



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

*Μελέτη και Σχεδιασμός Διαμεσολαβητή για τον
Έλεγχο Εγκατάστασης Χημικού Καθαρισμού σε
Εργοστάσιο*

Διπλωματική εργασία

Ιφιγένεια Μιχαηλίδου

Επιβλέπων: Δημήτριος Β. Ναθαναήλ
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2014

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης, που έγινε στο πλαίσιο της εκπόνησης διπλωματικής εργασίας, αφορά τη μελέτη του υπάρχοντα πίνακα χειρισμού για τον έλεγχο την εγκατάσταση του χημικού καθαρισμού σε εργοστάσιο και τον σχεδιασμό ενός νέου διαμεσολαβητή, στην οθόνη χειρισμού. Η εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη.

Στο πρώτο μέρος, γίνεται αναφορά στα είδη καθαρισμού απόβλητων παραγωγής και στην διεργασία του χημικού καθαρισμού συγκεκριμένα. Ακόμη, περιγράφεται πως πραγματοποιείται ο χημικός καθαρισμός στην παρούσα εγκατάσταση τόσο ως διεργασία όσο και ως διαδικασία. Για την αποτύπωση της διαδικασίας παρατηρήθηκαν και καταγράφηκαν πέντε χειριστές κατά την εργασία τους. Στη συνέχεια, προκειμένου να γίνει κατανοητή η αντίληψη των χειριστών για το σύστημα, ζητήθηκε από επτά χειριστές να σχεδιάσουν τις νοητικές αναπαραστάσεις που έχουν για το σύστημα. Μέσω της ανάλυσης των αποτελεσμάτων των νοητικών αναπαραστάσεων, καθώς και της ανάλυσης του πίνακα χειρισμού, γίνονται κατανοητά τα αίτια των λαθών των χειριστών. Τέλος, παρουσιάζονται οι εισαγωγικές έννοιες των συστημάτων SCADA καθώς και οι απαιτήσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές των συστημάτων αυτών.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, γίνεται η παρουσίαση της σχεδιαστικής λύσης, αντανακλώντας τις απαιτήσεις που έχουν προκύψει από την ανάλυση του πρώτου μέρους. Τέλος, γίνεται συνολική αποτίμηση της μελέτης και πρόταση για τα στάδια της περαιτέρω ανάλυσης.

Abstract

The purpose of this study, which was elaborated as a thesis, regards the analysis of the existing switch board in order to control the wastewater chemical cleaning process in a plant and the design of a new interface through a control panel. This study is divided in two parts.

In the first part, the different kinds of wastewater cleaning methods are listed with a specific reference to the chemical cleaning process. Moreover, the way the chemical cleaning takes place is described, both as a process and a procedure. In order to illustrate the procedure, the work of five operators was observed and written down. Furthermore, so as the operators' perception of the system becomes understood, it was asked by seven operators to draw their mental image of the system. Through analyzing the results of those mental images, as well as the switch board, the causes of the operators' mistakes and slips became more comprehensible. Lastly, there is an introduction to the SCADA systems along with the demands and technical specifications of these systems.

In the second part of this essay, a design solution is presented, reflecting the requirements which have resulted from the first part of the analysis. In conclusion, there is a spherical valuation of the study and suggestions on the stages of further analysis.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρηματικής Έρευνας, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σε συνεργασία με την εταιρία Colgate-Palmolive Hellas ABEE.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα κ. Δ. Ναθαναήλ και επιβλέποντα καθηγητή μου για την επιλογή του θέματος, την διαρκή καθοδήγησή του και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε από την πρώτη κιόλας στιγμή της συνεργασίας μας. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για την αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχε έξω από το πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας, προκειμένου να πετύχω τους στόχους μου και για την ακαδημαϊκή μου εξέλιξη. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ι.Δ.Α.Χ. κ. Κ. Γκίκα από τον τομέα Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρηματικής Έρευνας για την πολύτιμη και συνεχή βοήθειά του.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους εργαζόμενους της εταιρίας Colgate-Palmolive που με βοήθησαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του θέματος μου. Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μηχανικό νέων έργων κ. Τρύφωνα Αρβανίτη για την καθοδήγησή και τη βοήθειά του. Ακόμη, τον ομαδάρχη του παρασκευαστηρίου κ. Γιάννη Σιβρή και όλους τους χειριστές του χημικού καθαρισμού, για τον πολύτιμο χρόνο που μου διέθεσαν, τις συνεχείς διευκρινίσεις που μου έδιναν και την έμπρακτη βοήθεια τους στην εργασία μου μέσω της συμμετοχής τους στις καταγραφές που πραγματοποίησα.

Ιφιγένεια Μιχαλίδου
Αθήνα, Ιανουάριος 2014

Αφιερωμένο στον παππού μου
και στον φίλο μου Γιώργο

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Πρόλογος	6
Μέρος Α' Ανάλυση της εγκατάστασης.....	12
Εισαγωγή.....	13
Χημικός καθαρισμός βιομηχανικών αποβλήτων.....	14
Τα τρία είδη επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων.....	14
Ο χημικός καθαρισμός στην παρούσα διάταξη.....	15
Η διάταξη του χημικού καθαρισμού.....	18
Η διαδικασία του χημικού καθαρισμού.....	19
Παρασκευή χημικών.....	20
Παρασκευή μίγματος νερού-αποβλήτου.....	21
Προσθήκη των χημικών.....	22
Διαχωρισμός Λάσπης-Υπερκείμενου υγρού.....	24
Επεξεργασία του υπερκείμενου.....	26
Επεξεργασία της λάσπης.....	26
Μεθοδολογία Καταγραφής.....	28
Νοητικές αναπαραστάσεις των χειριστών.....	30
Σχέδιο No1.....	31
Σχέδιο No 2.....	34
Σχέδιο No 3.....	36
Σχέδιο No 4.....	39
Σχέδιο No 5.....	40
Σχέδιο No 6.....	41
Σχέδιο No 7.....	42
Αποτελέσματα της ανάλυσης.....	44
Κοινά στοιχεία στις νοητικές αναπαραστάσεις των χειριστών.....	45
Ο παρών πίνακας χειρισμού.....	45
Τι οδηγεί τους χειριστές σε λάθη.....	49
Άλλα μειονεκτήματα του πίνακα χειρισμού.....	52
Εργόσφαιρα.....	55
Μεθοδολογία Σχεδίασης.....	56
Συστήματα SCADA.....	58
Υποσυστήματα SCADA.....	58
Βασικές Απαιτήσεις.....	64
Τεχνικές προδιαγραφές.....	66

Μέρος Β΄ Η σχεδιαστική λύση	71
Αρχική οθόνη	72
Πρωτεύουσα περιήγηση	74
Εισαγωγή δεδομένων.....	77
Ποιοτικές παράμετροι	77
Ποσοτικές παράμετροι	78
Επιβεβαίωση.....	81
Παρασκευή χημικών.....	82
Αυτόματες και χειροκίνητες λειτουργίες.....	82
Διαθέσιμες πληροφορίες μέσω της οθόνης	85
Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας.....	88
Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας	92
Μεταφορά λάσπης.....	94
Διαχείριση Υπερκειμένου.....	96
Κορυφαία λωρίδα ελέγχου	98
Πρόσβαση με κωδικό	99
Μηνύματα ειδοποίησης και σφάλματος.....	100
Χρώματα στοιχείων.....	101
Γραμματοσειρά.....	102
Παρουσίαση της λύσης.....	103
Επίλογος.....	127
Βιβλιογραφία.....	131

Μέρος Α΄

Ανάλυση της εγκατάστασης



Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μια πρόταση για σχεδιασμό ενός διαμεσολαβητή για τον έλεγχο της εγκατάστασης του χημικού καθαρισμού σε εργοστάσιο. Όταν γίνεται μια τέτοια μελέτη σχεδιασμού ή βελτίωσης ενός βιομηχανικού συστήματος υπάρχουν οι προφανείς στόχοι που θέτει κανείς, όπως είναι η αυτοματοποίηση της διαδικασίας, η ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων και η οικονομικότερη διαχείριση των πόρων. Πέρα όμως από αυτούς τους προφανείς στόχους, πρέπει κανείς να εξασφαλίσει και τη βελτίωση της αντίληψης των χειριστών για το σύστημα. Γενικότερα όσο πιο περίπλοκο είναι ένα σύστημα, τόσο πιο πιθανό είναι οι χειριστές αυτού να έχουν κενά ή παρανοήσεις στην κατανόησή του. Μάλιστα όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αυτοματοποίησης ενός βιομηχανικού συστήματος, τόσο περισσότερες λειτουργίες αντιλαμβάνονται οι χειριστές ως ένα μαύρο κουτί, δηλαδή βλέπουν μόνο την αιτία και το αποτέλεσμα χωρίς να γνωρίσουν ή να κατανοούν τα ενδιάμεσα βήματα, και χωρίς να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται όλες τις παραμέτρους που επηρεάζονται από την μεταβολή μιας τιμής. Έτσι οι πιθανότητες λάθους είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Για να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες λάθους, πρέπει να γίνει εκτεταμένη ανάλυση του συστήματος, του περιβάλλοντος του καθώς και των χειριστών που θα αλληλεπιδρούν με αυτό.

Χημικός καθαρισμός βιομηχανικών αποβλήτων

Τα περισσότερα βιομηχανικά απόβλητα, πριν μεταφερθούν στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ πρέπει να τηρούν κάποια όρια όσον αφορά την συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων, την θολερότητα, την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, τα χρώματα και τα λάδια και γενικότερα την πληθώρα άλλων οργανικών ή ανόργανων ρύπων.

Τα τρία είδη επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων

Γενικότερα ένας πλήρης καθαρισμός βιομηχανικών λυμάτων συνίσταται από τα εξής τρία βήματα (Ε.Υ.Α.Θ. Α.Ε.):

- **Πρωτογενής επεξεργασία:**
Το στάδιο αυτό αφορά τον φυσικό ή χημικό καθαρισμό των αποβλήτων. Το βασικό βήμα εδώ είναι η εξισορρόπηση και η ομογενοποίηση της ροής. Είναι σημαντικό μια ποσότητα προς επεξεργασία να διαχωριστεί από το υπόλοιπο απόβλητο, για να είναι δυνατόν να μετρηθούν κάποια συγκεκριμένα μεγέθη, όπως για παράδειγμα η συγκέντρωση σωματιδίων και η τιμή του pH. Σε αντίθετη περίπτωση, από τη συνεχή προσθήκη νέου αποβλήτου στην κεντρική δεξαμενή αποβλήτων, τα μετρούμενα μεγέθη θα μεταβάλλονταν συνεχώς. Το ρευστό συνίσταται να παραμείνει σε ηρεμία αρκετές ώρες προτού γίνει καταγραφή κάποιων τιμών και ξεκινήσει ο καθαρισμός του. Διαδικασίας που λαμβάνουν χώρα στο πρώτο αυτό στάδιο καθαρισμού είναι συνήθως η εσχάρωση, η εξάμμωση, η ρύθμιση της τιμής του Ph, η λιποσυλλογή και τέλος η πρωτογενής καθίζηση. Ο πρωτογενής καθαρισμός μπορεί να ελαττώσει το ρυπαντικό φορτίο του αποβλήτου έως και 50%. Για τον λόγο αυτό, πολλές βιομηχανίες δεν είναι απαραίτητο να προχωρήσουν στα επόμενα δύο στάδια καθαρισμού.
- **Δευτερογενής επεξεργασία:**
Το δεύτερο αυτό στάδιο καλείται και βιολογικός καθαρισμός και συχνά πραγματοποιείται σε συνέχεια του χημικού καθαρισμού, χωρίς όμως αυτό να είναι πάντα απαραίτητο. Ο στόχος αυτού του βήματος είναι η απομάκρυνση διαλυμένων ουσιών που επιτυγχάνεται μέσω της βιολογικής αποικοδόμησης των ουσιών αυτών. Αφού το προς επεξεργασία ρευστό περάσει από διάφορες δεξαμενές και φίλτρα, στη συνέχεια ακολουθεί δευτερογενής καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων και τέλος η συλλογή και απομάκρυνσή της ιλύος. Ο δευτερογενής καθαρισμός, ακολουθούμενος από την πρωτογενή επεξεργασία, προσφέρει μέχρι και 90% μείωση του ρυπαντικού φορτίου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μετά το πέρας της επεξεργασίας αυτής, το επεξεργασμένο πλέον απόβλητο μπορεί να διατεθεί στο κεντρικό δίκτυο αποχέτευσης, εκτός και αν το δίκτυο για κάποιο λόγο έχει ειδικές απαιτήσεις.
- **Τριτογενής επεξεργασία:**
Η τριτογενής επεξεργασία χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται περαιτέρω μείωση της συγκέντρωσης σωματιδίων, αφαίρεση χρώματος ή γενικά οργανικού φορτίου. Μερικές από τις χρησιμοποιούμενες διατάξεις είναι η διήθηση σε

πολλαπλή κλίνη, η προσρόφηση ρύπων από ενεργό άνθρακα, και η αντίστροφη όσμωση. Ακόμη, πραγματοποιείται απολύμανση του επεξεργασμένου απόβλητου με χλώριο ή όζον προκειμένου να επιτευχθεί μείωση της συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών.

Παρότι όπως προκύπτει από τα παραπάνω υπάρχουν πολλές και διαφορετικές επεξεργασίας από τις οποίες μπορεί να περάσει το απόβλητο, συχνά γίνεται χρήση συνδυασμού βημάτων από διαφορετικά στάδια της επεξεργασίας, ανάλογα με τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου αποβλήτου και με τις ανάγκες του τελικού αποδέκτη. Στη μελετώμενη διάταξη, πραγματοποιείται χημικός καθαρισμός του απόβλητου νερού με σκοπό την μείωση της συγκέντρωσης μικροσωματιδίων σε αυτό.

