντήρησης βασισμένη πάνω στους προκαθορισμένους δείκτες απόδοσης και προτάσεις για την καλύτερευση της συντήρησης.

Αναγνωρισμένοι παράγοντες κινδύνων

- Προσωπικό που εργάζεται σε ύψος
- Προσωπικό που εργάζεται σε περιοχή με εμπόδια
- Λέβητες Εγκαταστάσεως
- Είσοδος σε κλειστούς χώρους
- Ηλεκτρικά δίκτυα / Εργαλεία / Συμπιεστές Αέρος
- Οχήματα
- Άρση Βαρέων αντικείμενων
- Χρήση εργαλείων (π.χ. συγκόλληση, οξυγονοκόλληση, σιδεροπρίονα).

Στόχοι της Διαχείρισης Κινδύνων και Επιπτώσεων

Για την αποτροπή των εξής καταστάσεων :

- Διαρροή
- Φωτιά ή έκρηξη
- Φθορά εξοπλισμού
- Ανάμιξη προϊόντων
- Πλημμελής λειτουργία των συστημάτων ασφαλείας
- Βλάβες στην υγεία των εργαζομένων
- Τραυματισμός / θάνατος
- Φθορά / καταστροφή στην περιουσία της εταιρίας ή ξένη

Μέθοδος επίτευξης αυτών των σκοπών

- Χρονοδιάγραμμα εργασιών προληπτικής συντήρησης (σωληνογραμμών, βανών, κλαρκ, οχημάτων, δεξαμενών, συστημάτων ασφαλείας κλπ.)
- Μόνιμες Οδηγίες
- Οδηγίες Εργασίας (Work Instructions)
- Έμπειρο προσωπικό με επαρκή εκπαίδευση
- Επαρκής επίβλεψη του Προσωπικού και εργολάβων
- Επαρκής επιλογή των Εργοληπτών / Εργολάβων και έλεγχος των συμβολαίων συντήρησης.
- Επαρκή εργαλεία και Χρήση των ατομικών μέσων προστασίας του προσωπικού
- Υδραυλικές δοκιμές δεξαμενών και παχυμετρήσεις ελασμάτων
- Περιοδικοί έλεγχοι των συστημάτων Ασφαλείας
- Περιοδική επιβεβαίωση της καλής κατάστασης των βαλβίδων των Δεξαμενών
- Αντικατάσταση των σκουριασμένων τμημάτων των σωληνογραμμών
- Ποιοτικός έλεγχος των συγκολλήσεων και απαίτηση προσόντων των χειριστών
- Επαρκής επιλογή των προμηθευτών και των προδιαγραφών των σωλήνων
- Έκδοση και έλεγχος Αδειών Εκτελέσεως Εργασίας (ΑΕΕ) σε όλες τις εργασίες

Υπόλογα Μέρη

- Διευθυντής Εγκαταστάσεως (OPSU)
- Προϊστάμενος Συντήρησης (OPSU/3)

Κρίσιμες Πληροφορίες – Καταγραφή

- Εβδομαδιαίες συναντήσεις ασφάλειας
- Ετήσιο σχέδιο συντήρησης & προληπτικής συντήρησης
- Πρακτικά επιθεωρήσεων / ελέγχων / αποτελεσμάτων / ενεργειών

- Άδειες Εκτέλεσης Εργασίας (ΑΕΕ)
- Αριθμός Αδειών Εκτέλεσης Εργασίας
- Αριθμός περιστατικών προς το σύνολο του συνολικού χρόνου εργασίας
- Αριθμός περιστατικών προς το σύνολο του συνολικού χρόνου εργασίας εργολάβων .

6. ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ

Ακολουθούν οι πίνακες πιθανών περιστατικών (βήμα στ. της διαδικασίας). Για διευκόλυνση του αναγνώστη οι εν λόγω πίνακες είναι χωρισμένοι ανά διαδικασία / περιοχή της εγκατάστασης. Στο παράρτημα βρίσκεται σχέδιο κάτοψης της εγκατάστασης με χρωματισμένες τις περιοχές όπου διεκπεραιώνεται κάθε διαδικασία. Ο χωρισμός των ενότητων στους πίνακες πιθανών περιστατικών ανταποκρίνεται στον χωρισμό των κρίσιμων διαδικασιών που έγινε στην ενότητα 5 που μόλις προηγήθηκε, ώστε να είναι εύκολη η αντιπαραβολή.

Έτσι έχουμε τις εξής ενότητες :

- **Γενικές περιπτώσεις** : Είναι πιθανά περιστατικά που δεν εντάσσονται σε κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα ή περιοχή της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, «τραυματισμός προσωπικού λόγω ελλιπούς φωτισμού».
- **Παραλαβή από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές** : Αναφέρεται στα περιστατικά που μπορούν να συμβούν κατά την μεταφορά του προϊόντος είτε μέσω βυτιοφόρου είτε (κατά κύριο λόγο σε αυτήν την ενότητα) με την σωληνογραμμή της εγκατάστασης. Αναφέρεται κυρίως σε παράγοντες αστοχίας των δεξαμενών της εγκατάστασης των εξαρτημάτων τους καθώς και σε λανθασμένους χειρισμούς.
- **Φορτοεκφόρτωση βυτιοφόρων υγραερίου** : Τα πιθανά περιστατικά που μπορούν να συμβούν κατά κύριο λόγο στα γεμιστήρια της εγκατάστασης όπου λαμβάνουν χώρα οι μεταγίσεις προϊόντος. Αναφέρεται κυρίως σε παράγοντες αστοχίας στον εξοπλισμό του βυτιοφόρου και σε λανθασμένους χειρισμούς.
- **Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου** : Αναφέρεται στον ομώνυμο χώρο της εγκατάστασης όπου εμφιαλώνονται φιάλες με προπάνιο και μίγμα για οικιακή και επαγγελματική χρήση . Σε αυτόν τον χώρο γίνονται επίσης και όλες οι διακινήσεις φιαλών.
- **Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου** : Αναλύει τα πιθανά περιστατικά σε όλη τη γραμμή παραγωγής των φιαλιδίων βουτανίου τόσο στην κατασκευή του φιαλιδίου όσο και στην εμφιάλωση και έλεγχου του.
- **Συντήρηση – έλεγχοι και παρακολούθηση εγκατάστασης** : Όλα τα περιστατικά που μπορούν να συμβούν στους βοηθητικού χώρους της εγκατάστασης (π.χ. λέβητας θερμάνσεως) καθώς και κατά την συντήρηση όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης.
- **Διοικητικές εργασίες / οργάνωση διακίνησης υγραερίου** : Πιθανά περιστατικά εντός γραφείου διοίκησης.

Γενικές περιπτώσεις - πίνακας 3

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	NP	NPB	E	T.P.	Σχόλια	
1	Τραυματισμός προσωπικού από πτώση λόγω έλλειψης επαρκούς φωτισμού	A4	A1	A0	A2	A4 7,5	Επίθεση μελίτης φωτισμού της εγκατάστασης και κατασκευή αντίστοιχου έργου.	
2	Τραυματισμός προσωπικού από λανθασμένες προστάσεις υπερψώσης βαρών αντικειμένων (σωλήνες μεγάλης διαμέτρου, βάνες) χωρίς την απαιτούμενη βοήθεια από ανυψωτικά μηχανήματα.	C3	C1	C0	C0	C3 18	Εκπαίδευση του προσωπικού όσον αφορά την σωστή ανύψωση βαρών.	
3	Χτύπημα του προσωπικού από τα β/φ και φορητά οχήματα.	B4	B1	B0	B3	B4 30	Εγκατάσταση προαποστασιοτήτων πινακίδων και αυστηρή ήρηση του ορίου ταχύτητας. Αποελαστικοί δρόμοι για τα οχήματα. Εγκατάσταση ακουστικού σήματος και φώτων όπισθεν στα οχήματα της εταιρίας και των εργολάβων. Βελτίωση φωτισμού εγκατάστασης. Έξοση πάρκινγκ για τα οχήματα της εγκατάστασης.	
4	Αδυναμία σίμσου αποχώρησης από τον χώρο λόγω της υπάρξεως διακορπισμένων αντικειμένων.	B4	B1	B0	B3	B4 30	Επισκευή του ιακτικού ελέγχου ασφαλείας εγκατάστασης (ιριμπέδου) για την επάρκεια του όσον αφορά στην καταλληλότητα των δόδων διαφυγής.	

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PIB	E	T.P.		
5	Τραυματισμός προσωπικού και καταστροφή εξοπλισμού από σεισμό	Κατάρρευση κτιρίου, Διαρροή, Jet Fire, Cloud Fire, VCE, Τραυματισμός, Θάνατος	A4	A3	A2	A3	A4 7,5	Υπαρξη κτι σεισμού (φαρμακείο, τηλεβόας, φακός, λαστός, ισεκούρι, ραδιόφωνο). Ειδική εκπαίδευση του προσωπικού για περίπτωση σεισμού (ειρήσια άσκηση). Κατασκευή οικοδομικών στοιχείων εγκατάστασης σύμφωνα με τα ισχύοντα πρότυπα αντισεισμικής προστασίας	Σχόλια
6	Ανάφλεξη υγραερίου και τραυματισμός προσωπικού και καταστροφή εξοπλισμού από αστραπές - κεραυνούς.	Διαρροή, Jet Fire, Cloud Fire, VCE, Τραυματισμός, Θάνατος	A4	A3	A2	A3	A4 7,5	Εκπόνηση μελέτης κάλυψης κεραυνικής προστασίας της εγκατάστασης. Επανεξέταση και ορθολογισμός γειώσεων. Τοποθέτηση συνδετήριων αγωγών στις φλάντζες της εγκατάστασης.	
7	Αστοχία των πυροσβεστικών αντλιών λόγω της αναρόφησης ξένων αντικειμένων από την διξ νερού (π.χ. πτηνά, ακαθαρσίες)	Αστοχία του πυροσβεστικού συστήματος. Εξόπλωση φωτιάς. Κλιμάκωση στις διξ υγραερίου και τα γεμιστήρια φιαλών. Τραυματισμός, Θάνατος	A5	A2	A2	A0	A5 18	Κάλυψη της διξ νερού ή εγκατάσταση φίλτρων στην αναρρόφηση των αντλιών.	
8	Σύγκρουση οχημάτων στην εγκατάσταση με σωληνώσεις υγραερίου, φιάλες ή εξοπλισμό.	Διαρροή νέφους, φωτιά δόμηης, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE	D2	D1	D2	D2	D2 18	Δάσωση αποκατασκευών οχημάτων (και μονοδρόμηρη τους) οχημάτων και θέσεις παρκάριατος. Περφορισμός των οχημάτων που μπαίνουν στην εγκατάσταση στα απορρίττα.	

Γενικές περιπτώσεις - πίνακας 3

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
9	Είσοδος βελγνοκλήτων οχημάτων στους χώρους της εγκατάστασης που απαγορεύεται.	Πιθανή ανάφλεξη του εύφλεκτου νέφους και κλιμάκωση.	D3	D2	D1	D1	D3 48	Είσοδος σε περιοχή εκτός της εγκατάστασης μόνο.	Σχόλια Εγκατάσταση προυδρευόμενης πινακίδας για την αναγνώριση απαγορευμένων περιοχών στα βελγνοκλήτη αυτοκίνητα. Σταδιακή αντικατάσταση των
10	Ανεπαρκής αντιδράσεις ή λανθασμένος χειρισμός του προσωπικού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης / φωτιάς στην εγκατάσταση.	Κλιμάκωση της κατάστασης και πιθανός τραυματισμός, θάνατος	B4	B2	B1	B2	B4 7,5	Τακτικές ασκήσεις του προσωπικού της εγκατάστασης (με και χωρίς τις εμπλεκόμενες Υπηρεσίες) για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Διεξαγωγή τουλάχιστον 5 ασκήσεων ετησίως.	Διευκρίνιση για την δυνατότητα καλύπτεις εκπαίδευσης των αρχηγών των ομάδων πυρασφαλείας και γενικά του προσωπικού. Διευκρίνιση για την δυνατότητα εκπαίδευσης προσωπικού σε συνθήκες αληθινής φωτιάς.
11	Λανθασμένος χειρισμός του Επισκεφαλούς Χειρισμών Έκτακτης Ανάγκης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.	Κλιμάκωση της κατάστασης και πιθανός τραυματισμός, θάνατος	B4	B2	B1	B2	B4 7,5	Εκπαίδευση του Επισκεφαλούς Χειρισμών Έκτακτης Ανάγκης.	Επανεξέταση εκπαίδευσης και των απαιτούμενων ενεργειών από τον Αρχηγό πυρασφαλείας της εγκατάστασης.
12	Αδυναμία εντοπισμού της εστίας της φωτιάς για την λειτουργία του πυροσβεστικού συστήματος.	Κλιμάκωση της φωτιάς, Τραυματισμός, θάνατος	A4	A3	A2	A2	A4 7,5	Έλεγχος της εγκατάστασης σε τακτά χρονικά διαστήματα από τον φύλακα της εγκατάστασης κατά τις νυχτερινές ώρες.	Ενεργοποίηση του νέου πυροσβεστικού συστήματος με τοποθέτηση αντρευτών φλόγας, καπνού και εκρηκτικών αερίων.
13	Φωτιά έξω από τον τοίχο της εγκατάστασης.	Κλιμάκωση φωτιάς στην εγκατάσταση, Τραυματισμός	A3	A2	A1	A1	A3 4	Τακτικός προληπτικός έλεγχος εκτός του φράχτη της εγκατάστασης για εύφλεκτα υλικά. Δημιουργία αντιπυρικής ζώνης (10 μέτρων) στις παρυφές της περιφράξης της εγκατάστασης.	Επίτευξη την τοιμεντοστρωσης στο παρακάτω κενά ομβρίων που συννορεύει με τις γραμμές του τράνου. Μελέτη του κινδύνου από φωτιά στις γειτονικές εγκαταστάσεις και λήψη κατάλληλων μέτρων εφόσον κριθεί απαραίτητο.

Γενικές περιπτώσεις - πίνακας 3

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
Α/Α	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
14	Διαρροή υγραερίου (για τους λέβητες υγραερίου) από σωληνώσεις δικτύου τροφοδοσίας εγκαταστάσεων θέρμανσης νερού λεβητοστασίου.	Flash Fire, Τραυματισμός	B3	B2	B1	B1	B3 7,5	Εγκατάσταση ανιχνευτών υγραερίου, φάρου, σειρήνας, ηλεκτροβανών και ανιεκρηκτικού ανεμιστήρα απαγωγής στον χώρο του λεβητοστασίου.	Σχόλια Θέσπιση τακτού προγράμματος ελέγχου λειτουργίας συστημάτων.
15	Διαρροή υγραερίου από σημείο λήψης αέριας φάσης για τα λεβητοστάσια.	Flash Fire, Jet Fire, Τραυματισμός	B3	B2	B1	B1	B3 7,5	Βελτίωση άδευσης δικτύου.	
16	Τραυματισμός προσωπικού και καταστροφή εξοπλισμού από έλλειψη νερού στον υδροθάλαμο του λέβητα (π.χ. λόγω βλάβης στην αυτόματη βαλβίδα πλήρωσης)	Φωτιά, έκρηξη, Τραυματισμός	B3	B2	B1	B1	B3 7,5	Εγκατάσταση πινακίδας ελέγχων και διαδικασιών για την έναρξη του λέβητα. Ειήσιος έλεγχος πριν από την εκκίνηση της χειμερινής περιόδου από ειδικευμένο συντηρητή λεβητοστασίου κεντρικών θερμάνσεων και έκδοση βεβαιώσεως συντήρησης και καλής λειτουργίας.	
17	Τραυματισμός προσωπικού ή ηλεκτροπληξία από φθαρμένα ή μη μονωμένα ηλεκτρικά καλώδια.	Τραυματισμός, ηλεκτροπληξία	B4	B2	B0	B3	B4 30	Οπτικός έλεγχος και άμεση αντικατάσταση των φθαρμένων ηλεκτρικών καλωδίων. Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης. Ειήσιος έλεγχος ηλεκτρικών συστημάτων και έκδοση πιστοποιητικού από αδειούχο ηλεκτρολόγο συντηρητή.	Εγκατάσταση πινακίδας ελέγχων και διαδικασιών για την έναρξη του λέβητα.

Παράκληση από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές - πίνακας 4

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PB	E	T.P.	
1	Διαρροή υγραερίου λόγω σπάσιματος - τρύπηματος των μεταλλικών σωληνογραμμών ή αστοχίας μονίμων φλαντζών εξαιτίας πλημμελούς συντήρησης.	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE β/φ	B4	B3	B1	B3	B4 30	Επανεξέταση / επανέκδοση των απαιτήσεων και της συχνότητας του τακτικού προληπτικού ελέγχου. Δημιουργία συστήματος καταγραφής επθεωρήσεων. Εξέταση σκοπιμότητας υιοθέτηση προγραμματος παχυμετρησης και καταγραφής των δικτύων σωληνώσεων της εγκατάστασης.
2	Διαρροή υγραερίου εξαιτίας βλάβης μηχανημάτων - εξοπλισμού λόγω πλημμελούς συντήρησης	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE	C4	C3	C1	C3	C4 45	Επανεξέταση / επανέκδοση των απαιτήσεων και της συχνότητας του τακτικού προληπτικού ελέγχου. Δημιουργία συστήματος καταγραφής επθεωρήσεων. Τοποθέτηση βανών ESD πριν και μετά κάθε ανάλια και συσκευή.
3	Πλημμελής λειτουργία των ABAΠ της δ/ξ.	Διάρρηξη της δ/ξ, Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, Διαρροή	B0	B1	B1	B0	B1 4	Επανεξέταση / επανέκδοση συστήματος προληπτικής συντήρησης ABAΠ. Θέσπιση μητρώου ABAΠ.
4	Πλημμελής λειτουργία των ABAΠ των σωληνογραμμών.	Jet Fire, Cloud Fire, VCE, Τραυματισμός	D2	D1	D0	D0	D2 8	Επανεξέταση / επανέκδοση συστήματος προληπτικής συντήρησης ABAΠ.
5	Διαρροή υγραερίου διαμέσου ελαστικών / χαλασμένων βάνων παραλαβής - παράδοσης των προϊόντων. Βάνες που δεν στεγανοποιούν πλήρως.	Flash Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	B1	B1	B0	B0	B1 4	Επανεξέταση του πλάνου προληπτικής συντήρησης.
6	Πλημμελής λειτουργία των μονομέτρων πίεσως ή άλλων οργάνων δ/ξ ή σωληνογραμμών.	Διαρροή	B0	B1	B0	B0	B1 4	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγιών σχετικά με τον έλεγχο και την συντήρηση των οργάνων.

Παραλαβή από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές - πίνακας 4

Α/Α	Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας		Προτάσεις για βελτίωση
	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	ΠB	E	T.P.	Αποτροπή κινδύνων	
7	Ανοχη ΑΒΑΠ λόγω αποθήκευσης είδους υγραρίου σε δεξ ακατάλληλων προδιαγραφών για αυτό το είδος (π.χ. προπάνιο σε δεξ μίγματος ή βουτανίου).	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός	C2	C1	C1	C1	C2	Συγκεκριμένος καταγεγραμμένος τρόπος εργασίας φορτοεκφορτώσεως και μεταγωγέως προϊόντων. Συγκεκριμένο και έμπειρο προσωπικό με αρμοδιότητες φόρτωσης.	Επανεξέταση / επανεκδούση Μονίμων Οδηγιών για την εξασφάλιση της πλήρωσης των δεξ με σωστό προϊόν. Θέσπιση συστήματος περιοδικού ελέγχου εφαρμογής της Μόνιμης Οδηγίας Εργασίας.
8	Ανόμενη προϊόντων από λασθασμένους χειρισμούς με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στην δεξ και λειτουργία της ΑΒΑΠ.	Υπερπλήρωση δεξ αποθήκευσης που οδηγεί σε διαρροή νέφους, VCE, Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός	C2	C1	C1	C1	C2	Χρήση συγκεκριμένων και αποκαλαστικών δεξ για την αποθήκευση των διαφόρων ειδών υγραρίων.	Επανεξέταση / επανεκδούση Μονίμων Οδηγιών Εργασίας για τον καθορισμό σωστής λειτουργίας και αλληλουχίας ανοίγματος / κλεισίματος των βανών. Συγγραφή σωστής αλληλουχίας ανοίγματος/κλεισίματος βανών στην Μόνιμη Οδηγία Εργασίας.
9	Ανόμενη υγραρίου από σπινθήρα εξαιτίας χρήσης συσκευών μη ανιεκρηκτικού τύπου κατά την διάρκεια παραλαβής προϊόντος (φακοί, walkie talkies), σπασμένα φανάρια ή "γυμνά" ηλεκτρικά καλώδια, σπασμένα κουτιά διαλαδώσεων κλπ.	Flash Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	D3	D2	D0	D2	D3	Χρησιμοποίηση μόνο εγκεκριμένων συσκευών ανιεκρηκτικού τύπου κατά την διάρκεια των εργασιών.	Επανεξέταση / επανεκδούση των Μονίμων Οδηγιών σχετικά με την χρήση συσκευών μη ανιεκρηκτικού τύπου στην Εγκατάσταση. Εγκατάσταση προαδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας. Θέσπιση προγράμματος τακτικού ελέγχου και συντήρησης σταθερών ή κνητιών ανιεκρηκτικών συσκευών και θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρησή τους.

Παραλαβή από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές - πίνακας 4

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PB	E	T.P.	Σχόλια	
10	Ανάφλεξη υγραερίου από σπινθήρα λόγω , χρήσης κινητών τηλεφώνων καπνισματος και γενικά εστιών σπινθήρος, γυμνής φλόγας ή θερμότητας μέσα στις ζώνες επικινδυνότητας (βλ. ΦΕΚ 477B/1993 για την κατηγοριοποίηση ζωνών).	Jet Fire, Cloud Fire, VCE, Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C3	C2	C3	C4 45	Εφαρμογή των Μόνιμων Οδηγιών. Αυστηρή απαγόρευση του καπνισματος και της χρήσης κινητών τηλεφώνων και κάθε εστίας γυμνής φλόγας ή θερμότητας μέσα στις ζώνες επικινδυνότητας.	Εγκατάσταση προειδοποιητικών ηχηστών ασφαλείας.
11	Υπερπλήρωση της δεξ του υγραερίου με αποτέλεσμα το άνοιγμα ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης πίεσης της δεξ.	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός	C2	C1	C1	C1	C2 9	Μόνιμες Οδηγίες πλήρωσης δεξ. Διασφάλιση φύξης δεξ με την χρήση δικτύου καταποσίμου. Τακτικός προληπτικός έλεγχος των σωληνογραμμών.	Εγκατάσταση ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης στάθμης δεξ με αυτοματισμό μέγιστης στάθμης (high level alarm). Επανεξέταση / επανέκδοση Μόνιμων Οδηγιών εργασίας για έλεγχο στάθμης πριν και κατά την διάρκεια της πλήρωσης.
12	Πλημμελής επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού της Εγκατάστασης και των διυλιστηρίων.	Jet Fire, Cloud Fire, VCE, Τραυματισμός, Θάνατος, Διαρροή	C3	C2	C1	C2	C3 18	Εφαρμογή Μόνιμων Οδηγιών. Σωστή εκπαίδευση του προσωπικού. Χρήση αντιεκρηκτικών VHF. Προκαθορισμός της παραλαβής. Τα διυλιστήρια έχουν bypass στο κύκλωμά τους.	Επανεξέταση / επανέκδοση των Οδηγιών και προμήθεια εφεδρικών συσκευών VHF.
13	Διακίνηση προϊόντων μεταξύ των δεξ κατά την διάρκεια καταργίας / σιγισμάτων / κεραιών.	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE δεξ, Διαρροή	A4	A3	A3	A3	A4 7,5	Ελεγχος της κάλυψης που προσφέρει το αλεξιέραιο. Προληπτικός έλεγχος και συντήρηση του αλεξιέραιου. Διακοπή της διακίνησης προϊόντος όταν αυτό είναι δυνατό.	

Παραλαβή από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές - πίνακας 4

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	ΠB	E	T.P.		
14	Διαρροή υγραερίου από λάνθασμένους χειρισμούς κατά την εξυδάτωση των δ/ξ (π.χ. άνοιγμα δύο βανών ταυτοχρόνως και πάγωμα αυτών).	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός	B3	B1	B0	B1	B3 7,5	Μελέτη και κατασκευή σωληνογραμμών εξυδάτωσης σύμφωνα με τους κανονισμούς. Μόνιμες Οδηγίες Εργασίας. Ύπαρξη τρίτης βάνας σε κάθε σωληνογραμμή εξυδάτωσης.	Ελεγχος και επανασχεδιασμός των σωληνογραμμών εξυδάτωσης όσον αφορά την κατασκευή, θέση και κατεύθυνση των στομών εκτόωσης. Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών. Εγκατάσταση βανών με αυτόματος κνητήρα επαναφοράς (dead man valve).
15	Διαρροή υγραερίου από τον συμπιεστή εξαιτίας λειτουργίας με υγρή φάση λόγω υπερχειλίσσης της δ/ξ κατά την φόρτιση	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	D4	D2	D1	D3	D4 100	Εκπαίδευση του προσωπικού. Εφαρμογή των Μονίμων Οδηγιών.	Εγκατάσταση ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης στάθμης δ/ξ με αυτοματισμό μέγιστης στάθμης (high level alarm). Τοποθέτηση βανών ESD πριν και μετά κάθε ανλία και συμπιεστή.
16	Πτώση προσωπικού κατά την διάρκεια της πρόσβασης στα όργανα των δ/ξ του υγραερίου.	Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C0	C0	C2	C4 45	Χρήση ατομικών μέσων προστασίας (παπούτσια, γάντια, κράνος κλπ.). Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης.	Επανεξέταση της πρόσβασης στα όργανα των δ/ξ του υγραερίου και βελτίωση των εξεδρών όπου κρίνεται απαραίτητο. Προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού πρόσβασης.
17	Τραυματισμός εξαιτίας πλημμελούς ενδυμασίας προσωπικού στην περιοχή των δ/ξ.	Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C0	C0	C2	C4 45	Χρήση ατομικών μέσων προστασίας (παπούτσια, γάντια, κράνος κλπ.). Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης.	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών για την χρήση του εξοπλισμού ασφαλείας.
18	Τραυματισμός ή καταστροφή εξοπλισμού από πτώση προσωπικού εξαιτίας βαδίσματος πάνω στις σωληνογραμμές.	Τραυματισμός	B2	B0	B0	B0	B2 6	Απαγορεύεται το βάδισμα πάνω στις σωληνογραμμές. Η διάβαση να γίνεται μόνο μέσω των διαδρόμων Ασφαλείας (γραδελίδες - σημειωτόδρομοι κλπ.). Χρήση ατομικών μέσων προστασίας.	Επανεκτίμηση των δόσεων κίνησης πεζών στον χώρο των δ/ξ. Τοποθέτηση πινακίδων. Έλεγχος / επανεξέταση Μονίμων Οδηγιών για την κίνηση των πεζών μέσα στην εγκατάσταση.

Παραλαβή από διυλιστήριο / Αποθήκευση σε δεξαμενές - πίνακας 4

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Σχόλια	
19	Τραυματισμός προσωπικού, διαρροή και φωτικά υγραερίου από λανθασμένους χειρισμούς κατά την δειγματοληψία προϊόντος και χημική ανάλυση	Flash Fire, Τραυματισμός	C3	C1	C0	C3	C3 18	Τυποποιημένη διαδικασία δειγματοληψίας προϊόντων και διεκπεραίωσή της από συγκεκριμένα και εκπαιδευμένα άτομα. Ύπαρξη δύο βανών σε κάθε δειγματοληψία. Πολύ μικρή απαιτούμενη ποσότητα δειγματοληψίας.	Θέσπιση τακτής συντήρησης βανών δειγματοληψιών και δειγματοληψιών.
20	Διαρροή στο δίκτυο υγραερίου φασματογράφου	Φωτιά, Τραυματισμός	C2	C3	C0	C0	C3 18	Ασφαλής θέση ανόρθισης δειγματολήπτου στο εξωτερικό περιβάλλον και μικρή διατομή σωληνώσεων δικτύου	Θέσπιση τακτής συντήρησης φασματογράφου και εγκατάστασης αυτού.

Φόρτοεκφόρτωση βυτιοφόρων υγραερίου - πίνακας 5

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	NP	NPB	E	T.P.	Σχόλια	
1	Διαρροή (μερική ή ολική) ελαστικοσωλήνων φορτοεκφόρτωσης	C4	C3	C1	C3	C4 45	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών ελέγχου ελαστικοσωλήνων, αναμόρφωση με EN. Εξέταση μέγιστου χρόνου ζωής ελαστικοσωλήνης. Τοποθέτηση βανών ESD στο σταθμό φόρτισης.	
2	Δημιουργία σπινθήρα (λόγω στατικού ηλεκτρισμού) κατά την διάρκεια σύνδεσης / αποσύνδεσης του εξοπλισμού, αναφλέγοντας το υγραέριο.	B2	B1	B0	B1	B2 6	Εξαμηνιακός έλεγχος και καταγραφή στοιχείων των ελαστικοσωλήνων όσον αφορά την ηλεκτρική σύνδεση. Εφαρμογή των Μόνιμων Οδηγιών (π.χ. σύνδεση γαλάσις).	
3	Χρήση β/φ ακατάλληλου για την διακίνηση υγραερίου.	D4	D3	D2	D3	D4 100	Επίσημο καταλόγου από εγκεκριμένα β/φ για την χύμα διακίνηση του υγραερίου. Επανεξέταση / επανέκδοση ελέγχου τεχνικής αρτιότητας (check list). Εξέταση πρόσσης κάρτας εγκεκριμένων β/φ. Διασφάλιση χρήσης προδιαγραφών προπαιού για όλα τα β/φ της εταιρίας.	

Φόρτοεκφόρτωση βυτοφόρων υγραερίου - πίνακας 5

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Σχόλια
4	Διαρροή υγραερίου λόγω ανεπαρκούς σύνδεσης ελαστικοσωλήνας στα στόμα του β/φ (π.χ. πληγμελής σύνδεση φλαντζών).	E1	E1	E0	E0	E1 15	Όλα τα β/φ που εισάγονται στην εγκατάσταση πρέπει να είναι εφοδιασμένα με ΠΡΑΣΙΝΗ ΚΑΡΤΑ η οποία σημαίνει ότι το β/φ έχει ελεγχθεί σύμφωνα με την safety check list και πληροί τους όρους ασφαλείας. Εγκατάσταση ταχυσυνδέσμου για την φόρτιση / εκφόρτιση των β/φ (couplings). Εγκατάσταση συστήματος ανίχνευσης διαρροών στον χώρο φορτοεκφόρτισης.
5	Πληγμελής λατομυργά των ΑΒΑΠ της δ/ξ του β/φ.	C4	C3	C1	C3	C4 45	Επιανεξίτηση / επανεξέταση συστήματος προληπτικής συντήρησης ΑΒΑΠ. Εξάσκηση μληρώου ΑΒΑΠ.
6	Διαρροή υγραερίου διαμέσου ελαττωματικών / χαλασμένων βασιών παραλαβής - παράδοσης των πρακόντων. Βάνες που δεν στεγανοποιούν πλήρως.	B1	B1	B0	B0	B1 4	Επιανεξίτηση του πλάνου προληπτικής συντήρησης. Τοποθέτηση βασιών ESD στο σταθμό φόρτισης.
7	Υπερπλήρωση β/φ λόγω βλάβης της γεφυροπλάστιγγας.	A3	A2	A1	A1	A3 4	Εξάσκηση διαδικασίας τακτικής πιστοποίησης γεφυροπλάστιγγας. Αυστηρή τήρηση Μονίμων Οδηγιών.
8	Διαρροή υγραερίου λόγω θραύσης ενός από τους τριπλούς βελβίδας ασφαλείας θραύσεως (brake away couplings).	C4	C3	C0	C3	C4 45	Εξάσκηση συστήματος τακτικής (12 μήνες) αντικατάστασης πέλμων. Έλεγχος σωστής στήριξης των βελβίδων.