Ο χημικός καθαρισμός στην παρούσα διάταξη

Οι δύο πιο βασικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα είναι η κροκίδωση (flocculation) και η πήξη (coagulation). Επειδή οι όροι αυτοί συχνά συγχέονται, ο ορισμός τους θα δοθεί σύμφωνα με την Διεθνή Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (International Union of Pure and Applied Chemistry, 2011)

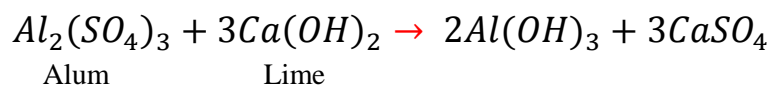
Έτσι, κροκίδωση ονομάζεται ο αντιστρεπτός σχηματισμός συσσωματωμάτων κατά τον οποίο τα σωματίδια δεν είναι σε επαφή μεταξύ του. Το φαινόμενο προκαλείται από την επίδραση ενός φυσικού ή χημικού μέσου σε μια ουσία που βρίσκεται σε κολλοειδή διάλυση και έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσωμάτωση της ουσίας αυτής.

Αντίστοιχα η πήξη ορίζεται ως ο μη αντιστρεπτός σχηματισμός συσσωματωμάτων, όπου τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, ηλεκτροστατικά σταθεροποιημένα κολλοειδή, αποσταθεροποιούνται με τη χρήση κάποιου άλατος.

Τα άλατα που χρησιμοποιούνται για την πήξη είναι κυρίως δύο ειδών: Αρχικά υπάρχουν τα άλατα αργιλίου, όπως είναι το θεικό αργίλιο ($Al_2(SO_4)_3$), που είναι γνωστό και ως alum, το τριχλωριούχο αργίλιο ($AlCl_3$) και το αργιλικό νάτριο ($NaAlO_2$). Επίσης, συχνά χρησιμοποιούνται τα άλατα σιδήρου, όπως ο διχλωριούχος ή τριχλωριούχος σίδηρος ($FeCl_2$ ή $FeCl_3$) και ο θειικός σίδηρος ($FeSO_4$ ή $Fe_2(SO_4)_3$). Στην χημική διεργασία όπως πραγματοποιείται στην παρούσα εγκατάσταση, το θρομβωτικό που χρησιμοποιείται είναι το θεικό αργίλιο.

Όταν το θρομβωτικό αυτό προστεθεί στην ουσία προς επεξεργασία, τότε γίνεται αποσταθεροποίηση των κολλοειδών, ουδετεροποιώντας τις απωστικές δυνάμεις που τα κρατούν σε απόσταση. Μάλιστα, στην περίπτωση του θεικού αργιλίου που είναι κατιόν, απελευθερώνει θετικό φορτίο, με αποτέλεσμα να εξουδετερώνει το αρνητικό φορτίο των κολλοειδών. Έτσι επιτρέπεται στα κολλοειδή να έρθουν σε επαφή και να σχηματίσουν συσσωμάτωμα.

Πολύ συχνά, πριν την προσθήκη του θρομβωτικού, προηγείται η προσθήκη ενός άλλου βοηθητικού συστατικού με σκοπό να διευκολύνει τη διαδικασία. Η διαδικασία όπως πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη εγκατάσταση, χρησιμοποιεί ως βοηθητικό στοιχείο το υδροξείδιο του ασβεστίου ή lime, όπως συχνά ονομάζεται. Το υδροξείδιο του ασβεστίου έχει ως βασικό στόχο να αυξήσει τον αλκαλικότητα του διαλύματος. Με την αύξηση της τιμής του pH απελευθερώνονται ιόντα μέσα στο διάλυμα, τα περισσότερα από τα οποία είναι θετικά φορτισμένα. Αυτά τα θετικά φορτισμένα σωματίδια προσελκύουν τα κolloειδή σωματίδια, βοηθώντας στον σχηματισμό των συσσωματωμάτων. Μεγάλη σημασία έχει η ποσότητα του υδροξειδίου του ασβεστίου που θα προστεθεί, καθώς αν υπάρχει σε μεγάλη περίσσεια μέσα στο διάλυμα μπορεί να έχει αρνητική δράση.



Η χημική διεργασία τελειώνει με την προσθήκη ενός πολυμερούς. Το πολυμερές, ο πολυηλεκτρολύτης στην προκειμένη περίπτωση, είναι το κροκιδωτικό μέσο. Δευτερόλεπτα μετά την προσθήκη του σχηματίζονται νιφάδες ιλύος, οι οποίες είναι ορατές στην επιφάνεια του υγρού. Το διάλυμα παραμένει σε ηρεμία και έτσι οι νιφάδες καθιζάνουν, σχηματίζοντας το τελικό ίζημα ή λάσπη.

Παράμετροι του χημικού καθαρισμού

Κατά την πραγματοποίησης μιας διαδικασίας χημικού καθαρισμού πρέπει κανείς να λαμβάνει υπ όψη του ότι τα αποτελέσματα της επεξεργασίας καθορίζονται από πολλές και διαφορετικές παραμέτρους. Για να επιτευχθεί λοιπόν βελτιστοποίηση της διαδικασίας, πρέπει να μελετηθεί ο ρόλος της κάθε παραμέτρου κατά τη χημική διεργασία. Παρακάτω αναλύονται οι πιο σημαντικές παράμετροι (Mountain Empire Community College).

- **Τιμή του Ph:** Η αποτελεσματικότητα της πήξης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τιμή του Ph. Ανάλογα με τη φύση του διαλύματος, αλλάζει και η τιμή του pH που θεωρείται κατάλληλη.
- **Θερμοκρασία:** Γενικά όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο γρήγορα πραγματοποιείται η αντίδραση.
- **Χρόνος:** Οι χρόνοι ανάδευσης και ηρεμίας είναι σημαντικές παράμετροι. Το μίγμα δεν πρέπει να αναδεύεται για αρκετή ώρα για να γίνει ομοιογενές, αλλά όχι πολλή ώρα για να μην σπάσουν τα συσσωματώματα. Ακόμη το μίγμα πρέπει να μείνει σε ηρεμία για να ολοκληρωθεί η καθίζηση.
- **Ταχύτητα ανάδευσης:** Η ανάδευση πρέπει να προσφέρει ομοιογένεια χωρίς να καταστρέφει τα δημιουργούμενα συσσωματώματα. Επομένως, η ταχύτητα πρέπει να εναλλάσσεται ανάλογα με τη χημική φάση.

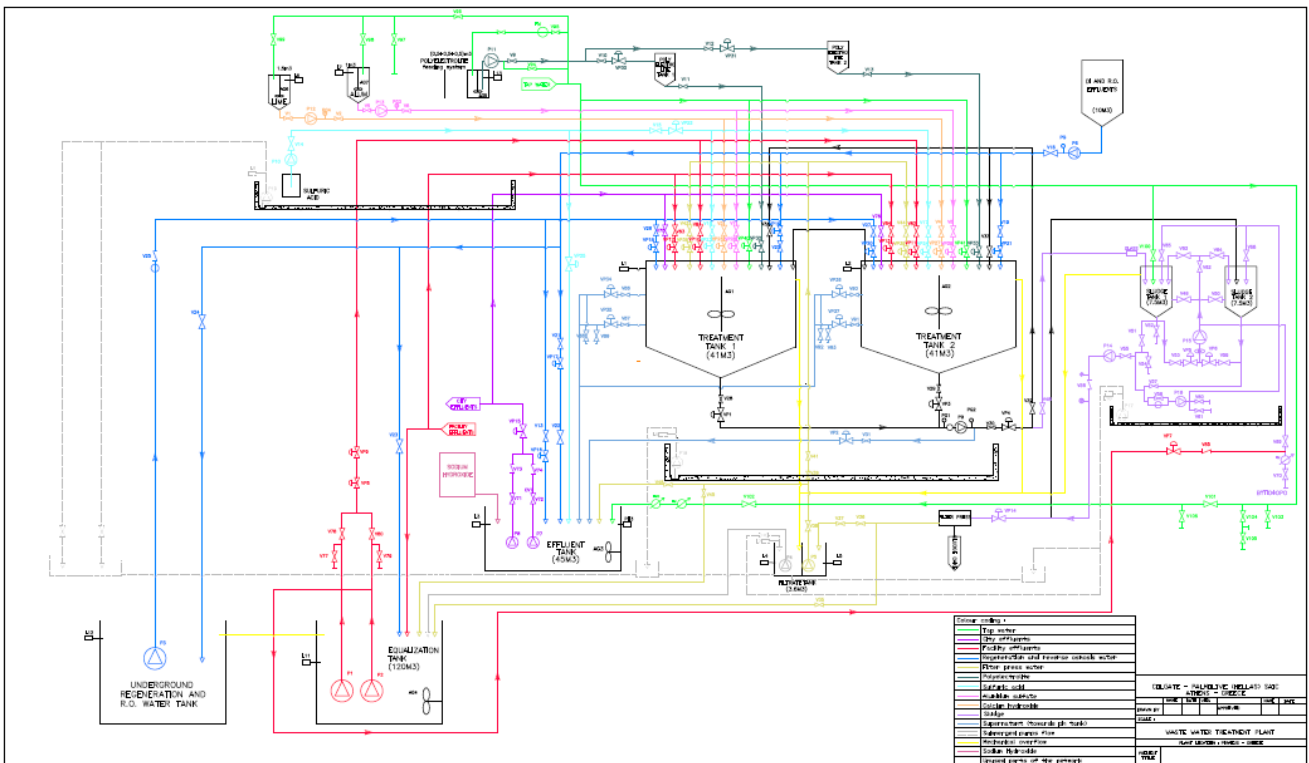
- **Δυναμικό Ζήτη:** είναι η φόρτιση που έχουν τα κολλοειδή σωματίδια. Όσο μεγαλύτερη είναι η φόρτιση τόσο περισσότερο απωθούνται μεταξύ τους, άρα τόσο πιο δύσκολη είναι η δημιουργία συσσωματωμάτων.

Η διάταξη του χημικού καθαρισμού

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται σε μικρογραφία ένα σχέδιο της εγκατάστασης. Το σχέδιο αυτό βρίσκεται επίσης στο τέλος της εργασίας σε μέγεθος Α1 για μεγαλύτερη ευκρίνεια. Σκοπός είναι να γίνει κατανοητή η διάταξη την η οποία θα ελέγχεται από τον διαμεσολαβητή, η έκτασή της και η πολυπλοκότητά της. Στη συνέχεια αναφέρονται τα βασικότερα στοιχεία της εγκατάστασης.

Η εγκατάσταση αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- Υπόγεια δεξαμενή νερών προερχόμενων από τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης (underground reverse osmosis tank)
- Υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων της εγκατάστασης (equalization tank)
- Δύο μίξερ όπου πραγματοποιείται η επεξεργασία (Treatment tank 1 και 2)
- Δεξαμενή παρασκευής διαλύματος θεικού αργιλίου (Alum)
- Δεξαμενή παρασκευής διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου (Lime)
- Δεξαμενή παρασκευής διαλύματος πολυηλεκτρολύτη (Polyelectrolite feeding system)
- Δύο δοχεία προσωρινής αποθήκευσης διαλύματος πολυηλεκτρολύτη (Polyelectrolyte tank 1 και 2)
- Δυο συγκοινωνούντα δοχεία λάσπης (Sludge tank 1 και 2)
- Φιλτρόπρεσα (Filter press)
- Δεξαμενή συλλογής στραγγιδίων φιλτρόπρεσας (Filtertank)



Εικόνα α.1: Το σχέδιο της εγκατάστασης του χημικού καθαρισμού

Η διαδικασία του χημικού καθαρισμού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία του χημικού καθαρισμού, όπως πραγματοποιείται σήμερα, δίνοντας σημασία τόσο στις ενέργειες που πρέπει να λάβουν χώρα, όσο και στον ρόλο του χειριστή.

Πρωινός έλεγχος του χώρου

Το πρώτο πράγμα που έχει να κάνει ένας χειριστής όταν ξεκινάει τη βάρδιά του, στις 6.00 η ώρα το πρωί, είναι να πάει στην εγκατάσταση του χημικού καθαρισμού και να ελέγξει τον χώρο. Ευθύνη του είναι να κοιτάξει τις διάφορες ενδείξεις και να επιβεβαιώσει ότι όλες κυμαίνονται σε φυσιολογικά όρια. Οφείλει να ελέγξει ότι η ανοιχτή δεξαμενή έχει αδειάσει και ακόμη, αν η στάθμη της υπόγειας δεξαμενής των νερών είναι κοντά στην άνω οριακή τιμή, πρέπει να αποχετεύσει ποσότητα νερού στην ΕΥΔΑΠ, για να μην υπερχειλίσει η δεξαμενή, αλλά ταυτόχρονα να προνοήσει να κρατήσει αρκετό νερό για την υλοποίηση της επεξεργασίας. Αφού τελειώσει με αυτόν τον πρώτο έλεγχο, ο χειριστής είναι σε θέση να ξεκινήσει με το πρώτο βήμα της επεξεργασίας.

Έναρξη της επεξεργασίας

Το πρώτο βήμα λοιπόν που έχει να κάνει ένας χειριστής όταν θέλει να πραγματοποιήσει μια επεξεργασία είναι να επιλέξει ένα από τα δύο μίξερ επεξεργασίας. Παρ' ότι η επιλογή του μίξερ αυτή καθ' αυτή δεν παίζει καθοριστικό ρόλο για την εξέλιξη της διαδικασίας, υπάρχουν κάποιες ενέργειες που συνδέονται άμεσα με την κατάσταση του μίξερ κάθε στιγμή (αν περιέχει υγρό ή αν είναι άδειο), οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Λήψη δείγματος

Μετά λοιπόν την επιλογή του μίξερ, ο χειριστής πρέπει να πάρει δείγμα αποβλήτου και να το στείλει στο χημείο. Η χημική ανάλυση χρειάζεται για να καθοριστεί η πυκνότητα του αποβλήτου και να αποφασιστεί η αναλογία του μίγματος νερού-αποβλήτου που θα συμμετάσχει στην επεξεργασία. Η σύσταση του αποβλήτου εξαρτάται από την παραγωγή του εργοστασίου την προηγούμενη μέρα, οπότε είναι απαραίτητο να λαμβάνεται δείγμα κάθε μέρα πριν την εκτέλεση της επεξεργασίας.

Ο συχνότερος τρόπος που χρησιμοποιούν οι χειριστές για τη λήψη του δείγματος αποβλήτου είναι να αφήνουν ποσότητα αποβλήτου να τρέξει από την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων, στο μίξερ που θα γίνει η επεξεργασία. Ανοίγοντας δηλαδή την αντίστοιχη βάνα και μετά θέτοντας σε λειτουργία την αντλία της υπόγειας δεξαμενής, οπότε και το ρευστό αρχίζει να μεταφέρεται. Άμεσα, ο χειριστής ανεβαίνει στην κορυφή του μίξερ επεξεργασίας και από το άκρο του σωλήνα τροφοδοσίας, με ένα εξάρτημα που έχει προσαρμοσμένο στο άκρο του ένα δοχείο, συλλέγει μια μικρή ποσότητα αποβλήτου, την οποία μεταγγίζει σε ένα μπουκάλι. Μετά την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας, ο χειριστής κατεβαίνει στο δωμάτιο χειρισμού για να απενεργοποιήσει την αντλία και να κλείσει τη βάνα.

Είναι προφανές ότι κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας μεταφέρεται στο μίξερ επεξεργασίας μια σημαντική ποσότητα αποβλήτου. Ο χειριστής πρέπει να θυμάται το νούμερο αυτό για λόγους που εξηγούνται παρακάτω. Αξίζει να σημειωθεί ότι τις περισσότερες φορές οι χειριστές βασίζονται στην μνήμη τους για να θυμούνται το νούμερο αυτό και δεν το καταγράφουν κάπου. Τέλος πηγαίνει το δείγμα στο χημείο.

Παρασκευή χημικών

Όλα τα παραπάνω συμβαίνουν μεταξύ 6.00 και 7.00, ενώ το χημείο ανοίγει στις 9.00. Ακόμα, η διαδικασία της χημικής ανάλυσης μπορεί να πάρει αρκετά λεπτά, οπότε στο χρονικό διάστημα από τη στιγμή που κατέθεσε το δείγμα στο χημείο, μέχρι να ανοίξει το χημείο, να εξετάσει το δείγμα και να δώσει την απάντηση, ο χειριστής έχει το περιθώριο να κάνει άλλες εργασίες, είτε σχετικές με τον χημικό καθαρισμό (όπως απομάκρυνση της έτοιμης λάσπης, καθαρισμό του χώρου κλπ), είτε όχι. Συνήθως ασχολείται με την παρασκευή των τριών χημικών που λαμβάνουν μέρος στην επεξεργασία του αποβλήτου: το υδροξείδιο του ασβεστίου, το θειικό αργίλιο και τον πολυηλεκτρολύτη.

Παρασκευή διαλύματος πολυηλεκτρολύτη

Όσον αφορά την παρασκευή του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, είναι μια αρκετά απλή διαδικασία, όμως απαιτεί ιδιαίτερα μεγάλους χρόνους αναμονής, γι αυτό συνήθως προηγείται χρονικά της παρασκευής των άλλων δύο χημικών. Δεν είναι λίγες οι φορές μάλιστα που η παρασκευή του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη πραγματοποιείται πριν καν την λήψη του δείγματος.

Για την παρασκευή του λοιπόν, το πρωτόκολλο απαιτεί τη διάλυση 600ml συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη σε 100kg νερό. Ο χειριστής, χειροκίνητα, ανοίγει την αντίστοιχη βάνα νερού που βρίσκεται στο δωμάτιο των χημικών ώστε να γεμίσει με νερό τη δεξαμενή του πολυηλεκτρολύτη. Όταν η στάθμη του νερού φτάσει περίπου στη μέση της δεξαμενής, και πιο συγκεκριμένα, όταν οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στη δεξαμενή καλυφθούν με νερό, τότε ο αναδευτήρας αρχίζει να περιστρέφεται. Θεωρητικά, χρειάζονται περίπου 100 kg νερό για το συγκεκριμένο διάλυμα, αλλά δεδομένου ότι δεν υπάρχει κάποιος μετρητής κιλών ή στάθμης, οι χειριστές κλείνουν την βάνα όταν η στάθμη φτάσει σε μια εσωτερική διαμόρφωση που έχει η δεξαμενή, που έχουν θέσει ως σημάδι για το όριο.

Η προσθήκη νερού έχει συνήθως πραγματοποιηθεί κατά το τέλος της προηγούμενης βάρδιας, οπότε το μόνο που έχει να κάνει πια ο χειριστής είναι να προσθέσει τον συμπυκνωμένο πολυηλεκτρολύτη. Με ένα βαθμονομημένο δοχείο, μετράει 600ml και τα προσθέτει στη δεξαμενή. Πριν την προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη ο χειριστής πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η ανάδευση είναι ενεργοποιημένη. Το μίγμα πρέπει να αναδευτεί για τουλάχιστον 60 λεπτά πριν θεωρηθεί έτοιμο για χρήση. Ακόμη, είναι σημαντικό να μην μείνει σε ακινησία, καθώς η ομογενοποίηση θα χαλάσει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα χωρίς την παρουσία της ανάδευσης.

Παρασκευή διαλύματος υδροξείδιο του ασβεστίου και θειικού αργιλίου

Συνέχεια έχουν η παρασκευή των διαλυμάτων υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου. Συνήθως αυτά τα δύο χημικά παρασκευάζονται ταυτόχρονα γιατί όχι μόνο οι χρόνοι παρασκευής τους είναι παράλληλοι, αλλά είναι και οι δύο δεξαμενές είναι κοντά χωρικά. Η δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου πρέπει να γεμίσει με 1000kg νερό ενώ η δεξαμενή του θειικού αργιλίου με τη μισή ποσότητα. Οι δύο δεξαμενές έχουν αισθητήρες κιλών τοποθετημένους στο κάτω μέρος τους για να μετράνε το βάρος του περιεχόμενου κάθε δεξαμενής. Σε κάθε δεξαμενή αντιστοιχούν δύο οθόνες, η μία εκ των οποίων είναι ενσωματωμένη στον πίνακα ελέγχου στο δωμάτιο χειρισμού και η άλλη είναι δίπλα στη δεξαμενή στο δωμάτιο των χημικών.

Για λόγους που θα εξηγήσουμε παρακάτω, η δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου, δεν πρέπει να μένει ποτέ άδεια, χωρίς νερό, οπότε η διαδικασία πλήρωσής της με νερό θεωρείται ολοκληρωμένη από τον προηγούμενο χειριστή. Επειδή οι διεργασίες στις δύο αυτές δεξαμενές γίνονται σχεδόν πάντα παράλληλα, είναι ασφαλές να θεωρήσουμε ότι και η δεξαμενή του θεικού αργιλίου περιέχει ήδη την κατάλληλη ποσότητα νερού. Αυτό που απομένει λοιπόν στον χειριστή να κάνει είναι να ρίξει την σκόνη του υδροξειδίου του ασβεστίου στη μία δεξαμενή και του θεικού αργιλίου στην άλλη.

Αρχικά, λοιπόν μέσω διακοπών ενεργοποιεί την ανάδευση και στις δύο δεξαμενές και στη συνέχεια μεταφέρει ένα-ένα τα σακιά με τη σκόνη από τον προαύλιο χώρο στο δωμάτιο με τα χημικά, και τα αδειάζει στις δύο δεξαμενές. Για την παρασκευή του μίγματος υδροξειδίου του ασβεστίου απαιτούνται πέντε σακιά των 25kg, ενώ για την παρασκευή του μίγματος θεικού αργιλίου απαιτούνται δύο σακιά των 25kg. Το κάθε ένα από τα μίγματα πρέπει να αναδευτεί για περίπου 10 λεπτά πριν είναι έτοιμο για χρήση, παρ' όλα αυτά, αρκετοί χειριστές αφήνουν το υδροξείδιο του ασβεστίου να αναδευτεί μέχρι τη στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρασκευή των δύο αυτών χημικών απαιτεί λίγο χρόνο, οπότε πολύ συχνά πραγματοποιείται παρακάτω και όχι στο σημείο που μόλις περιγράφηκε.

Μετά και την παρασκευή των χημικών, ο χειριστής δεν μπορεί να προχωρήσει τη διαδικασία της επεξεργασίας αποβλήτου, δεδομένου ότι εκκρεμεί η απάντηση του χημείου, σε σχέση με την σύσταση του αποβλήτου. Οπότε απασχολείται σε εργασίες μη σχετικές με τον χημικό καθαρισμό. Με άλλα λόγια, αυτός είναι χρόνος αδράνειας για τον χειριστή, όσον αφορά την εγκατάσταση του χημικού καθαρισμού. Όταν το χημείο ανοίξει και παρέλθει το χρονικό διάστημα των 45-60 λεπτών που απαιτείται για τη χημική ανάλυση, γύρω στις 10.00 η ώρα, ο χειριστής λαμβάνει οδηγίες σχετικά με την πυκνότητα του διαλύματος νερού-αποβλήτου που πρέπει να προετοιμάσει για την επεξεργασία. Μόλις λάβει την εργαστηριακή απάντηση, είναι σε θέση να ξεκινήσει την παρασκευή του μίγματος νερού-αποβλήτου.

Παρασκευή μίγματος νερού-αποβλήτου

Για την παρασκευή του μίγματος νερού αποβλήτου, το πρώτο βήμα είναι να συμπληρωθεί η κατάλληλη ποσότητα αποβλήτου. Ο χειριστής ανοίγει λοιπόν και πάλι την βάνα και ενεργοποιεί την αντλία της υπόγειας δεξαμενής αποβλήτων για να συμπληρώσει την κατάλληλη ποσότητα αποβλήτου στο μίξερ επεξεργασίας. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, το μίξερ επεξεργασίας περιέχει ποσότητα αποβλήτου, προερχόμενο από την λήψη αποβλήτου, πράγμα το οποίο γενικά δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα καθώς αυτό που ενδιαφέρει είναι η τελική ένδειξη του μετρητή κυβικών. Υπάρχει βέβαια και μια μικρή πιθανότητα η ποσότητα αποβλήτου που προστέθηκε στη δεξαμενή κατά τη διάρκεια της λήψης δείγματος, να έχει ξεπεράσει την επιθυμητή τιμή, κάτι που θα απαιτούσε περαιτέρω ενέργειες για να διορθωθεί. Όταν λοιπόν η ένδειξη του μετρητή κυβικών μέτρων φτάσει σχεδόν στην επιθυμητή τιμή, ο χειριστής απενεργοποιεί την αντλία και κλείνει τη βάνα

Όταν έχει προστεθεί στο μίξερ επεξεργασίας η κατάλληλη ποσότητα αποβλήτου και πριν την προσθήκη του νερού, ο χειριστής ενεργοποιεί την ανάδευση, έτσι ώστε το μίγμα που θα παραχθεί να είναι ομογενοποιημένο. Ο αναδευτήρας ενεργοποιείται μέσω ενός διακόπτη, από τον πίνακα ελέγχου και προσφέρεται η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε μια αργή και μία γρήγορη ταχύτητα ανάδευσης, καθώς

σύμφωνα με το παλιό πρωτόκολλο η ταχύτητα άλλαζε στις διάφορες φάσεις της επεξεργασίας. Παρ' όλα αυτά, σήμερα χρησιμοποιείται μόνο η γρήγορη ταχύτητα για την ανάδευση.

Στη συνέχεια, συμπληρώνεται η κατάλληλη ποσότητα νερού. Το νερό που χρησιμοποιείται σε αυτό το σημείο της επεξεργασίας, προέρχεται από την υπόγεια δεξαμενή νερών και είναι νερό οσμώσεων. Ανοίγοντας λοιπόν την αντίστοιχη βάνα και ενεργοποιώντας την αντλία από την υπόγεια δεξαμενή νερών, γίνεται πλήρωση του μίξερ επεξεργασίας με νερό. Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι η πληροφορία που λαμβάνεται από το χημείο είναι στη μορφή « $x \text{ m}^3$ αποβλήτου στα $y \text{ m}^3$ μίγματος» Δεδομένου ότι τα $x \text{ m}^3$ που περιείχε το μίξερ επεξεργασίας τη δεδομένη χρονική στιγμή είναι μόνο απόβλητο, η προσθήκη νερού θα γίνει μέχρι το μετρητικό όργανο να φτάσει την ένδειξη $y \text{ m}^3$.