Φόρτοεκφόρτωση βυτιοφόρων υγραερίου - πίνακας 5

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	Ε	T.P.		
9	Πλημελής λειτουργία των μονομέτρων πίεσης, δεικτών στάθμης ή άλλων οργάνων των δ/ξ του β/φ ή του σταθμού φόρτοεκφόρτωσης.	Διαρροή, λειτουργία ΑΒΑΠ	C3	C2	C1	C1	C2 9	Προληπτική συντήρηση, έλεγχος, καταγραφή και αντικατάσταση των εξαρτημάτων που δεν εργάζονται σωστά. Αυστηρή τήρηση των Μόνιμων Οδηγιών της Εγκατάστασης. Χρήση της γεφυροπλάστιγγας για επιπλέον έλεγχο της φόρτισης.	Θέσπιση συστήματος τακτικής προληπτικής συντήρησης.
10	Εκκίνηση του β/φ με τις μάνικες συνδεδεμένες (drive away).	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE β/φ	C4	C3	C1	C3	C4 45	Ασφαλιστικές βελβίδες θραύσεως (brake away couplings).	Εγκατάσταση συστήματος ακινητοποίησης β/φ (brake interlock system). Τοποθέτηση προσιδοποιητικών πινακίδων. Επανεξέταση συστήματος συντήρησης ασφαλιστικών βελβίδων θραύσεως.
11	Ανοίγμα ΑΒΑΠ λόγω υπερπίεσης από παράλειψη χρήσης της σωληνογραμμής αέριας φάσης εξισορρόπησης πίεσης κατά την φόρτιση β/φ.	Cloud Fire, Τραυματισμός	C2	C1	C1	C1	C2 9	Εμμονή στην Μόνιμη Οδηγία Εργασίας	Διασφάλιση ότι ακολουθούνται οι Μόνιμες Οδηγίες Εργασίας. Θέσπιση συστήματος περιοδικού ελέγχου εφαρμογής της Μόνιμης Οδηγίας Εργασίας.
12	Χρήση β/φ από μη εκπαιδευμένο προσωπικό.	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE β/φ, Διαρροή	E4	E3	E2	E3	E4 125	Εκπαίδευση οδηγών β/φ (υπαλλήλων ή εργολάβων) σχετικά με την διακίνηση υγραερίου πριν από ανάληψη καθήκοντων. Εφαρμογή προγράμματος εκπαίδευσης συστήματος αμυντικής οδήγησης στους οδηγούς β/φ (υπαλλήλων ή εργολάβων). Τακτικός έλεγχος (audīt) των οδηγών β/φ	Θέσπιση καταλόγου από εγκεκριμένους οδηγούς για την χώρα διακίνηση του υγραερίου. Έκδοση επαγγελματικής άδειας οδήγησης (5ης κατηγορίας, επικινδύνων φορτίων) για το προσωπικό του τμήματος φόρτισης β/φ.

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	NP	PB	E	T.P.	Σχόλια
13	Υπερπλήρωση β/φ (π.χ. λόγω πληρημελούς επιβλεψής).						Επιπέζισμα / επανεκδощ οδηγών εργασίας για έλεγχο στάθμης κατά την διάρκεια της πλήρωσης. Εγκατάσταση αυτομάτου συστήματος ελέγχου μέγιστης στάθμης (high level alarm) στα νέα β/φ και προγραμματισμός για την τοποθέτηση νέων συστημάτων στα υφιστάμενα (tetrafit). Εγκατάσταση ανάγνωσης διαφορών στον χώρο φόρτισης και σύνδεση του με το σύστημα ESD.
14	Ανάκληση υγραερίου από σπινθήρα εξαίτιας χρήσης συσκευών μη αντεκρηκτικού τύπου κατά την διάρκεια πλήρωσης των β/φ (φακοί, walkie talkies), σπασμένα φανάρια ή "γυμνά" ηλεκτρικά καλώδια, σπασμένα κουτιά διακλαδώσεων κλπ.	D3	D2	D1	D1	D3 48	Επιπέζισμα / επανεκδощ των Μονών Οδηγών σχετικά με την χρήση συσκευών μη αντεκρηκτικού τύπου στην Εγκατάσταση. Εγκατάσταση προοδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας. Θέσπιση προγράμματος τακτικού ελέγχου και συντήρησης σταθερών ή κινητών αντεκρηκτικών συσκευών και θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρησή τους.

Φόρτοεκφόρτωση βυποφόρων υγραερίου - πίνακας 5

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	
15	Ανάφλεξη υγραερίου από σπινθήρα λόγω . χρήσης κνητιών τηλεφώνων καπνίσματος και γενικά εστιών γυμνής φλόγας ή θερμότητας μέσα στις ζώνες επικινδυνότητας.	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C3	C2	C3	C4	45
16	Φόρτιση β/φ κατά την διάρκεια καταγίδας / αστραπών / κεραυνών.	Διάρρηξη διέ, Τραυματισμός, Θάνατος	A4	A3	A3	A3	A4	7,5
17	Φόρτιση β/φ χωρίς να έχει απομονωθεί (στην θέση OFF) ο γενικός διακόπτης του οχήματος.	Flash Fire, Τραυματισμός	B2	B0	B0	B0	B2	6
18	Πτώση εξαιτίας εμπόδων (π.χ. μηχανών).	Τραυματισμός	C2	C0	C0	C0	D3	48
19	Αδυναμία γρήγορης απομάκρυνσης β/φ από τον χώρο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.	Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE β/φ	C4	C0	C0	C0	C4	45
20	Τραυματισμός εξαιτίας πλημμελούς ενδυμασίας προσωπικού στην περιοχή των γεμιστηρίων.	Τραυματισμός, Θάνατος	C2	C0	C0	C0	C2	9

Φόρτοεκφόρτωση βυτιοφόρων υγραερίου - πίνακας 5

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	
21	Τραυματισμός προσωπικού, φόρος μηχανημάτων ή άκαρπη από πρόσκρουση του β/φ σε πεζό, άλλο όχημα (β/φ ή κλάφκ) ή εξοπλισμό (σωληνογραμμές, δ/ξ κλπ.) ή κατασκευές (σκάλες κλπ.).	Jet Fire, Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, BLEVE β/φ, Διάρρηξη	D4	D3	D2	D3	D4 100	Επιανεξίτηση και αυστηρή τήρηση των ορίων ταχύτητας της Εγκατάστασης. Αντικατάσταση των προστατευτικών πασοδίων με μπαρέρες. Θέσπιση μόνιμης οδηγίας για την χρήση του κλάφκ και προσδιορισμός περιοχών χρήσης του. Εκτίμηση της ορατότητας στους διαδρόμους άδεισης των οχημάτων και βελτιστή τους όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο. Απαγόρευση ανεξέλεγκτης επισθοπορείας. Επιανεξίτηση και αυστηρή τήρηση των ορίων ταχύτητας στην εγκατάσταση.
								Σχόλια

Γεμιστήριο φιαλών γρααερίου (CFP) - πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Σχόλια
1	Διάρρηξη (μικρή ή ολική) ελαστικοσωλήνων πλήρωσης ή εκκένωσης φαλών (captive), σπασμένοι ζυγοί, σύστημα μετάγγησης ελαττωματικών φαλών) και ανάφλεξη από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. εκκίνηση οχήματος από contractors)	C5	C4	C2	C4	C5 90	Επιανεξέταση / επανεξέδοση Μονίμων Οδηγιών ελέγχου ελαστικοσωλήνων, αναμόρφωση με ΕΝ. Προώθηση της ευθύνης των ελεγχών των ελαστικοσωλήνων στο ήμλημα συντήρησης. Εξέταση μέγιστου χρόνου ζωής ελαστικοσωλήνων. Διευκρίνιση δυνατότητας μεταφοράς του χώρου φόρτισης φαλών μακριά από την περιοχή εμφλωσης τους. Αντικατάσταση ελαστικοσωλήνων συστήματος μετάγγησης ελαττωματικών φαλών με ελαστικοσωλήνες με μεταλλική εξωτερική επένδυση. Εξακολούθηση της ειρήσας αντικατάστασης των ελαστικοσωλήνων και στο κανονόργιο capture. Εγκατάσταση συστήματος ταχείας διασποράς διαρροής (fan) στον χώρο του εμφαλωτηρίου.

Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου (CFP) - πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PB	E	T.P.	
2	Δημιουργία σπινθήρα (λόγω στατικού ηλεκτρισμού) κατά την διάτρηση σύνδεσης / αποσύνδεσης των ελαστικοσωλήνων, αναφλέγοντας το υγραέριο.	Cloud fire, Flash Fire, Τραυματισμός, Θάνατος.	B4	B3	B1	B3	B4 30	Διερεύνηση για την θέσπιση κανονισμού ελέγχου ηλεκτρικής σύνδεσης της γείωσης των ελαστικοσωλήνων. Διερεύνηση και εξάλειψη άλλων πηγών σπινθήρων (πχ. σύρσιμο των φιαλών στο τσιμέντο). Τοποθέτηση δύο χάλκινων συνδεσμών αγωγιμότητας (γέφυρα) σε κάθε φλάντζα της εγκατάστασης.
3	Διαρροή φιαλών μετά την πλήρωση	Διαρροή , Τραυματισμός	E1	E0	E1	E0	E1 15	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών Εργασίας για την επθεώρηση της φιάλης πριν την πλήρωση. Επανεξέταση του ελέγχου διαρροής των γεμάτων φιαλών.
4	Διαρροή κατά την αφαίρεση υπερβόλωντος υγραερίου από παραγεμισμένη φιάλη.	Διαρροή, Τραυματισμός	C2	C0	C0	C0	C2 9	Επανεξέταση των Μονίμων Οδηγιών για την χρήση του συστήματος ανάκτησης υπερβόλωντος υγραερίου από παραγεμισμένες φιάλες. Τοποθέτηση πνακίδας διαδικασιών. Διασφάλιση της χρήσης κατάλληλων παρεμβιμάτων για την σύνδεση φιάλης με ελαστικοσωλήνα.
5	Τραυματισμός (whip injury) από την ρήξη ελαστικοσωλήνα πιεσεμένου αέρα στα "πιστόλια" πλήρωσης φιαλών.	Τραυματισμός	C2	C1	C0	C0	C2 9	Επανεξέταση συγκράτησης των ελαστικοσωλήνων αέρα σιη μηχανή πλήρωσης φιαλών. Εξέταση αλλαγής των σωλήνων αέρα με πλεγμένη μεταλλική περιελίξη (μπλεντάζ).

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	NP	PB	E	T.P.	Σχόλια	
6	Διαρροή υγραερίου εξαιτίας αστοχίας μονίμων φλαντζών και σωληνογραμμών λόγω πλημμελούς συντήρησης.	A4	A3	A2	A1	A4 7,5	Επανεξέταση / επανεκδόση των απαιτήσεων και της συγχρόνιας του τακτικού προληπτικού ελέγχου. Δημιουργία συστήματος καταγραφής επθεωρήσεων. Σταδιακή αντικατάσταση παρεμβύσματος με μεταλλικά (copper lined).	
7	Διαρροή υγραερίου εξαιτίας βλάβης μηχανημάτων - εξοπλισμού λόγω πλημμελούς συντήρησης	C3	C1	C1	C1	C3 18	Επανεξέταση / επανεκδόση των απαιτήσεων και της συγχρόνιας του τακτικού προληπτικού ελέγχου. Δημιουργία συστήματος καταγραφής επθεωρήσεων. Τοποθέτηση βανών ESD που να καλύπτουν τα μηχανήματα εμφιάλωσης.	
8	Απελευθέρωση υγραερίου στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια της αφάρεσης του ελαστικοσωλήνος πλήρωσης της φιάλης και τραυματισμός του προσωπικού (ψυχρά εγκαύματα).	E1	E0	E0	E0	E1 15	Επανεξέταση / σχεδιασμός του εξοπλισμού του γεμιστηρίου φιαλών και των ελαστικοσωλήνων πλήρωσης για την μείωση της απελευθέρωσης υγραερίου κατά την αποσύνδεσης του ελαστικοσωλήνα πλήρωσης.	

Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου (CFP) - Πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
Δ/Α	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	ΠΡ	ΠΒ	Ε	Τ.Ρ.	Αποτροπή κινδύνων	Σχόλια
9	Τραυματισμός του προσωπικού και πιθανή διαρροή προϊόντος λόγω πτώσης των φιαλών από την μεταφορική ταινία, την θέση αποθηκευσης ή το φορτηγό.	C3		C0	C0	C3 18	Συγκεκριμένο εργονομικό ύψος φορτοεκφόρτισης στην θέση αποθήκευσης και στην θέση μεταφοράς (μίστο δύο σαρξές φιαλών). Εφαρμογή συστήματος τακτής συντήρησης φιαλών.	Επαξέταση των Μονίμων Οδηγών για το μίστο επιρρεπτό ύψος αποθηκευσης φιαλών. Επαξέταση και πιθανή βελτίωση μεταφορικής ταινίας όσον αφορά στην σταθερότητα σε σχέση με την ταχύτητα. Διακίνηση της δυνατότητας εγκατάστασης κλητού συστήματος πλαστών στήριξης των αποθηκευμένων φιαλών. Επαξέταση συτήματος συντήρησης φιαλών.
10	Ανάμειξη προϊόντος ή υπερπλήρωση της δεξ λόγω λανθασμένης επιλογής δεξ (διαφορετική από την δεξ προσαγωγής) για την επιστροφή από το εμπνερωτήριο.	C4	C2	C1	C0	C4 45	Χρήση συγκεκριμένων και αποιλιστικών δεξ για την εμφώωση προϊόντος. Ξεχωριστά δίκτυα προπανίου και μίγματος για την τροφοδοσία των γραμμών εμφώωσης.	Θέσπιση καθημερινού ελέγχου από τον προεπιμένο του εμπνερωτηρίου.
11	Ρήξη της φιάλης λόγω πτώσης της από το φορτηγό.	C3	C1	C1	C1	C3 18	Φιάλες ασφαλισμένες στο πλαίσιο στήριξης. Εκπαίδευση του προσωπικού πλατφόρμας στην διακίνηση των φιαλών. Ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας φορτηγών εντός της εγκατάστασης.	Επαξέταση / επανεκδοση Μονίμων Οδηγών για την διακίνηση φιαλών υγραερίου. Εξέταση του χώρου στάθμευσης φορτηγών για την φόρτιση φιαλών, όσον αφορά στην ποιότητα του δαπέδου.

Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου (CFP) - πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας		Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	ΠΡ	ΠΒ	Ε	T.P.	Αποτροπή κινδύνων	Σχόλια
12	Ανάφλεξη υγραερίου από σπινθήρα εξαιτίας χρήσης συσκευών μη ανιεκρηκτικού τύπου κατά την διάρκεια παραλαβής προδόντος (φακοί, walkie talkies) σπασμένα κουτιά διακλαδώσεων κλπ.	B4	B3	B1	B3	B4 30	Εφαρμογή των Μονίμων Οδηγιών. Χρησιμοποίηση μόνο εγκεκριμένων συσκευών ανιεκρηκτικού τύπου κατά την διάρκεια των εργασιών.	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγιών σχετικά με την χρήση συσκευών μη ανιεκρηκτικού τύπου στην Εγκατάσταση. Εγκατάσταση προσιδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας. Θέσπιση προγράμματος τακτικού ελέγχου και συντήρησης σταθερών ή κινητών ανιεκρηκτικών συσκευών και θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρησή τους.
13	Ανάφλεξη υγραερίου από σπινθήρα λόγω , χρήσης κινητών τηλεφώνων καπνίσματος και γενικά εστιών γυμνής φλόγας ή θερμότητας μέσα στις ζώνες επικινδυνότητας.	B4	B3	B1	B3	B4 30	Εφαρμογή των Μονίμων Οδηγιών. Αυστηρή απαγόρευση του καπνίσματος και της χρήσης κινητών τηλεφώνων και κάθε εστίας γυμνής φλόγας ή θερμότητας μέσα στις ζώνες επικινδυνότητας.	Επανεξέταση / επανέκδοση των Οδηγών της Εγκατάστασης σχετικά με το κάπνισμα, την χρήση κινητών τηλεφώνων και εστιών γυμνής φλόγας ή θερμότητας στις ζώνες επικινδυνότητας. Εγκατάσταση προσιδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας.
14	Τραυματισμός προσωπικού και καταστροφή εξοπλισμού λόγω εργασιών επισκευής στον χώρο του εμφιαλωτηρίου χωρίς την έκδοση της κατάλληλης ΑΕΕ.	B4	B3	B1	B3	B4 30	Απαγόρευση των εργασιών επισκευής στο εμφιαλωτήριο πριν της έκδοσης ΑΕΕ Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών και μέτρων ασφαλείας.	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγιών συντήρησης. Θέσπιση Μόνιμης Οδηγίας και Άδειας Εργασίας για την συντήρηση ανιεκρηκτικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου (GFP) - πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	NP	PIB	E	T.P.	Σχόλια
15	Διαρροή υγραερίου και ανάφλεξη λόγω πτώσης ονομαστικά κατάς φάλης από φορητό.	D2	D1	D0	D1	D2 18	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών για την διακίνηση φιαλών υγραερίου. Διερεύνηση δυνατότητας κατασκευής πλατιφόρμας εκφόρτωσης στον χώρο παραλαβής ξένων φιαλών.
16	Υπερπλήρωση φιαλών υγραερίου	B2	B1	B1	B1	B2 6	Προληπτική συντήρηση εξοπλισμού εμφιαλωτηρίου. Τακτικός (2 φορές την ημέρα κατ' ελάχιστο). Έλεγχος ζυγών πλήρωσης φιαλών. Διγματοληπτικός έλεγχος πλήρωσης φιαλών υγραερίου. Μόνιμες Οδηγίες Εργασίας (πλήρωσης φιαλών), εκπαίδευση του προσωπικού, έλεγχος ότι οι γεμιστές τηρούν τους κανονισμούς ασφαλείας.
17	Τραυματισμός από την μεταφορική ταινία φιαλών.	C3	C0	C0	C0	C3 18	Έλεγχος και πιθανή μετατροπή των μεταφορικών ταινιών για την εμπόδιση της εμπλοκής του προσωπικού στις αλυσίδες. Διερεύνηση της χρησιμότητας τοποθέτησης stopper αποσυμφόρησης της αλυσίδας φιαλών.

Γεμιστήριο φιαλών υγραερίου (CFP) - πίνακας 6

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - είνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PB	E	T.P.	Σχόλια
18	Τραυματισμός του χεριού λόγω εμπλοκής του (grabbing action) από την χρήση της μηχανής πλήρωσης (carouse) με μεγάλη ταχύτητα.	Τραυματισμός	B1	B0	B0	B0	B1 4	Επιανεξίτηση της θέσης εργασίας του χειριστή στην μηχανή πλήρωσης. Επέκταση της πλατφόρμας εργασίας που περιβάλλει την μηχανή πλήρωσης και εγκατάσταση κουπαστής. Επιανεξίτηση του εξοπλισμού ατομικής προστασίας χειριστή (π.χ. ειδική φόρμα εργασίας).
19	Δυσφορία ή RSI από την "στατική" θέση εργασίας στο γεμιστήριο.	Τραυματισμός	C1	C1	C0	C0	C1 6	Διεξαγωγή πλήρους επιανεξίτησης των θέσεων εργασίας των χειριστών στο γεμιστήριο και θέσπιση πιθανών βελτιώσεων αν είναι αναγκαίο.
20	Τραυματισμός κατά την διαχείριση των φιαλών 25 κιλών (περιεχόμενο).	Τραυματισμός	C2	C0	C0	C0	C2 9	Εκπαίδευση των νέων χειριστών με τις σωστές τεχνικές διακίνησης φιαλών και άρσης φορτίων. Κυκλική εναλλαγή καθηκόντων προσωπικού γεμιστηρίου (job rotation).
21	Τραυματισμός εξαιτίας πλημμελούς ενδυμασίας προσωπικού στην περιοχή πλήρωσης των φιαλών.	Τραυματισμός	C2	C1	C0	C0	C2 9	Επιανεξίτηση / επανεκδοση Μονίμων Οδηγιών για την χρήση του εξοπλισμού ασφαλείας. Τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων.
22	Πτώση και διαρροή των φιαλών από ασισμό.	Δάμνηση φιαλών, Διαρροή, Cloud Fire, Τραυματισμός	A3	A2	A1	A2	A3 4	Επιανεξίτηση των Μονίμων Οδηγιών για το μέγιστο επιτρεπτό ύψος αποθήκευσης φιαλών.

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών					Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας		Προτάσεις για βελτίωση
		A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Αποτροπή κινδύνων		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών							Σχόλια
23	Τραυματισμός του προσωπικού λόγω αδυναμίας αμύσου αποχώρησης από τον χώρο σε περίπτωση έκτακτου ανάγκης λόγω της αυστηρής επαρκών διαδρόμων ανάμεσα στις φράγες.	A4	A1	A0	A3	A4	7,5		Καθορισμός συγκεκριμένων διαδρόμων διαφυγής όπου δεν θα επιτρέπεται η τοποθέτηση φραγών. Βασή δαπέδου με διαγράμμιση τύπου "ζέμπρα".

Μονάδα παραγωγής φυαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	NP	PB	E	T.P.	Σχόλια
1	Τραυματισμός χειριστού / προσωπικού κατά την κοπή λαμαρινών στο φυαλίδιο.	C3	C1	C0	C1	C3 1B	Τοποθέτηση προαιδοποιητικών πινακίδων σχετικά με τους κινδύνους και τις σωστές διαδικασίες χρήσης των μηχανημάτων. Απαγόρευση της εισόδου στους μη εξουσιοδοτημένους εργαζομένους στον χώρο της παραγωγής.
2	Τραυματισμός του προσωπικού από γρέζα κατά το τρόχισμα των φυαλιδίων.	C2	C1	C0	C0	C2 B	Τοποθέτηση προαιδοποιητικών πινακίδων. Επανεξέταση / επανεκδοση των Μονίμων Οδηγιών. Εκπόνηση της εργασίας από συγκεκριμένο άτομο.
3	Τραυματισμός του προσωπικού από την διακίνηση των πρώτων υλών (φύλλα λαμαρίνας)	C2	C1	C0	C0	C2 B	Διευκρίνιση δυνατότητας κατασκευής θηλιών για την ασφαλή μεταφορά των πρώτων υλών.
4	Διαρροή φυαλιδίων μετά την πλήρωση από πρόβλημα στην παραγωγή (π.χ. λόγω διαχωρισμού της κόλλας δύο συστατικών).	D1	D0	D0	D0	D1 B	Διευκρίνιση για την κατασκευή συσκευής αδειασματος ελαττωματικών φυαλιδίων. Διευκρίνιση της δυνατότητας εγκατάστασης μηχανισμού συνεχούς ανάδευσης κόλλας.

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
Α/Α	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
5	Πιθανός τραυματισμός του προσωπικού από την πρέσα.	Συνέπειες περιστατικών Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B1	B0	B3	B4 30	Εκπαίδευση χειριστών. Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. Απομόνωση του χώρου εξέλασης μέσω προστατευτικού καλύμματος στον χώρο της εργασίας της πρέσας.	Σχόλια Τοποθέτηση προειδοποιητικών πινακίδων. Απαγόρευση της εισόδου στους μη έχοντες εργασία στον χώρο της παραγωγής. Διερεύνηση δυνατότητας τοποθέτησης προστατευτικού καλύμματος με αυτόματη διακοπή λειτουργίας της πρέσας.
6	Συσσωρευτική βλάβη στην υγεία του προσωπικού από τον θόρυβο στην περιοχή της πρέσας.	Ασθένεια	D3	D1	D0	D0	D3 48	Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. Τακτική ιατρική εξέταση στους εργαζομένους.	Εγκατάσταση προειδοποιητικών πινακίδων για την χρήση των ατομικών μέσων προστασίας και συστηρός έλεγχος συμμόρφωσης. Εξέταση δυνατότητας τοποθέτησης ηχομονωτικών πανελ γύρω από την πρέσα.
7	Τραυματισμός από την μεταφορική ταινία φιαλιδίων.	Τραυματισμός	B2	B1	B0	B0	B2 6	Εργονομική κατασκευή της μεταφορικής ταινίας. Χρήση του εξοπλισμού ατομικής προστασίας.	Έλεγχος για την ανάγκη μετατροπής των μεταφορικών ταινιών.
8	Υπερπλήρωση φιαλιδίων υγραερίου λόγω βλάβης μηχανής εμφιάλωσης.	Διαρροή	B1	B1	B1	B1	B1 4	Προληπτική συντήρηση εξοπλισμού εμφιαλωτηρίου. Αυτόματος έλεγχος πλήρωσης όλων (100%) των φιαλιδίων και αυτόματη απόρριψη υπέρβαρων ή ελλειποβαρών. Μόνιμες Οδηγίες Εργασίας. Υπαρξη ζυγού ακριβείας για τον δευτερογενή έλεγχο του βάρους των φιαλιδίων.	Θεσπίση συστήματος ελέγχου πιστότητας αυτόματου ζυγού μονάδας φιαλιδίων. Πιστοποίηση μηχανικού ζυγού.

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
Α/Α	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	ΠΡ	ΠΒ	Ε	T.P.	Σχόλια
9	Υπερπλήρωση / υποπλήρωση των φιαλιδίων από βλάβη στο σύστημα πεπεσμένου αέρα, σύστημα πληρώσεως των φιαλιδίων.	E0	E1	E0	E0	E1 15	Εγκατάσταση ηλεκτρικού σήματος σε περίπτωση πτώσης της πίεσης στο σύστημα για έγκαιρη αντιμετώπιση περιστατικών. Βελτίωση δικτύου πεπεσμένου αέρα με έμφαση στο σύστημα σφύρανης. Θέσπιση διαδικασιών ελέγχου πριν την έναρξη λειτουργίας της μονάδας.
10	Υπερπλήρωση / υποπλήρωση των φιαλιδίων από βλάβη στο σύστημα ψύξης υγραερίου.	E0	E1	E0	E0	E1 15	Εγκατάσταση αυτόματου συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας βουτανίου συνδεδεμένου με σερβίνα και ψάρο. Θέσπιση διαδικασιών ελέγχου πριν την έναρξη λειτουργίας της μονάδας.
11	Διαρροή υγραερίου από τον εγκλωβισμό του φιαλιδίου στην συσκευή εμφύλασης (π.χ. λόγω ελαττωματικού πάτου) και ανάφλεξη του κατά τις προσπάθειες απεγκλωβισμού του κυσθίου.	D3	D1	D0	D1	D3 48	Επανεξέταση και προσδιορισμός της διαδικασίας απεγκλωβισμού των κυσθίων από την μηχανή εμφύλασης. Κατασκευή ειδικών εργαλείων και εξοπλισμός μονάδας με αντισπινθηρικά εργαλεία.

Μονάδα παραγωγής φεαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	ΠB	E	T.P.		
12	Παράρρηση φεαλιδίων και διαρροή υγραρίου λόγω της υπερβολικής αύξησης της θερμοκρασίας στην λεκάνη δοκιμής και ποιοποίησης των φεαλιδίων.	Διαρροή	D0	D1	D0	D0	D1 8	Αποτροπή κινδύνων Τακτικός έλεγχος φεαλιδίων από τον υπεύθυνο της μονάδας. Έλεγχος λειτουργίας συστήματος θέρμανσης νερού μέσω θερμοστάτη.	Σχόλια Τοποθέτηση δεύτερου (εφεδρικού) θερμοστάτη για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού και σύνδεση των θερμοστατιών με σύστημα εδοποίησης (φάρος και σειρήνα) για τις περιπτώσεις μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας. Θέσπιση συστήματος ελέγχου και συντήρησης των θερμοστατιών.
13	Πρήξη των φεαλιδίων λόγω πίεσης τους από το φορτηγό ή το προνοφόρο κατά την φόρτιση ή σιολβαχή τους.	Flash Fire, Τραυματισμός	B2	B1	B1	B0	B2 6	Συσκευασία φεαλιδίων σε παλέτες. Χρήση κατάλληλων προνοφόρων για την μεταφορά παλετών. Σιολβαχή παλετών σε κατάλληλα φορτηγά. Εκπαίδευση του προσωπικού της μονάδας φεαλιδίων στην διακνήσή τους. Ανώτατο όριο ταχύτητας φορτηγών και προνοφόρων.	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών για την διακνήση φεαλιδίων υγραρίου και ορθής παλετοποίησης των φεαλιδίων. Εξέταση του χώρου στάθμευσης φορτηγών για την φόρτιση φεαλιδίων, όσον αφορά στην ποιότητα του δαπέδου.
14	Δυσφορία ή RSI από την "στατική" θέση εργασίας στην μονάδα παραγωγής φεαλιδίων.	Τραυματισμός	B1	B1	B0	B0	B1 4	Διεξαγωγή πλήρους επανεξέτασης των θέσεων εργασίας των χειριστών στο γεισιτήριο και θέσπιση πθάνων βελτιώσεων αν είναι αναγκαίο.	Διεξαγωγή πλήρους επανεξέτασης των θέσεων εργασίας των χειριστών στο γεισιτήριο και θέσπιση πθάνων βελτιώσεων αν είναι αναγκαίο.
15	Τραυματισμός εξαιτίας πλημμυρούς ενδυμασίας προσωπικού στην περιοχή πλήρωσης των φεαλιδίων.	Τραυματισμός	C2	C1	C0	C0	C2 9	Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών της Εγκατάστασης.	Επανεξέταση / επανέκδοση Μονίμων Οδηγιών για την χρήση του εξοπλισμού ασφαλείας. Εγκατάσταση προστατευτικών πιννακίδων.

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου - Πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών			Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας		Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	
16	Προσώπων κίνδυνος - Πιθανός τραυματισμός προσωπικού και φθορά εξοπλισμού από την λανθασμένη χρήση του πι/φ οχήματος.	Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B1	B0	B3	B4 30	Έκδοση Μόνιμης Οδηγίας για την χρήση του πι/φ οχήματος. Θέσπιση καταλόγου εγκεκριμένων οδηγών. Εκπαίδευση οδηγών πι/φ. Εγκατάσταση αντιολισθητικού βαπέδου (ή αντιολισθητικών προσθέτων στο υφιστάμενο δάπεδο) στην περιοχή της πρόστας. Εγκατάσταση απαγορευτικών πινακίδων.
17	Τραυματισμός προσωπικού από την χρήση του ανεκλυστήρα.	Τραυματισμός	B3	B1	B0	B1	B3 7,5	Προστατευτικά κυκλωδύματα. Τακτική συντήρηση ανεκλυστήρα. Δεν προβλέπεται η χρήση του από το προσωπικό (έχουν αφαιρεθεί τα χερούλα από το εσωτερικό του βαλβίμου). Χρήση ατομικών μέσων προστασίας.
18	Ευσεμρευτική βλάβη στην υγεία του προσωπικού από την διαχείριση της μεθανόλης.	Ασθένεια	D3	D1	D0	D0	D3 48	Επισκευαστικός του συστήματος πλήρωσης των πιστολών εκτόξευσης μεθανόλης καθώς και του αυτόματου συστήματος ψεκασμού. Διερύνηση της δυνατότητας τοποθέτησης διαχωριστικού πετάσματος. Επανεξέταση / επανεκδοχή των Μονίμων Οδηγιών. Διερύνηση για την αντικατάσταση της μεθανόλης με άλλο αντιψυκτικό μέσο (π.χ. αμόντιουμα).

Μονάδα παραγωγής Φιλιπιδίων Βουτανίου - Πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση	
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Α	ΠΡ	ΠΒ	Ε	T.P.	Σχόλια	
19	Πτώση του προσωπικού λόγω γλιστρήματος στις εξυδατώσεις.	Συνέπειες περιστατικών Τραυματισμός	C2	C1	C0	C0	Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. C2 9	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγών της Εγκατάστασης σχετικά με τις εξυδατώσεις. Διευκρίνιση δυνατότητας επανασχεδιασμού εξυδατώσεων ή χρήσης δοχείου για την συμπύκνωση των προδόντων της εξυδατώσης. Εγκατάσταση προειδοποιητικών πινακίδων.
20	Ψυχρά εγκαύματα από την επαφή του προσωπικού με το υγραέριο.	Τραυματισμός	C2	C1	C0	C0	Εκπαίδευση χειριστών. Χρήση ατομικών μέσων προστασίας. C2 9	Απαγόρευση της εισόδου στους μη έχοντες εργασία στον χώρο της παραγωγής. Διευκρίνιση της δυνατότητας τοποθέτησης διαχωριστικού πετάσματος.
21	Ανάφλεξη υγραερίου από απροσδόκητα λόγω , χρήσης κνητιών τηλεφώνων καπνίσματος και γενικά εσπίων γυμνής φλόγας ή θερμότητας εντός του χώρου εμφύλασης.	VCE, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B3	B1	B3	B4 30	Επανεξέταση / επανέκδοση των Οδηγών της Εγκατάστασης σχετικά με το κάπνισμα, την χρήση κνητιών τηλεφώνων και εσπίων γυμνής φλόγας ή θερμότητας στις ζώνες επικινδυνότητας. Εγκατάσταση προειδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας.
22	Εργασίες επισκευής στον χώρο του εμφαλωτήριου χωρίς την έκδοση ΑΕΕ.	Cloud Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B3	B1	B3	B4 30	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγών συντήρησης. Θέσπιση Μονίμων Οδηγών και Άδειας Εργασίας για την συντήρηση αντικαταρτητικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Σχόλια
23	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι Δημιουργία σπινθήρα (λόγω στατικού ηλεκτρισμού) και ανάφλεξη υγραερίου που βρίσκεται στην στήρυφαρα.	A4	A3	A1	A1	A4 7,5	Διενέργεια για την θέσπιση κανονισμού ελέγχου ηλεκτρικής σύνδεσης της γέλιωσης των σωληνογραμμών. Θέσπιση τακτικών διαδικασιών ελέγχου του αντιεκρηκτικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Τοποθέτηση δύο χαλκένιων αγώγιμων συνδέσμων (γέφυρα) σε κάθε φλατζα.
24	Ανάφλεξη υγραερίου από σπινθήρα εξαιτίας χρήσης συσκευών μη αντιεκρηκτικού τύπου εντός του χώρου εμφιάλωσης (φακοί, walkie talkies), σπασμένες λάμπες ή "γυμνά" ηλεκτρικά καλώδια, σπασμένα κουτιά διακλαδώσεων, χρήση ηλεκτροκίνητου περνοφόρου κλπ.	B4	B3	B1	B3	B4 30	Επιπρόσθετα / επανεξέταση των Μονίμων Οδηγιών σχετικά με την χρήση συσκευών μη αντιεκρηκτικού τύπου στην εγκατάσταση (με έμφαση στη απαγόρευση χρήσης του ηλεκτροκίνητου π/φ στην μονάδα εμφιάλωσης). Εγκατάσταση προειδοποιητικών πινακίδων ασφαλείας. Θέσπιση προγράμματος τακτικού ελέγχου και συντήρησης σταθερών ή κινητών αντιεκρηκτικών συσκευών και θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρησή τους.
25	Πλημμελής λειτουργία των εξαρτημάτων του δικτύου πλήρωσης φιαλιδίων.	C3	C1	C1	C1	C3 18	Επιπρόσθετα των Μονίμων Οδηγιών συντήρησης του δικτύου πλήρωσης φιαλιδίων. Τοποθέτηση οργάνων για τον έλεγχο των εξαρτημάτων.

Μονάδα παραγωγής φιαλιδίων βουτανίου - πίνακας 7

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.	Σχόλια
26	Ανάμειξη προϊόντος ή υπερπλήρωση της δεξ λόγω λανθασμένης επλογής δεξ (διαφορετική από την δεξ παραγωγής) για την επιστροφή από το εμφιαλωτήριο.	C4	C2	C1	C0	C4 45	Επιπρόσθετη / επανέκδοση Μόνιμων Οδηγών Εργασίας για τον καθορισμό σωστής λειτουργίας και αλληλουχίας αναγωγμάτων / κλεισίματος των βαλβών. Θέσπιση καθημερινού ελέγχου από τον προϊστάμενο της μονάδας.

Συντήρηση, έλεγχοι και παρακολο

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	PB	E	T.P.		
1	Καταστροφή εξοπλισμού, Τραυματισμός προσωπικού, διαρροή και ανάφλεξη υγραερίου εξαιτίας αστοχίας ή απώλεια ελέγχου των εργαλείων λόγω κακής χρήσης ή συντήρησής τους.	Flash Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος, Διαρροή	C4	C2	C1	C2	C4 45	Αποκλειστική χρήση των ειδικών εργαλείων από το προσωπικό του τμήματος συντήρησης. Προσδιορισμός στην Άδεια Εργασίας των απαιτούμενων εργαλείων για την εκτέλεση της. Χρήση ατομικών μέσων προστασίας.	Επίσημη διαδικασία τακτικού ελέγχου και συντήρησης των εργαλείων. Ισχυρτερή προσοχή θα δίδεται στις προφυλακτικές καλύπτρες των εργαλείων.
2	Τραυματισμός προσωπικού και φθορά εξοπλισμού από την κατάρρευση των μόνιμων και φορητών εγκαταστάσεων πρόσβασης.	Τραυματισμός, Θάνατος	A4	A2	A0	A2	A4 7,5	Κατάλληλη επιλογή φορητού εξοπλισμού (σκάλες). Κατασκευή μόνιμου εξοπλισμού πρόσβασης κατόπιν κατάλληλης μελέτης.	Επίσημη συστήματος ελέγχου και συντήρησης του φορητού και μόνιμου εξοπλισμού πρόσβασης της Εγκατάστασης. Θέσπιση συστήματος έγκρισης φορητού εξοπλισμού πρόσβασης εργαλάβων.
3	Χρήση ηλεκτροκόλλησης / οξυγονοκόλλησης, λειαντικών εργαλείων και γενικά εργαλείων που μπορούν να κάνουν σπινθήρα ή φωτιά σε απαγορευμένες περιοχές.	Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C3	C1	C3	C4 45	Έκδοση κατάλληλης Άδειας για κάθε εργασία σε διαβαθμισμένη περιοχή. Έλεγχος του χώρου με ανιχνευτή πριν την έναρξη οποιασδήποτε εργασίας.	Βελτίωση συμμόρφωσης στην Άδεια Εργασίας. Απομόνωση / απαγόρευση χρήσης στην περιοχή εργασίας.
								Απομάκρυνση όλων των ευφλέκτων υλικών από τον χώρο. Χρήση ατομικών μέσων προστασίας κατά την διάρκεια της εργασίας.	Βελτίωση της σήμανσης και απομόνωσης του χώρου στην περιοχή εργασίας. Χρήση ανιχνευτού υγραερίου καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών.

Συντήρηση, έλεγχος και παρακολούθηση εγκατάστασης - πίνακας 8

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
4	Τραυματισμός προσωπικού, διαρροή υγραπίου ή σπινθήρας λόγω της θέσης σε λειτουργία τμήματος της εγκατάστασης πριν την ολοκλήρωση των εργασιών συντήρησης.	Flash Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος Διαρροή	D4	D3	D1	D2	D4 100	Χρήση προεκδοποιητικών σημμάτων τόσο στην περιοχή εκτέλεσης των εργασιών όσο και στον εξοπλισμό απομόνωσης του χώρου (π.χ. βάνες προφθοδίας, πηνακας παροχής ρεύματος).	Βελτίωση της σήμανσης. Θέσηση πρωτοβάλλου παράδοσης τμήματος εγκατάστασης από και προς την συντήρηση. Διευκρίνιση δυνατότητας κατασκευής συστήματος κλειδώματος βανών. Αφαίρεση ασφαλειών από τον ηλεκτρικό πηνακα.
5	Εργασίες επισκευής σε κλειστό χώρο χωρίς την έκδοση ΑΕΕ και βεβαίωσης μη ύπαρξης αερίων ή χωρίς χώρο καθώς και η είσοδος χωρίς παρακολούθηση από άλλους εργαζόμενους.	VCE, Φωτιά, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B2	B1	B3	B4 30	Απαγόρευση των εργασιών επισκευής σε κλειστό χώρο πριν της έκδοσης ΑΕΕ και βεβαίωσης μη ύπαρξης αερίων στο χώρο καθώς και η είσοδος χωρίς παρακολούθηση από άλλους εργαζόμενους. Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών και μέτρων ασφαλείας.	Διόρθωση προσωπικού ασφαλείας κατά την είσοδο σε κλειστούς χώρους με τις απαραίτητες συσκευές (πυροσβεστήρες, αναπνευστικές συσκευές). Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγιών Εργασίας.
6	Τραυματισμός του προσωπικού ή καταστροφή εξοπλισμού λόγω πλημμελούς εκκένωσης του δικτύου σωληνώσεων β/φ (π.χ. συντήρηση αντλίας υγραπίου, λιτρομετρητή, ελαστικοσωλήνας) από κερηκτικά αέρια (gas free).		C2	C1	C0	C1	C2 9	Παρουσία επιβλέποντα κατά τις εργασίες που απαιτούν gas free. Υποχρεωτική έκδοση Άδειας Θερμής εργασίας για εργασίες που απαιτούν χρήση φλόγας. Συστήσης μείωση αναφλέξιμης ατμόσφαιρας. Χρήση εξοπλισμού ατομικής προστασίας.	Επανεξέταση / επανέκδοση των διαδικασιών εκκένωσης του δικτύου σωληνώσεων του β/φ (π.χ. εξέταση χρήσης του συμπιεστή υγραπίου για την δημιουργία κενού στο κύκλωμα).

Συντήρηση, έλεγχος και παρακολούθηση εγκατάστασης - πίνακας 8

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
7	Τραυματισμός προσωπικού από λάνθασμένες ενέργειες σε μη αναγνωρισμένο δίκτυο ή εξοπλισμό (π.χ. ηλεκτροφόρα καλώδια, δίκτυο υγραερίου κλπ.)	Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B2	B1	B3	B4 30	Αποτροπή κινδύνων Τα καλώδια τροφοδοσίας των ηλεκτρικών πινάκων βρίσκονται υπόγειο σε βάθος 70 cm εντός πλαστικής ή μεταλλικής σωλήνας και έχουν από πάνω τους ενδεικτικό τούβλο για αναγνώριση. Για οποιαδήποτε επέμβαση στα δίκτυα της εγκατάστασης απαιτείται ΑΕΕ και υπάρχει επιβλέπων μηχανικός.	Εκδοση αναθεωρημένων σχεδίων δικτύων εγκατάστασης και διανομή στα αρμόδια τμήματα. Σήμανση δικτύων και εξοπλισμού (π.χ. color coding, αριθμηση).
8	Ηλεκτροπληξία από εκτεθειμένα καλώδια ή ηλεκτρολογικό εξοπλισμό υπό τάση κατά την διάρκεια συντήρησης.	Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C1	C1	C2	C4 45	Επανεξέταση προγράμματος προληπτικής συντήρησης το οποίο να καλύπτει επθεώρηση / έλεγχο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Προσδιορισμός του απαραίτητου εξοπλισμού ατομικής προστασίας ανάλογα με το είδος ή τον χώρο της εργασίας.	Επανεξέταση προγράμματος προληπτικής συντήρησης το οποίο να καλύπτει επθεώρηση / έλεγχο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Θέσπιση Άδειας Εργασίας για την συντήρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Προσδιορισμός του απαραίτητου εξοπλισμού ατομικής προστασίας ανάλογα με το είδος ή τον χώρο της εργασίας.
9	Τραυματισμός προσωπικού από πτώση λόγω ακαταστασίας και πλημμελούς καθαριότητας στον χώρο εργασίας (π.χ. γλίστρημα σε κυλίδα λαδιού).	Τραυματισμός	D2	D1	D0	D0	D2 18	Τακτικός καθαρισμός των χώρων της Εγκατάστασης. Χρήση του εξοπλισμού ατομικής προστασίας. Κλειστό σύστημα αλλαγής λαδιών οχημάτων στην εγκατάσταση.	Επανεξέταση / επανέκδοση των Μονίμων Οδηγιών σχετικά με τον τακτικό καθαρισμό των χώρων των συνεργείων της Εγκατάστασης.

Συντήρηση, Έλεγχοι και παρακολούθηση εγκατάστασης - πίνακας 8

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	NB	E	T.P.		
10	Πτώση εκπαιδευμένων (σωληνώσεις και εξοπλισμός) στις δ/ξ υγραερίου από γερανούς και ανυψωτικά μηχανήματα.	Flash Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B3	B1	B4	B4 30	Αποφυγή εκκένωσης ανυψωμένων αντικειμένων (σωληνώσεις και εξοπλισμό) πάνω από τις δ/ξ υγραερίου. Η εργασία γίνεται πάντοτε παρουσία του επιβλέποντος μηχανικού.	Σχόλια Αναγνώριση κρίσιμων περιοχών. Ρητή απαγόρευση ανύψωσης αντικειμένων πάνω από τις κρίσιμες περιοχές χωρίς την άγχιση του διευθυντού της Εγκατάστασης και της Τεχνικής Υπηρεσίας. Θέσπιση συγκεκριμένης ΑΕΕ.
11	Τραυματισμός του προσωπικού ή καταστροφή εξοπλισμού λόγω πλημμυρών διαδικασιών υδραυλικής δοκιμής στις δ/ξ της εγκατάστασης (π.χ. εφαρμογή ένδεξη μονομέτρων πίεσεως).	Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B2	B0	B3	B4 30	Εγκατάσταση τριών πανομοιότυπων μονομέτρων πίεσεως μεγάλης διαμέτρου και ασφαλείας (ένδεξη ανά μοδ βελ), προσφάτως καλιμπραρισμένων και πιστοποιημένων από Lloyd.	Έκδοση Μονίμων Οδηγιών για την εκτέλεση υδραυλικής δοκιμής δ/ξ και δικτύων στην οποία θα αναφέρονται και οι περιοχές στις οποίες θα απαγορεύεται να βρίσκεται το προσωπικό κατά την διεξαγωγή της.
12	Φωτιά από λαθραία διατομή των ηλεκτρικών εργαγών ως προς το ηλεκτρικό φορτίο που θα χρησιμοποιηθούν.	Φωτιά, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B3	B2	B3	B4 30	Αυστηρή τήρηση των κανονισμών για τις υδραυλικές δοκιμές (Lloyd) με υποχρεωτική παρουσία υπεύθυνου μηχανολόγου από την πλευρά της εταιρείας και του νηργώμωνα.	Αυστηρή τήρηση των ηλεκτρολογικών σχεδίων και διατομών δικτύων. Επιλογή της διαστολογής των ηλεκτρικών καλωδίων και εξαρτημάτων από πιστολόχο Ηλεκτρολόγο Μηχανικό. Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών Εγκατάστασης.

Συντήρηση, έλεχοι και παρακολούθηση εγκατάστασης - πίνακας Β

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	ΠΡ	ΠΒ	E	T.P.		
13	Φθορά των ηλεκτρικών επαφών λόγω ζέσης και σκουριάς.	Φωτιά, Τραυματισμός, Θάνατος	B4	B3	B2	B3	B4 30	Αποτροπή κινδύνων Ετήσιος έλεγχος με χρήση αντιστοιχού πισί/κου από αδειούχο συντηρητή ηλεκτρολόγο για τις ηλεκτρικές επαφές στους πίνακες και τα ηλεκτρικά μοτέρ της εγκατάστασης. Αυστηρή ιήρηση των Μονίμων Οδηγιών Εγκατάστασης.	Σχόλια
14	Τραυματισμός προσωπικού και καταστροφή εξοπλισμού από κακό χειρισμό των εργαλείων, πτώση των εργαλείων από ύψος.	Τραυματισμός, Θάνατος, Καταστροφή εξοπλισμού, Διαρροή	A4	A1	A0	A3	A4 7,5	Σωστή στήριξη των εργαλείων / μηχανημάτων που βρίσκονται σε ύψος. Προληπτική συντήρηση - έλεγχος, βάρει του πλάνου της εγκατάστασης. Χρήση των εργαλείων / μηχανημάτων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.	Επιανεξέταση των Μονίμων οδηγιών για δέσιμο των εργαλείων από σταθερό σημείο στον χώρο εργασίας για τις εργασίες που γίνονται σε ύψος. Προβλεψη όρου στην ΑΕΕ.
15	Τραυματισμός προσωπικού και φθορά εξοπλισμού λόγω εργασιών εκκαθάρισης σε χώρο που οδεύουν υπάλληλοι αγωγοί.	Φωτιά, Cloud Fire, Jet Fire, Τραυματισμός, Θάνατος	C4	C2	C1	C3	C4 45	Αυστηρή τήρηση των Μονίμων Οδηγιών Ασφαλείας της Εγκατάστασης.	Αποτύπωση υπόγειων δικτύων της εγκατάστασης σε σχέδια. Θέσπιση Άδειας Εργασίας για κάθε εργασία εκκαθαρίσης.

Διοικητικές εργασίες / οργάνωση διακίνησης γραφείου - πίνακας 9

Περιγραφή περιστατικών		Αξιολόγηση Περιστατικών				Υφιστάμενη κατάσταση Μέτρα ασφαλείας	Προτάσεις για βελτίωση		
A/A	Πιθανά περιστατικά - κίνδυνοι	Συνέπειες περιστατικών	A	NP	PB	E	T.P.		
1	Τραυματισμός προσωπικού λόγω πτώσης από ελεύθερα καλώδια στο δάπεδο (π.χ. από ΗΥ, εκτυπωτές κλπ.)	Τραυματισμός	C2	C1		C0	C2 9	Επιπλοκή δατάξη μηχανημάτων. Όξευση καλωδίων εντός καναλιών ή υπό στήριξη σε σταθερά σημεία. Τακτός έλεγχος γραφείων και συμπλήρωση check list.	Επιπλοκή του check list ώστε να περιλαμβάνει τον έλεγχο της στήριξης των καλωδίων.
2	Τραυματισμός προσωπικού λόγω πτώσης από απεικασμένα (κουτιά, χαρτιά κλπ.) που βρίσκονται διασκορπισμένα και δυσχεραίνουν την διάλυση.	Τραυματισμός	B2	B1	B0	B0	B2 6	Τακτική αρχιοθέτηση και καθαρισμός των γραφείων.	Επιπλοκή του συστήματος αρχιοθέτησης και αποθήκευσης εγγράφων και απεικασμένων. Διακίνηση της ανάγκης αύξησης του αποθηκευτικού χώρου (ντουλάπια, φορμαριόζ κλπ.)
3	Τραυματισμός προσωπικού από πτώση στις σκάλες των γραφείων.	Τραυματισμός	B3	B1	B0	B0	B3 7,5	Τοποθέτηση αντιολισθητικών λουφών σε όλες τις σκάλες των γραφείων της εγκατάστασης.	Εκπαίδευση του προσωπικού τακτικής αποκατάστασης των αντιολισθητικών λουφών.
4	Τραυματισμός προσωπικού (ηλεκτροπληξία) και φωνιά από την λανθασμένη χρήση ή κακή κατάσταση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.	Τραυματισμός	B3	B2	B1	B1	B3 7,5	Λίμνη αποκατάσταση βλαβών στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Χρήση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού αναγνωρισμένων οίκων και βάση προδιαγραφών.	Εξέταση θέσης τακτικού προληπτικού ελέγχου και συντήρησης ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Εγκατάσταση ρελέ διαρροής στον ηλεκτρικό πίνακα.

7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί οδηγό για την βελτίωση της ασφάλειας μιας εγκατάστασης υγραερίου. Ταξινομεί και αξιολογεί τους ενεχόμενους κινδύνους και ιεραρχεί τα έργα υποδομής που πρέπει να γίνουν για την περαιτέρω βελτίωση του επιπέδου ασφάλειας στην εγκατάσταση. Επίσης γίνονται προτάσεις για αλλαγή των διαδικασιών ή προσθήκης ελέγχων που πρέπει να γίνονται από το άμεσα εμπλεκόμενα προσωπικό ώστε να μειωθεί η πιθανότητα κάποιου επικίνδυνου περιστατικού.

Συντήρηση / προσθήκες

Βεβαίως στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας δεν δίνεται η δυνατότητα για περαιτέρω εξέλιξη της παρούσας έτσι ώστε να περιλαμβάνει καινούρια στοιχεία και πρακτικές που προκύπτουν από την εξέλιξη της επιστήμης και των τεχνικών που εφαρμόζονται στη βιομηχανία της διακίνησης του υγραερίου καθώς και από ενδεχόμενες αλλαγές στην λειτουργία της εν λόγω εγκατάστασης Παρόλ' αυτά αναφέρεται για λόγους πληρότητας ότι η παρούσα εργασία χρήζει :

- Γενικής αναθεώρησης κάθε 3 χρόνια
- Ανανέωση όποτε θα υπάρχει αλλαγή στην οργάνωση, στον εξοπλισμό ή στις διαδικασίες.
- Συνεχείς καταγραφές / προσθήκες σχετικών πιθανών περιστατικών .
- Ανανέωση της περιγραφής των υποδιαδικασιών και δραστηριοτήτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Πίνακας Ι - ΒΛΑΒΗ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΩΝ (Harm to people)

Στήλη πίνακα κινδύνων (Α)

ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Καμμία βλάβη στην υγεία ή τραυματισμός
1	Αμυδρός τραυματισμός ή επίπτωση στην υγεία (περιλαμβάνοντας περιπτώσεις όπου δίδονται πρώτες βοήθειες ή ιατρική φροντίδα) οι οποίες δεν επηρεάζουν την απόδοση στην εργασία ή δεν δημιουργούν ανικανότητα
2	Μικρός τραυματισμός ή επίπτωση στην υγεία (Lost Time Injury) ο οποίος έχει επίδραση στην απόδοση στην εργασία, όπως περιορισμός δραστηριοτήτων (Restricted Work Case) ή ανάγκη αναρρωτικής αδείας για πλήρη ίαση (Lost Workday Case). Περιορισμένες επιπτώσεις στην υγεία οι οποίες είναι αναστρέψιμες (π.χ. ερεθισμός του δέρματος ή τροφική δηλητηρίαση).
3	Σοβαρός τραυματισμός ή επίπτωση στην υγεία (περιλαμβάνοντας μόνιμη μερική ανικανότητα) ο οποίος έχει μακρόχρονη επίδραση στην απόδοση στην εργασία όπως μακρόχρονη απαλλαγή καθηκόντων. Επίσης μη αναστρέψιμες βλάβες στην υγεία όπως για παράδειγμα απώλεια ακοής λόγω θορύβου, χρόνιες παθήσεις της μέσης.
4	Θάνατος ή μόνιμη ολική ανικανότητα λόγω ατυχήματος ή ασθένειας εξαιτίας της εργασίας (π.χ. δηλητηρίαση, καρκίνος)
5	Πολλαπλοί θάνατοι λόγω ατυχήματος ή ασθένειας εξαιτίας της εργασίας (π.χ. δηλητηρίαση, καρκίνος)

Πίνακας II - ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΩΝ (Asset damage)

Στήλη πίνακα κινδύνων (ΠΡ)

ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Καμμία καταστροφή
1	Αμυδρή καταστροφή: Καμμία διακοπή στην λειτουργία της εγκατάστασης (κόστος μικρότερο από USD 10.000).
2	Μικρή καταστροφή: Σύντομη διακοπή (κόστος μικρότερο από USD 100.000).
3	Τοπική καταστροφή: (Partial shutdown) Μερική παύση εργασιών (επανεκίνηση εργασιών με κόστος μικρότερο των USD 500.000).
4	Μεγάλη καταστροφή: Παύση εργασιών για περισσότερο από δύο εβδομάδες (κόστος μέχρι USD 10.000.000).
5	Εκτεταμένη καταστροφή: Σημαντική ή ολική καταστροφή της εγκατάστασης (κόστος μεγαλύτερο από USD 10.000.000)

Πίνακας III - ΠΕΡΙΒΑΝΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ (Environmental Effect)

Στήλη πίνακα κινδύνων (ΠΕ)

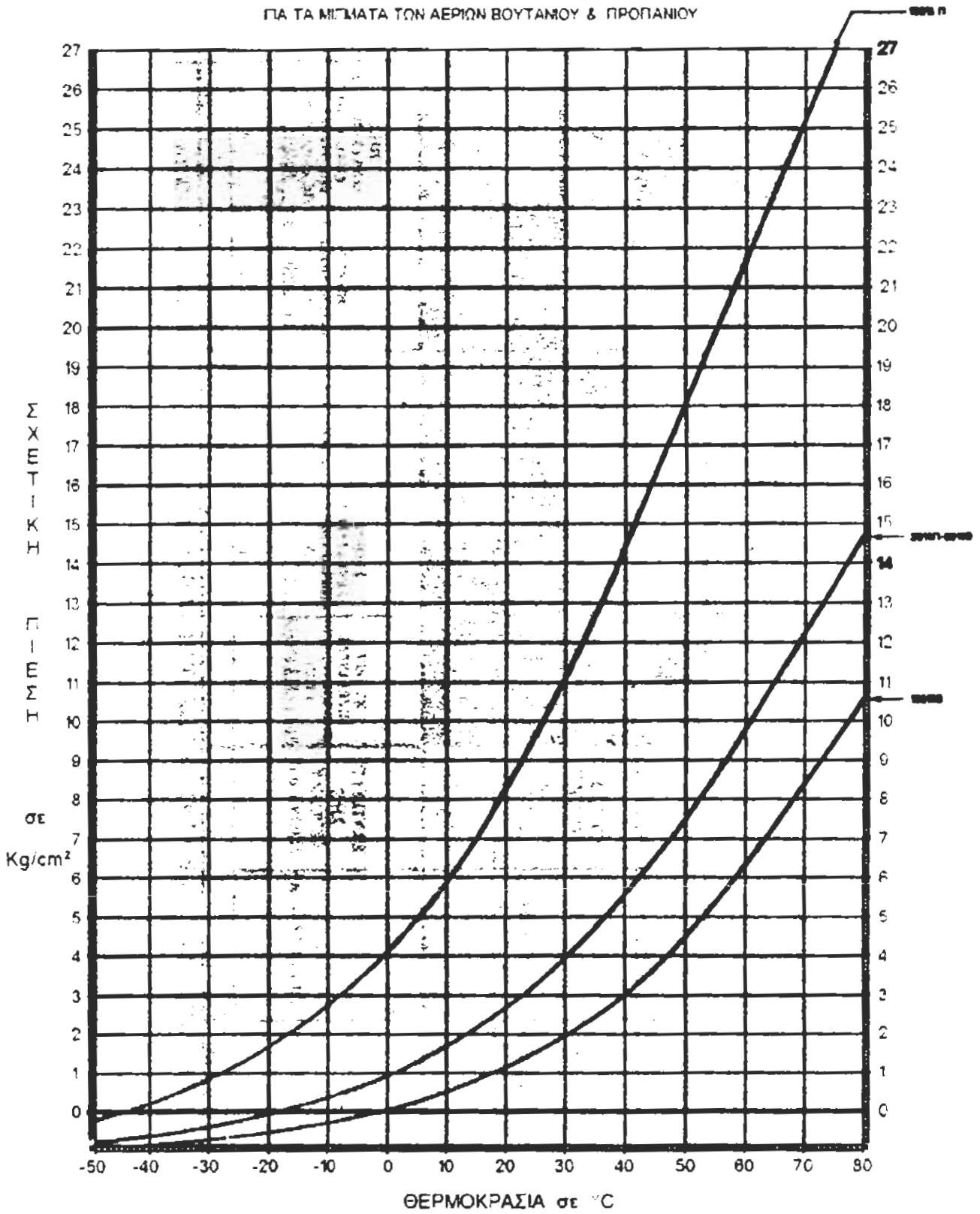
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Καμμία επίπτωση
1	Αμυδρή επίπτωση: Τοπική περιβαλλοντική επίπτωση εντός των ορίων της εγκατάστασης. Καμμία οικονομική επίπτωση.
2	Μικρή επίπτωση: Μόλυνση. Καταστροφή σχετικά μεγάλη ώστε να έχει επίπτωση στο περιβάλλον. Μεμονωμένη υπέρβαση των νομίμων ή προδιαγεγραμμένων ορίων. Μεμονωμένη διαμαρτυρία. Καμμία μόνιμη επίδραση στο περιβάλλον.
3	Τοπική επίπτωση: Επαναλαμβανόμενη υπέρβαση των νομίμων ή προδιαγεγραμμένων ορίων. Επίδραση στο γειτονικό περιβάλλον.
4	Μεγάλη επίπτωση: Σοβαρή περιβαλλοντική βλάβη. Απαιτείται από την εταιρία να λάβει εκτεταμένα μέτρα για την επαναφορά του μολυσμένου περιβάλλοντος στην αρχική του κατάσταση. Εκτεταμένη υπέρβαση των νομίμων ή προδιαγεγραμμένων ορίων.
5	Εκτεταμένη επίπτωση: Παραμένουσα μεγάλη περιβαλλοντική βλάβη ή σοβαρή διαταραχή η οποία εκτείνεται σε μεγάλη περιοχή. Μέγιστη οικονομική επίπτωση (εμπορική, χρηματική, διατήρηση του περιβάλλοντος) στην εταιρία. Συνεχής μεγάλη υπέρβαση των νομίμων ή προδιαγεγραμμένων ορίων.