Υπάρχει όμως το ενδεχόμενο, το υγρό που προϋπάρχει στη δεξαμενή επεξεργασίας πριν την έναρξη της επεξεργασίας αποβλήτου, να μην αποτελείται εξ ολοκλήρου από απόβλητο παραγωγής. Στην εγκατάσταση υπάρχει μια μικρή υπόγεια δεξαμενή στην οποία συλλέγονται στα στραγγίδια της φιλτρόπρεσας. Όταν η στάθμη της δεξαμενής αυτής ξεπεράσει ένα ορισμένο επίπεδο, το οποίο αντιστοιχεί περίπου σε 5 m^3 , τότε το περιεχόμενό της μεταγγίζεται αυτόματα σε ένα εκ των δύο μίξερ επεξεργασίας. Η ενέργεια αυτή συνδέεται μόνο με τη λειτουργία ή μη της φιλτρόπρεσας, οπότε πρακτικά σημαίνει ότι ενώ ο χειριστής προσθέτει για παράδειγμα απόβλητο στο μίξερ επεξεργασίας No1, για την προετοιμασία του μίγματος, μπορεί την ίδια στιγμή να μεταφερθούν τα στραγγίδια της πρέσας στο ίδιο μίξερ και να χαλάσει η αναλογία. Για την αποφυγή μιας τέτοιας κατάστασης, ο χειριστής οφείλει να λάβει κάποια μέτρα, ελέγχοντας ότι τα στραγγίδια της πρέσας είναι προγραμματισμένα να καταλήγουν στο μίξερ στο οποίο δε θα πραγματοποιηθεί επεξεργασία. Αν αυτό δε συμβαίνει, μπορεί πάντα να αλλάξει την επιλογή με τον κατάλληλο διακόπτη από τον πίνακα χειρισμού.

Ως συνέχεια της παραπάνω σκέψης, έστω ότι πραγματοποιείται μια επεξεργασία στο μίξερ No 1, οπότε έχει οριστεί τα στραγγίδια της πρέσας καταλήγουν στο μίξερ No 2. Όταν ο χειριστής αργότερα θελήσει να πραγματοποιήσει μια επεξεργασία στο μίξερ No 2, είναι πιθανό να περιέχεται σε αυτό μια αρκετά σημαντική ποσότητα νερού. Πρέπει λοιπόν, πριν ακόμα τη διαδικασία λήψης δείγματος αποβλήτου, ο χειριστής να σημειώσει το νούμερο αυτό έτσι ώστε όταν προστεθεί ποσότητα αποβλήτου κατά τη δειγματοληψία να μπορεί να γνωρίζει για το μίγμα που δημιουργήθηκε πόσα κυβικά από αυτό είναι νερό και πόσα απόβλητο. Με τον τρόπο αυτό όταν οι οδηγίες του χημείου απαιτούν για το τελικό μίγμα « $x \text{ m}^3$ αποβλήτου στα $y \text{ m}^3$ μίγματος», ο χειριστής πρέπει να προσθέσει στο μίξερ απόβλητο ίσο με « x - ποσότητα που προστέθηκε στο μίξερ επεξεργασίας κατά τη λήψη δείγματος αποβλήτου» και μετά να συμπληρώσει με νερό μέχρι τα $y \text{ m}^3$. Με βάση τα παραπάνω, είναι πλέον σαφές για ποιο λόγο ο χειριστής πρέπει να έχει αποφασίσει σε ποιο μίξερ θα πραγματοποιήσει την επεξεργασία πριν ακόμη λάβει δείγμα αποβλήτου για το χημείο.

Προσθήκη των χημικών

Έχοντας φτιάξει το μίγμα νερού-αποβλήτου στο μίξερ επεξεργασίας, είναι πλέον η ώρα για την προσθήκη των χημικών. Η σειρά με την οποία προστίθεται και είναι συγκεκριμένη και έχει ιδιαίτερη σημασία για την διεξαγωγή της επεξεργασίας αποβλήτου.

Προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου

Αρχικά, προστίθεται το υδροξείδιο του ασβεστίου. Ο χειριστής ανοίγει την αντίστοιχη βάνα και την ενεργοποιεί την αντλία, στέλνοντας το μίγμα υδροξειδίου του ασβεστίου στο μίξερ επεξεργασίας. Δεδομένου ότι η δεξαμενή υδροξειδίου του ασβεστίου έχει ενσωματωμένο μετρητή κιλών, όταν η ένδειξη των κιλών λάβει τιμή μικρότερη από ένα καθορισμένο κάτω όριο, η αντλία είναι προγραμματισμένη να σταματά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως πρέπει να αντιμετωπιστούν οι ακόλουθες δύο δυσκολίες. Πρώτον, ο σωλήνας από τον οποίο αντλείται το διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου προς το μίξερ επεξεργασίας, δεν είναι στο κάτω μέρος της δεξαμενής, αλλά μερικά εκατοστά ψηλότερα. Έτσι αξιοσημείωτη ποσότητα διαλύματος παραμένει μονίμως «εγκλωβισμένη» στη δεξαμενή.

Κατά δεύτερον, επειδή το υδροξείδιο του ασβεστίου είναι ένα ιδιαίτερα πηχτό διάλυμα, αρκετά παρεμφερές στην υφή με το τσιμέντο, κατά την παραμονή του στη δεξαμενή, μέρος του διαλύματος που είναι σε επαφή με τα τοιχώματα της δεξαμενής στερεοποιείται και προσκολλάται σε αυτά, σχηματίζοντας μια στερεοποιημένη στρώση υλικού. Κάθε φορά που η διαδικασία παρασκευής υδροξειδίου του ασβεστίου πραγματοποιείται, ένα νέο στρώμα στερεοποιημένου υλικού προστίθεται στο υπάρχον. Κατά συνέπεια, μετά από κάποιο αριθμό επαναλήψεων της διαδικασίας, το στερεοποιημένο στρώμα θα είναι αρκετά παχύ και μαζί με την «εγκλωβισμένη» ποσότητα, ζυγίζουν γύρω στα 300kg, που είναι περισσότερο από το κατώτερο όριο στο οποίο απενεργοποιείται η αντλία.

Το αποτέλεσμα των δύο παραπάνω παρατηρήσεων είναι ότι η αντλία θα δουλεύει, μέχρι να την απενεργοποιήσει ο χειριστής. Δεδομένου και η δεξαμενή δεν αδειάζει ποτέ, ο χειριστής καταλαβαίνει ότι είναι η ώρα να την απενεργοποιήσει την αντλία, όχι όταν η ένδειξη κιλών στην οθόνη γίνει σχεδόν μηδέν, αλλά όταν παρατηρήσει ότι η ένδειξη κιλών δε μειώνεται πια. Αυτή είναι μια αρκετά κακή πρακτική για την αντλία γιατί καταλήγει για αρκετά δευτερόλεπτα να αναρροφά αέρα αντί για υλικό. Τέλος, μετά την απενεργοποίηση της αντλίας ο χειριστής κλείνει τη βάνα.

Προσθήκη θεικού αργιλίου

Κατευθείαν μετά την προσθήκη του διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου προστίθεται το διάλυμα θεικού αργιλίου. Ο χειριστής ανοίγει τη βάνα και ενεργοποιεί την αντλία, με αποτέλεσμα το περιεχόμενο της δεξαμενής να μεταφέρεται στο μίξερ επεξεργασίας. Όταν η ένδειξη των κιλών λάβει τιμή μικρότερη από το κατώτερο όριο, η αντλία απενεργοποιείται αυτόματα. Παρατηρούμε ότι στη περίπτωση του θεικού αργιλίου δεν έχουμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα με το διάλυμα του υδροξειδίου του ασβεστίου, καθώς το θεικό αργίλιο είναι ιδιαίτερα υδατοδιαλυτό υλικό και δεν παραμένουν υπολείμματα στη δεξαμενή.

Παρ' όλα αυτά, λόγω του ότι και εδώ ο σωλήνας εξόδου του διαλύματος είναι μερικά εκατοστά ψηλότερα από τον πυθμένα της δεξαμενής, η δεξαμενή περιέχει μονίμως τουλάχιστον περίπου 100kg «εγκλωβισμένου» διαλύματος, που είναι και το κάτω όριο στο οποίο απενεργοποιείται η αντλία. Μετά το τέλος της διαδικασίας, ο χειριστής πρέπει να θυμηθεί να απενεργοποιήσει την αντλία, δηλαδή να γυρίσει τον διακόπτη στη θέση με το κόκκινο λαμπάκι, διαφορετικά θα παραμείνει σε κατάσταση stand by και μόλις λίγο νερό προστεθεί στη δεξαμενή, η αντλία θα αρχίσει πάλι να λειτουργεί και να το στέλνει το περιεχόμενο προς το μίξερ επεξεργασίας. Τέλος πρέπει να κλείσει και τη βάνα.

Μετά την προσθήκη και των δύο χημικών στο μίξερ επεξεργασίας, προβλέπεται χρόνος αναμονής περίπου 10 λεπτών για ομογενοποίηση του μίγματος μέσω της ανάδευσης. Στον χρόνο αυτό, ο χειριστής έχει το περιθώριο να γεμίσει τη δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου με νερό. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, γίνεται σε μία προσπάθεια περιορισμού της ποσότητας διαλύματος που στερεοποιείται στα τοιχώματα του δοχείου. Συνήθως, ταυτόχρονα με τη δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου, προστίθεται νερό στις δεξαμενές του θεικού αργιλίου και του πολυηλεκτρολύτη. Δεδομένου ότι στη δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου η ένδειξη κιλών δε θα έχει ποτέ μηδενική τιμή, ο χειριστής πρέπει να προσθέσει 1000kg νερό από την τρέχουσα τιμή και όχι να γεμίζει με νερό τη δεξαμενή μέχρι η ένδειξη κιλών να πάρει την τιμή 1000. Το ίδιο ισχύει και για τη δεξαμενή του θεικού αργιλίου. Συνήθως η πλήρωση των δύο δεξαμενών υπερβαίνει κατά τι τα 10 λεπτά, και το μίγμα στο μίξερ επεξεργασίας αναδευτεί για λίγα λεπτά παραπάνω, παρόλα αυτά δεν δημιουργείται πρόβλημα στην επεξεργασία.

Προσθήκη πολυηλεκτρολύτη

Στη συνέχεια, προστίθεται στο μίξερ επεξεργασίας και το τελευταίο χημικό, ο πολυηλεκτρολύτης. Ενώ τα άλλα δύο χημικά μεταφέρονταν από τη δεξαμενή παρασκευής τους στο μίξερ επεξεργασίας, κάτι τέτοιο δε συμβαίνει πια με τον πολυηλεκτρολύτη. Δοκιμές έδειξαν ότι η κροκίδωση πραγματοποιείται πολύ πιο αποτελεσματικά όταν ο πολυηλεκτρολύτης προστίθεται μονοκόμματα στο μίγμα και όχι σταδιακά. Για τον λόγο αυτό, από τη δεξαμενή παρασκευής του, μεταφέρεται πλέον με αντλία σε ένα δοχείο που βρίσκεται ακριβώς πάνω από το μίξερ επεξεργασίας, και την κατάλληλη στιγμή, αδειάζει σε αυτό, μέσω βαρύτητας. Μια πολύ σημαντική παρατήρηση που πρέπει να γίνει εδώ είναι ότι η μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη από τη δεξαμενή παρασκευής του στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης του, απαιτεί περίπου 45 λεπτά για να ολοκληρωθεί. Ο πολυηλεκτρολύτης πρέπει να έχει μεταφερθεί στο δοχείο μόλις λίγα λεπτά πριν χρειαστεί να προστεθεί στο μίξερ επεξεργασίας, γιατί όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, δεν πρέπει να μείνει σε ακινησία και στο δοχείο αποθήκευσής του δεν υπάρχει αναδευτήρας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η αντλία για μεταφορά του πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσής του πρέπει να ενεργοποιηθεί περίπου όταν είναι έτοιμη η απάντηση από το χημείο και ο χειριστής είναι σε θέση να ξεκινήσει να προσθέτει στο μίξερ επεξεργασίας τα διάφορα συστατικά.

Μετά την προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη ακολουθούν δύο λεπτά ανάδευσης του μίγματος πριν ο χειριστής απενεργοποιήσει τελικά τον αναδευτήρα του μίξερ επεξεργασίας. Αμέσως μετά την προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ, μπορεί κανείς να διακρίνει συσσωματώματα να σχηματίζονται στην ελεύθερη επιφάνεια του μίγματος. Σκοπός είναι το μίγμα να μείνει σε ηρεμία αρκετό χρόνο ώστε όλα τα αιωρούμενα σωματίδια να κατακαθίσουν στον πάτο του μίξερ ως ίζημα. Ο ελάχιστος χρόνος αναμονής για κάτι τέτοιο είναι 2 ώρες.

Διαχωρισμός Λάσπης-Υπερκείμενου υγρού

Μετά το τέλος της κροκίδωσης, μέσα στο μίξερ, το μίγμα έχει διαχωριστεί στο ίζημα, που αποκαλείται λάσπη, και στο υπερκείμενο υγρό. Το επόμενο βήμα αφορά τον διαχωρισμό τους. Τα δύο συστατικά διαχωρίζονται καθώς είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί διαφορετική επεξεργασία για το κάθε ένα. Η λάσπη μεταφέρεται στη δεξαμενή λάσπης, ενώ το υπερκείμενο καταλήγει στην ανοιχτή δεξαμενή. Πρέπει

όμως να σημειωθεί ότι και η λάσπη και το υπερκείμενο και των δύο μίξερ επεξεργασίας, μεταφέρονται μέσω μιας μοναδικής αντλίας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πριν ενεργοποιήσει την αντλία, ο χειριστής πρέπει να ανοίξει μία βάνα από κάθε δυάδα: η πρώτη δυάδα ορίζει αν το υλικό μεταφέρεται από το μίξερ επεξεργασίας Νο 1 ή Νο 2, ενώ η δεύτερη δυάδα ορίζει αν το υλικό μεταφέρεται προς τη δεξαμενή λάσπης ή την ανοιχτή δεξαμενή. Όσον αφορά τη δεύτερη δυάδα, λειτουργεί με βάση έναν διακόπτη όπου όταν η μία βάνα είναι ανοιχτή η άλλη είναι κλειστή. Για λόγους ασφαλείας, όταν το σύστημα δεν χρησιμοποιείται, ο διακόπτης, είναι στην θέση που η βάνα που οδηγεί προς τη δεξαμενή λάσπης να είναι ανοιχτή.

Πρώτα, απομακρύνεται από το μίξερ επεξεργασίας η λάσπη. Αφού λοιπόν ο χειριστής ανοίξει τη βάνα του μίξερ επεξεργασίας στο οποίο έχει γίνει η επεξεργασία και τη βάνα που επιτρέπει στο υγρό να κινηθεί προς τη δεξαμενή της λάσπης, ενεργοποιεί την αντλία. Το ερώτημα όμως είναι, πως θα γνωρίζει ο χειριστής πότε απομακρύνθηκε όλη η λάσπη από το μίξερ επεξεργασίας, για να απενεργοποιήσει την αντλία.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, όταν όλη η λάσπη έχει μεταφερθεί στη δεξαμενή της λάσπης, το μίξερ επεξεργασίας εξακολουθεί να περιέχει μεγάλη ποσότητα υγρού, το υπερκείμενο. Άρα θα ήταν λάθος αν η αντλία είχε προγραμματιστεί να σταματάει όταν το μίξερ επεξεργασίας αδειάζει. Επίσης, δεδομένου ότι η αναλογία αποβλήτου-νερού που απαιτείται, διαφέρει από επεξεργασία σε επεξεργασία, είναι αναμενόμενο και η αναλογία λάσπης-υπερκειμένου που παράγεται από κάθε επεξεργασία να μην είναι σταθερή, οπότε δεν είναι εφικτό να γνωρίζουμε την ποσότητα της λάσπης που παράγεται μετά από κάθε επεξεργασία και να ορίσουμε στην αντλία να απενεργοποιείται όταν ποσότητα ίση με αυτή περάσει μέσα από την αντλία. Θα μπορούσε τέλος κανείς να προτείνει την κατασκευή ενός πίνακα τιμών που να αντιστοιχεί όλες τις αναλογίες αποβλήτου-νερού με μια τιμή για την παραχθείσα ποσότητα λάσπης, αλλά ούτε αυτό είναι εφικτό, για τον λόγο ότι πρέπει να συνυπολογιστεί και η ποιότητα του αποβλήτου, ένας παράγοντας που εξαρτάται από τον συνδυασμό των παραχθέντων προϊόντων της εταιρίας την ημέρα εκείνη, οπότε μεταβάλλεται καθημερινά.

Έτσι, η λύση που χρησιμοποιείται είναι ο οπτικός έλεγχος. Ο σωλήνας μέσα από τον οποίο μεταφέρεται η λάσπη στην δεξαμενή λάσπης, αποτελείται από ένα γυάλινο, διαφανές τμήμα. Αμέσως μόλις ενεργοποιήσει την αντλία, ο χειριστής βγαίνει από το δωμάτιο ελέγχου και στέκεται σχετικά κοντά στο γυάλινο κομμάτι του σωλήνα για να είναι σε θέση να παρατηρεί το υγρό που περνάει από εκεί. Το υγρό που διαρρέει τον σωλήνα αρχικά είναι θαμπό, που σημαίνει ότι είναι λάσπη. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα όμως αρχίζει και γίνεται όλο και πιο διαυγές. Όταν, όπως λένε οι χειριστές, «καθαρίσει» αρκετά, που σημαίνει ότι η λάσπη έχει πλέον μεταφερθεί στην κατάλληλη δεξαμενή και ο σωλήνας διαρρέεται πλέον από το υπερκείμενο υγρό, τότε ο χειριστής κλείνει την αντλία και τη βάνα που επιτρέπει στο υγρό να κινείται προς τη δεξαμενή της λάσπης.

Εν συνεχεία, το υπερκείμενο υγρό πρέπει να μεταφερθεί στην ανοιχτή δεξαμενή. Καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει μόνο μια αντλία υπεύθυνη για τη μεταφορά της λάσπης και του υπερκείμενου υγρού, αυτό που θα αλλάξει την κατεύθυνση της ροής είναι να ανοίξει μια διαφορετική βάνα. Έτσι, ο χειριστής ανοίγει τη βάνα που οδηγεί το υγρό από το μίξερ επεξεργασίας στην ανοιχτή

δεξαμενή αυτή τη φορά, και ξαναενεργοποιεί την αντλία. Το υπερκείμενο όμως υπερβαίνει τα 20 m³ και η μεταφορά μιας τόσο μεγάλης ποσότητας μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρονοβόρα. Για συντόμευση της όλης διαδικασίας, το υπερκείμενο διαφεύγει και διαμέσου δύο ακόμα σωλήνων. Οι σωλήνες είναι τοποθετημένοι στο τοίχωμα της δεξαμενής, ο καθένας σε διαφορετικό ύψος και το υγρό ρέει χωρίς την υποβοήθηση κάποιας αντλίας, αλλά λόγω υδροστατικής πίεσης, όταν ανοίξουν οι δύο βάνες. Όταν όλο το υπερκείμενο υγρό μεταφερθεί στην ανοιχτή δεξαμενή, η αντλία σταματά, ο χειριστής απενεργοποιεί την αντλία και κλείνει όλες τις βάνες που συμμετείχαν.

Από αυτό το κομμάτι της διεργασίας και έπειτα, οι χειριστές έχουν να διαχειριστούν δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους διαδικασίες. Η μία αφορά το υπερκείμενο υγρό, τη διόρθωση του pH του και την αποχέτευσή του στην ΕΥΔΑΠ, ενώ η δεύτερη αφορά την επεξεργασία της λάσπης, τη διαδρομή της μέσα από τη φιλτρόπρεσα και τον εν τέλει διαχωρισμό των υγρών από τα στερεά.

Επεξεργασία του υπερκείμενου

Όσον αφορά τη επεξεργασία του υπερκείμενου, το πρώτο μέλημα που χειριστή είναι να ρυθμίσει την τιμή του pH. Το επεξεργασμένο απόβλητο που διατίθεται στην ΕΥΔΑΠ, επιτρέπεται να έχει τιμή pH που κυμαίνεται μεταξύ 6 και 9 μονάδες. Τις περισσότερες φορές, το υπερκείμενο υγρό είναι αρκετά βασικό, με αποτέλεσμα να πρέπει να προστεθεί σε αυτό οξύ για την μείωση της τιμής του pH. Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται θειικό οξύ για τον σκοπό αυτό.

Από μια οθόνη που βρίσκεται στο δωμάτιο παρασκευής των χημικών, ο χειριστής μπορεί να ενημερώνεται για την τιμή του pH στην ανοιχτή δεξαμενή. Αν αυτή υπερβαίνει τις 9 μονάδες, πρέπει να μειωθεί μέχρι να πάρει τιμή εντός των ορίων. Για να γίνει αυτό ο χειριστής ενεργοποιεί την ανάδευση της ανοιχτής δεξαμενής και στη συνέχεια ανοίγει τη βάνα και ενεργοποιεί την αντλία του θειικού οξέος. Το θειικό οξύ αντλείται από ένα μικρό δοχείο, περιεκτικότητας 9 lit. Ο χειριστής πρέπει να είναι προσεκτικός ώστε να μην αφήσει μεγαλύτερη ποσότητα οξέος από την απαιτούμενη να μεταφερθεί στη δεξαμενή, αλλιώς υπάρχει ο κίνδυνος το pH να πάρει τιμή μικρότερη από το κάτω όριο. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να διορθώσει την τιμή του pH προσθέτοντας στο υπερκείμενο ποσότητα καυστική σόδα και να επαναλάβει τη διαδικασία όσες φορές χρειαστεί.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, είτε προστίθεται στην ανοιχτή δεξαμενή οξύ, είτε βάση, ο χειριστής ρίχνει μια μικρή ποσότητα, περιμένει μέχρι η τιμή του pH να σταθεροποιηθεί, δηλαδή το μίγμα να είναι ομογενοποιημένο, και αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από το άνω όριο προσθέτει οξύ, ενώ αν είναι μικρότερη από το κάτω όριο προσθέτει βάση. Όταν η τιμή είναι εντός των ορίων, το υπερκείμενο είναι πια έτοιμο να διατεθεί στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, οπότε ενεργοποιείται η αντλία της ανοιχτής δεξαμενής. Η μεταφορά του υπερκείμενου υπολογίζεται περίπου στις οχτώ ώρες.

Επεξεργασία της λάσπης

Σχετικά με την επεξεργασία της λάσπης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, συλλέγεται στις δύο δεξαμενές λάσπης. Το επόμενο βήμα είναι να αντληθεί μέχρι τη φιλτρόπρεσα ώστε μέσω υψηλής πίεσης, να διαχωριστεί το νερό από τη στερεά ύλη.

Πριν γίνει αυτό όμως ο χειριστής πρέπει να επιβεβαιώσει ότι υπάρχει αρκετή ποσότητα λάσπης στις δεξαμενές, αλλιώς υπάρχει ο κίνδυνος η αντλία να αναρροφήσει αέρα και να καταστραφεί. Καθώς δεν υπάρχει κάποιος μετρητής κιλών ή αισθητήρας στάθμης, για να επικοινωνήσει αυτή την πληροφορία στον χειριστή, ο ίδιος θα πρέπει να κρίνει μέσω οπτικού ελέγχου αν η ποσότητα της λάσπης στη δεξαμενή λάσπης επαρκεί για να προχωρήσει τη διαδικασία ή όχι. Θεωρητικά η απαιτούμενη ποσότητα κυμαίνεται στα 10m³, αλλά οι περισσότεροι χειριστές όταν ερωτήθηκαν επί του θέματος δήλωσαν ότι το ελάχιστο όριο είναι όταν και οι δύο δεξαμενές να είναι γεμάτες περίπου μέχρι τη μέση με λάσπη.

Το αποτέλεσμα που προκύπτει μετά την λειτουργία της φιλτρόπρεσας είναι ο σχηματισμός ενός στερεού προϊόντος που αποκαλείται «κέικ». Το «κέικ» συλλέγεται σε μεγάλα καλάθια και χρησιμοποιείται για οικοδομικά υλικά. Το υγρό που περισσεύει καταλήγει στη δεξαμενή στραγγιδίων και αποτελεί τα στραγγίδια της πρέσας που αναφέρθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου.

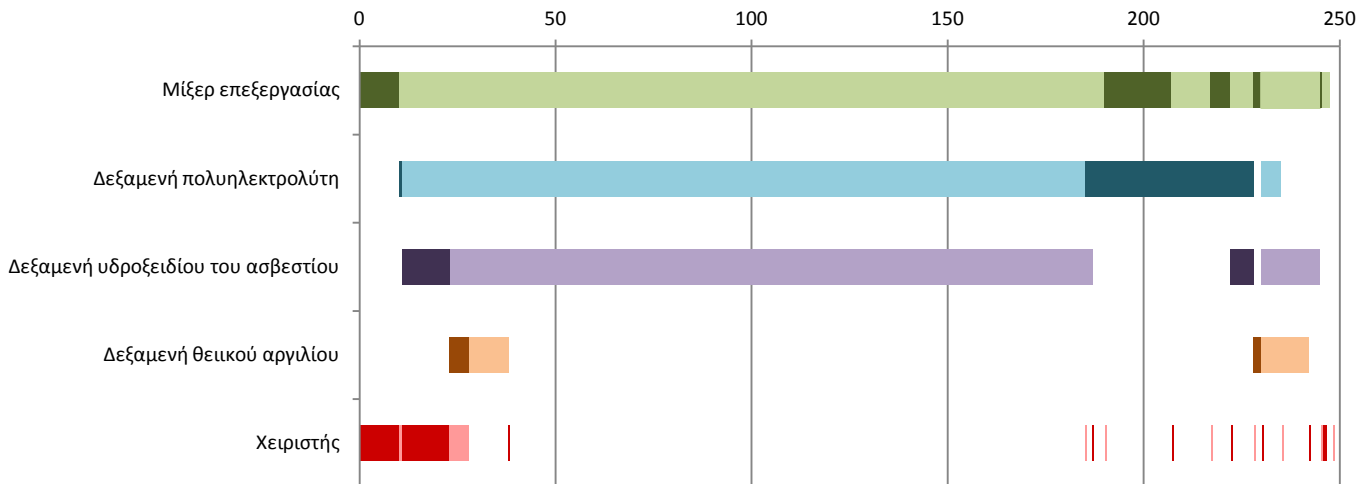
Μεθοδολογία Καταγραφής

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω ανάλυση προέκυψε από την συστηματική παρατήρηση και καταγραφή της δουλειάς πέντε χειριστών και πληροφορίες που συλλέχθηκαν από οκτώ χειριστές. Η μέθοδος εκμάθησης ονομάζεται μάθηση μέσω παρατήρησης (Observational learning), κατά την οποία ο χειριστής παρατηρείται να εργάζεται και καταγράφεται. Μια από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις αυτής της μεθόδου είναι ότι κατά τη διάρκεια της παρατήρησης ο χειριστής δεν πρέπει να νιώθει ότι αξιολογείται. Αν αυτό συμβαίνει, τότε ο χειριστής θα εργάζεται με διαφορετικό τρόπο, πιο γρήγορα και δίνοντας μεγαλύτερη προσοχή ώστε να μην κάνει λάθη. Έτσι, τα αποτελέσματα της καταγραφής δε θα είναι ρεαλιστικά. Για το λόγο αυτό η καταγραφή πρέπει να γίνεται σε φιλικό τόνο και ο παρατηρητής πρέπει να καθιστά εμφανές ότι ο σκοπός του είναι να μοιραστεί τη γνώση του χειριστή και όχι να τον επιβλέψει.