Πίνακας Ιν - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΦΗΜΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ (Impact on Reputation)
 Στήλη πίνακα κινδύνων (Ε)

ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
0	Καμμία επίπτωση: Καμμία αφύπνηση του κοινού.
1	Αμυδρή επίπτωση: Ενδεχόμενη αφύπνηση του κοινού αλλά χωρίς να ενδιαφερθεί.
2	Περιορισμένη επίπτωση: Κάπια τοπική ανησυχία. Τοπική κάλυψη από τα ΜΜΕ και/η πολιτική ενασχόληση με πιθανά αρνητικά αποτελέσματα σε διαδικασίες της εταιρίας.
3	Αξιοσημείωτη επίπτωση: Περιφερειακή αφύπνηση και ανησυχία. Εκτεταμένη ανπιπαράθεση από τα τοπικά ΜΜΕ. Μικρή κάλυψη από τα εθνικά δίκτυα και/η τοπική/περιφερειακή πολιτική αφύπνηση. Εχθρική στάση της τοπικής αρχής.
4	Εθνική επίπτωση: Εθνική δημόσια ανησυχία. Εκτεταμένη ανπιπαράθεση από τα εθνικά δίκτυα ΜΜΕ. Πιθανές τοπικές / περιφερειακές πολιτικές περιοριστικών μέτρων και/η επίδραση στις Άδειες.
5	Διεθνής επίπτωση: Διεθνής δημόσια ανησυχία. Εκτεταμένη ανπιπαράθεση από τα διεθνή δίκτυα ΜΜΕ. Εθνικές / Διεθνής πολιτικές με πιθανή σοβαρή επίπτωση για την πρόσβαση σε νέες περιοχές, την έκδοση Αδειών και/η οικονομικές επιπτώσεις.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΙΕΣΗΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

ΓΙΑ ΤΑ ΜΙΓΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΒΟΥΤΑΝΙΟΥ & ΠΡΟΠΑΝΙΟΥ



SHELL HELLAS A.E.
(ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ
& ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

ΣΥΝΕΙΔΗΛΑ		ΠΙΘΑΝΟΤΗΣ					Ρίσκο			
		A	B	C	D	E				
ΑΝΘΡΩΠΙΟΙ	ΠΕΡΙΟΥΣΙΕΣ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΥΠΟΛΟΙΠΗ (ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ)	Α	B	C	D	E		
				ΜΕΝ ΕΧΕΙ ΣΥΜΒΕΙ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 5 ΧΡΟΝΙΑ	ΕΧΕΙ ΣΥΜΒΕΙ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΓΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 5 ΧΡΟΝΙΑ	ΕΧΕΙ ΣΥΜΒΕΙ ΣΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ ΓΙΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 3 ΧΡΟΝΙΑ	ΕΧΕΙ ΣΥΜΒΕΙ ΣΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ ΤΟΥΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΥΣ 12 ΜΗΝΕΣ	ΕΧΕΙ ΣΥΜΒΕΙ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΜΙΑ ΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΕΤΑΙΡΙΑ ΤΟΥΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟΥΣ 12 ΜΗΝΕΣ		
0	ΟΧΙ ΤΡΑΥΜΑ	ΟΧΙ ΖΗΜΙΑ	ΟΧΙ ΒΛΑΒΡΑΣΗ	ΟΧΙ ΚΑΛΥΨΗ	1	2	3	4	5	
1	ΕΛΑΦΡΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΖΗΜΙΑ	ΕΛΑΦΡΙΑ ΜΑΡΡΟΗ	ΠΙΘΑΝΗ ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ	2	4	6	8	15	Χαμηλό x 1,5
2	ΜΙΚΡΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΜΙΚΡΗ ΖΗΜΙΑ	ΜΙΚΡΗ ΜΑΡΡΟΗ	ΤΟΠΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ	3	6	9	18	45	Μέτριο x 3
3	ΣΟΒΑΡΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΤΟΠΙΚΗ ΖΗΜΙΑ	ΤΟΠΙΚΗ ΜΑΡΡΟΗ	ΕΘΝΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ	4	7,5	18	48	100	
4	ΘΑΝΑΤΟΣ/ ΜΟΝΙΜΗ ΔΙΑΡΚΗ ΑΝΑΠΗΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ ΖΗΜΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ ΜΑΡΡΟΗ	ΜΕΓΑΛΗ ΕΘΝΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ	7,5	30	45	100	125	Υψηλό x 4
5	ΑΡΚΕΤΟΙ ΘΑΝΑΤΟΙ	ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΖΗΜΙΑ	ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ ΜΑΡΡΟΗ	ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΚΑΛΥΨΗ / ΑΠΘΝΗΣ	18	36	90	120	150	

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΟΡΩΝ

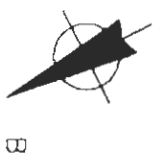
- ΑΒΑΠ :** Συντομογραφία της φράσης “Ασφαλιστική Βαλβίδα Ανακούφισης της Πίεσης”. Είναι εξάρτημα ισοδύναμο του απλού ασφαλιστικού στα υδραυλικά κυκλώματα.
- PPE :** Συντομογραφία του όρου “Personal Protective Equipment”.
- Cloud fire :** Φωτιά νέφους υγραερίου. Υπάγεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά έκλυσης ενέργειας ανά επιφάνεια.
- VCE :** Συντομογραφία του όρου “Vapour Cloud Explosion” που σημαίνει έκρηξη νέφους υγραερίου.
- Jet Fire :** Δέσμη (γλώσσα) φωτιάς. Συμβαίνει συνήθως από την ανάφλεξη υγραερίου το οποίο διαρρέει υπό μορφή πίδακα.
- Flash Fire :** Ανάφλεξη υγραερίου σε ανοιχτό χώρο όπου η διαστολή αερίων λόγω της ανάφλεξης δεν περιορίζεται από εμπόδια (άρα δεν σημειώνεται έκρηξη). Υπάγεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά έκλυσης ενέργειας ανά επιφάνεια.
- BLEVE :** Ακρωνύμιο των αγγλικών λέξεων (Boiling Expanding Vapour Explosion). Η καταστρεπτικότερη των συνεπειών φωτιάς σε αποθηκευτικό χώρο υγραερίου. Πρόκειται για την απευθείας θέρμανση πιεστικού δοχείου αποθήκευσης υγραερίου (π.χ. δεξαμενή) από δέσμη φωτιάς. Το θερμαινόμενο υγραέριο αρχικά διαστέλλεται και αρχικά διαφεύγει από τις ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης πίεσης (ΑΒΑΠ) κατεβάζοντας την στάθμη της υγρής φάσης στο δοχείο . όταν το σημείο στο οποίο η δέσμη φωτιάς θερμαίνει παύει να διαβρέχεται από υγρή φάση υγραερίου, λόγω της μικρής θερμικής αγωγιμότητας αέριας φάσης, η θερμότητα αδυνατίζει το κέλυφος της δεξαμενής και ακολουθεί έκρηξη καθώς και απελευθέρωση του υπόλοιπου υγραερίου της δεξαμενής. Το BLEVE συμβαίνει περίπου 5 με 10 λεπτά μετά την έκθεση του μεταλλικού κελύφους του δοχείου στην πηγή θερμότητας χωρίς να διαβρέχεται από υγρή φάση υγραερίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

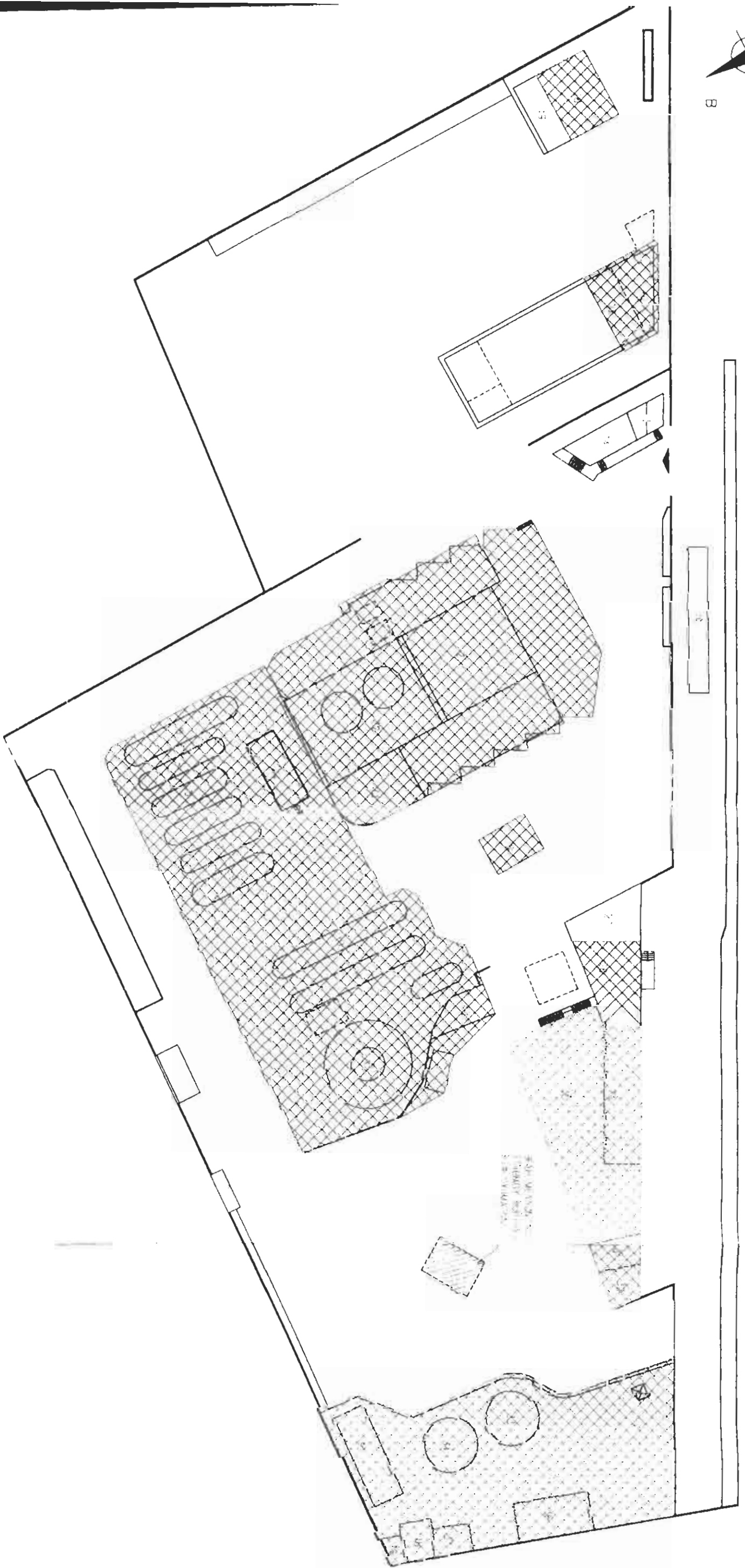
1. ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ Δ3/14858 “Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών διαμόρφωσης, κατασκευής, ασφαλούς λειτουργίας και πυροπροστασίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου καθώς και εγκαταστάσεων για τη χρήση αυτού σε βιομηχανικές, βιοτεχνικές και επαγγελματικές δραστηριότητες.” – ΦΕΚ 477B της 1/7/1993.
2. ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 595/1984 – Όροι και προϋποθέσεις εγκατάστασης και λειτουργίας πρατηρίων διανομής υγραερίου GPL (LPG) – ΦΕΚ 218 Α της 31/12/1984.
3. Τροποποίηση του Π.Δ. 595/1984 Όροι και προϋποθέσεις εγκατάστασης και λειτουργίας πρατηρίων διανομής υγραερίου GPL (LPG) – ΦΕΚ 192 Α της 21/8/1998.
4. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΜΙΚΡΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ - Π. Χαριτόπουλος – 25 Ιουλίου 1996.
5. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ-ΕΚΕΦΕ “ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ” – Δεκέμβριος 1997.
6. RISK ASSESEMENT MATRIX – Shell Health Safety and Environment Committee – Μάρτιος 1996.
7. MANAGING THE MANAGEMENT RISK : NEW APPROACHES TO ORGANIZATIONAL SAFETY – James Reason – 5 Μαΐου 1990.
8. ΑΝΑΦΟΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ Shell GAS Εγκατάσταση Ασπροπύργου – Shell GAS- Ιούνιος 1994.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΧΕΤΙΚΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



B



1. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 3. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 4. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 5. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 6. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 7. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 8. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 9. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 10. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 11. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 12. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 13. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 14. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 15. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 16. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 17. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 18. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 19. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 20. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ

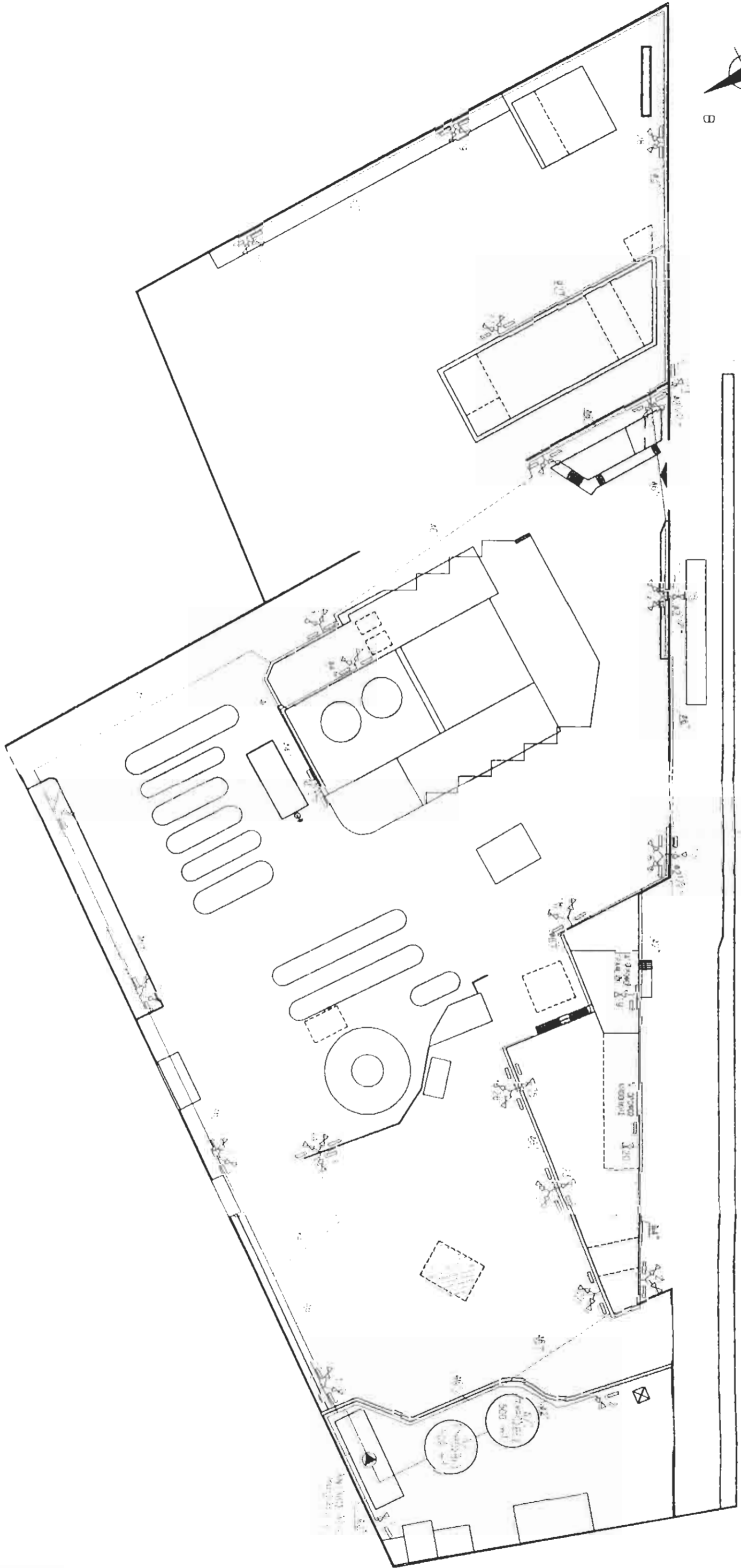
21. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 22. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 23. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 24. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 25. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 26. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 27. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 28. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 29. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ
 30. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΑΣ

Κλίμας υποδείχθηκε από διπλοκλίμα/Ανοδοκί...
 Κλίμας υποδείχθηκε από διπλοκλίμα/Ανοδοκί...
 Κλίμας υποδείχθηκε από διπλοκλίμα/Ανοδοκί...
 Κλίμας υποδείχθηκε από διπλοκλίμα/Ανοδοκί...


SHELL GAS ABBEY.
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΠΡΟΠΥΛΟΥ



8



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ



SHELL GAS A.E. Ε.Υ.

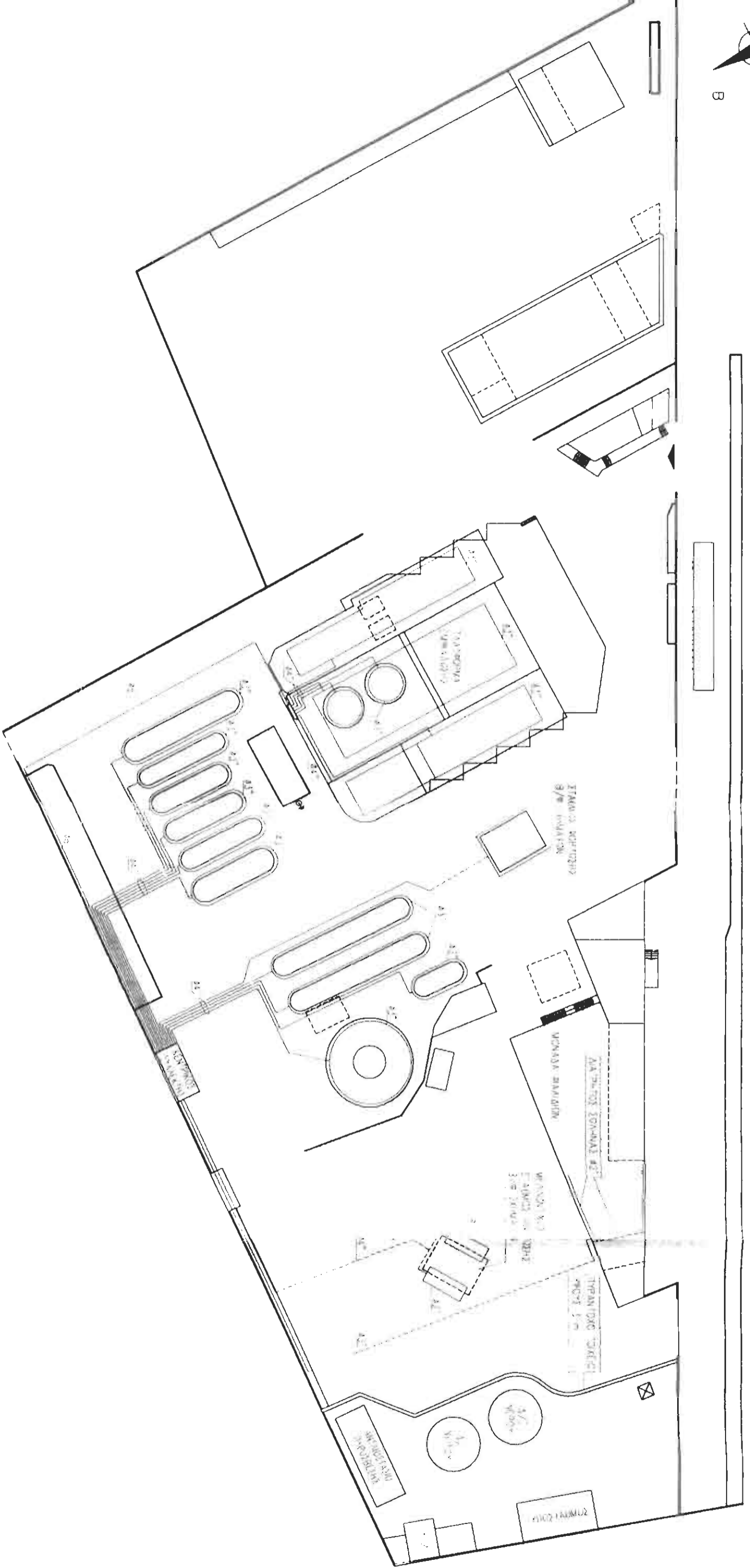
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΦΟΛΥΤΟΥ

ΜΟΝΙΜΟ ΥΑΡΟΔΟΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

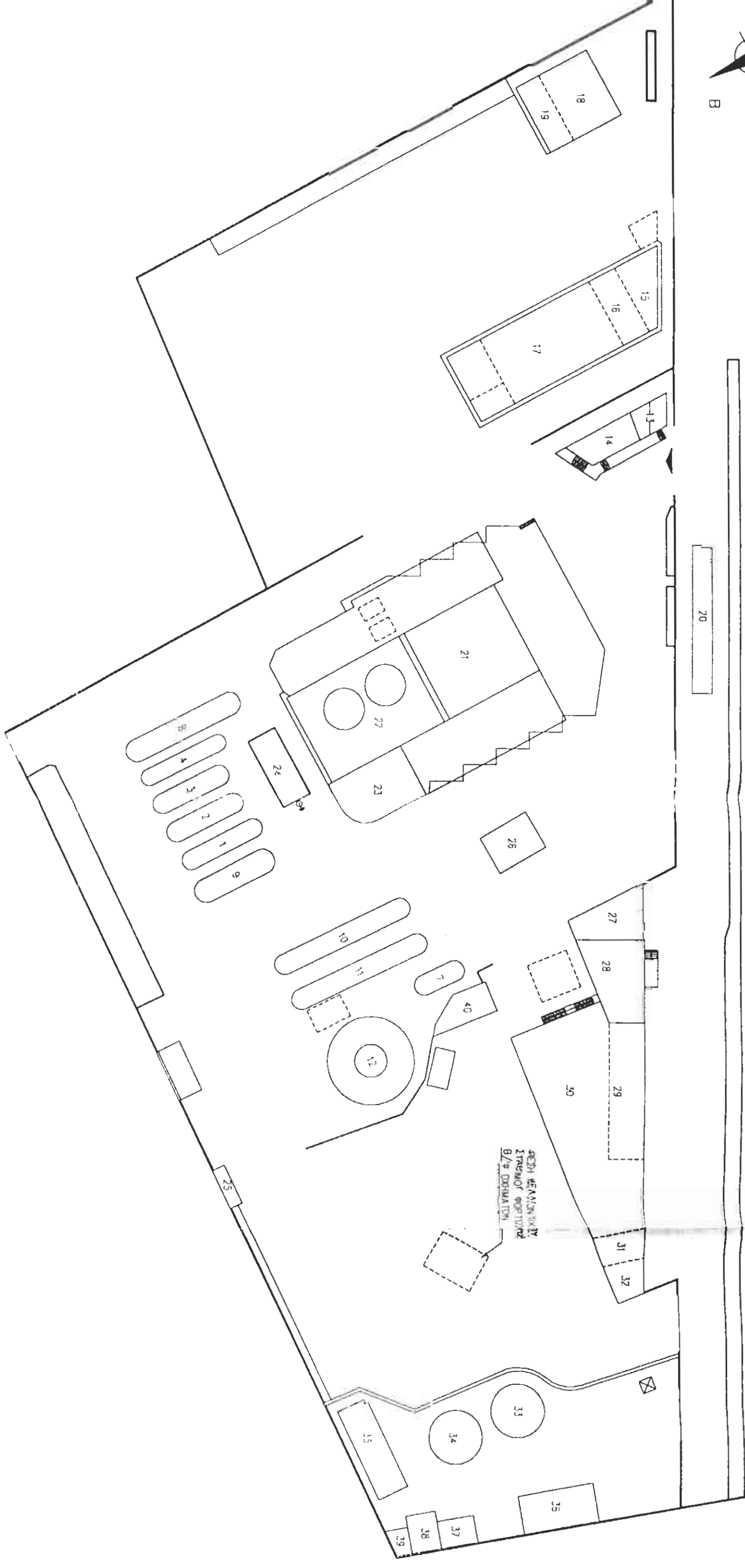
ΣΧΕΔΙΟ
 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 ΚΑΙ
 ΔΙΑΤΑΞΗΣ
 ΜΕΡΩΝ



B



ΟΡΘΟ ΓΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΑ
 ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ



ΑΠΟΘΗΚΗ ΥΑΚΚΟΝ Κ/Ζ	24	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗ 500 m ³	Α/Ζ
ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ	33	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗ 500 m ³	
ΣΥΜΠΕΡΙΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (AUTO GAS)	32	ΣΥΜΠΕΡΙΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΕΥΤΕΡΗΣ	31	ΚΟΡΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	
ΣΥΛΛΗΚΤΗΡΙΟ ΠΥΛΗΣ	30	ΕΥΡΩΣΤΟΙΧΙΟ ΣΑΛΑΜΙΝ	
ΣΑΛΙΝΗ ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	29	ΤΑΜΕΙΑ ΠΑΡΑΡΤΗΣΗΣ ΚΥΒΕΡΟΥ ΣΑΛΑΜΙΝ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	28	ΜΟΚ-ΣΤΗΡΙΟ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	27	ΑΠΟΘΗΚΗ Κ/Ζ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	26	ΠΙΣΙΝΟ ΣΦΟΡΤΗΣΗΣ Η/Σ ΣΥΡΑΞΙΟΥ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	25	ΚΙΤΟΣ ΣΦΟΡΤΙΣΤΩΝ Β/Σ ΥΠΟΛΕΙΠΟΥ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	24	ΑΝΥΨΩΤΙΑΣΟΥ ΣΥΡΑΞΙΟΥ	
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	23	ΚΟΡΟΣ ΣΥΜΑΛΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΟΥ ΣΤ. ΣΑΛΑΜΙΝ	40
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	22	ΚΟΡΟΣ ΣΥΜΑΛΟΓΗΣ ΜΗΧΑΤΟΣ ΣΤ. ΣΑΛΑΜΙΝ	39
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	21	ΑΙΘΡΟΣ	38
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	20	ΣΥΜΠΕΡΙΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ	37
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	19	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	36
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	18	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	35
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	17	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	34
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	16	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	33
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	15	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	32
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	14	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	31
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	13	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	30
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	12	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	29
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	11	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	28
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	10	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	27
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	9	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	26
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	8	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	25
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	7	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	24
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	6	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	23
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	5	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	22
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	4	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	21
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	3	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	20
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	2	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	19
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	1	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	18
ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	0	ΑΓΕ ΣΥΜΕΝΗ ΚΑ/Ζ	17


SHELL GAS ARDENY
ΕΚΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΠΡΟΠΥΛΟΥ
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ 3, 4, 5
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ
ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ - ΜΕΡΟΣ 3^ο, 4^ο, 5^ο

3. ΡΟΗ ΜΕ ΠΙΕΣΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ ΜΕ ΠΙΕΣΗ, ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΡΙΒΩΝ

3.1 Κατάταξη των ροών με πίεση και αδιάστατο αριθμό.....	99
3.2 Ημειμπερικοί τύποι κατανομής των ταχυτήτων και των τριβών για μόνιμη ροή σε σωλήνες.....	107
3.3 Εμπειρικοί τύποι υπολογισμού.....	110
3.4 Πιεζομετρική γραμμή, γραμμή ενέργειας και τοπικές απώλειες σε ροή με πίεση.....	113

4. ΜΗ ΜΟΝΙΜΕΣ ΡΟΕΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

4.1 Περιγραφή του φυσικού φαινομένου.....	122
4.2 Το μαθηματικό ομοίωμα και τύποι μη μόνιμων ροών.....	123
4.3 Μεθοδολογίες μελέτης του υδραυλικού πλήγματος.....	125
4.3.1 Αναλυτική επίλυση.....	126
4.3.2 Γραφική μέθοδος του Bergeron.....	128
4.3.3 Αριθμητική επίλυση με πεπερασμένες διαφορές.....	130
4.3.4 Αριθμητική επίλυση με βάση τη θεωρία των χαρακτηριστικών.....	133
4.3.5 Προβλήματα μετάδοσης κυμάτων σε εγκαταστάσεις άντλησης.....	134
4.4 Μη μόνιμες ροές με ταλαντώσεις μάζας.....	141

5. ΜΟΝΙΜΗ ΡΟΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

5.1 Υπολογισμός απλών υδραυλικών δικτύων.....	146
5.1.1 Αγωγοί που συνδέονται στη σειρά.....	147
5.1.2 Αγωγοί σε παράλληλη διάταξη.....	149

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κεφάλαιο 3: Τύποι ροής με πίεση, κατανομή ταχυτήτων και τριβών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.1: Κατάταξη των ροών με πίεση και αδιάστατοι αριθμοί

Όπως δείχνει το σχήμα 1, πολλές περιπτώσεις ροών με πίεση σε μεμονωμένους αγωγούς ή σε δίκτυα αγωγών έχουν πρακτική σημασία. Όλες αυτές οι περιπτώσεις είναι ροές σωληνοειδείς, δηλ. περίπου μονοδιάστατες.

Οι αγωγοί μπορεί να είναι πρισματικοί (σχ.1) ή με διατομή που μεταβάλλεται στο χώρο (σχ. 1). Βέβαια για τις υδραυλικές εφαρμογές, ιδιαίτερη σημασία έχει η περίπτωση των πρισματικών αγωγών κυκλικής διατομής. Έτσι είναι κατασκευασμένα τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης πόλεων και οικισμών, οι εσωτερικές εγκαταστάσεις ύδρευσης κτιρίων και βιομηχανιών και άλλες τεχνικές υδραυλικές κατασκευές. Μπορούμε ακόμα, αλλά μάλλον σπάνια, να συναντήσουμε πρισματικούς αγωγούς ροής με διατομή ορθογωνική, τριγωνική ή άλλης μορφής.

Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις των σωληνοειδών ροών με πίεση, απλές ή σύνθετες, υπάρχουν δύο κύρια κριτήρια κατάταξης. Το πρώτο αναφέρεται στο διαχωρισμό των ροών με πίεση από φυσική άποψη σε στρωτές και τυρβώδεις ροές. Το δεύτερο αφορά το μόνιμο ή μη μόνιμο χαρακτήρα της ροής.