Όλοι οι χειριστές, κατά την εργασία τους έχουν ως γνώμονα το πρωτόκολλο κατά τη διεξαγωγή κάθε επεξεργασίας. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν πολλοί παράγοντες που διαμορφώνουν την επίδοση ενός χειριστή. Αρχικά, πρέπει να θυμόμαστε ότι ο άνθρωπος δεν λειτουργεί ως ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου. Είναι επιρρεπής σε λάθη, χρειάζεται διαλείμματα κατά τη διάρκεια της βάρδιάς του και η επίδοσή του είναι αντιστρόφως ανάλογη με τον φόρτο εργασίας. Ακόμη, ο κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικές ανάγκες και δυνατότητες από τους υπόλοιπους, οπότε είναι αναμενόμενο ο κάθε χειριστής να δουλεύει – εντός των ορίων- με τους δικούς του ρυθμούς (Μαρμαράς, 2010). Σαν συνέχεια της παραπάνω παρατήρησης πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν κάποιες παράμετροι που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των χειριστών. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι ότι μερικοί χειριστές απασχολούνται στο χημικό καθαρισμό περισσότερο χρόνια από άλλους, ότι δεν απασχολούνται όλοι με την ίδια συχνότητα (η διακύμανση είναι από μερικές φορές την εβδομάδα μέχρι λίγες φορές τον μήνα) και ότι μερικοί έχουν περισσότερες πρωινές βάρδιες που συνεπάγεται περισσότερες επεξεργασίες και πιο πιεστικό ωράριο, ενώ όσοι απασχολούνται κυρίως κατά την απογευματινή βάρδια είναι υπεύθυνοι για μικρότερης σημασίας εργασίες. Τέλος, η ηλικία και η σωματική διάπλαση-δεδομένης και της έντονης σωματικής εργασίας- παίζουν κάποιο ρόλο στις επιδόσεις των χειριστών. Επομένως, ναι μεν υπάρχουν οδηγίες για το πώς πρέπει να υλοποιείται μια επεξεργασία, αλλά από τη στιγμή που εισάγεται ο ανθρώπινος παράγοντας, είναι αναμενόμενο να υπάρχουν αποκλίσεις όχι μόνο σε σχέση με τις οδηγίες και τους χειριστές, αλλά και από χειριστή σε χειριστή.

Επίσης είναι γνωστό, σύμφωνα με έρευνες (Yerkes & Dodson), πως όταν κάποιος γνωρίζει ότι παρακολουθείται, έχει αυξημένη επίδοση στην εργασία του σε σχέση με όταν κάνει την ίδια εργασία χωρίς καμία επίβλεψη. Στην παρούσα εργασία δε μελετάται η ταχύτητα με την οποία δουλεύει ένας χειριστής, κάτι που θεωρητικά επηρεάζεται, αλλά το σε τι λάθη μπορεί να υποπέσει κατά την πραγματοποίηση της επεξεργασίας, λόγω λάθους κατανόησης του συστήματος. Επίσης μελετάται το κατά πόσο παρακάμπτει ή παρεκκλίνει από το πρωτόκολλο, ειδικά όταν θεωρεί ότι είναι εξοικειωμένος με την όλη διαδικασία.

Το παρακάτω διάγραμμα Gantt που ακολουθεί (Εικόνα α.2), είναι ενδεικτικό και αναπαριστά την διαδικασία του χημικού καθαρισμού, όπως αυτή πραγματοποιήθηκε από ένα συγκεκριμένο χειριστή, μια ορισμένη φορά. Σκοπός είναι να αποκτήσει ο αναγνώστης μια καλύτερη ιδέα για τη διαδικασία του χημικού καθαρισμού.



Εικόνα α.2: Διάγραμμα Gantt της διαδικασίας

Στην πρώτη γραμμή αναπαρίστανται όλες οι δραστηριότητες που συμβαίνουν στο μίξερ επεξεργασίας, η δεύτερη, τρίτη και τέταρτη γραμμή αντίστοιχα, αντιστοιχούν στις δραστηριότητες της δεξαμενής του πολυηλεκτρολύτη, του υδροξειδίου του ασβεστίου και του θειικού αργιλίου αντίστοιχα. Τέλος, στην πέμπτη γραμμή φαίνονται οι δραστηριότητες του χειριστή.

Νοητικές αναπαραστάσεις των χειριστών

Η διαδικασία του χημικού καθαρισμού, όπως πραγματοποιείται στην παρούσα φάση, δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ούτε ως εξ ολοκλήρου αυτοματοποιημένη, ούτε μόνο ως χειροκίνητη. Αντιθέτως ο τρόπος υλοποίησής μπορεί να χαρακτηριστεί ως υβριδικός, δηλαδή προκύπτει από συγκερασμό των δύο παραπάνω μεθόδων. Για παράδειγμα, όταν πρέπει να ανοίξει μια βάνα για να μεταφερθεί διαμέσου αυτής ένα ρευστό, να μιν ο χειριστής δεν χρειάζεται να μετακινηθεί στο σημείο που βρίσκεται η βάνα για να την ανοίξει, διότι μπορεί να το κάνει από το δωμάτιο χειρισμού με την περιστροφή ενός διακόπτη (αυτοματισμός), αλλά όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί, η βάνα δεν είναι προγραμματισμένη να κλείνει, οπότε ο χειριστής πρέπει να το κάνει, πάλι μέσω του διακόπτη (χειροκίνητη διαδικασία).

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μια πρόταση για σχεδιασμό ενός διαμεσολαβητή για τον έλεγχο της εγκατάστασης. Όταν γίνεται μια τέτοια μελέτη σχεδιασμού ή βελτίωσης ενός βιομηχανικού συστήματος υπάρχουν οι προφανείς στόχοι που θέτει κανείς, όπως είναι η αυτοματοποίηση της διαδικασίας, η ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων και η οικονομικότερη διαχείριση των πόρων. Πέρα όμως από αυτούς τους προφανείς στόχους, πρέπει κανείς να εξασφαλίσει και τη βελτίωση της αντίληψης των χειριστών για το σύστημα. Γενικότερα όσο πιο περίπλοκο είναι ένα σύστημα, τόσο πιο πιθανό είναι οι χειριστές αυτού να έχουν κενά ή παρανοήσεις στην κατανόησή του. Μάλιστα όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αυτοματοποίησης ενός βιομηχανικού συστήματος, τόσο περισσότερες λειτουργίες αντιλαμβάνονται οι χειριστές ως ένα μαύρο κουτί, δηλαδή βλέπουν μόνο την αιτία και το αποτέλεσμα χωρίς να γνωρίσουν ή να κατανοούν τα ενδιάμεσα βήματα, και χωρίς να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται όλες τις παραμέτρους που επηρεάζονται από την μεταβολή μιας τιμής. Έτσι οι πιθανότητες λάθους είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Δεν είναι λίγες οι φορές που σημαντικά λάθη έχουν προκύψει, λόγω της μη πλήρους ή λανθασμένης κατανόησης του συστήματος από τους χειριστές. Οι συνέπειες τέτοιων λαθών, μπορεί να φαίνονται αρκετά απλές όταν πρόκειται για ένα εργοστάσιο παραγωγής επίπλων, που συνίστανται σε καθυστέρηση της παράδοσης των προϊόντων και μια μικρής ή μεγαλύτερης κλίμακας οικονομική απώλεια. Στην περίπτωση όμως που αναφερόμαστε σε ένα εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας τέτοια λάθη μπορεί να κοστίζουν ακόμη και ανθρώπινες ζωές, πράγμα που έχει συμβεί στο παρελθόν.

Πριν, λοιπόν προχωρήσει κανείς στον σχεδιασμό ή ανασχεδιασμό ενός συστήματος, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να γνωρίσει πως αντιλαμβάνονται οι χειριστές τη λειτουργία του συστήματος αυτού. Έτσι είναι δυνατόν να επικεντρωθεί στα κομμάτια εκείνα που οι χειριστές δυσκολεύονται να κατανοήσουν ή έχουν λανθασμένη αντίληψη αυτών, ώστε σε επόμενο βήμα να μπορέσει στη σχεδιαστική του λύση να ενσωματώσει και αυτή την προϋπόθεση.

Για στον σκοπό αυτό, ζητήθηκε από τους χειριστές να απεικονίσουν τη διαδικασία του χημικού καθαρισμού. Οι οδηγίες που τους δόθηκαν ήταν η εξής: «Απεικονίστε με ένα απλό σκαρίφημα τη διαδικασία του χημικού καθαρισμού υποδεικνύοντας ξεκάθαρα τα διάφορα βήματα της επεξεργασίας, και παρουσιάστε τα με χρονολογική σειρά. Πιο συγκεκριμένα δείξτε πως τα διάφορα ρευστά (νερό, λάσπη, χημικά κλπ) μεταφέρονται διαμέσου των σωληνώσεων. Στο σχέδιό σας συμπεριλάβετε τα κύρια εξαρτήματα (δεξαμενές, βάνες, αντλίες κλπ) που συμμετέχουν στη διαδικασία.». Κάθε χειριστής σχεδίαζε το σκαρίφημά του μακριά από τον χώρο εργασίας και χωρίς την παρουσία άλλων συναδέλφων του. Στον καθένα δινότανε μια κόλλα χαρτί και ένα στυλό για να κάνουν το σχέδιο. Μόλις το ολοκλήρωναν και το παρέδιδαν, τους αναφερότανε ότι έχουν τη δυνατότητα να ξαναδούν το σχέδιό τους και να συμπληρώσουν, με μολύβι αυτή τη φορά, τυχόν πληροφορίες που ενδεχομένως έχουν παραλείψει. Τα σχέδια που πήραμε από τους χειριστές παρουσιάζονται παρακάτω.

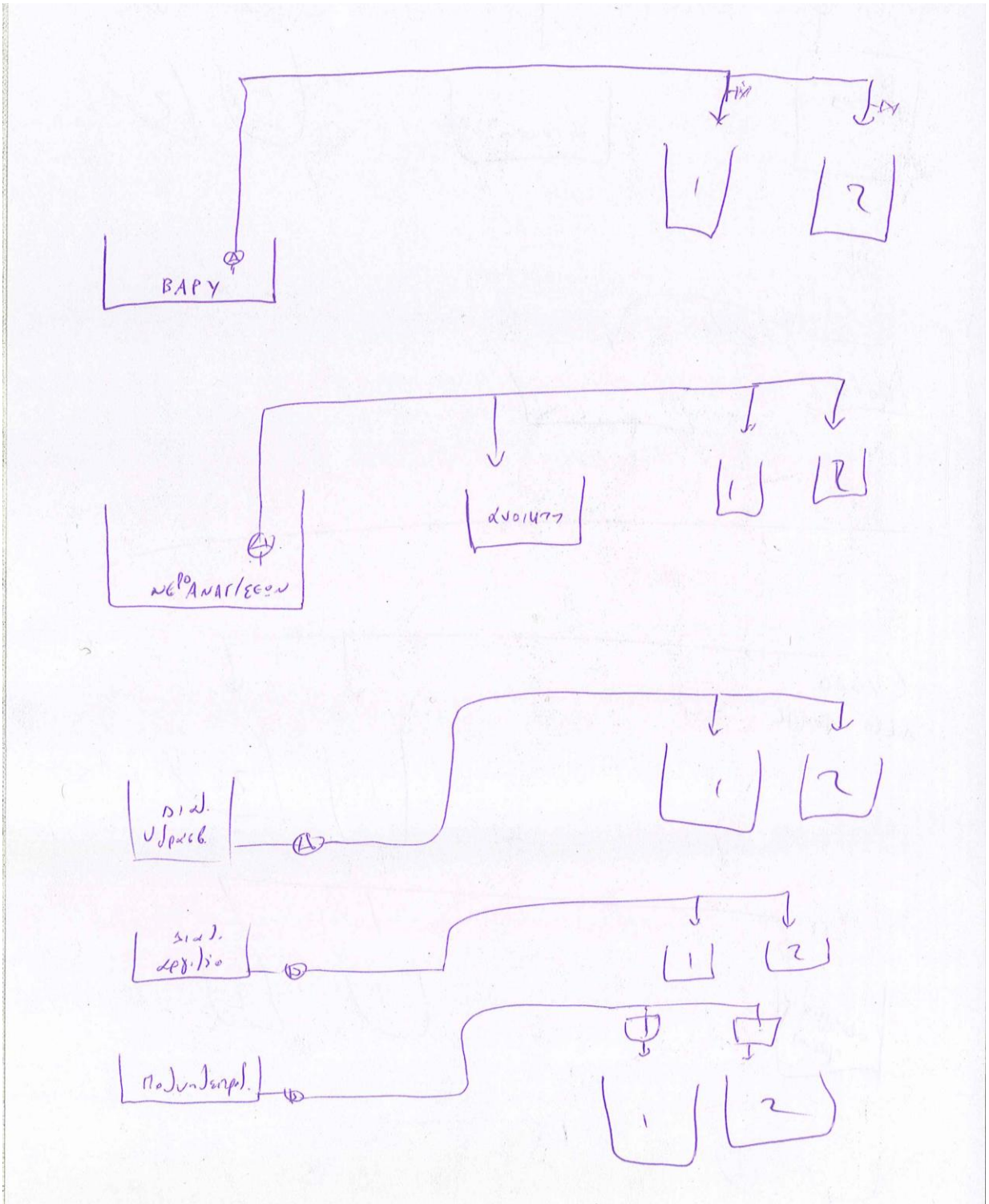
Σχέδιο Νο1

Το πρώτο σχέδιο που ακολουθεί είναι από τον ομαδάρχη του τμήματος. Το σχέδιό του είναι αρκετά αφαιρετικό και απλοποιημένο. Όπως φαίνεται απεικονίζει μόνο τις δεξαμενές και τις αντλίες και παραλείπει πολλά από τα στοιχεία του συστήματος, όπως βάνες, αναδευτήρες κλπ.. Ακόμη, έχει επιλέξει να παρουσιάσει κάθε βήμα με ένα ξεχωριστό σχέδιο. Όσον αφορά τη σειρά και την πληρότητα των βημάτων, παρότι αρχικά παρέλειψε τον διαχωρισμό λάσπης και υπερκείμενου, όταν είχε την ευκαιρία να ξανακοιτάξει το σχέδιό του για τυχόν παραλείψεις, θυμήθηκε να τα συμπληρώσει.