Από φυσική άποψη, όπως δείχνουν τα πειράματα του REYNOLDS σε σωλήνα κυκλικής διατομής και σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε από τη Μηχανική των Ρευστών, η μετάβαση σε τυρβώδη ροή σημαίνει αστάθεια στην κίνηση των ρευστών σωματιδίων (σχ.2). Σε τυρβώδη ροή, οι δυνάμεις αδρανείας που καθορίζονται ποσοτικά με την ένταση της ταχύτητας U , υπερτερούν των δυνάμεων του ιξώδους μ ή τον κινηματικό συντελεστή ιξώδους $\nu = \mu/\rho$. Αν σαν χαρακτηριστική διάσταση του αγωγού θεωρήσουμε τη διάμετρο του D , τότε ο αδιάστατος αριθμός που προσδιορίζει το είδος της ροής είναι ο αριθμός REYNOLDS, όπου

$$Re = UD/\nu$$

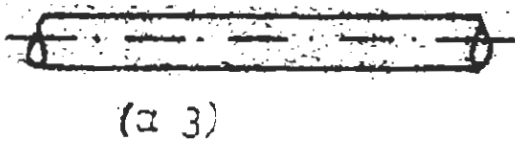
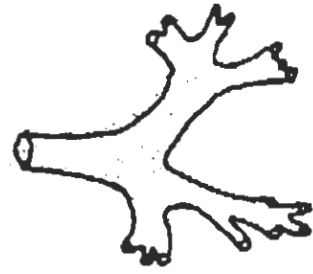
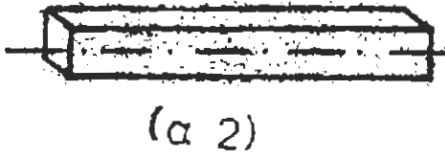
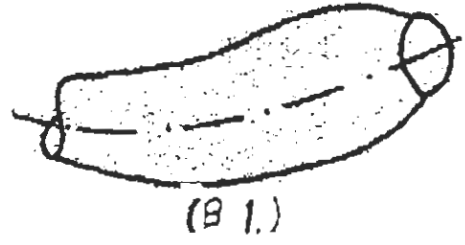
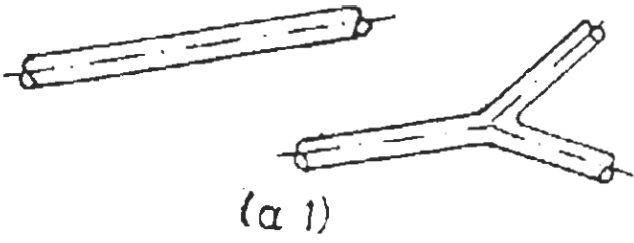
Για σωλήνες κυκλικής διατομής έχουμε:

$$Re = \frac{UD}{\nu} < 2000 \quad : \text{στρωτή ροή}$$

$$2000 < Re = \frac{UD}{\nu} < 4000 \quad : \text{μεταβατική περιοχή}$$

$$Re = \frac{UD}{\nu} > 4000 \quad : \text{τυρβώδης ροή}$$

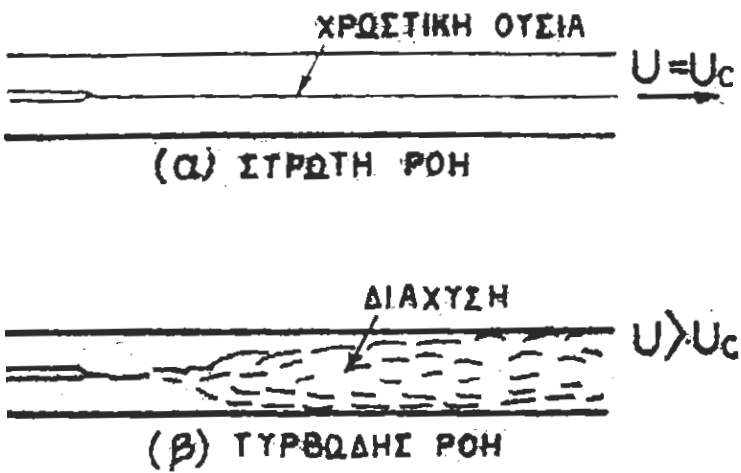
Όπως φαίνεται στο σχ. 3 μακροσκοπική συνέπεια του τυρβώδη χαρακτήρα της ροής είναι να μεταβληθεί η κατανομή των ταχυτήτων. Από παραβολική μορφή που έχει το διάγραμμα αυτό σε στρωτή ροή, μετατρέπεται σε διάγραμμα περίπου ομοιόμορφο λογαριθμικής κατανομής. Όσο για τις απώλειες ενέργειας Η_f λόγω



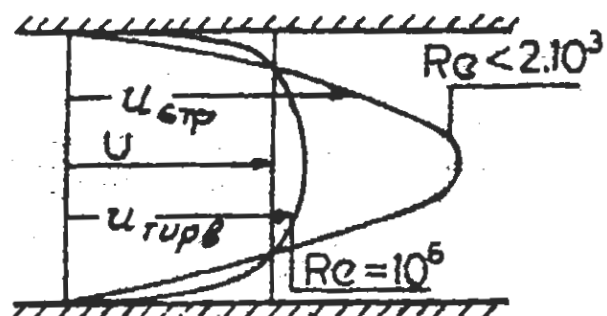
(α)

(β)
(β)

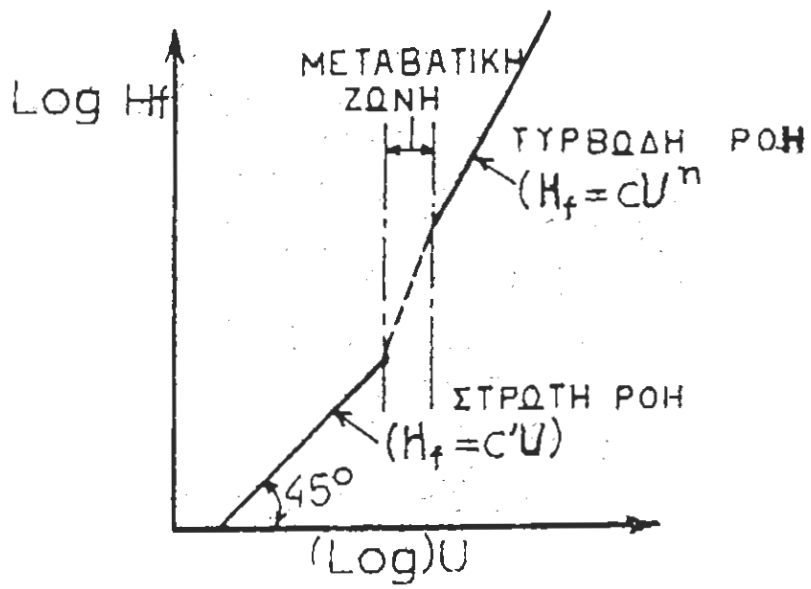
ΣX 3.1



ΣΧ 3.2



ΣΧ 3.3



ΣΧ 3.4

τριβής, αυτές μεταβάλλονται με τρόπο ανάλογο με την ταχύτητα U ή την παροχή Q σε στρωτή ροή, δηλαδή:

$$H_f = U \text{ ή } Q \quad (\text{στρωτή ροή})$$

Σε τυρβώδη ροή, η μεταβολή αυτή είναι πιο απότομη, της μορφής:

$$H_f = U^n \text{ ή } Q^n \quad (n > 1) \quad (\text{τυρβώδης ροή})$$

Το σχ. 4 δείχνει σε λογαριθμικές συντεταγμένες τον τρόπο μεταβολής των απωλειών H_f σε συνάρτηση με την ταχύτητα U . Παρατηρούμε την ύπαρξη μιας μεταβατικής ζώνης ανάμεσα στην περιοχή της στρωτής και στην περιοχή της τυρβώδους ροής. Παρόμοια διαγράμματα από ποιοτική άποψη μπορούμε να πάρουμε για ροές με πίεση σε αγωγούς που δεν έχουν κυλινδρική μορφή.

Μια δεύτερη κατάταξη των ροών με πίεση βασίζεται στο μη μόνιμο χαρακτήρα της κίνησης των ρευστών σωματιδίων. Σε στρωτή αλλά και σε τυρβώδη ροή, όταν οι μεταβολές των οριακών συνθηκών δεν είναι πολύ απότομες στο χρόνο, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το υγρό που κυκλοφορεί στον αγωγό είναι ασυμπίεστο και ο ίδιος ο αγωγός παραμένει απαραμόρφωτος. Πρόκειται για την περίπτωση μη μόνιμων ροών με ταλάντωση μάζας. Το σχ. 5 δείχνει, για παράδειγμα, την περίπτωση ενός αγωγού πώσης υδροηλεκτρικού σταθμού, που είναι εφοδιασμένος με ηρεμιστική δεξαμενή. Το απότομο κλείσιμο της βάνας στην άκρα του αγωγού δημιουργεί ταλαντώσεις στη μάζα του νερού μέσα στη δεξαμενή και στο σωλήνα.

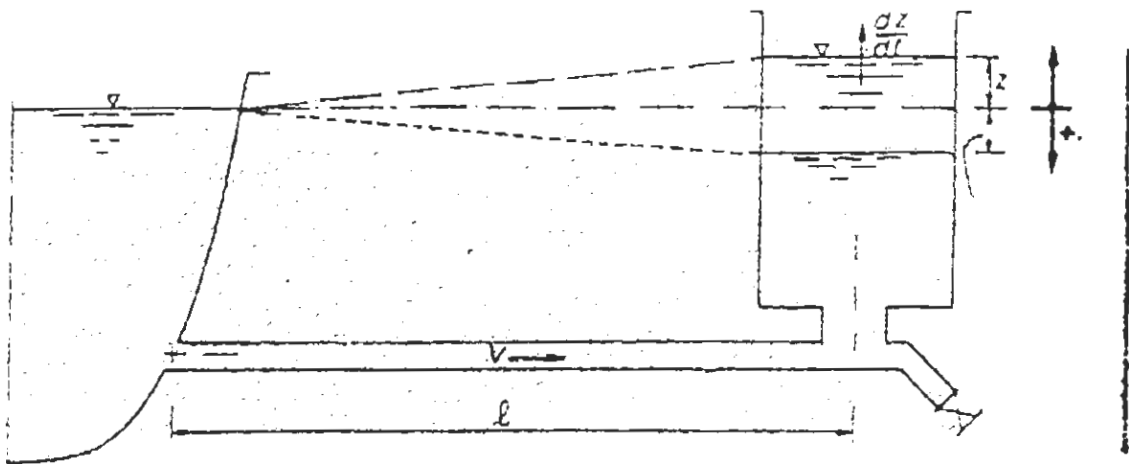
Το ίδιο φαινόμενο της ταλαντωμένης ροής μπορεί να εμφανιστεί στους φυσιολογικούς αγωγούς (αρτηρίες, φλέβες κ.λ.π.). Θεωρώντας το ρευστό ασυμπίεστο και τα τοιχώματα απαραμόρφωτα, αλλά μεταβαλλόμενα κατά μήκος της ροής, η ταλαντωμένη κίνηση μπορεί να μελετηθεί ολοκληρώνοντας τις εξισώσεις NAVIER-STOKES με πεπερασμένα στοιχεία (σχ. 6). Στην περίπτωση αυτή τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της ροής όπως οι γραμμές ροής και οι κατανομές ταχυτήτων (σχ. 7) είναι συναρτήσεις του χρόνου και της διατομής του σωλήνα.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σύμφωνα με το σχήμα 7, σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορούν να εμφανισθούν αποκολλήσεις της ροής, ταχύτητες κατά την αντίθετη φορά της μέσης κίνησης και γενικά καταστάσεις ροής πολύ διαφορετικές από τις μόνιμες. Όταν οι οριακές συνθήκες της ροής μεταβληθούν ακαριαία, τότε είναι απαραίτητο να λάβουμε υπόψη τη συμπίεστικότητα του ρευστού καθώς και την ελαστικότητα των τοιχωμάτων του αγωγού. Πρόκειται για την κατηγορία των μη μόνιμων ροών με διάδοση υδραυλικών πληγμάτων, που έχουν ιδιαίτερη σημασία στα Υδροδυναμικά Έργα και στις αντλητικές εγκαταστάσεις.

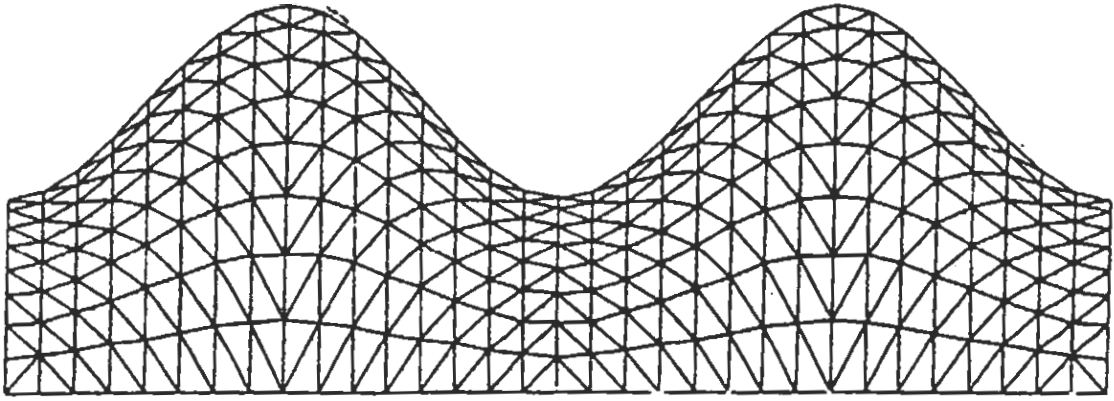
Στις μη μόνιμες ροές με πίεση, αν τα είναι ο χαρακτηριστικός χρόνος (π.χ. η περίοδος μετάδοσης κυμάτων), U η χαρακτηριστική ταχύτητα και L το χαρακτηριστικό μήκος του φαινομένου, τότε ο αδιάστατος αριθμός T που χαρακτηρίζει το φαινόμενο είναι της μορφής:

$$T = \frac{U\tau}{L}$$

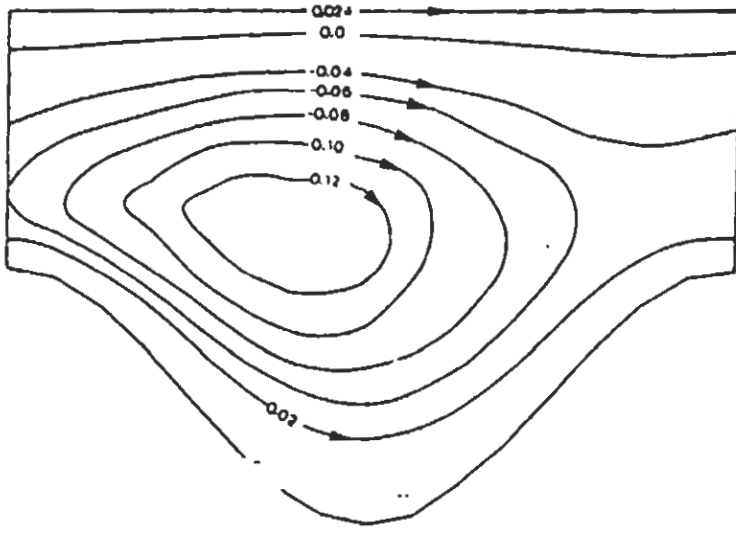
Για περιοδικά φαινόμενα με κυκλική συχνότητα ω , χρησιμοποιείται συνήθως ο αδιάστατος αριθμός STROUHAL:



ΣΧ 3.5



ΣΧ.3.6



$\Sigma X 3.7$

$$St = \frac{\omega L}{U}$$

3.2: Ημιεμπειρικοί τύποι κατανομής των ταχυτήτων και των τριβών για μόνιμη ροή σε σωλήνες

Το σχήμα 8 δείχνει τις κατανομές ταχυτήτων σε σωλήνα κυκλικής διατομής για στρωτή και τυρβώδη ροή. Για τις τρεις περιπτώσεις του σχήματος η παροχή είναι σταθερή.

Αν ονομάσουμε u_m τη μέγιστη ταχύτητα στον άξονα του σωλήνα, τότε από τη Μηχανική των Ρευστών είναι γνωστό πως για στρωτή ροή ολοκληρώνοντας τις εξισώσεις NAVIER-STOKES, παίρνουμε την παρακάτω κατανομή των ταχυτήτων:

$$\frac{u}{u_m} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2 \quad (3.2.1.)$$

Η παραπάνω εξίσωση παριστάνει μια παραβολή R είναι η ακτίνα του σωλήνα, r η απόσταση από τον άξονα όπου η ταχύτητα είναι u . Η μέγιστη ταχύτητα u_m είναι ίση με δύο φορές τη μέση ταχύτητα U , δηλαδή:

$$u_m = 2U \quad (3.2.2.)$$

Η πτώση της πίεσης Δp σε μήκος ΔL δίνεται από το γνωστό νόμο του POISEUILLE:

$$\frac{\Delta p}{\Delta L} = \frac{32\mu U}{D^2} \quad (3.2.3.)$$

όπου D η διάμετρος του σωλήνα.

Με βάση την εξίσωση (3.2.3.), η κλίση της γραμμής ενέργειας $I_f = \Delta p / \rho g \Delta L$ είναι:

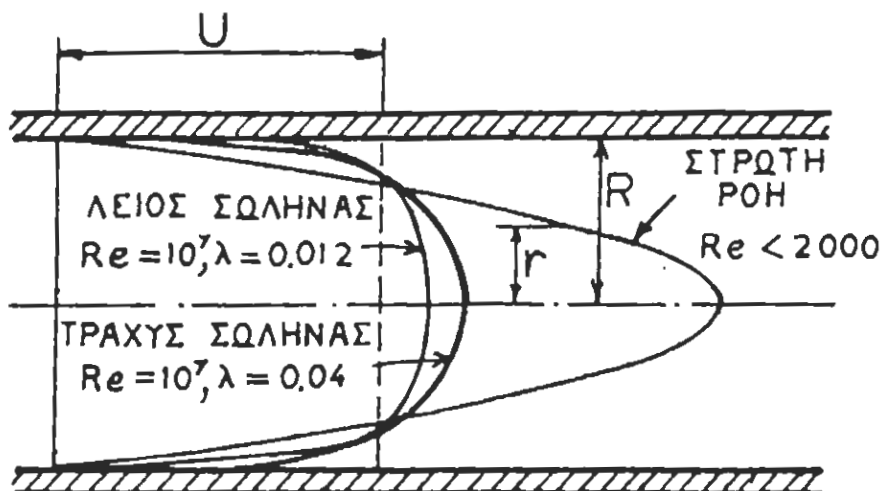
$$I_f = \frac{32\nu U}{gD^2} \quad (3.2.4.)$$

Για να χαρακτηρίσουμε τις απώλειες τριβής μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον αδιάστατο συντελεστή λ όπως ορίζεται από τον τύπο των DARCY-WEISBACH:

$$I_f = \frac{\lambda}{D} \frac{U^2}{2g} \quad (3.2.5.)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (3.2.4.) και (3.2.5.) βρίσκουμε ότι για στρωτή ροή σ σωλήνα ο συντελεστής λ δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (3.2.6.)$$



ΣΧ 3.8

Η εξίσωση (3.2.6.) αποτελεί αδιάστατη έκφραση του νόμου του POISEUILLE (3.2.3.). Στην ουσία συνδέει με γραμμικό τρόπο την πτώση πίεσης Δp με την ταχύτητα U .

Όταν η ροή είναι τυρβώδης σε σωλήνα κυκλικής διατομής, τότε η κατανομή των ταχυτήτων και των τριβών μπορούν να υπολογισθούν με βάση την ημιεμπειρική θεωρία του PRANDTL. Όπως είναι γνωστό από τη Μηχανική των Ρευστών η θεωρία στηρίζεται σε δύο βασικές υποθέσεις

A) η διατμητική τάση τ είναι σταθερή και ίση με την τάση τ_0 πάνω στο τοίχωμα.

B) το μήκος ανάμιξης l είναι ανάλογο με την απόσταση y από το τοίχωμα ($l = ky$).

Αν θέσουμε $u^* = \sqrt{\tau_0/\rho}$ και u_m τη μέγιστη ταχύτητα, τότε η κατανομή ταχυτήτων ακολουθεί το νόμο

$$\frac{U_m - u}{u^*} = 5.75 \log \frac{D}{2y} \quad (3.2.7.)$$

Ανάλογα με την τιμή της μέσης τραχύτητας ϵ του τοιχώματος και την ένταση του μεγέθους Σ σε σχέση με το πάχος δ της στρωτής υποστοιβάδας κοντά στο τοίχωμα, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις.

A) $\epsilon < \delta$ ή $0 \leq u^* \epsilon/\omega \leq 5$: Λεία τυρβώδης ροή. Οι τυρβώδεις διαταραχές λόγω της τραχύτητας των τοιχωμάτων βρίσκονται αναπτυγμένες μέσα στη στρωτή υποστοιβάδα. Η ροή δεν επηρεάζεται καθόλου από την τραχύτητα των τοιχωμάτων.

B) $\epsilon > \delta$ ή $5 \leq u^* \epsilon/\omega \leq 70$: Μεταβατική τυρβώδης ροή. Οι τυρβώδεις διαταραχές που αναπτύσσονται στο τοίχωμα δεν είναι πολύ αναπτυγμένες και συγκεντρώνονται κοντά στην οριακή στοιβάδα.

Γ) $\epsilon \gg \delta$ ή $70 < u^* \epsilon/\omega$: Τραχεία τυρβώδης ροή. Οι τυρβώδεις διαταραχές επηρεάζουν πλήρως την οριακή στοιβάδα και τα χαρακτηριστικά της τυρβώδους ροής μέσα στο σωλήνα.

Για λεία τυρβώδη ροή η κατανομή των ταχυτήτων δίδεται από τη σχέση:

$$\frac{u}{u^*} = 5.75 \log \frac{u^* y}{\nu} + 5.5 \quad (3.2.8)$$

Ο συντελεστής απωλειών τριβής λ μπορεί να υπολογισθεί με βάση την εξίσωση:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{\lambda}}{2.51} \quad (3.2.9)$$

Σε συνθήκες τραχείας τυρβώδους ροής οι κατανομές των ταχυτήτων και των τριβών είναι ανεξάρτητες του αριθμού REYNOLDS. Εξαρτώνται από τους αδιάστατους αριθμούς y/ϵ , D/ϵ και έχουν αντίστοιχα τη μορφή:

$$\frac{u}{u^*} = 5.5 \log \frac{y}{\epsilon} + 8.5 \quad (3.2.10)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{3.7D}{\epsilon} \quad (3.2.11)$$

Οι COLEBROOK και WHITE προσάρμοσαν τους νόμους (3.2.9) και (3.2.11) με την παρακάτω έκφραση, που καλύπτει όλο το φάσμα της περιοχής τυρβώδους ροής:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \quad (3.2.12)$$

Οι τιμές της απόλυτης ταχύτητας ϵ εξαρτώνται από το υλικό κατασκευής του σωλήνα και δίδονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:.....

Ο τύπος (8.2.12) των COLEBROOK και WHITE έχει το μειονέκτημα να μην προσφέρεται εύκολα στις αριθμητικές εφαρμογές. Η σύνδεση των μεταβλητών D , Re και λ , που συνήθως εμφανίζονται σαν άγνωστοι στα πρακτικά προβλήματα γίνεται με έμμεσο τρόπο, που δεν είναι εύχρηστος για υπολογισμούς με διαδοχικές προσεγγίσεις. Ο MOODY (1944) κατασκεύασε το γνωστό από τη Μηχανική των Ρευστών διάγραμμα (σχ. 122), που επιτρέπει τον προσδιορισμό του συντελεστή λ σαν συνάρτηση των Re και ϵ/D . Διάφοροι πίνακες και νομογραφήματα έχουν κατασκευασθεί με βάση το διάγραμμα του MOODY και χρησιμοποιούνται στα γραφεία μελετών για τον υπολογισμό των σωλήνων σε δίκτυα ύδρευσης, άρδευσης και αποχέτευσης. Παράλληλα διάφοροι εμπειρικοί τύποι έχουν προταθεί κατά καιρούς για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής σε σωλήνες.

3.3. Εμπειρικοί τύποι υπολογισμού

Για τυρβώδη ροή νερού σε σωλήνες κυκλικής διατομής η σχέση που συνδέει την ταχύτητα U με τη διάμετρο D και την κλίση τριβών H_f/L έχει τη μορφή:

$$U = c D^a I_f^\beta \quad (3.3.1)$$

όπου οι συντελεστές c , a και β είναι εμπειρικοί.

Οι πιο γνωστοί εμπειρικοί τύποι είναι οι παρακάτω:

- Τύπος του CHEZY:

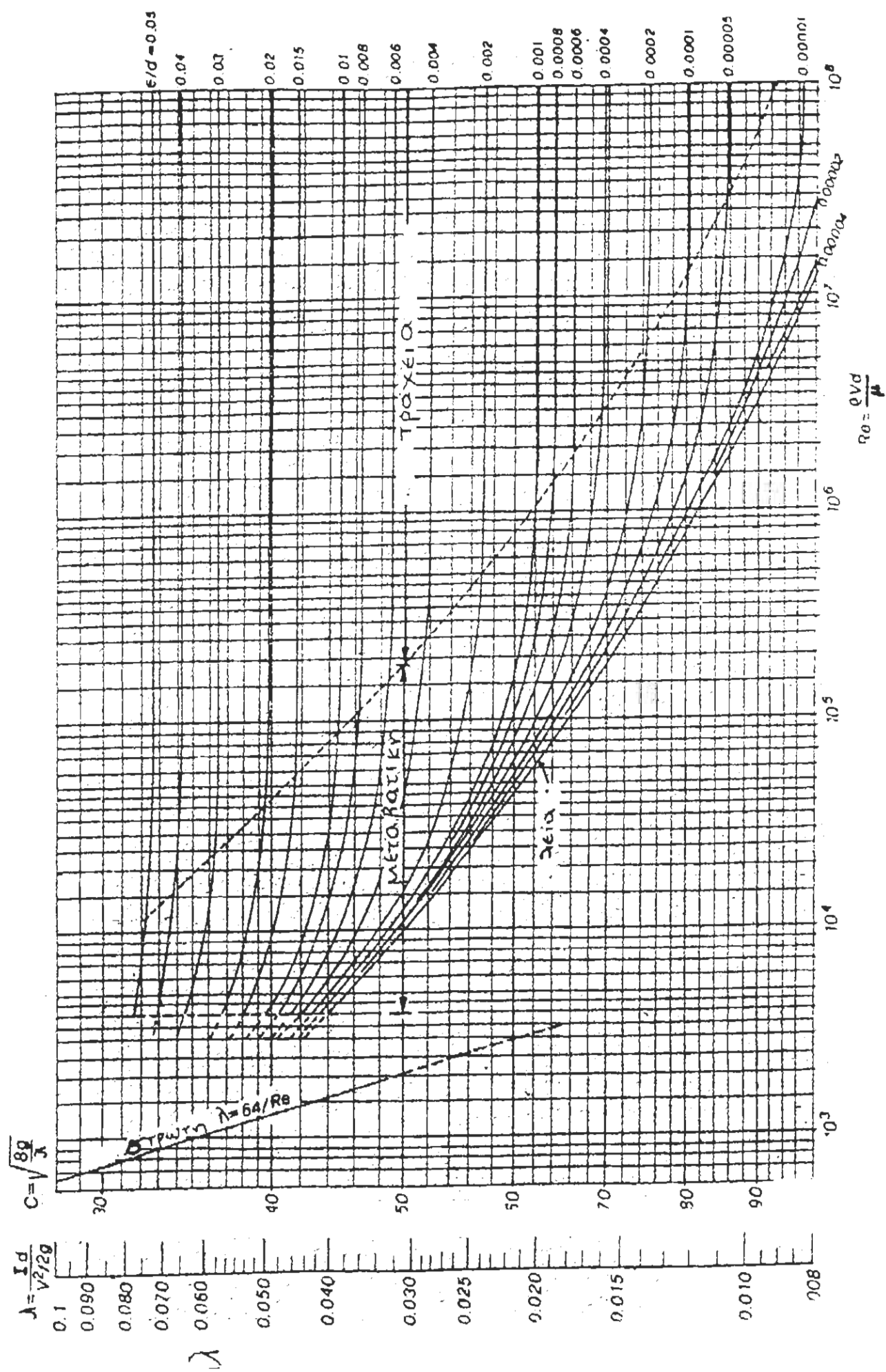
$$U = C \sqrt{(D/4) I_f} \quad (3.3.2)$$

όπου ο συντελεστής C συνδέεται με το λ του τύπου του MOODY (σχ. 121) με τη σχέση:

$$C = (8g/\lambda)^{1/2} \quad (3.3.3)$$

Τύπος υλικού σωλήνα	Τραχύτητα ϵ (m)
Χαλκός, Γυαλί, Τσιμέντο	λείος
Χυτοσίδηρος με επένδυση πίσσας ή μπετόν	0.5×10^{-4}
Χάλυβας χωρίς βαφή	0.5×10^{-4}
Χάλυβας με βαφή	0.6×10^{-4}
Γαλβανισμένος σίδηρος	1.6×10^{-4}
Χυτοσίδηρος με βαφή	1.6×10^{-4}
Χυτοσίδηρος χωρίς βαφή	3×10^{-4}
Προκατασκευασμένο σκυρόδεμα	6×10^{-4}

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1



1)))

- Τύπος των HAZEN – WILLIAMS:

$$U = 0.354 C_H D^{0.63} I_r^{0.54} \quad (3.3.4)$$

Ισχύει για σωλήνες στην τυρβώδη μεταβατική περιοχή. Οι μεταβολές της ταχύτητας των τοιχωμάτων δημιουργούν μεταβολές στο συντελεστή C_H , που συνήθως για χυτοσίδηρους σωλήνες παίρνει την τιμή 135.

- Τύπος του MANNING:

$$U = \frac{0.397 D^{2/3} I_r^{1/2}}{n} \quad (3.3.5)$$

Ο συντελεστής $n = 1/K$ προσδιορίζει την ένταση των τριβών λόγω τραχύτητας των τοιχωμάτων. Συγκρίνοντας τη σχέση (VIII.3.5) με τον τύπο των DARCY – WEISBACH έχουμε:

$$\lambda = 124 \frac{n^2}{D^{1/3}} \quad (3.3.6)$$

Εκφράζοντας το συντελεστή λ με βάση τη σχέση (VIII.2.11) για τραχείς σωλήνες βρίσκουμε:

$$D^{1/6} / 124^{1/2} n = 2 \log (3.7 D/\epsilon)$$

$$n = \frac{D^{1/6}}{22.3 \log (3.7 D\epsilon)} \quad (3.3.7)$$

Σε αδιάστατη μορφή η σχέση αυτή γράφεται:

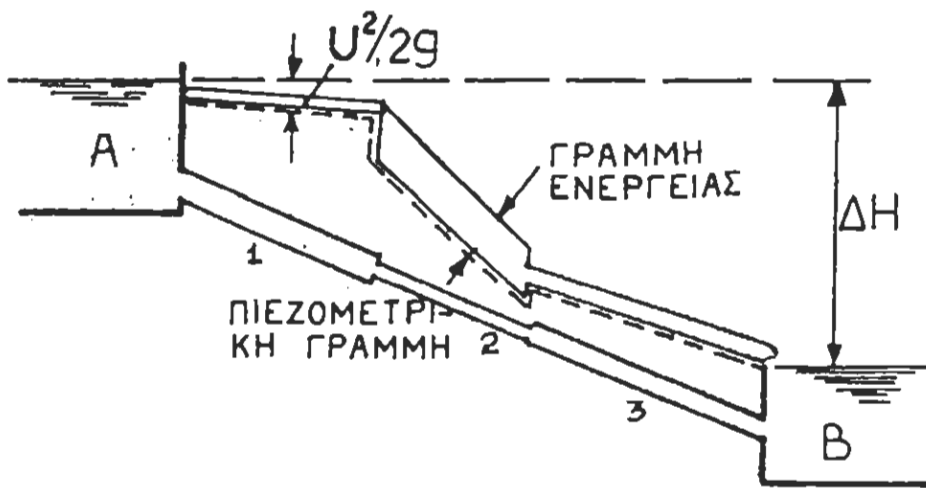
$$\frac{\epsilon^{1/6}}{n} = \frac{22.3 \log (3.7 D/\epsilon)}{(D/\epsilon)^{1/6}} \quad (3.3.8)$$

3.4. Πιεζομετρική γραμμή, γραμμή ενεργείας και τοπικές απώλειες σε ροή με πίεση

Το συνολικό υδραυλικό φορτίο H είναι το άθροισμα των παρακάτω όρων:

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} = h + \frac{U^2}{2g} \quad (3.4.1)$$

Ο γεωμετρικός τύπος των h δίνει την πιεζομετρική γραμμή, στην οποία παράλληλα είναι η γραμμή ενέργειας $H = h + U^2/2g$. Ενώ η γραμμή ενεργείας είναι πάντα φθίνουσα κατά τη διεύθυνση της ροής όπως φαίνεται στο σχήμα 10 για τρεις αγωγούς διαφορετικής διαμέτρου που συνδέουν τις δεξαμενές Α και Β, η πιεζομετρική γραμμή μπορεί να εμφανίζει ανοδικά άλματα. Αυτό συμβαίνει στη θέση σύνδεσης ενός



ΣΧ 3.10

αγωγού με άλλο αγωγό μεγαλύτερης διατομής. Στο σημείο αυτό η απότομη μείωση της ταχύτητας δημιουργεί αύξηση της πίεσης.

Τα σημεία αλλαγής διαμέτρου, οι διακλαδώσεις, η παρεμβολή βάνας καθώς και οι διατομές εισόδου και εξόδου σε δίκτυο σωλήνων αποτελούν αιτία τοπικών απωλειών ενέργειας.

Η συμβολή των τοπικών απωλειών τριβής σε σωλήνες εξαρτάται φυσικά από το μέγεθος των γραμμικών απωλειών.

Έτσι σε αγωγούς μεγάλου μήκους, όπου οι γραμμικές απώλειες έχουν σημαντική ένταση, οι τοπικές απώλειες μπορεί να είναι αμελητέες και να παραληφθούν. Αντίθετα σε σωλήνες μικρού μήκους οι τοπικές απώλειες μπορεί να αντιστοιχούν σε σημαντικό ποσοστό των συνολικών απωλειών τριβής, οπότε ο υπολογισμός τους αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Θεωρητικοί και πειραματικοί λόγοι δείχνουν ότι οι τοπικές απώλειες τριβής ΔH_T συνδέονται με την κινητική ενέργεια της ροής $U^2/2g$ με σχέση της μορφής:

$$\Delta H_T = K(U^2/2g) \quad (3.4.2)$$

K είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της τοπικής ασυνέχειας. Σε μερικές περιπτώσεις ο συντελεστής K μπορεί να υπολογισθεί θεωρητικά. Γενικά, όμως, οι τιμές του K δίδονται σε πίνακες ειδικευμένων εγχειριδίων εφαρμοσμένης Υδραυλικής.

Απότομη διεύρυνση της διατομής (BORDA)

Όπως φαίνεται στο σχ. 125 στην περίπτωση αυτή δημιουργείται αποκόλληση της ροής. Οι ταχύτητες είναι σημαντικές στον κεντρικό πυρήνα ροής ενώ αντίθετα στην περιοχή της διευρυμένης διατομής αναπτύσσεται μια περιστροφική κίνηση με ταχύτητες αντίθετης φοράς προς το κύριο ρεύμα της ροής. Τοποθετώντας πιεζομετρικούς σωλήνες κατά μήκος του τοιχώματος μπορούμε να μετρήσουμε την κατανομή των πιέσεων, όπως φαίνεται στο σχ. 126. Στη διευρυμένη διατομή, στο σημείο Α η πίεση είναι ίση με την πίεση p_1 που αναπτύσσεται στο σωλήνα εισόδου. Εφαρμόζοντας την εξίσωση της ισοστάθμισης των ποσοτήτων κίνησης ανάμεσα στις διατομές Α και 2 έχουμε:

$$p_2 \Sigma_2 - p_1 \Sigma_2 = \rho Q(U_1 - U_2)$$

όπου $\Sigma_2 = \pi D^2/4$ η διατομή του μεγάλου σωλήνα. Η σχέση αυτή γράφεται ακόμα:

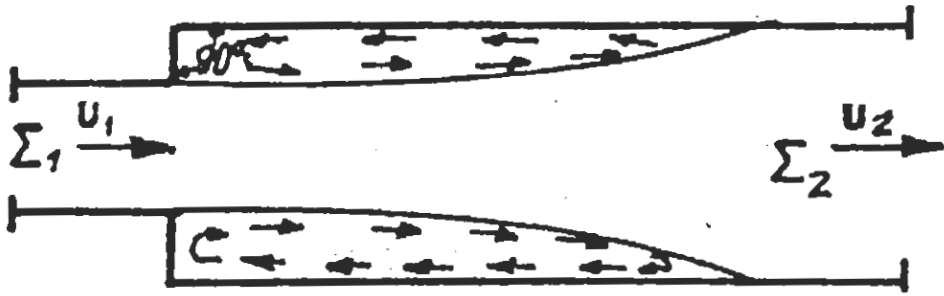
$$\frac{p_2 - p_1}{\rho g} = \frac{U_2}{g} (U_1 - U_2) \quad (3.4.3)$$

Εφαρμόζοντας το θεώρημα του BERNOULLI ανάμεσα στις διατομές Α και 2 βρίσκουμε ότι οι τοπικές απώλειες ΔH_T είναι:

$$\Delta H_T = \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} - \frac{p_2 - p_1}{\rho g} \quad (3.4.4)$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (3.4.3) και (3.4.4) βρίσκουμε:

$$\Delta H_T = \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} - \frac{2U_2(U_1 - U_2)}{2g} = \frac{(U_1 - U_2)^2}{2g}$$



$\Sigma X 3.11$

Ή ακόμα ότι

$$\Delta H_T = \left(1 - \frac{\Sigma_1}{\Sigma_2}\right)^2 \frac{U_1^2}{2g} \quad (3.4.5)$$

Συγκρίνοντας με τη σχέση (3.4.2.) συμπεραίνουμε ότι ο συντελεστής K δίδεται από την εξίσωση:

$$K = \left(1 - \frac{\Sigma_1}{\Sigma_2}\right)^2 = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2 \quad (3.4.6)$$

Για $D_1/D_2 = 0.5$ βρίσκουμε $K = 0.56$, ενώ για $D_1/D_2 = 0.8$ έχουμε $K = 0.13$. Οι τιμές αυτές επαληθεύονται προσεγγιστικά από το πείραμα.

Η ειδική περίπτωση που $\Sigma_2 \rightarrow \infty$ παριστάνει από φυσική άποψη την είσοδο σωλήνα σε δεξαμενή μεγάλων διαστάσεων. Στην περίπτωση αυτή ο τύπος (3.4.6) δείχνει ότι $K = 1$ δηλαδή οι απώλειες ΔH_T είναι:

$$\Delta H_T = \frac{U^2}{2g} \quad (3.4.7)$$

Η τιμή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις πρακτικές εφαρμογές.

Απότομη στένωση της διατομής

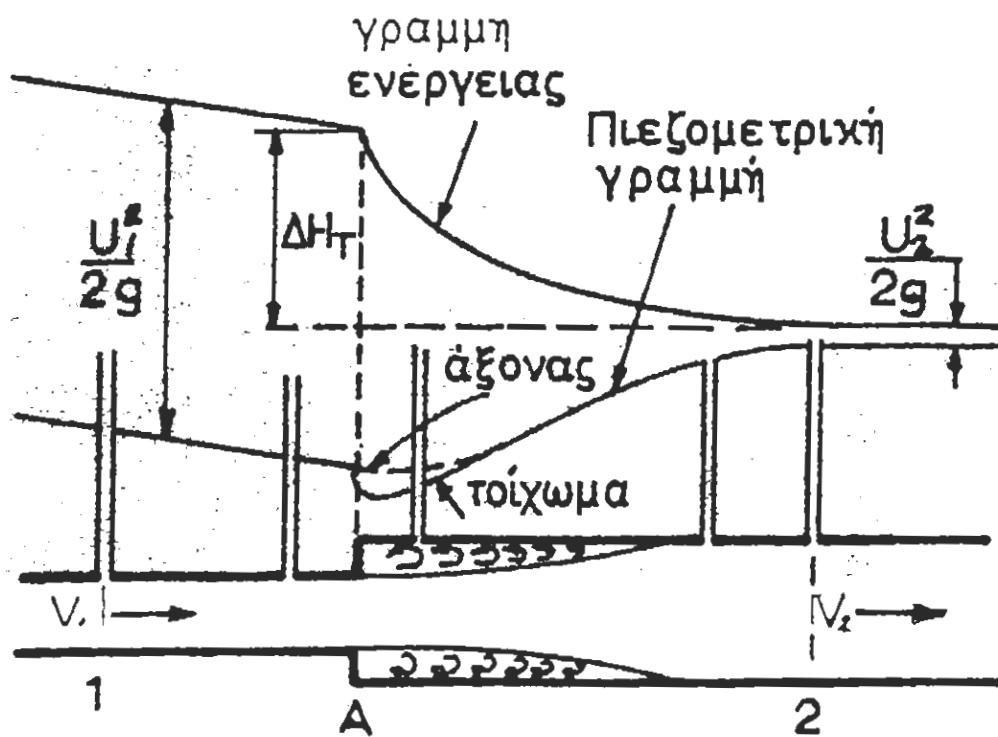
Όπως φαίνεται στο σχ. 128, στην περιοχή της στένωσης παρατηρείται συστολή των γραμμών ροής. Τα πειράματα δείχνουν ότι η διατομή συστολής είναι περίπου $0.6\Sigma_2 = 0.6(\pi D^2/4)$. Όπως φαίνεται στο σχ. 128 η απώλεια ενέργειας ΔH_T οφείλεται στη με μετάβαση από τη διατομή συστολής στη διατομή Σ_2 . Μπορούμε, λοιπόν, να χρησιμοποιήσουμε το αποτέλεσμα (VIII.4.5) γράφοντας:

$$\Delta H_T = \left(1 - 0.6\right)^2 \frac{(U_2/0.6)^2}{2g} = 0.44 \frac{U_2^2}{2g} \quad (3.4.7)$$

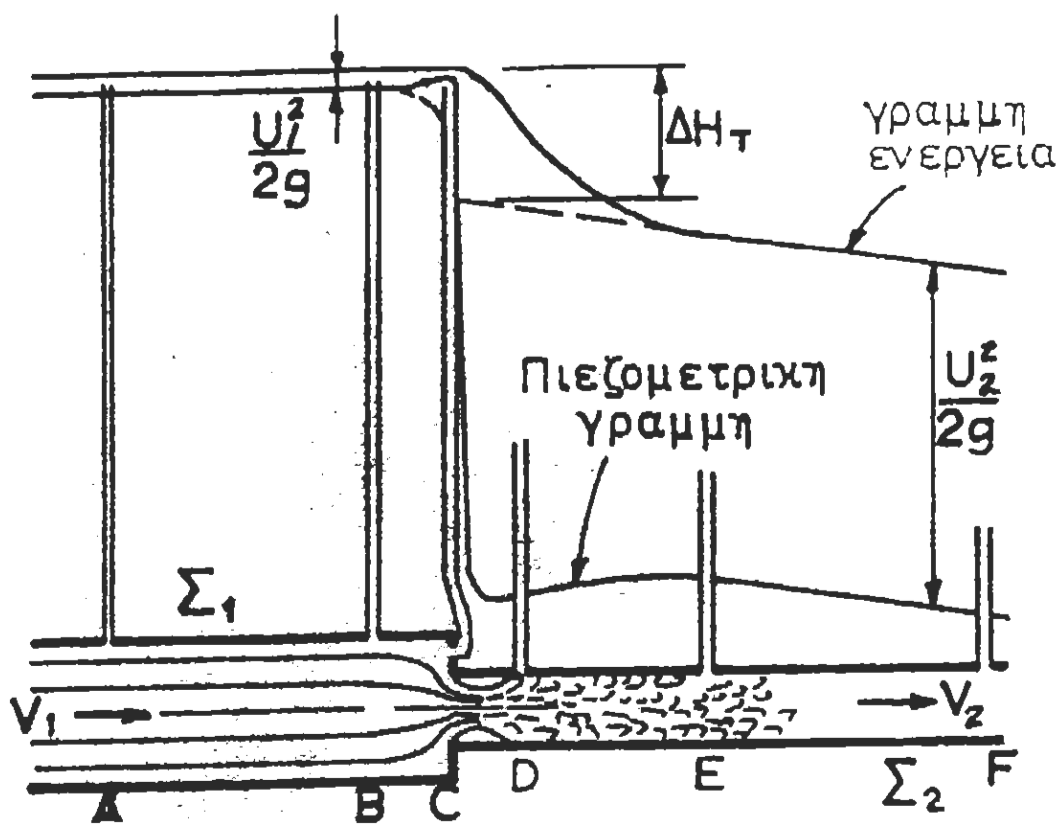
Ο συντελεστής K είναι λοιπόν 0.44. Στην πράξη παίρνουμε συνήθως $K = 0.5$ για απότομη στένωση της διατομής. Την ίδια τιμή του συντελεστή τοπικών απωλειών K μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την είσοδο σωλήνα από δεξαμενή (σχ. 129). Η τιμή είναι πολύ πιο μικρή ($K = 0.05$) για είσοδο με ομαλή καμπυλότητα των τοιχωμάτων ενώ είναι περίπου 1.0 για είσοδο που εισχωρεί στη δεξαμενή.

Ομαλή αύξηση της διατομής (διαχυτής)

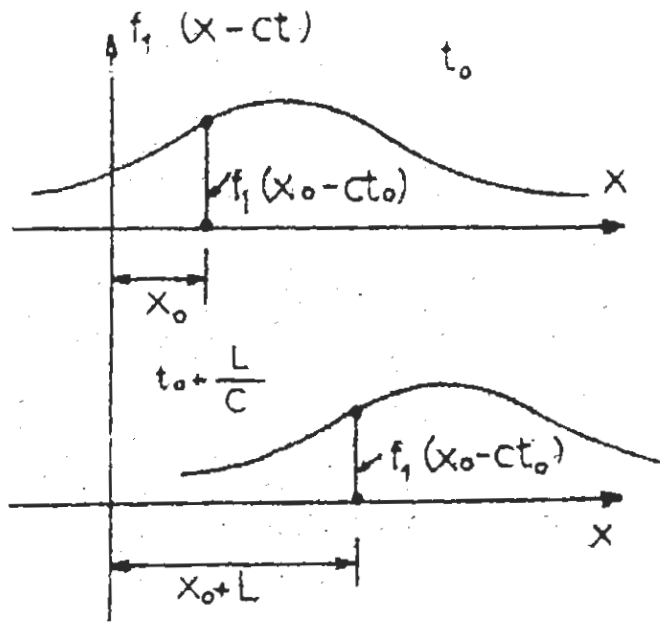
Η ομαλή μείωση της ταχύτητας με συνέπεια την αύξηση της πίεσης μπορεί να γίνει με κωνικό τμήμα γωνίας α . Οι απώλειες ενέργειας σε διαχυτή είναι δύο ειδών:
(α) γραμμικές απώλειες ΔH_f , που θα μπορούσαν να υπολογισθούν σε μήκος L με ολοκλήρωμα της μορφής:



ΣΧ 3.12



ΣΧ 3.13



ΣX 3.14

$$\Delta H_f = \int_L \frac{\lambda}{D} \frac{U^2}{2g} dx$$

β) απώλειες λόγω τυρβώδους ροής. Αυτές συνδέονται με την πολύπλοκη μορφολογία των γραμμών ροής που πολλές φορές δίνει αστάθεια της κεντρικής ρευστής φλέβας (ταλαντώσεις). Με βάση πειραματικά αποτελέσματα, το άθροισμα των γραμμικών και τοπικών απωλειών τριβής μπορεί να υπολογισθεί με τύπο της μορφής:

$$\Delta H_{f,ολ} = K' \frac{(U_1 - U_2)^2}{2g} \quad (3.4.8)$$

Οι τιμές του συντελεστή K' δίνονται στο σχ. 130.β. Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη γωνία του διαχυτή για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες είναι 8° . Η τιμή αυτή αυξάνει με την τραχύτητα των τοιχωμάτων. Παρατηρούμε ότι για $\alpha = 180^\circ$ (απότομη διεύρυνση) ξαναβρίσκουμε το θεωρητικό αποτέλεσμα $K' = 1$ (BORDA). η μέγιστη τιμή των απωλειών αντιστοιχεί σε γωνία $\alpha = 60^\circ$.

Αλλαγή διεύθυνσης, διακλαδώσεις, βάνες κ.λ.π.

Στις γωνίες αγωγού οι φυγόκεντρες δυνάμεις δημιουργούν αύξηση της πίεσης στην εξωτερική παρειά και μείωση στην εσωτερική. Σαν αποτέλεσμα έχουμε την ανάπτυξη διπλής σπειροειδούς ροής (σχ. 132) που συνεπάγεται απώλειες ενέργειας. Αποκολλήσεις της ροής και απώλειες λόγω τυρβώδους ροής έχουμε ακόμα και στην περίπτωση διακλάδωσης των αγωγών ή συμβολής της ροής (σχ. 133). Η ένταση των απωλειών είναι βέβαια συνάρτηση της γωνίας συμβολής των αγωγών και του λόγου των διαμέτρων των σωλήνων. Πίνακες και διαγράμματα δίδονται σε εγχειρίδια Υδραυλικής. Επίσης σε εγχειρίδια και εκδόσεις κατασκευαστών δίδονται οι συντελεστές K των τοπικών απωλειών σε βάνες, διαφράγματα, δικλείδες κ.λ.π..

Κεφάλαιο 4: Μη μόνιμες ροές σε κλειστούς αγωγούς

4.1 Περιγραφή του φυσικού φαινομένου

Διάφορες αιτίες απρόβλεπτες ή όχι μπορεί να δημιουργήσουν μη μόνιμες ροές σε μια υδραυλική εγκατάσταση. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε το απότομο άνοιγμα ή κλείσιμο μιας βάνας σε αγωγό αντλιοστασίου, το απότομο ξεκίνημα ή η απότομη διακοπή της λειτουργίας μιας αντλίας που μεταβάλλουν χρονικά την πίεση και την παροχή σε κάθε σημείο της εγκατάστασης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, που θα περιγράψουμε παρακάτω, δημιουργούνται κρουστικά υδραυλικά κύματα, που μεταδίδονται με μεγάλη ταχύτητα. Το φαινόμενο είναι γνωστό σαν υδραυλικό πλήγμα ή πλήγμα κριού.

Στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς υψηλής ή μέσης πτώσης, οι μη μόνιμες ροές αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο, αφού ο ρόλος των υδροηλεκτρικών σταθμών είναι συνήθως η εξυπηρέτηση των στιγμιαίων ζητήσεων ισχύος στο ηλεκτρικό δίκτυο. Θα πρέπει, λοιπόν, η εκκίνηση να γίνεται όσο το δυνατό συντομότερα. Αντίστροφα, σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος η ροή πρέπει να διακοπεί πριν οι στρόβιλοι αποκτήσουν μεγάλη ταχύτητα περιστροφής.

Οι μη μόνιμες ροές δημιουργούν πιέσεις πολύ μεγαλύτερες από αυτές που συνήθως αναπτύσσονται στη μόνιμη ροή. Επί πλέον, μπορούν να οδηγήσουν σε ασταθή λειτουργία και σε φαινόμενα ταλάντωσης. Ο Υδραυλικός Μηχανικός διαθέτει σήμερα πολλά μέσα που του επιτρέπουν να προβλέψει και να υπολογίσει με την επιθυμητή ακρίβεια τα χαρακτηριστικά των μη μόνιμων ροών. Όταν η εγκατάσταση είναι απλή (ένας αγωγός βαρύτητας, μια αντλία με αγωγό κατάθλιψης) η εφαρμογή της γραφικής μεθόδου του L. BERGERON ή αριθμητικών αλγορίθμων πεπερασμένων διαφορών δίνει κυλά αποτελέσματα. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση είναι πολύπλοκη (δίκτυα αγωγών που περιλαμβάνουν πολλές δεξαμενές και αντλίες) τότε τη λύση δίνει οπωσδήποτε ο αριθμητικός υπολογισμός σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα σύγχρονα γραφεία μελετών διαθέτουν σήμερα προγράμματα που τους επιτρέπουν να υπολογίσουν σε κάθε σημείο του δικτύου και σε κάθε χρονική στιγμή τη μεταβολή των πιέσεων και των ταχυτήτων.

Οι υπερπίεσεις ή υποπίεσεις που αναπτύσσονται έχουν ασυνήθιστα μεγάλες τιμές, που δεν σχετίζονται καθόλου με αυτές του μόνιμου φαινομένου και μπορούν να δημιουργήσουν κινδύνους θραύσης των οργάνων ή των αγωγών μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το νερό. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο ο μηχανικός να μπορεί να μελετήσει με λεπτομέρειες τα φαινόμενα αυτά, να υπολογίζει τις επικίνδυνες πιέσεις και να προβλέπει τα απαραίτητα όργανα που θα μειώσουν τις υπερπίεσεις σε τιμές συμβιβαστές με την αντοχή του υλικού των αγωγών, εξασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία των υδραυλικών δικτύων. Ταυτόχρονα, ο υπολογισμός επιτρέπει τη

μελέτη της καταλληλότητας των διαφόρων οργάνων προστασίας του δικτύου που προτείνουν οι κατασκευαστές.

Τα μη μόνιμα φαινόμενα ροής σε υδραυλικές εγκαταστάσεις με πίεση εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- την αδράνεια της μάζας του ρευστού
- τις φυσικές ιδιότητες του ρευστού και κυρίως τη συμπιεστότητά του
- την ελαστικότητα του αγωγού

Παρόλο ότι το νερό εμφανίζεται σαν πρακτικά ασυμπίεστο ρευστό, εντούτοις η παράλειψη των ελαστικών του ιδιοτήτων οδηγεί σε μεγάλα σφάλματα, όταν η μεταβολή των συνθηκών ροής είναι εξαιρετικά γρήγορη. Αν η μεταβολή των οριακών συνθηκών της ροής είναι ομαλή, τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το ρευστό είναι ασυμπίεστο και να μελετήσουμε τις ταλαντώσεις της μάζας του. Αν, πάλι, πρόκειται για πολύ ομαλή μεταβολή, τότε το φαινόμενο μπορεί να αναλυθεί σε διαδοχή μονίμων ροών.

Ο παρακάτω πίνακας ανακεφαλαιώνει τις τρεις δυνατές περιπτώσεις:

Το ποσοτικό κριτήριο για την εφαρμογή του κατάλληλου μαθηματικού ομοιώματος εξαρτάται από το ειδικό πρόβλημα. Για να καταλάβουμε καλύτερα τη φυσική σημασία του φαινομένου της μετάδοσης υδραυλικών πληγμάτων, ας δούμε την απλή περίπτωση ενός οριζόντιου αγωγού με μήκος L , που ξεκινά από μια δεξαμενή και καταλήγει σε μια δικλείδα.

Αν η δικλείδα κλείνει απότομα, η διατήρηση της ενέργειας δείχνει πως η απότομη μείωση της κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε έργο συμπίεσης του ρευστού και διαστολής των τοιχωμάτων του αγωγού. Δημιουργείται, λοιπόν, ένα κύμα υπερπίεσης που μετατοπίζεται με ταχύτητα μετάδοσης ίση με c . Η ταχύτητα c είναι ανάλογη με την ταχύτητα μετάδοσης του ήχου σε συμπιεστό ρευστό και εξαρτάται τόσο από τις ελαστικές ιδιότητες του ρευστού όσο και από την ελαστικότητα του αγωγού. Στο χρόνο $t = L/c$ το κύμα υπερπίεσης θα φθάσει στη δεξαμενή όπου και θα ανακλασθεί. Θεωρητικά η μετάδοσή του θα συνεχισθεί απεριόριστα ανάμεσα στη δεξαμενή και τη βάνα. Στην πράξη οι παραμορφώσεις του αγωγού και οι δυνάμεις τριβής προκαλούν μείωση της ενέργειας και οι ταλαντώσεις μειώνονται σε συνάρτηση με το χρόνο.

4.2. Το μαθηματικό ομοίωμα και τύποι μη μόνιμων ροών

Για τη θεωρητική μελέτη της μετάδοσης κυμάτων σε ροή με πίεση, δεχόμαστε όπως είδαμε στο μέρος Α', τις παρακάτω παραδοχές:

- η ροή είναι μονοδιάστατη (σωληνοειδής)
- η κατανομή των ταχυτήτων σε κάθε διατομή του αγωγού είναι ομοιόμορφη
- οι απώλειες ενέργειας λόγω τριβής στα τοιχώματα (ή οι διατμητικές τάσεις στα τοιχώματα) υπολογίζονται όπως στην περίπτωση μόνιμης ροής.

Όπως είδαμε στα κεφάλαια 2 και 3 (εξισώσεις 2.3.9 και 3.2.7) η διατήρηση της μάζας και των ποσοτήτων κίνησης εκφράζεται με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + U \frac{\partial p}{\partial x} + \rho c^2 \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad (4.2.1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = g(I_0 - I_f) \quad (4.2.2)$$

Η ορθότητα των εξισώσεων αυτών επαληθεύθηκε με πολλά πειράματα και παρατηρήσεις στο Εργαστήριο και επιτόπου. Ανεξάρτητα με τη μέθοδο ολοκλήρωσης του συστήματος των διαφορικών εξισώσεων με μερικές παραγώγους (4.2.1) και (4.2.2) πρέπει να γνωρίζουμε πιο μπροστά τις αρχικές και οριακές συνθήκες. Αν η ολοκλήρωση γίνεται στο χώρο $0 \leq x \leq L$ για $t \geq 0$, τότε έχουμε:

A) Αρχικές συνθήκες

Πριν από κάθε διαταραχή της ροής στο χρόνο $t = 0$ πρέπει να γνωρίζουμε μια σχέση ανάμεσα στις μεταβολές p , U της μορφής:

$$F(p, U, x) = 0 \quad \text{για} \quad 0 \leq x \leq L, \quad t = 0$$

Μια τέτοια σχέση είναι π.χ. η κατανομή των πιέσεων για μόνιμη ροή.

B) Οριακές συνθήκες

Είναι της μορφής:

$$F_0(p, U, t) = 0 \quad \text{για} \quad x = 0, \quad t > 0$$

(π.χ. $p = \text{σταθ.}$ αν στο σημείο 0 ο αγωγός συνδέεται με δεξαμενή σταθερής στάθμης)

$$f_L(p, U, t) = 0 \quad \text{για} \quad x = L, \quad t > 0$$

(π.χ. σχέση που συνδέει τις μεταβολές p , U στην έξοδο μιας βάνας).

Στη γενική περίπτωση το σύστημα των εξισώσεων (4.2.1) και (4.2.2.) περιέχει τη μεταφορά και την απόσβεση,

- είναι υπερβολικού τύπου αν παραλείψουμε τις τριβές. Πράγματι για $I_f = 0$, θέτοντας $H = p/\rho g - I_0$ και παραλείποντας τους μη γραμμικούς όρους, το σύστημα αυτό παίρνει τη μορφή:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{g}{c^2} \frac{\partial H}{\partial t} = 0, \quad \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (4.2.3)$$

Απαλείφοντας την U ή την H παίρνουμε αντίστοιχα

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 H}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = C^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (4.2.4)$$

Παρατηρούμε ότι το πρόβλημα ανάγεται στην επίλυση υπερβολικής εξίσωσης, ανάλογης με την εξίσωση των παλλομένων χορδών. Οι διαταραχές της ροής μεταδίδονται χωρίς να μειώνεται το πλάτος τους.

- είναι παραβολικού τύπου, όταν οι απώλειες I_f είναι έντονες. Στην περίπτωση αυτή, κάνοντας την υπόθεση ότι η επιτάχυνση ... Είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις τριβές, το σύστημα των εξισώσεων παίρνει τη μορφή:

$$\frac{\partial H}{\partial x} = - I_f \quad (4.2.5)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{g}{c^2} \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (4.2.6)$$

Αν η ροή είναι τυρβώδης, τότε οι απώλειες τριβής (σε μόνιμη ροή) δίδονται από τη σχέση:

$$I_f = \frac{\lambda}{D} \frac{U^2}{2g} = k \frac{U^2}{2g}$$

Αντικαθιστώντας στην (IX.2.5), παραγωγίζοντας ως προς x και χρησιμοποιώντας τη σχέση (IX.2.6) παίρνουμε:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = - \frac{k}{2g} \frac{2U}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial x} = \left(- \frac{kU}{g} \right) \left(- \frac{g}{c^2} \frac{\partial H}{\partial t} \right)$$

Η ακόμα:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \left(\frac{c^2}{kU} \right) \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \quad (4.2.7)$$

Η εξίσωση αυτή είναι ανάλογη με την εξίσωση μετάδοσης θερμότητας. Η ένταση της διαταραχής της ροής διαχέεται και ελαττώνεται καθώς μεταδίδεται.

Οι δύο παραπάνω περιπτώσεις είναι ακραίες. Στην πραγματικότητα μετάδοση και απόσβεση συνυπάρχουν στο φυσικό φαινόμενο.

4.3. Μεθοδολογίες μελέτης του υδραυλικού πλήγματος

Μπορούμε να κατατάξουμε τις διάφορες μεθόδους επίλυσης του προβλήματος σε δύο κατηγορίες:

- A) σ' αυτές που βασίζονται στην επίλυση του μαθηματικού ομοιώματος
- B) στις μελέτες σε φυσικά ομοιώματα.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας (α) χρησιμοποιεί διάφορα μέσα όπως τη μαθηματική ανάλυση, τον αριθμητικό υπολογισμό ή τη γραφική κατασκευή.

Ειδικότερα, η μελέτη του μαθηματικού ομοιώματος μπορεί να γίνει με τις παρακάτω μεθόδους:

- αναλυτική επίλυση (απλές περιπτώσεις)
- γραφική μέθοδος SCHNYDER - BERGERON
- πεπερασμένες διαφορές
- θεωρίες των χαρακτηριστικών

4.3.1 Αναλυτική επίλυση

Παραλείποντας τους μη γραμμικούς όρους, η μετάδοση των κυμάτων υδραυλικού πλήγματος περιγράφεται όπως είδαμε από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad (4.3.1.1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{g}{c^2} \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (4.3.1.2)$$

όπου σύμφωνα με τη σχέση (2.3.8) είναι:

$$\rho c^2 = 1 / (1/\varepsilon + D/Ee) \quad (4.3.1.3)$$

Σε συνάρτηση με την παροχή $Q = \Sigma U$, το παραπάνω σύστημα γράφεται:

$$\frac{1}{g\Sigma} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (4.3.1.4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{g\Sigma}{c^2} \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (4.3.1.5)$$

Οι δύο αυτές εξισώσεις οδηγούν μετά από απαλοιφές στις παρακάτω σχέσεις:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = 0 \quad (4.3.1.6)$$

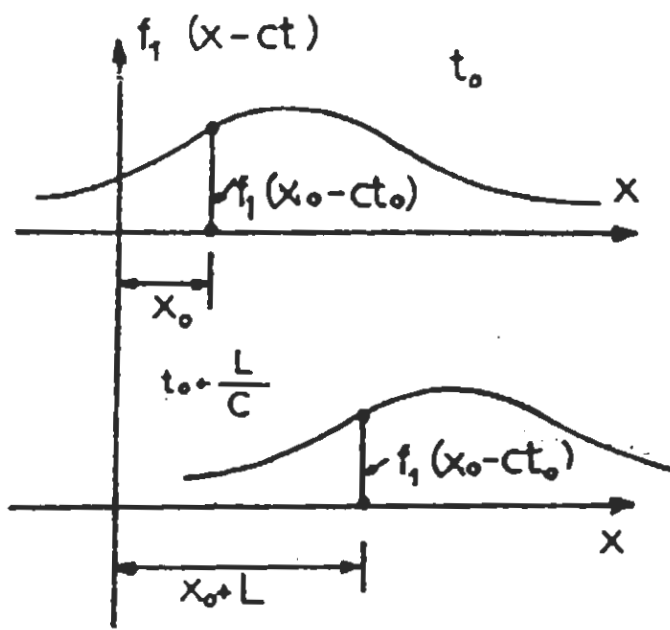
$$\frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = 0 \quad (4.3.1.7)$$

Όπως είναι γνωστό από τη μαθηματική φυσική, η μορφή των εξισώσεων αυτών είναι ίδια με τη μορφή των εξισώσεων των παλλόμενων χορδών. Η γενική λύση της εξίσωσης (IX.3.1.6) είναι:

$$H(x, t) = f_1(x - ct) + f_2(x + ct) \quad (4.3.1.8)$$

Για να πληρούνται ταυτόχρονα οι εξισώσεις (IX.3.1.7) και (IX.3.1.5) η παροχή Q δίδεται από τη σχέση:

$$Q(x, t) = \frac{g\Sigma}{c} \{f_1(x - ct) - f_2(x + ct)\} \quad (4.3.1.9)$$



$\Sigma X 4.1$

Είναι εύκολο να δείξουμε ότι η συνάρτηση $f_1(x - ct)$ παριστάνει ένα κύμα που μεταφέρεται αναλλοίωτο με ταχύτητα c . Ένας παρατηρητής που μετατοπίζεται προς τα αυξανόμενα x με ταχύτητα c , ακολουθεί την εξίσωση κίνησης:

$$x = x_0 + c(t - t_0)$$

Συνεπώς:

$$X - ct = x_0 - ct_0 = \text{σταθ.}$$

και η συνάρτηση f_1 διατηρεί την ίδια τιμή για τον παρατηρητή.

Το ίδιο συμβαίνει με τη συνάρτηση f_2 , που διατηρεί την ίδια τιμή για έναν παρατηρητή που μετατοπίζεται με ταχύτητα c , αυτή τη φορά όμως κατά τη διεύθυνση των αρνητικών x .

Για να ορίσουμε τη μορφή των συναρτήσεων f_1 και f_2 πρέπει να γνωρίζουμε:

- τις αρχικές συνθήκες, δηλαδή, τη μόνιμη ροή πριν αρχίσει η διαταραχή της ροής
- τις οριακές συνθήκες, δηλαδή, τις συνθήκες που καθορίζονται στα ακραία σημεία του αγωγού.