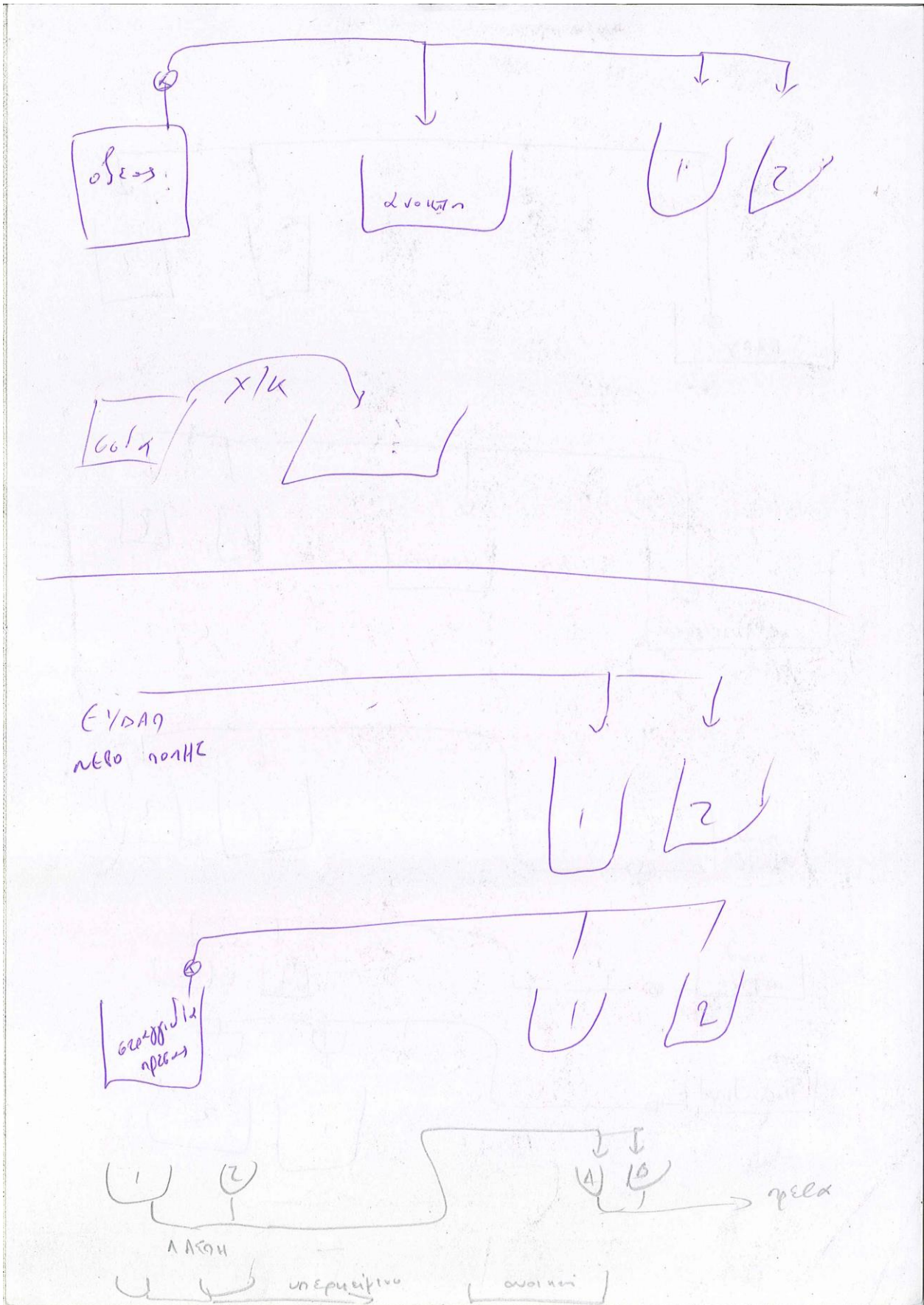
Κατά τ' άλλα έχει συμπεριλάβει τα εξής βήματα:

1. προσθήκη αποβλήτου (βαρέως) στο μίξερ επεξεργασίας,
2. προσθήκη νερού αντίστροφων οσμώσεων στο μίξερ επεξεργασίας,
3. προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου στο μίξερ επεξεργασίας,
4. προσθήκη διαλύματος θειικού αργιλίου στο μίξερ επεξεργασίας,
5. προσθήκη διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας (δεν παρέλειψε να σχεδιάσει και τα δοχεία πολυηλεκτρολύτη),
6. διοχέτευση λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας στα μίξερ λάσπης και τελικά στην φιλτρόπρεσα,
7. μεταφορά του υπερκείμενου υγρού στην ανοιχτή δεξαμενή
8. διόρθωση του pH του περιεχομένου της ανοιχτής δεξαμενής με θειικό οξύ
9. διόρθωση του pH του περιεχομένου της ανοιχτής δεξαμενής με καυστική σόδα

Όσον αφορά το βήμα «ΕΥΔΑΠ νερό πόλης», αυτό είναι μία εφεδρική λειτουργία που δύναται να αντικαταστήσει την τροφοδοσία των μίξερ επεξεργασίας με νερό από την υπόγεια δεξαμενή υδάτων, όταν αυτή δεν περιέχει επαρκή ποσότητα. Παρ' όλα αυτά, το να χρησιμοποιείται καθαρό νερό πόλης, όταν μπορεί να αποφευχθεί, θεωρείται αντιοικολογικό, οπότε η λειτουργία αυτή δεν χρησιμοποιείται πρακτικά ποτέ. Επίσης, το σκαρίφημα για τα στραγγίδια της πρέσας αφορά την μετάγγιση τους στα μίξερ επεξεργασίας.



Εικόνα α.3: Νοητική αναπαράσταση 1^{ου} χειριστή, μέρος 1/2



Εικόνα α.4: Νοητική αναπαράσταση 1^{ου} χειριστή, μέρος 2/2

Γενικότερα, φαίνεται ότι ο χειριστής αυτός έχει πλήρη κατανόηση και γνώση τόσο της διαδικασίας όσο και της εγκατάστασης. Παρ' ότι δεν εκτελεί επεξεργασίες ο ίδιος, ως ομαδάρχης του τμήματος, είναι υπεύθυνος για οποιαδήποτε αλλαγή συμβαίνει στον χώρο ή για την επίλυση οποιουδήποτε περίπλοκου προβλήματος προκύψει. Επίσης, είναι φανερό ότι είχε τα βήματα πολύ ξεκάθαρα στο μυαλό του, γι' αυτό και η αναπαράστασή τους είναι τόσο επίπεδη. Δεν ένιωσε την ανάγκη να εστιάσει στο απεικονιστικό μέρος, ούτε να εστιάσει σε κάποιο συγκεκριμένο κομμάτι για να μπορέσει να αποδώσει την πληροφορία που του ζητήθηκε. Αξίζει να σημειωθεί ότι χρειάστηκε πολύ μικρό χρονικό διάστημα για να καταγράψει όλα τα βήματα.

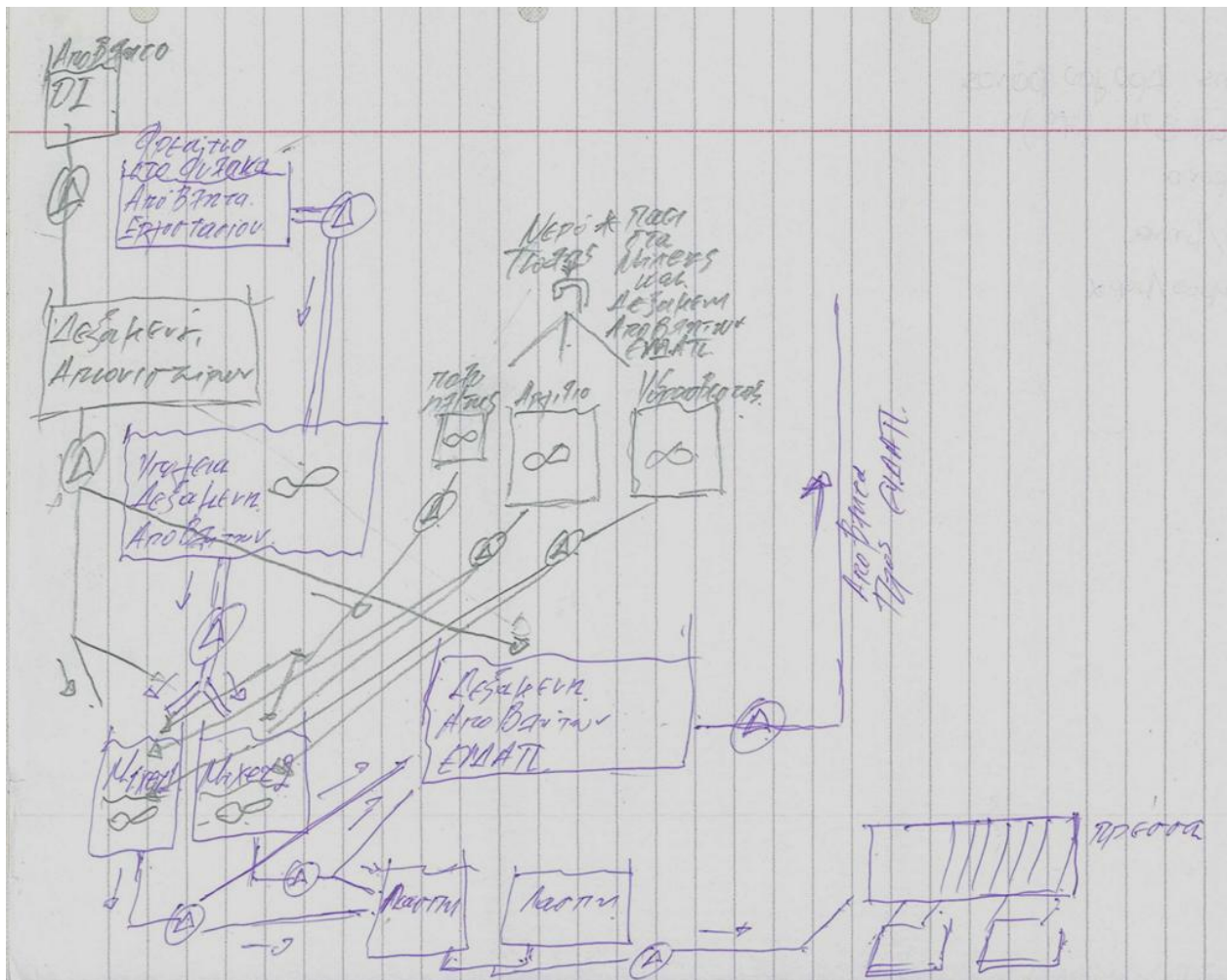
Τέλος, όσον αφορά το περιστατικό ότι αρχικά ξέχασε να αναφέρει το βήμα του διαχωρισμού λάσπης και υπερκειμένου μπορεί να αποδοθεί στο ότι κατά την υλοποίηση του σχεδίου του, διακόπηκε αρκετές φορές από τους υφιστάμενούς του για να τους δώσει οδηγίες για κάποια δουλειά που βρισκόταν σε εξέλιξη. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί εξ ολοκλήρου θέμα βιασύνης να ολοκληρώσει το πείραμα για να επιστρέψει στη δουλειά του.

Σχέδιο Νο 2

Το δεύτερο σχέδιο που παρουσιάζεται παρακάτω, είναι πιο κοντά στο σκεπτικό ενός μιμικού διαγράμματος, δηλαδή απεικονίζονται όλα τα συμμετέχοντα στοιχεία (δεξαμενές, σωληνώσεις, αντλίες κλπ) σε ένα ενιαίο σκαρίφημα. Το σχέδιο αυτό δεν έχει πολύ μεγάλη λεπτομέρεια, καθώς δεν περιλαμβάνονται οι βάνες, απεικονίζονται όμως οι αντλίες και οι αναδευτήρες. Ακόμη, ο χειριστής αρχικά παρέλειψε τόσο το βήμα προσθήκης νερού από την υπόγεια δεξαμενή υδάτων στο μίξερ επεξεργασίας όσο και την ύπαρξη των τριών χημικών, δηλαδή του πολυηλεκτρολύτη, του θεικού αργιλίου και του υδροξειδίου του ασβεστίου. Για το λόγο αυτό παρατηρούμε ότι τα παραπάνω είναι συμπληρωμένα με μολύβι. Μια παράληψη που συνεχίζει να υπάρχει στο σχέδιο είναι ότι δεν εμφανίζονται πουθενά το θεικό οξύ και η καυστική σόδα, δηλαδή τα δύο χημικά υπεύθυνα για την ρύθμιση του pH στην ανοιχτή δεξαμενή (δεξαμενή αποβλήτων ΕΥΔΑΠ). Επίσης, έχει διαφύγει της προσοχής του χειριστή να αναφέρει τα στραγγίδια της πρέσας. Οι παραλήψεις αυτές ίσως θα είχαν αποφευχθεί ή θα ήταν σαφώς λιγότερες αν ο χειριστής κατέγραφε τα βήματα τις διαδικασίας, πράγμα που επέλεξε να μην κάνει.