Με τον τρόπο αυτόν επιλύθηκαν από τον ALIEVI πολλές περιπτώσεις απλών ροών. Από τη στιγμή, όμως, που οι οριακές συνθήκες του προβλήματος περιπλέκουν, η αναλυτική μέθοδος είναι πρακτικά ανεφάρμοστη. Τότε ο μηχανικός μπορεί να εφαρμόσει τη γραφική μέθοδο, που επιτρέπει την επίλυση πρακτικών προβλημάτων, με ικανοποιητική ακρίβεια.

4.3.2 Γραφική μέθοδος του BERGERON

Στην προηγούμενη παράγραφο καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι μεταβλητές H και Q έχουν τη μορφή:

$$H = f_1(x - ct) + f_2(x + ct)$$

$$\frac{c}{g\Sigma} Q = f_1(x - ct) - f_2(x + ct)$$

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτουν οι παρακάτω.

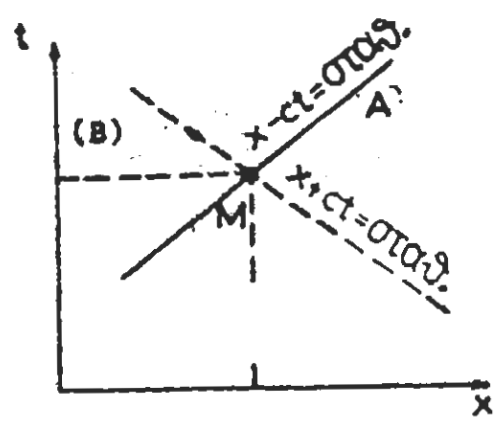
$$H + \frac{c}{g\Sigma} Q = 2f_1(x - ct) \quad (4.3.2.1)$$

$$H - \frac{c}{g\Sigma} Q = 2f_2(x + ct) \quad (4.3.2.2)$$

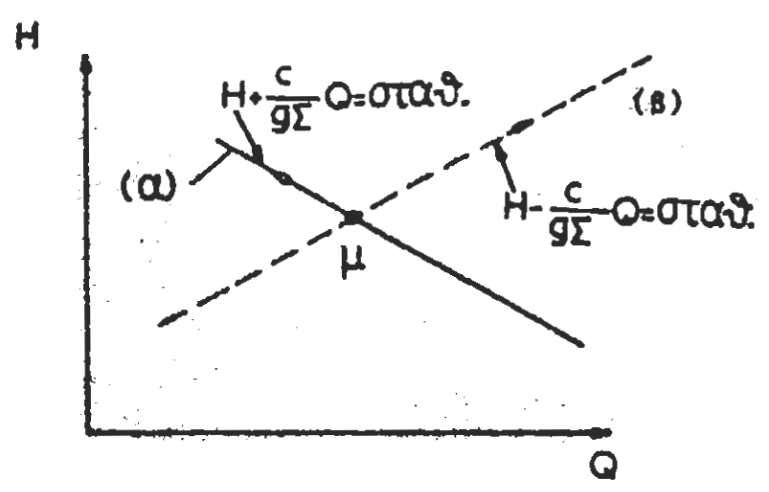
Η φυσική ερμηνεία των εξισώσεων αυτών είναι η εξής: Όταν στο πραγματικό επίπεδο $(x - t)$ ένας παρατηρητής μετατοπίζεται προς τα αυξανόμενα x (κατεύθυνση της ροής), η εξίσωση της κίνησής του είναι:

$$X = x_0 + ct \quad (4.3.2.3)$$

και παριστάνει μια ευθεία (A) με κλίση $(1/c)$.



ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ



ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

ΣΧ 4.2

Η σχέση (4.3.2.3) δείχνει ότι κατά την κίνηση του παρατηρητή η ποσότητα $x - ct = \text{σταθ}$ παραμένει σταθερή. Η εξίσωση (4.3.2.1) δείχνει ακόμα ότι για την κίνηση αυτή η ποσότητα:

$$H + \frac{c}{g\Sigma} Q = \text{σταθ}$$

παραμένει σταθερή. Επομένως στο επίπεδο των λύσεων ($Q - H$) τα άγνωστα μεγέθη H και Q διαγράφουν μια ευθεία γραμμή (α) με κλίση $-c/g\Sigma$ (σχ. 2).

Αντίστροφα, όταν ένας παρατηρητής ανεβαίνει κατά την αντίθετη κατεύθυνση προς τη ροή, τότε διαγράφει στο πραγματικό επίπεδο την ευθεία $x + ct = \text{σταθ}$ (ευθεία Β, σχ. 138), ενώ στο επίπεδο των λύσεων, όπως δείχνει η εξίσωση (4.3.2.2) οι άγνωστοι H και Q συνδέονται με τη σχέση:

$$H - \frac{c}{g\Sigma} Q = \text{σταθ}$$

που παριστάνει την ευθεία (β) με κλίση $+(c/g\Sigma)$.

Στο σημείο (M) της αλληλοτομίας της διαδρομής δύο παρατηρητών που κινούνται ο καθένας με αντίθετη κατεύθυνση και με ταχύτητα c , αντιστοιχεί ένα σημείο (μ) στο επίπεδο των λύσεων, που καθορίζει τις τιμές $Q(M)$ και $H(M)$ σαν αλληλοτομία των ευθειών (α) και (β). Αν μελετήσουμε, όμως, ένα παράδειγμα εφαρμογής της γραφικής μεθόδου.

4.3.3. Αριθμητική επίλυση με πεπερασμένες διαφορές

Τα προβλήματα μετάδοσης ελαστικών κυμάτων σε συστήματα υδραυλικών αγωγών με πίεση μπορούν να αντιμετωπισθούν σήμερα με σχετική ευκολία συνδυάζοντας τη χρήση των πεπερασμένων διαφορών με τους μικρο-υπολογιστές. Στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για φαινόμενα που διαρκούν πολύ λίγο χρόνο και αναπτύσσουν μικρές ταχύτητες ροής. Κατά συνέπεια οι μη γραμμικοί όροι $U\theta U/\theta x$ και $U\theta H/\theta x$ είναι μικροί σε σχέση με τις επιταχύνσεις $\theta U/\theta t$ και $\theta H/\theta t$ και συνήθως παραλείπονται.

Το γραμμικοποιημένο μαθηματικό ομοίωμα μπορεί να γραφεί με τη μορφή:

$$\frac{\theta U}{\theta t} + g \frac{\theta H}{\theta x} = 0 \quad (4.3.3.1)$$

$$\frac{\theta H}{\theta t} + \frac{c^2}{g} \frac{\theta U}{\theta x} = 0 \quad (4.3.3.2)$$

Η αριθμητική επίλυση των εξισώσεων αυτών απαιτεί τη γνώση των αρχικών και οριακών συνθηκών. Για παράδειγμα, σαν αρχική συνθήκη μπορούμε να έχουμε την κατανομή των ταχυτήτων και των πιέσεων πριν να αρχίσει η διατάραξη των συνθηκών ροής. Οι οριακές συνθήκες μπορεί να είναι διάφορες ανάλογα με τον τύπο του της υδραυλικής κατασκευής ή του υδραυλικού εξαρτήματος (δικλείδα, διάφραγμα κ.λ.π.). Μερικές από τις πιο συνηθισμένες οριακές συνθήκες είναι οι παρακάτω:

Συνθήκη δεξαμενής:

Στην έξοδο ή την είσοδο αγωγού σε δεξαμενή το πιεζομετρικό ύψος διατηρείται σταθερό, δηλαδή:

$$H = H_0 \quad (4.3.3.3)$$

Συνθήκη δικλείδας:

Στη θέση της δικλείδας μπορεί να δίδεται ο χρονικός νόμος μεταβολής της διατομής ή της ταχύτητας ροής. Για παράδειγμα μπορούμε να υποθέσουμε ότι η ταχύτητα U μειώνεται γραμμικά από U_0 μέχρι 0 σε χρόνο T_c . Η οριακή συνθήκη είναι:

$$\begin{aligned} U &= U_0 (1 - t/T_c) & 0 \leq t \leq T_c \\ U &= 0 & t > T_c \end{aligned} \quad (4.3.3.4)$$

Συνθήκη αντλίας:

Για αντλία σταθερών στροφών, οριακή συνθήκη είναι η χαρακτηριστική εξίσωση $H - Q$ της αντλίας, με τη μορφή:

$$H = AQ^2 + BQ + C$$

ή σε συνάρτηση με την ταχύτητα U :

$$H = A'U^2 + B'U + C' \quad (4.3.3.5)$$

Διάφορα αριθμητικά σχήματα πεπερασμένων διαφορών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του προβλήματος. Για τις γραμμικοποιημένες εξισώσεις (4.3.3.1), (4.3.3.2) πολύ καλό αποδεικνύεται για τις εφαρμογές ότι είναι το ρητό σχήμα, εφαρμοσμένο στον έκκεντρο κάρναβο του σχήματος 3. Η εξίσωση (4.3.3.2) γράφεται σε πεπερασμένες διαφορές:

$$\frac{H_i^{n+1/2} - H_i^{n-1/2}}{\Delta t} + \frac{c^2}{g} \frac{U_i^n - U_{i-1}^n}{\Delta x} = 0$$

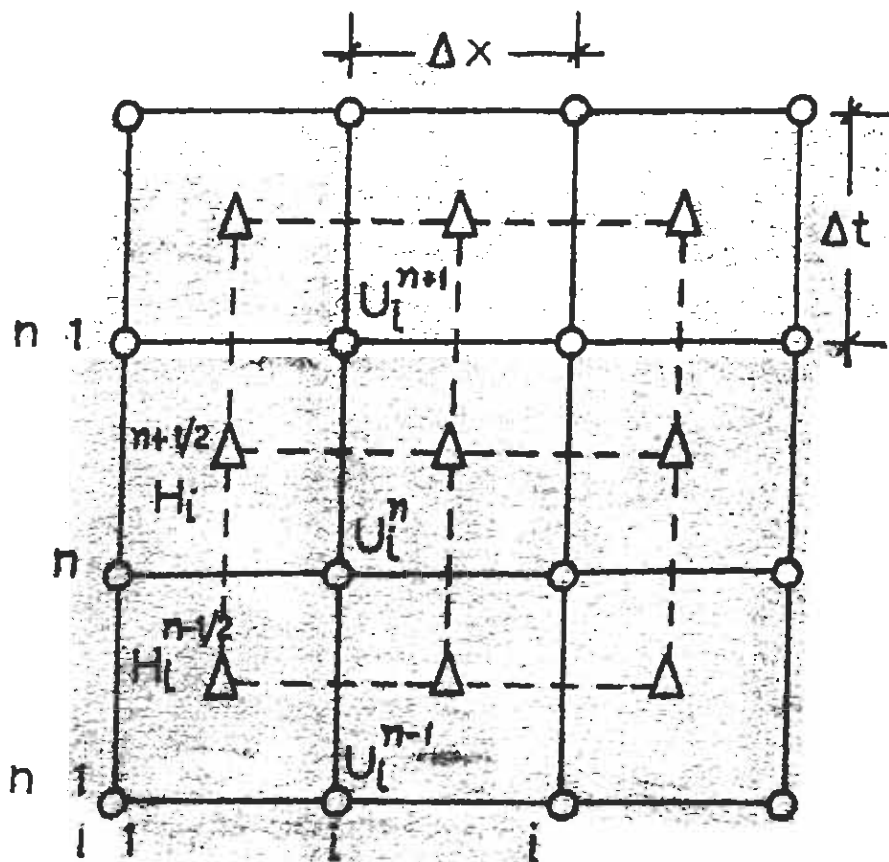
ή

$$H_i^{n+1/2} = H_i^{n-1/2} - \left(\frac{c^2}{g} \right) \frac{\Delta t}{\Delta x} (U_i^n - U_{i-1}^n) \quad (4.3.3.6)$$

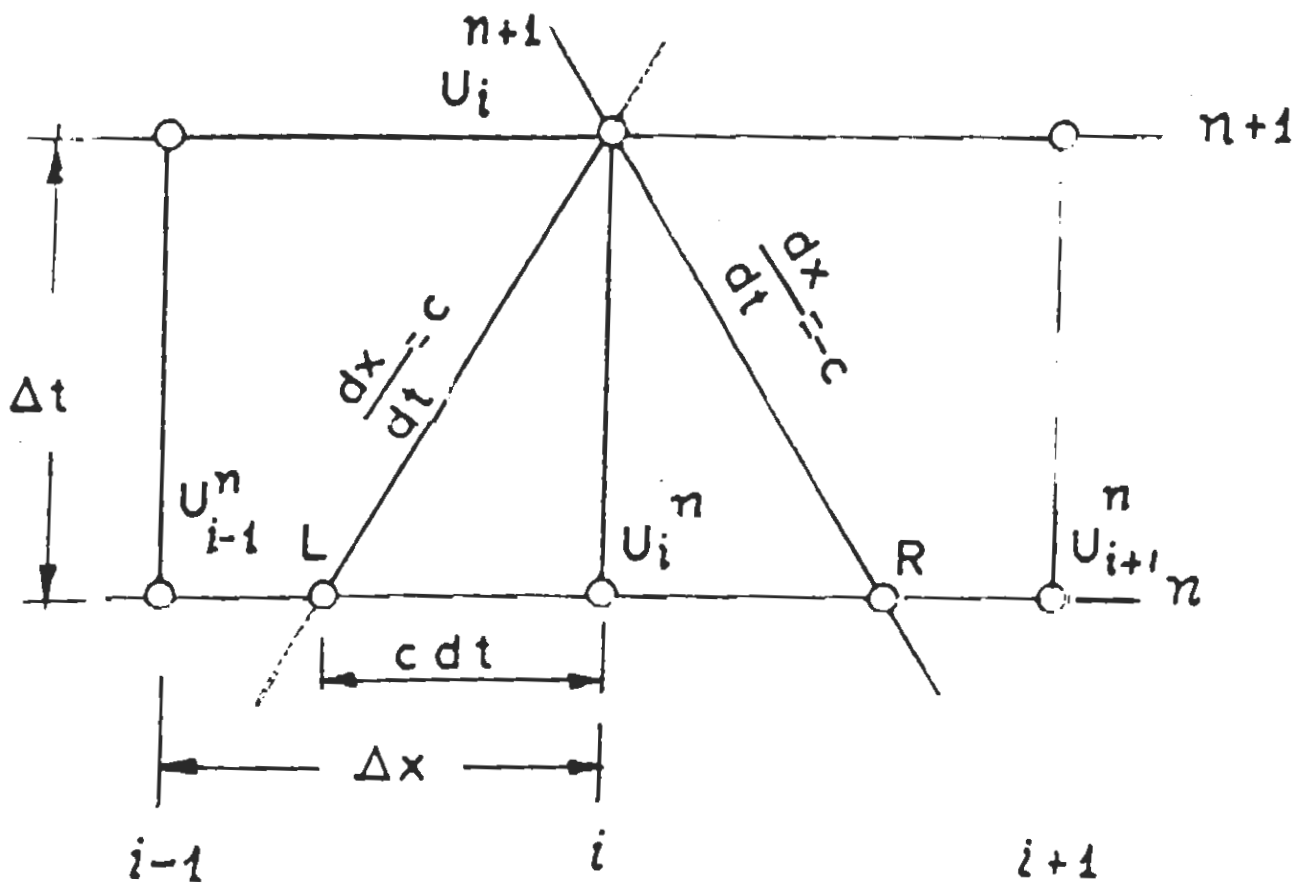
Η εξίσωση (4.3.3.1) γράφεται επίσης:

$$\frac{U_i^{n+1} - U_i^n}{\Delta t} + g \left(\frac{H_{i+1}^{n+1/2} - H_i^{n+1/2}}{\Delta x} \right) = 0$$

ή



ΣX 4.3



ΣX 4.4

$$H_R = H_i^n + (H_{i+1} - H_i) c \Delta t / \Delta x$$

B) Οι άγνωστοι U_i^{n+1} και H_i^{n+1} υπολογίζονται εφαρμόζοντας τις αναλλοιώτες των σχέσεων (4.3.4.3) και (4.3.4.4). Έχουμε:

$$U_i^{n+1} + \frac{gH_i^{n+1}}{c} = U_L + \frac{gH_L}{c} \quad (4.3.4.5)$$

$$U_i^{n+1} - \frac{gH_i^{n+1}}{c} = U_R - \frac{gH_R}{c} \quad (4.3.4.6)$$

Οριακές συνθήκες

Στο ανάντη όριο αν γνωρίζουμε την τιμή του H μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή του U χρησιμοποιώντας τη χαρακτηριστική R (4.3.4.6).

Στο κατόντη όριο γνωρίζοντας την ταχύτητα U υπολογίζουμε την πίεση H χρησιμοποιώντας τη χαρακτηριστική L (4.3.4.5).

Με βάση τα παραπάνω ο προγραμματισμός σε υπολογιστή μπορεί να γίνει με τρόπο ανάλογο με αυτό που εφαρμόσαμε στο παράδειγμα Β.6.

4.3.5 Προβλήματα μετάδοσης κυμάτων σε εγκαταστάσεις άντλησης

Ας μελετήσουμε την περίπτωση μιας αντλίας που ξεκινά απότομα.

Ο τρόπος εκκίνησης μιας αντλίας εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα της. Σε κάθε περίπτωση και αού βεβαιωθούμε ότι ο σωλήνας αναρρόφησης είναι γεμάτος με το ρευστό, η εκκίνηση πρέπει να γίνεται με κλειστή τη δικλείδα εξόδου και με αριθμό στροφών N_0 , έτσι ώστε το μανομετρικό ύψος για μηδενική παροχή, γίνει ίσο με την πίεση στη δεξαμενή κατάθλιψης H_0 .

Για τις αντλίες με μικρό ή μέσο ειδικό αριθμό στροφών η απορροφούμενη ισχύς ή η ροπή αντίστασης $M(Q)$ για σταθερή ταχύτητα N , έχει τη μορφή του σχήματος 5.α. Σε συνάρτηση με την ταχύτητα η ροπή μεταβάλλεται σαν N^2 (σχήμα 5.β).

Όταν η ταχύτητα μεταβάλλεται από 0 μέχρι N_0 (για να είναι $H = H_0$), τότε η ροπή ακολουθεί την καμπύλη OC (σχήμα 5.β.) Αν, τώρα, ανοίξουμε τη δικλείδα το μεν σημείο λειτουργίας μετατοπίζεται από το A στο B , ενώ η ροπή αντίστασης ακολουθεί την καμπύλη CP .

Αν ανοίξουμε τη δικλείδα από τη στιγμή που η αντλία πάρει τις στροφές N (σημείο A') τότε το σημείο λειτουργίας μετατίθεται πάνω στη χαρακτηριστική καμπύλη από το A' στο B . Η ροπή αντίστασης θα ακολουθήσει τη διαδρομή OD και DP .

Αν η αντλία λειτουργούσε σε κλειστό κύκλωμα αγωγών των οποίων η χαρακτηριστική καμπύλη είναι η παραβολή (α) (σχήμα 5.α.), τότε είναι δυνατό να κρατήσουμε ανοικτή τη δικλείδα του αγωγού αναρρόφησης από την αρχή. Σ' αυτήν την περίπτωση, ενώ το σημείο λειτουργίας μετατοπίζεται πάνω στην παραβολή (α), η ροπή M μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την ταχύτητα N πάνω στην παραβολή (α):

Όταν ο αγωγός κατάθλιψης έχει σημαντικό μήκος τότε πρέπει να λάβουμε υπόψη και την αδράνεια του ρευστού και να μελετήσουμε τη μετάδοση των κυμάτων, θα εφαρμόσουμε τη γραφική μέθοδο BERGERON.

Θα υποθέσουμε ότι στο χρόνο $t = 0$, η δικλείδα είναι κλειστή ($Q = 0$) ο αριθμός στροφών $N = N$ και το μανομετρικό ύψος $H = H_0$. Στο χρόνο $t = 0^+$ η αντλία

αντλίας υπάρχει μία βαλβίδα αντεπιστροφής που κλείνει αυτόματα τότε αρνητικές παροχές δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθούν.

Αν η κλίση ($c/g\Sigma$) είναι μεγάλη είναι δυνατό η ευθεία που ξεκινά από το σημείο 1β να συναντήσει τον άξονα των Η. Τότε δύο περιπτώσεις είναι δυνατό να διερευνηθούν: η απόλυτη πίεση στο σημείο Α της αντλίας, οπότε αυτή λειτουργεί σα στρόβιλος αντίδρασης. Η άλλη περίπτωση είναι η απόλυτη πίεση στο Α να γίνει μικρότερη από την τάση των ατμών του ρευστού P_s , οπότε εμφανίζονται φαινόμενα σπηλαιώσης.

- Ομαλή διακοπή της λειτουργίας μιας αντλίας

Στην πραγματικότητα, ο χρόνος διακοπής της ροής σπάνια είναι μικρότερος από το χρόνο $2L/c$. Αυτό συμβαίνει λόγω της αδράνειας της στρεφόμενης μάζας της αντλίας και του κινητήρα της. Αν I είναι η ροπή αδράνειας των στρεφόμενων μαζών και M η ροπή αντίστασης, τότε η χρονική μείωση της ταχύτητας περιστροφής ω γίνεται σύμφωνα με το νόμο:

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{M}{I} \quad (4.3.4.7)$$

Η ροπή αντίστασης M είναι δυνατό να υπολογισθεί σε κάθε σημείο της χαρακτηριστικής καμπύλης που αντιστοιχεί στην ταχύτητα ω ή στον αριθμό N .

Για τον παρατηρητή που έφυγε από τη δεξαμενή στο χρόνο $t_a = L/c$ (σημείο 1β, σχήμα 8) και κατευθύνεται προς την αντλία, οι συνθήκες ροής περιγράφονται από την ευθεία (1β, E) που έχει κλίση $+ (c/g\Sigma)$. Αν στο χρόνο $2t$, η χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας είναι η ω_2 , τότε το σημείο λειτουργίας της αντλίας είναι το 2α. Η ω_2 μπορεί να υπολογισθεί με αριθμητική ολοκλήρωση της εξίσωσης (4.3.4.7)

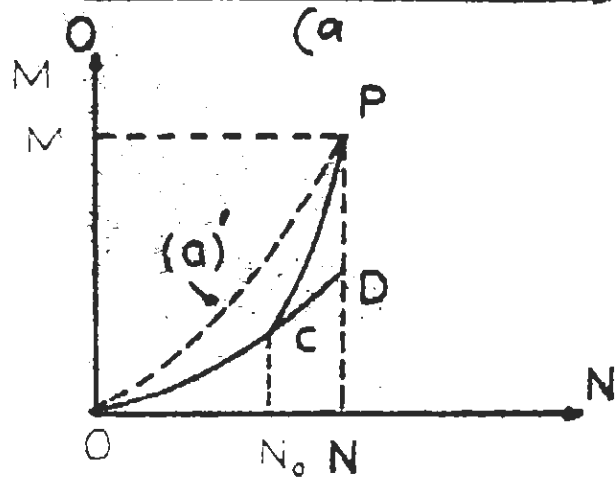
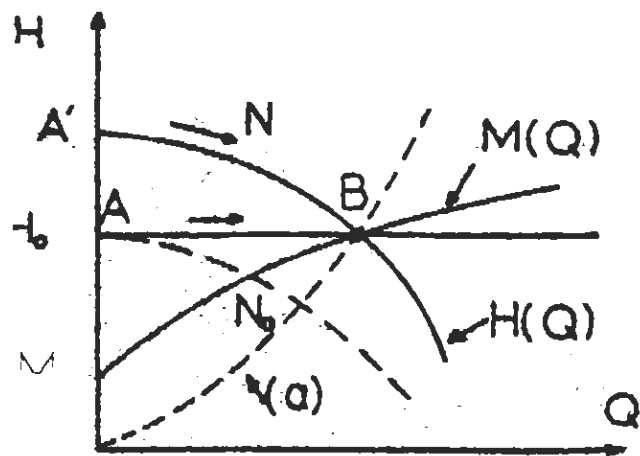
Συνεχίζοντας με τον ίδιο τρόπο τη γραφική κατασκευή βρίσκουμε τα σημεία 3β, 4α, 5β, 6α. Υποθέτοντας ότι ο αγωγός κατάθλιψης έχει βαλβίδα αντεπιστροφής, οι αρνητικές παροχές δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν και κατά συνέπεια το σημείο 6α βρίσκεται πάνω στον άξονα $Q = 0$.

Παρατηρούμε ότι η αδράνεια των στρεφόμενων μαζών μείωσε σημαντικά τη μέγιστη υποπίεση για αυτόματη διακοπή που στο σχήμα 8 παριστάνεται από το σημείο C. Η μείωση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η διακοπή της ροής δεν είναι αιχμηρή, αλλά η αντλία συνεχίζει να τροφοδοτεί τον αγωγό κατάθλιψης για ορισμένο χρόνο. Επειδή τις περισσότερες φορές η αδράνεια του συστήματος κινητήρα – αντλία δεν είναι αρκετή, μπορούμε να αυξήσουμε την αδράνεια αυτή με τη βοήθεια σφονδύλου γνωστής, ροπής αδράνειας, ου τοποθετείται στο κινητό τμήμα της μηχανής.

Η μείωση των υπερπίεσεων που δημιουργούνται σε δεύτερο στάδιο καθώς σταματά η ροή είναι δυνατό να γίνει χρησιμοποιώντας στην κατάθλιψη μια βαλβίδα αντεπιστροφής c που φέρει μικρή σπή και μια δικλείδα V που κλείνει αυτόματα και με ομαλό τρόπο, μόλις μηδενισθεί η τάση του ρεύματος.

Αντί για την σπή του διαφράγματος είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε ένα κανονικό διάφραγμα c και ένα μικρό αγωγό αντεπιστροφής που έχει μικρή δικλείδα v . Η δικλείδα αυτή είναι ανοικτή όταν η αντλία λειτουργεί κανονικά και κλείνει αργά – αργά όταν σημειωθεί έλλειψη του ηλεκτρικού ρεύματος λόγω βλάβης.

Μέτρα προστασίας των αντλιών από υδραυλικά πλήγματα



ΣX 4.5

παίρνει N στροφές και συνεπώς στη θέση της αντλίας A : $x = 0$ ισχύει σαν οριακή συνθήκη η χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας $H = f(Q)$.

Η απότομη αύξηση των στροφών στο σημείο A δημιουργεί ένα κύμα υπερπίεσης που μεταδίδεται προς τη δεξαμενή B με ταχύτητα c . Το κύμα αυτό φθάνει στο σημείο B σε χρόνο $t_a = L/c$ όπου επικρατούν ακόμα οι αρχικές συνθήκες ροής ($Q = 0$, $H = H_0$). Στο σημείο $1B$ (σχήμα 6) αντιστοιχεί, λοιπόν, στο πεδίο λύσεων το σημείο 1β ($Q = 0$, $H = H_0$). Όταν ο παρατηρητής ξεκινά από τη δεξαμενή και κατευθύνεται προς την αντλία, το αντίστοιχο σημείο στο πεδίο των λύσεων διαγράφει μια ευθεία, που ξεκινά από το σημείο 1β και έχει κλίση $= (c/g\Sigma)$. Όταν φθάσει στην αντλία στο χρόνο $2t$ (σημείο $2A$) το αντίστοιχο σημείο βρίσκεται αλληλοτομία της ευθείας αυτής και της χαρακτηριστικής καμπύλης (σημείο 2α , σχήμα 6).

Με ανάλογο τρόπο βρίσκουμε τα σημεία 3β , 4α , 5β , ... Παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα θα ήταν το ίδιο εφόσον ο χρόνος επιτάχυνσης της αντλίας από N_0 στροφές σε N στροφές είναι μικρότερος από $2t/c$.

Απότομη διακοπή της λειτουργίας μιας αντλίας

Υποθέτουμε, τώρα, ότι λόγω βλάβης του ηλεκτρικού δικτύου η αντλία σταματά ακαριαία, με συνέπεια να μηδενισθεί η παροχή στον αγωγό κατάθλιψης.

Δύο περιπτώσεις είναι δυνατό να εμφανιστούν: η εγκατάσταση περιλαμβάνει στην έξοδο της αντλίας μια βαλβίδα αντεπιστροφής ή τέτοια βαλβίδα δεν υπάρχει, οπότε είναι δυνατό το ρευστό να περάσει μέσα από την αντλία κατά την αντίθετη φορά οπότε θα έχουμε αρνητική παροχή.

Θα εξετάσουμε τις δύο περιπτώσεις χωριστά. Στη γραφική κατασκευή θα λάβουμε υπόψη τις απώλειες λόγω της τριβής στον αγωγό κατάθλιψης, συγκεντρωμένες με ιδεατό διάφραγμα στην είσοδο της δεξαμενής.

Όταν ο σωλήνας κατάθλιψης δεν έχει βαλβίδα αντεπιστροφής, η χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας για $N = 0$ (αντλία σταματημένη) αποτελείται από δύο παραβολές P_1 και P_2 (σχήμα 7) που παριστάνουν τις απώλειες τριβής που δημιουργεί η αντλία όταν διασχίζεται από θετική ή αρνητική παροχή.

Αρχικές συνθήκες:

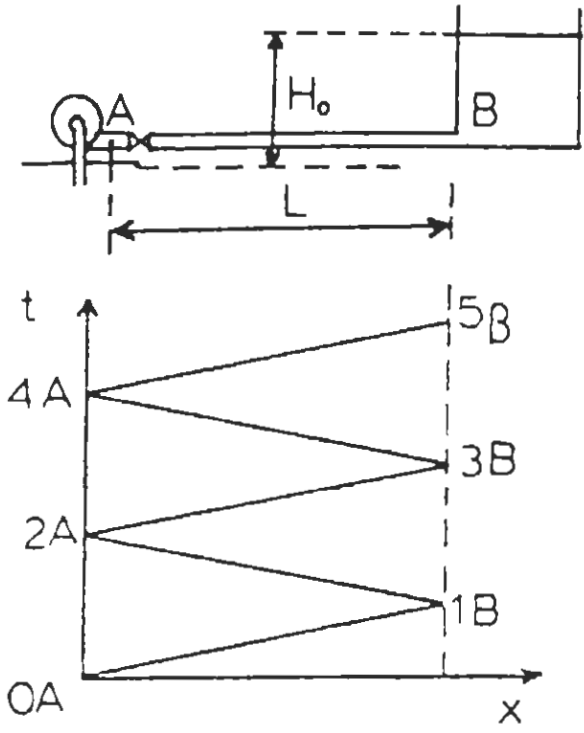
$$T = 0 : Q = Q_0, H = H_0 + H_f(1 - x/L), H_f = kQ^2$$

Οριακές συνθήκες:

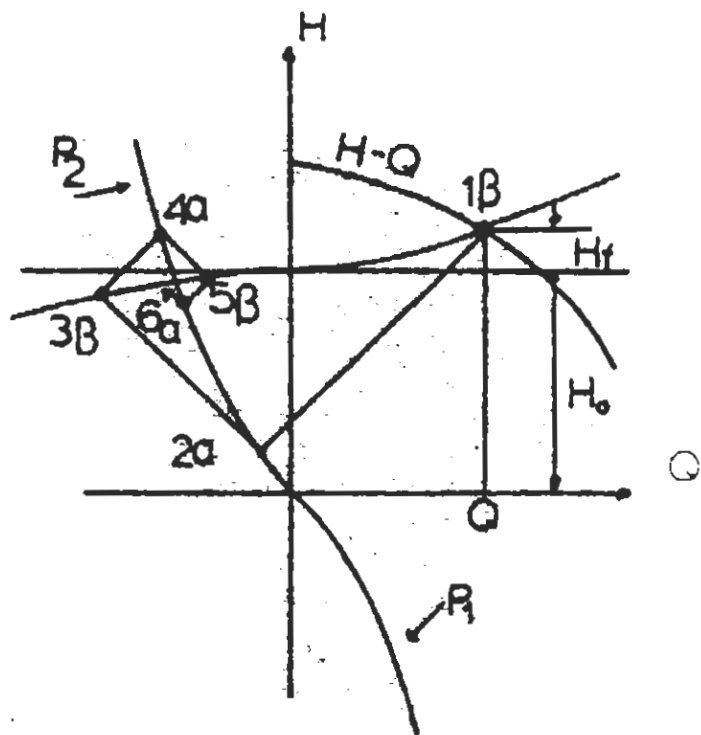
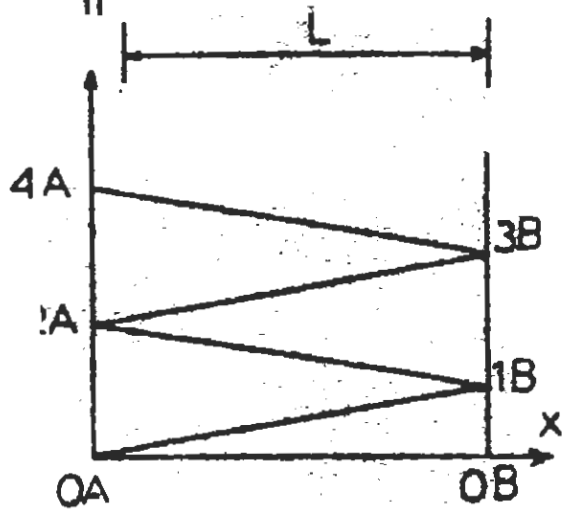
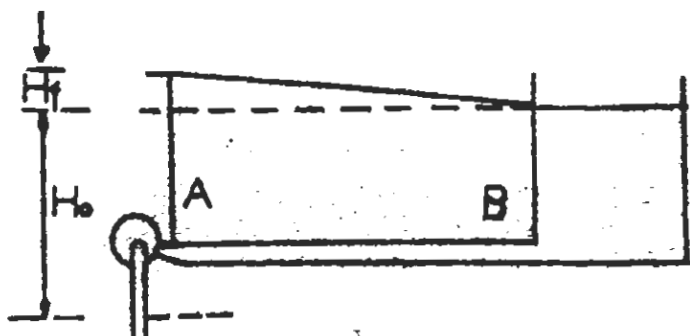
$$t \geq 0^+ : \text{Για } x = 0 : \text{Οι παραβολές } P_1 \text{ και } P_2 \text{ (σχήμα 7)}$$

$$\text{Για } x = L : H = H_0 + kQ^2$$

Ένα κύμα που φεύγει από την αντλία στο χρόνο 0, φθάνει στη δεξαμενή στο χρόνο t . Το σημείο 1β είναι το τελευταίο σημείο για το οποίο ισχύουν ακόμη οι αρχικές συνθήκες ροής. Κατά συνέπεια το 1β στο πεδίο των λύσεων βρίσκεται στην αλληλοτομία της χαρακτηριστικής καμπύλης της αντλίας $H - Q$ και της χαρακτηριστικής καμπύλης του δικτύου (σχήμα 7). Το σημείο 2α βρίσκεται στην αλληλοτομία της ευθείας που ξεκινά από το σημείο 1β και έχει κλίση $+ (c/g\Sigma)$ και της παραβολής P_2 . Με ανάλογο τρόπο, φέρνοντας τις ευθείες με κλίση $\pm (c/g\Sigma)$ βρίσκουμε τα σημεία 3β , 4α , 5β , 6α κ.λ.π. ανάμεσα στην παραβολή P_2 και την καμπύλη που παριστάνει τις οριακές συνθήκες στο σημείο B . Αν στην έξοδο της



ΣX 4.6



ΣX 4.7

Όπως είδαμε μπορούμε να μειώσουμε τις υποπίεσεις ή υπερπίεσεις λόγω διακοπής λειτουργίας της αντλίας είτε αυξάνοντας τη ροπή αδράνειας των στρεφόμενων μαζών είτε προβλέποντας βαλβίδες αντεπιστροφής με σπή. Ο καλύτερος, όμως, τρόπος προστασίας της αντλίας βοηθητικής ποσότητας νερού σε μικρή δεξαμενή, που αντικαθιστά κατά κάποιο τρόπο την παροχή που παύει να δίνει η αντλία. Συνήθως, η ποσότητα αυτή του νερού βρίσκεται μέσα σε μια μικρή δεξαμενή με πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος διαστέλλεται μόλις μειωθεί η πίεση στην έξοδο της αντλίας και διώχνει έτσι μια ποσότητα νερού προς τον αγωγό κατάθλιψης. Αντίστροφα, όταν η παροχή γίνει αρνητική, τότε ο αέρας συμπιέζεται και μειώνει έτσι την ποσότητα του νερού που επιστρέφει. Για να αυξήσουμε τις απώλειες ενέργειας κατά τη συμπίεση και την αποπίεση του αέρα συνήθως προσθέτουμε στη βάση της δεξαμενής ένα διάφραγμα Α. Βέβαια, το ιδανικό θα ήταν το διάφραγμα αυτό να δημιουργεί σημαντικές τοπικές απώλειες στη φάση της επιστροφής του νερού μέσα στη δεξαμενή, ενώ αντίστροφα, όταν ο αγωγός τροφοδοτείται από τη δεξαμενή, οι τοπικές απώλειες να είναι αμελητέες. Για να δημιουργήσουμε τέτοιες μη συμμετρικές απώλειες φορτίου, μια λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα διάφραγμα με τη μορφή μικρού ακροφύσιου. Άλλος τρόπος είναι η τοποθέτηση μιας βαλβίδας αντεπιστροφής με σπή, που ανοίγει τελείως όταν η παροχή προέρχεται από τη δεξαμενή και κλείνει, όταν η παροχή αλλάζει φορά.

Το μειονέκτημα των δεξαμενών με πεπιεσμένο αέρα είναι ότι χρειάζονται συχνή συντήρηση, γιατί ο όγκος του αέρα μειώνεται συνεχώς, επειδή ένα μέρος του διαλύεται στο νερό ή χάνεται λόγω απωλειών στο εξωτερικό περιβάλλον. Μια λύση είναι να τοποθετήσουμε στην έξοδο της αντλίας μια δεξαμενή εξισορρόπησης, μέσα στην οποία το επίπεδο της ελεύθερης επιφάνειας του νερού βρίσκεται στο ίδιο ύψος με την ελεύθερη επιφάνεια μέσα στη δεξαμενή κατάθλιψη. Η δεξαμενή εξισορρόπησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε φορά που το ύψος της κατάθλιψης είναι σχετικά μικρό (10 με 15 m) και δεν απαιτεί καμιά συντήρηση.

Ο υπολογισμός των δεξαμενών πεπιεσμένου αέρα και των δεξαμενών εξισορρόπησης μπορεί να γίνει με γραφικό τρόπο και σε συνδυασμό με τη γραφική μέθοδο BERGERON. Και στις δύο περιπτώσεις, αν Q είναι η παροχή που μπαίνει στη δεξαμενή και H το πεζομετρικό ύψος στο σημείο σύνδεσης της δεξαμενής με τον αγωγό, η επίλυση στηρίζεται στη γραφική ολοκλήρωση της διαφορικής σχέσης, που συνδέει τις μεταβλητές Q , H στο χρόνο t .

Για παράδειγμα αν Ω είναι ο όγκος του αέρα μέσα στη κλειστή δεξαμενή η εξίσωση συνεχείας δίνει τη σχέση:

$$Q = - \frac{d\Omega}{dt}$$

(το πρόσημο υπάρχει γιατί όταν $Q > 0$ ο όγκος Ω ελαττώνεται).

Αν η συμπίεση είναι πολύ αργή, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η μεταβολή είναι ισόθερμη οπότε:

$$\Omega H = \Omega_0 H_0 = K \quad \text{ή} \quad \Omega = K/H$$

Διαφορίζοντας έχουμε:

$$d\Omega = \frac{K}{H^2} dH$$

Η εξίσωση συνεχείας παίρνει τη μορφή:

$$Q = \frac{K}{H^2} \frac{dH}{dt} \quad (4.3.4.8)$$

Στην περίπτωση της δεξαμενής εξισορρόπησης, αν Σ_s είναι η διατομή της έχουμε:

$$Q = \Sigma_s \frac{dH}{dt} \quad (4.3.4.9)$$

Οι σχέσεις (4.3.4.8) και (4.3.4.9) μπορούν να ολοκληρωθούν με γραφικό τρόπο κατά μήκος των ευθειών με κλίση $\pm c/g\Sigma$.

4.4. Μη μόνιμες ροές με ταλαντώσεις μάζας

Όταν η χρονική μεταβολή των συνθηκών ροής είναι σχετικά αργή τότε μπορούμε να παραλείψουμε τα φαινόμενα συμπιεστότητας του ρευστού και του αγωγού. Από την εξίσωση συνεχείας σε σωλήνα σταθερής διατομής βγαίνει το συμπέρασμα ότι η ταχύτητα U είναι σταθερή κατά μήκος του σωλήνα. Είναι επομένως συνάρτηση μόνο του χρόνου t . Οι χρονικές της μεταβολής περιγράφονται από την εξίσωση κίνησης του EULER (3.5.6), που μπορεί να πάρει τη μορφή:

$$\frac{1}{g} \frac{dU}{dt} = - \frac{d}{dx} \left(\frac{U^2}{2g} + p + z \right) - I_f \quad (4.4.1)$$

Η εξίσωση αυτή παριστάνει με διαφορετικό τρόπο τη μη μόνιμη ροή με ταλάντωση μάζας και μπορεί να ολοκληρωθεί για τη μελέτη διαφόρων ειδικών προβλημάτων.

Ταλαντώσεις μάζας σε μανόμετρο τύπου U

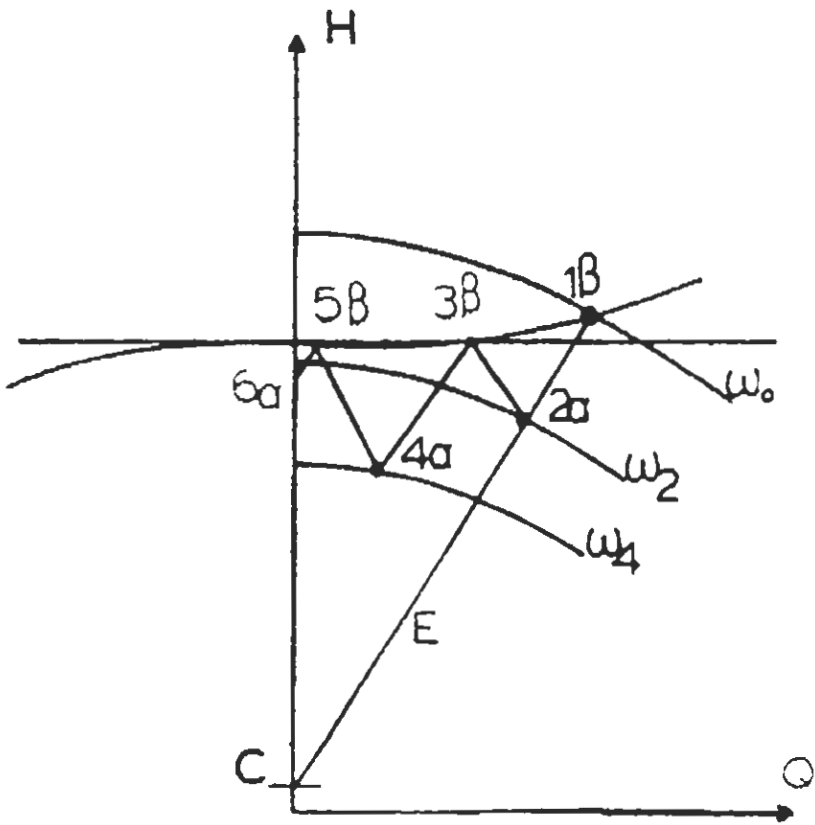
Αν ονομάσουμε $H = p/\rho g + U^2/2g + z$ το υδραυλικό φορτίο, η εξίσωση (4.41) γράφεται με τη μορφή:

$$\frac{1}{g} \frac{dU}{dt} = - \frac{dH}{dx} - I_f \quad (4.4.2)$$

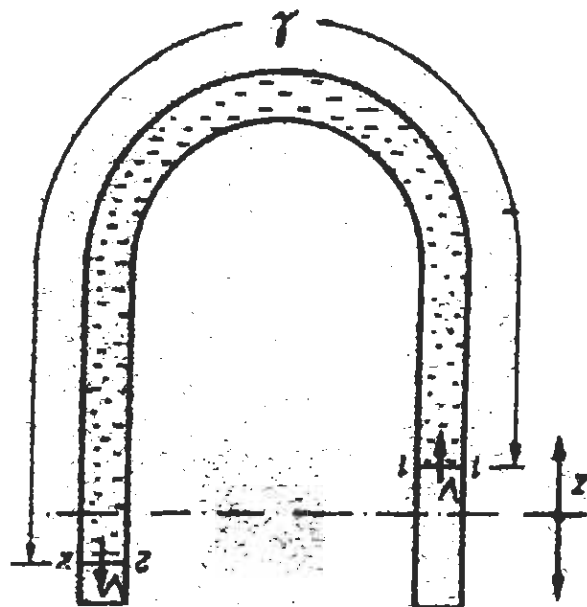
U είναι η ομοιόμορφη ταχύτητα ταλάντωσης του ρευστού. Ολοκληρώνοντας την (4.4.2) ανάμεσα στις διατομές 1 και 2 (σχήμα 9) που απέχουν απόσταση l , αγνοώντας τις τριβές και λαμβάνοντας υπόψη ότι:

$$H_1 = \pm z + U^2/2g \quad H_2 = \pm z + U^2/2g$$

παίρνουμε τη σχέση:



ΣX 4.8



$\Sigma X 4.9$

$$\frac{L}{g} \frac{dU}{dt} = \pm 2z \quad (4.4.3)$$

Επειδή η ταχύτητα U εκφράζεται με τη σχέση:

$$U = \pm \frac{dz}{dt} \quad (4.4.4)$$

η εξίσωση (4.4.3) γράφεται:

$$\frac{L}{g} \frac{d^2z}{dt^2} + 2z = 0 \quad (4.4.5)$$

Η γενική λύση της διαφορικής αυτής εξίσωσης είναι της μορφής:

$$z = C_1 \sin \sqrt{2g} t + C_2 \cos \sqrt{2g} t$$

Άνοιγμα ή κλείσιμο δικλείδας στην άκρη αγωγού

Όταν ο χρόνος ανοίγματος ή κλεισίματος είναι μεγαλύτερος από $2L/c$ όπου L το μήκος του αγωγού, μπορούμε να μελετήσουμε το φαινόμενο σαν ταλάντωση μάζας.

Ας εξετάσουμε πρώτα την περίπτωση που ανοίγουμε απότομα τη βάνα στην άκρη ενός σωλήνα που συνδέεται με δεξαμενή αρχικού ύψους H_0 . Η πίεση είναι στην αρχή ομοιόμορφη παντού και ίση με H_0 . Μόλις ανοίξει η δικλείδα η πίεση στην έξοδο μηδενίζεται και το ρευστό επιταχύνεται. Ολοκληρώνοντας κατά μήκος του σωλήνα την εξίσωση (4.4.1) με ταχύτητα $U = \text{σταθ.}$ για κάθε διατομή έχουμε:

$$\frac{L}{g} \frac{dU}{dt} = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} - \frac{\lambda L}{2gD} U^2 \quad (4.4.6)$$

Επειδή $p_1/\rho g = H_0$ και $p_2/\rho g = 0$ για $t \geq 0$ έχουμε:

$$\frac{L}{g} \frac{dU}{dt} = H_0 - \frac{\lambda L}{2gD} U^2 \quad (4.4.7)$$

Ολοκληρώνοντας βρίσκουμε:

$$\int dt = \frac{L}{g} \int \frac{dU}{H_0 - \frac{\lambda L}{2gD} U^2} \quad (4.4.8)$$

ή

$$\underline{2gDH_0 + U}$$

$$t = \frac{\sqrt{LD}}{2g\lambda H_0} \log \frac{\sqrt{\lambda L}}{\sqrt{\lambda L} - U} \quad (4.4.8)$$

Η αρχική ταχύτητα U_0 δίδεται από την έκφραση $U_0 = (2gDH_0/\lambda)^{1/2}$. Η σχέση (4.4.8) γράφεται, λοιπόν:

$$t = \frac{LU_0}{2gH_0} \ln \frac{U_0 + U}{U_0 - U} \quad (4.4.9)$$

Ο χρόνος t_{gg} για τον οποίο έχουμε $U = 0.99 U_0$ είναι:

$$t_{gg} = 2.65 \frac{LU_0}{gH_0} \quad (4.4.10)$$

Ας μελετήσουμε τώρα σύντομα την περίπτωση διακοπή της ροής. Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση όπου η χρονική μεταβολή της ταχύτητας dU/dt είναι πεπερασμένη, στην απότομη διακοπή της ροής η dU/dt μπορεί να πάρει πολύ μεγάλες τιμές. Η ολοκλήρωση της (4.4.1) πάλι τη μορφή:

$$\frac{L}{g} \frac{dU}{dt} = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} - \frac{\lambda L}{2gD^2} U^2 \quad (4.4.11)$$

Η πίεση $p_1/\rho g = H_0$. Η πίεση p_2 μπορεί να συνδέεται με τις τοπικές απώλειες στη βάννα, δηλαδή:

$$\frac{p_2}{\rho g} = K \frac{U^2}{2g} \quad (4.4.12)$$

Η διαφορική εξίσωση (4.4.11) παίρνει, λοιπόν, τη μορφή:

$$\frac{L}{g} \frac{dU}{dt} = H_0 - \frac{(K + \lambda L)}{D} \frac{U^2}{2g} \quad (4.4.13)$$

Όταν η σταθερά K είναι συνάρτηση του ανοίγματος της δικλείδας ή της ταχύτητας U , τότε η εξίσωση (4.4.13) μπορεί να λυθεί αριθμητικά.

Από τη σχέση (4.4.11) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι όταν $dU/dt \rightarrow \infty$. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στο γεγονός ότι δεν λαμβάνουμε υπόψη την ελαστικότητα του ρευστού.

5. Μόνιμη ροή σε δίκτυα κλειστών αγωγών

5.1 Υπολογισμός απλών υδραυλικών δικτύων

Προβλήματα ροής με πίεση σε δίκτυα αγωγών εμφανίζονται συχνά στο σχεδιασμό ύδρευσης πόλεων και οικισμών, στις εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις κτιρίων και στη βιομηχανία. Το πιο απλό πρόβλημα είναι βέβαια ο υπολογισμός ενός μόνο σωλήνα που συνδέει δύο δεξαμενές. Απλά υδραυλικά δίκτυα είναι ακόμα αυτά που δεν περιέχουν κλειστές διαδρομές και που συνήθως ονομάζονται ακτινωτά δίκτυα. Σε μερικά σημεία του δικτύου μπορεί ακόμα να παρεμβάλλονται υδραυλικές μηχανές, όπως αντλίες ή υδροστρόβιλοι, ενώ συνήθως στα όρια του δικτύου έχουμε συνθήκες δεξαμενών σταθερής στάθμης ή γνωστών παροχών.

Ας μελετήσουμε την πιο απλή περίπτωση ενός αγωγού διαμέτρου D και μήκους L , που μεταφέρει παροχή Q με απώλειες τριβής H_f . Συνδυάζοντας τις τέσσερις μεταβλητές:

H_f, Q, L, D

μπορούμε να διακρίνουμε διαφορετικούς τύπους προβλημάτων.

Ορθό πρόβλημα

(α) Δίδονται οι μεταβλητές D, L, Q . Ζητείται ο υπολογισμός των απωλειών τριβής H_f Χρησιμοποιώντας τον τύπο των DARCY – WEISBACH έχουμε:

$$H_f = \frac{\lambda L}{D} \frac{U^2}{2g} = \frac{8\lambda L}{\pi^2 g D^5} Q^2 \quad (5.1.1)$$

Το πρόβλημα λύνεται άμεσα χρησιμοποιώντας το διάγραμμα του MOODY. Πράγματι, γνωρίζοντας την παροχή και τη διάμετρο του σωλήνα υπολογίζεται πρώτα ο αριθμός Reynolds, οπότε σε συνάρτηση με τη σχετική τραχύτητα ϵ/D βρίσκουμε το συντελεστή λ χρησιμοποιώντας το διάγραμμα του MOODY. Οι απώλειες H_f υπολογίζονται κατόπιν άμεσα με βάση τον τύπο (5.1.1).

(β) Δίδονται οι μεταβλητές D, Q, H_f . Ζητείται το μήκος του αγωγού L .

Ο τύπος του προβλήματος αυτού επιλύεται άμεσα, όπως και ο προηγούμενος (α), συνδυάζοντας το διάγραμμα του MOODY με την εξίσωση (5.1.1).

Αντίστροφο πρόβλημα

(γ) Δίδονται οι μεταβλητές D, L, H_f . Ζητείται η παροχή Q του αγωγού.

Είναι προφανές ότι για το αντίστροφο πρόβλημα δεν είναι δυνατό να υπολογίσουμε το συντελεστή λ με βάση τα αρχικά δεδομένα. Εντούτοις, στις περισσότερες περιπτώσεις με πρακτικό ενδιαφέρον, βρισκόμαστε στην περιοχή της τραχείας τυρβώδους ροής, οπότε ο συντελεστής τριβών λ είναι συνάρτηση μόνο της ανηγμένης τραχύτητας ϵ/D και όχι του αριθμού Reynolds. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με διαδοχικές προσεγγίσεις. Δίδοντας μια προσεγγιστική τιμή στο συντελεστή λ με βάση την τραχύτητα ϵ/D , από τη σχέση (5.1.1) παίρνουμε:

$$Q = \frac{(\pi g D^5)^{1/2}}{8\lambda L} (H_f)^{1/2} \quad (5.1.2)$$

Χρησιμοποιώντας την παροχή Q υπολογίζουμε μετά τον αριθμό Reynolds και από το διάγραμμα του MOODY το συντελεστή λ . Αν η τιμή του λ διαφέρει αισθητά από την τιμή που διαλέξαμε στην αρχή, τότε επανερχόμαστε στη σχέση (5.1.2), για να διορθώσουμε στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο την τιμή του λ . Οι επαναλήψεις συνεχίζονται μέχρι να έχουμε σύμπτωση ανάμεσα στην προηγούμενη και την επόμενη τιμή του λ .

(δ) Δίδονται οι μεταβλητές Q, L, H_f . Ζητείται η διάμετρος D του αγωγού. Το πρόβλημα αυτό είναι από τα πιο συνηθισμένα στο σχεδιασμό των υδραυλικών δικτύων. Πράγματι, συνήθως, ζητείται ο προσδιορισμός των διαμέτρων των αγωγών του δικτύου, έτσι ώστε να μεταφέρεται η γνωστή παροχή Q με δεδομένες ριζ απώλειες. Ο τύπος αυτός των προβλημάτων μπορεί, επίσης, να επιλυθεί με διαδοχικές προσεγγίσεις ανάμεσα στις τιμές του συντελεστή τριβής λ (διάγραμμα MOODY) και στις τιμές της διαμέτρου D που υπολογίζονται από τον τύπο (5.1.1).

Ας μελετήσουμε τώρα συνοπτικά μερικές περιπτώσεις απλών δικτύων μιας μόνο διαδρομής, όπως είναι οι αγωγοί που συνδέονται σε σειρά ή σε παράλληλη διάταξη ή ακόμα η παρεμβολή υδροδυναμικών μηχανών (αντλία – στρόβιλος) σε μια διατομή του σωλήνα.

5.1.1 Αγωγοί που συνδέονται στη σειρά

Όπως δείχνει το σχήμα 1 θεωρούμε την περίπτωση τριών διαδοχικών διαμέτρων D_1, D_2, D_3 και μηκών L_1, L_2, L_3 , που συνδέουν δύο δεξαμενές A και B με συνολική υψομετρική διαφορά στάθμης H .

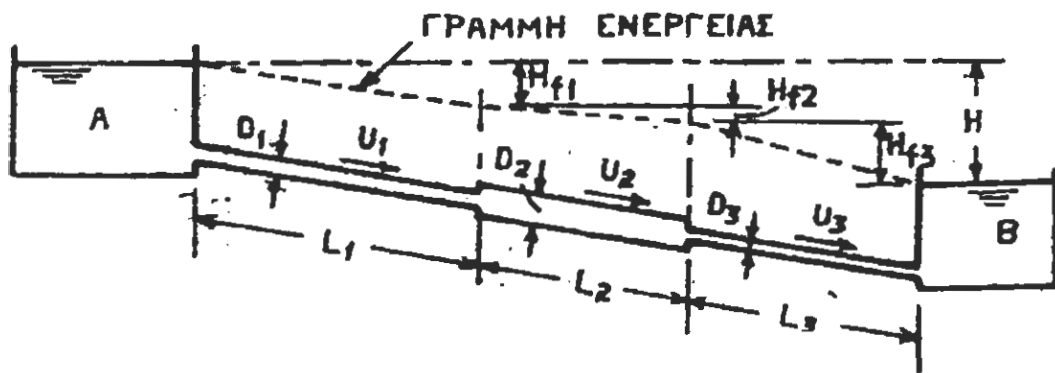
Στην περίπτωση αυτή οι παροχές Q_1, Q_2, Q_3 είναι ίσες μεταξύ τους, ενώ το άθροισμα των απωλειών τριβής H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} είναι ίσο με τη συνολική υψομετρική διαφορά H ανάμεσα στις στάθμες των δύο δεξαμενών.

Έχουμε λοιπόν:

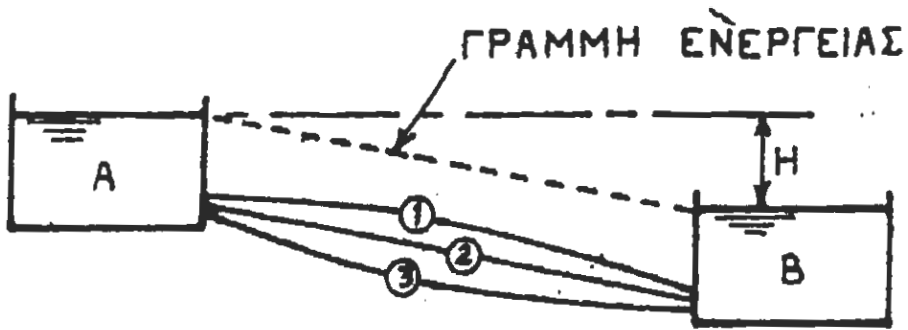
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

οπότε οι απώλειες υπολογίζονται με τον τύπο:

$$H = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} = \left(\frac{8\lambda L_1}{\pi^2 g D_1^5} + \frac{8\lambda L_2}{\pi^2 g D_2^5} + \frac{8\lambda L_3}{\pi^2 g D_3^5} \right) Q^2 \quad (5.1.1)$$



ΣΧ 5.1



ΣΧ 5.2

Η παροχή Q μπορεί να υπολογισθεί τώρα με τη σχέση:

$$Q = \frac{\pi (2gH)^{1/2}}{4 (\lambda_1 L_1 / D^5_1 + \lambda_2 L_2 / D^5_2 + \lambda_3 L_3 / D^5_3)} \quad (5.1.1.2)$$

Συχνά αντικαθιστούμε τους σωλήνες στη σειρά με ένα ισοδύναμο σωλήνα διαμέτρου D_L , μήκους L_L και συντελεστή τριβής λ_L . Ισχύει η σχέση:

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2} \frac{(\lambda_L L_L)}{D^5_L} \quad (5.1.1.3)$$

Αν διαλέξουμε τη διάμετρο D_L του ισοδύναμου σωλήνα καθώς και το συντελεστή λ_L , τότε το μήκος του προσδιορίζεται από τη σχέση (5.1.1.3), ως εξής:

$$L_L = \frac{D^5_L}{\lambda_L} \frac{(g\pi^2)}{8Q^2} \quad (5.1.1.4)$$

όπου η παροχή Q δίδεται από τον τύπο (5.1.1.2)

5.1.2 Αγωγοί σε παράλληλη διάταξη

Το σχήμα 2 δείχνει την ειδική περίπτωση τριών σωλήνων που συνδέουν δύο δεξαμενές A και B. Η διάταξη αυτή είναι παράλληλη, με κύριο χαρακτηριστικό κοινούς κόμβους από τους οποίους διακλαδίζονται οι παράλληλοι σωλήνες. Στους κόμβους αυτούς η πίεση είναι κοινή για όλους τους σωλήνες και ο υπολογισμός στηρίζεται στην κοινή πτώση πίεσης των σωλήνων.

Για την περίπτωση που φαίνεται στο σχήμα 2, έχουμε:

$$H = \frac{\lambda_1 L_1}{2gD_1} U_1^2 = \frac{\lambda_2 L_2}{2gD_2} U_2^2 = \frac{\lambda_3 L_3}{2gD_3} U_3^2 \quad (5.1.2.1)$$

Η συνολική παροχή Q του συστήματος είναι το άθροισμα των παροχών Q_1 , Q_2 , και Q_3 . Είναι λοιπόν:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{\pi}{4} (D^2_1 U_1 + D^2_2 U_2 + D^2_3 U_3) \quad (5.1.2.2)$$

Από τη σχέση (5.1.2.1) μπορούμε να υπολογίσουμε κάθε παροχή χωριστά οπότε βρίσκουμε:

$$Q_1 = \pi (g/8)^{1/2} (D^5_1 / \lambda_1 L_1)^{1/2} H^{1/2}$$

$$Q_2 = \pi (g/8)^{1/2} (D^5_2 / \lambda_2 L_2)^{1/2} H^{1/2}$$

$$Q_3 = \pi (g/8)^{1/2} (D^5/\lambda_3 L_3)^{1/2} H^{1/2}$$

Αντικαθιστώντας τις σχέσεις αυτές στην εξίσωση (5.1.2.2) βρίσκουμε τη συνολική παροχή Q.

Όπως και στην περίπτωση αγωγών σε διάταξη στη σειρά έτσι και για αγωγούς με παράλληλη διασύνδεση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια του ισοδύναμου σωλήνα. Πρόκειται για το σωλήνα που μεταφέρει την ίδια παροχή Q με διάμετρο D_L , μήκος L_L και συντελεστή απωλειών λ_L . Με βάση τις προηγούμενες σχέσεις ισχύει η εξίσωση:

$$\left(\frac{D_L^5}{\lambda_L L_L}\right)^{1/2} = \left(\frac{D_1^5}{\lambda_1 L_1}\right)^{1/2} + \left(\frac{D_2^5}{\lambda_2 L_2}\right)^{1/2} + \left(\frac{D_3^5}{\lambda_3 L_3}\right)^{1/2} \quad (5.1.2.3)$$

Δίνοντας εκ των προτέρων μια τιμή στα D_L και λ_L η εξίσωση (5.1.2.3) μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το μήκος L_L του ισοδύναμου σωλήνα και ύστερα τα στοιχεία Q ή H του συστήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΑΘΗΝΑ 1977.
2. ΓΚΑΝΟΥΛΗΣ Ι., ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΩΝ ΡΟΩΝ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1983
3. OIL AND GAS JOURNAL
INTERNATIONAL PETROLEUM NEWS AND TECHNOLOGY
WEEK OF APRIL 5, 1999
WEEK OF APRIL 12, 1999
PENNWELL
4. ERDOL ERDGAS KOHLE PETROCHEMIE,
TANUAR
HEFT 1, 1996