Πέρα από τις παραλείψεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, το παρόν σχέδιο διαφέρει σε μερικά σημεία σε σχέση με την πραγματικότητα. Αρχικά, στη υπόγεια δεξαμενή υδάτων (δεξαμενή αντίστροφων οσμώσεων) έχει απεικονιστεί μόνο μία αντλία, αυτή που τροφοδοτεί τα μίξερ επεξεργασίας με νερό. Στην πραγματικότητα υπάρχει και μία δεύτερη αντλία, μέσω της οποίας υπάρχει η δυνατότητα να σταλεί νερό από την υπόγεια δεξαμενή υδάτων κατευθείαν στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Παλαιότερα αυτό ήταν δυνατό να γίνει μόνο με τη μεταφορά του περιεχομένου της υπόγειας δεξαμενής υδάτων στην ανοιχτή δεξαμενή -υπό την προϋπόθεση ότι αυτή δεν περιείχε κάποιο άλλο ρευστό- και από εκεί στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι

αυτή η αλλαγή έγινε σχετικά πρόσφατα, οπότε ο χειριστής απεικόνισε μόνο τον παλιό τρόπο μεταφοράς νερού από την υπόγεια δεξαμενή υδάτων στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, δηλαδή μέσω της ανοιχτής δεξαμενής. Τέλος, ένα ακόμα σχεδιαστικό σφάλμα είναι ότι απεικονίζεται μία αντλία στην έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας. Στην πραγματικότητα, υπάρχει μια μοναδική αντλία για την έξοδο και των δύο μίξερ επεξεργασίας.



Εικόνα α.5: Νοητική αναπαράσταση 2^{ου} χειριστή

Δεδομένου ότι ο συγκεκριμένος χειριστής πραγματοποιεί επεξεργασίες αποβλήτων με αρκετά μεγάλη συχνότητα, η πρώτη παράλειψη που αφορά τις αντλίες της υπόγειας δεξαμενής υδάτων, μπορεί να δικαιολογηθεί λέγοντας ότι δεν είχε αρκετό χρόνο για να ενσωματώσει την καινούρια πληροφορία στον νοητικό του μοντέλο. Σχετικά όμως με την απεικόνιση δύο αντλιών, μία στην έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας, φαίνεται ότι η νοητική εικόνα που έχει σχηματίσει ο χειριστής για το σύστημα είναι παραμορφωμένη.

Σχέδιο Νο 3

Το σχέδιο που παρουσιάζεται παρακάτω έχει παρεμφερή δομή με το πρώτο σχέδιο. Κάθε βήμα τις διαδικασίας απεικονίζεται σε ένα ξεχωριστό σκίτσο. Ο συγκεκριμένος χειριστής έχει συμπεριλάβει πολλές λεπτομέρειες στο σχέδιό του, όχι μόνο όσον αφορά το σχεδιαστικό κομμάτι, δηλαδή έχει συμπεριλάβει όλες τις βάνες, αντλίες, αναδευτήρες, αλλά και όσο αφορά την σύντομη περιγραφή που δίνει για κάθε βήμα της διαδικασίας.

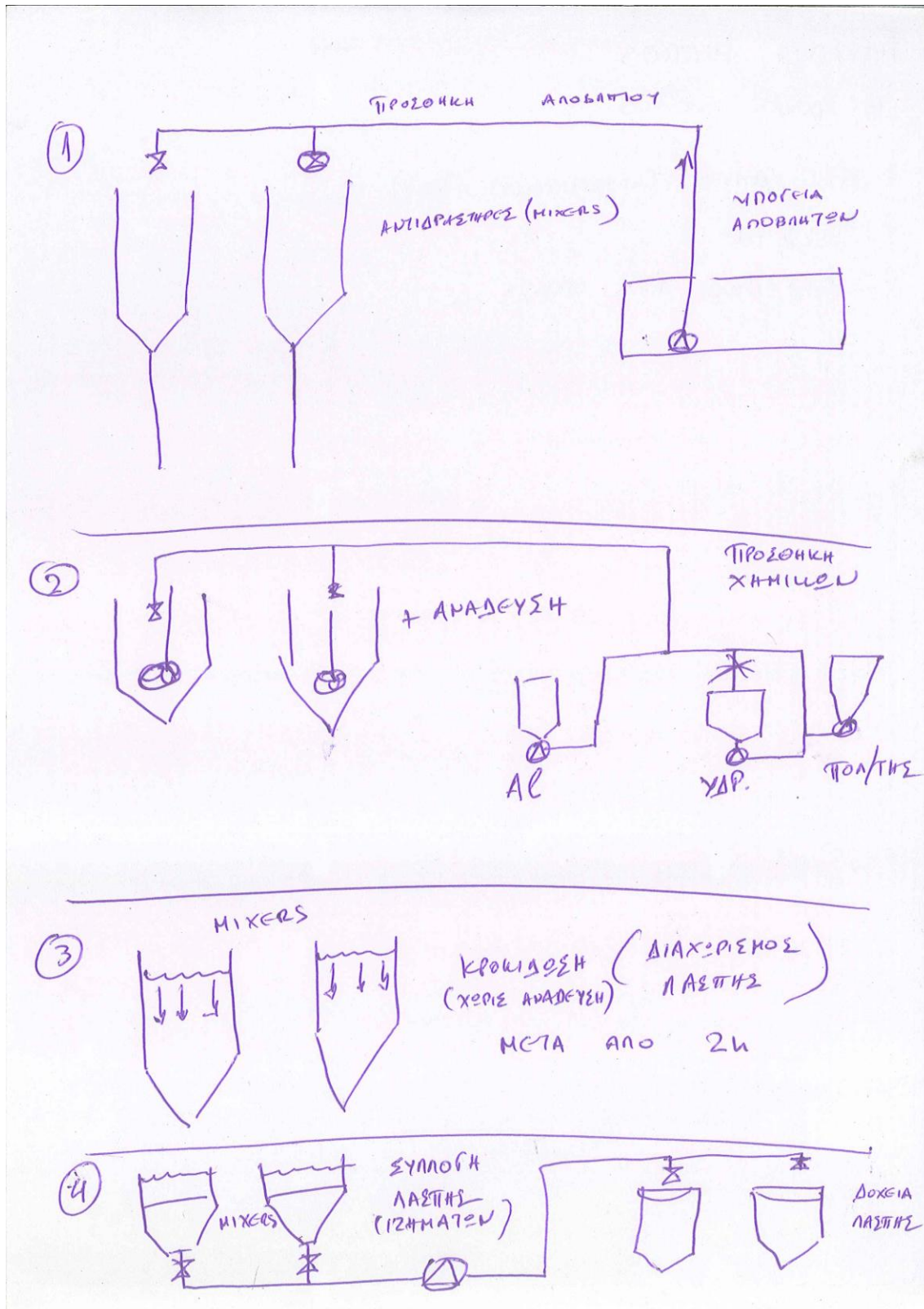
Παρ' ότι το σχέδιό του είναι ιδιαίτερα αναλυτικό, έχει μερικές παραλείψεις και διαφορές, σε σχέση με την πραγματικότητα. Αρχικά, μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου βήματος, έχει παραλειφθεί η προσθήκη νερού από την υπόγεια δεξαμενή υδάτων στα μίξερ επεξεργασίας. Ακόμη, σχετικά με το δεύτερο βήμα, όχι μόνο η σειρά προσθήκης των χημικών στο μίξερ επεξεργασίας δεν είναι ξεκάθαρη, αλλά το σχέδιο υποδηλώνει ότι και τα τρία χημικά καταλήγουν στα μίξερ επεξεργασίας, και μεν μέσω ξεχωριστής αντλίας το καθένα, αλλά μέσω κοινού σωλήνα, πράγμα που είναι λάθος. Επιπλέον, δεν απεικονίζονται τα δοχεία του πολυηλεκτρολύτη, στα οποία μεταφέρεται το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη πριν την προσθήκη του στο μίξερ επεξεργασίας. Επίσης, στο τελικό βήμα, τα στραγγίδια της πρέσας αναφέρεται ότι έχουν τη δυνατότητα να καταλήγουν είτε στα μίξερ επεξεργασίας ή στην υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων. Παρ' ότι αυτό είναι αληθές, η προεπιλογή είναι να καταλήγουν στην υπόγεια δεξαμενή στραγγιδίων και από εκεί, όταν η στάθμη της υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή, στα μίξερ επεξεργασίας. Εάν κάποιος επιθυμεί τα στραγγίδια της πρέσας να καταλήγουν στην υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων ή στην ανοιχτή δεξαμενή (μια δυνατότητα η οποία δεν αναφέρεται από τον χειριστή), πρέπει να γίνει ρύθμιση των κατάλληλων βανών χειροκίνητα, πράγμα που δε συμβαίνει σχεδόν ποτέ. Τέλος, στο βήμα 6β, για τη ρύθμιση του pH ο χειριστής έχει συμπεριλάβει μόνο το θειικό οξύ και όχι και την καυστική σόδα.

Γενικά τα βήματα που περιγράφει ο χειριστής είναι τα εξής:

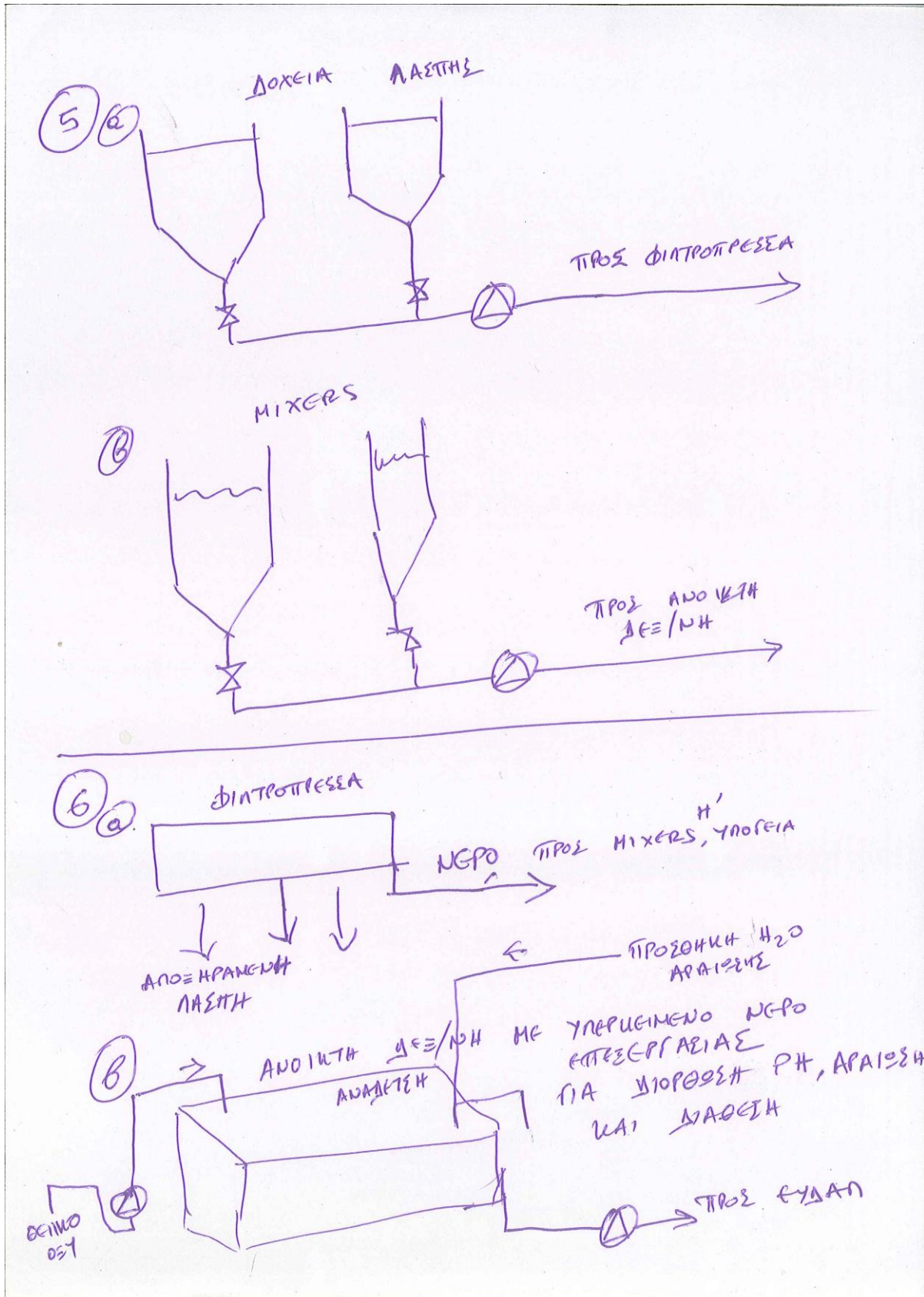
1. προσθήκη αποβλήτου (βαρέως) στο μίξερ επεξεργασίας,
2. προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου, θειικού αργιλίου και πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας,
3. αναμονή για κροκίδωση
4. διοχέτευση λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας στα μίξερ λάσπης,
5. μεταφορά λάσπης προς τη φιλτρόπρεσα
6. μεταφορά του υπερκείμενου υγρού στην ανοιχτή δεξαμενή
7. συλλογή κέικ λάσπης και διοχέτευση στραγγιδίων πρέσας προς μίξερ επεξεργασίας.
8. διόρθωση του pH του περιεχομένου της ανοιχτής δεξαμενής με θειικό οξύ και διάθεση στην ΕΥΔΑΠ.

Γενικότερα από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο συγκεκριμένος χειριστής, ενώ έχει καλή γνώση της διαδικασίας, η νοητική εικόνα που έχει για το σύστημα έχει

κάποια κενά, κυρίως όσον αφορά την προσθήκη των χημικών στο μίξερ επεξεργασίας.



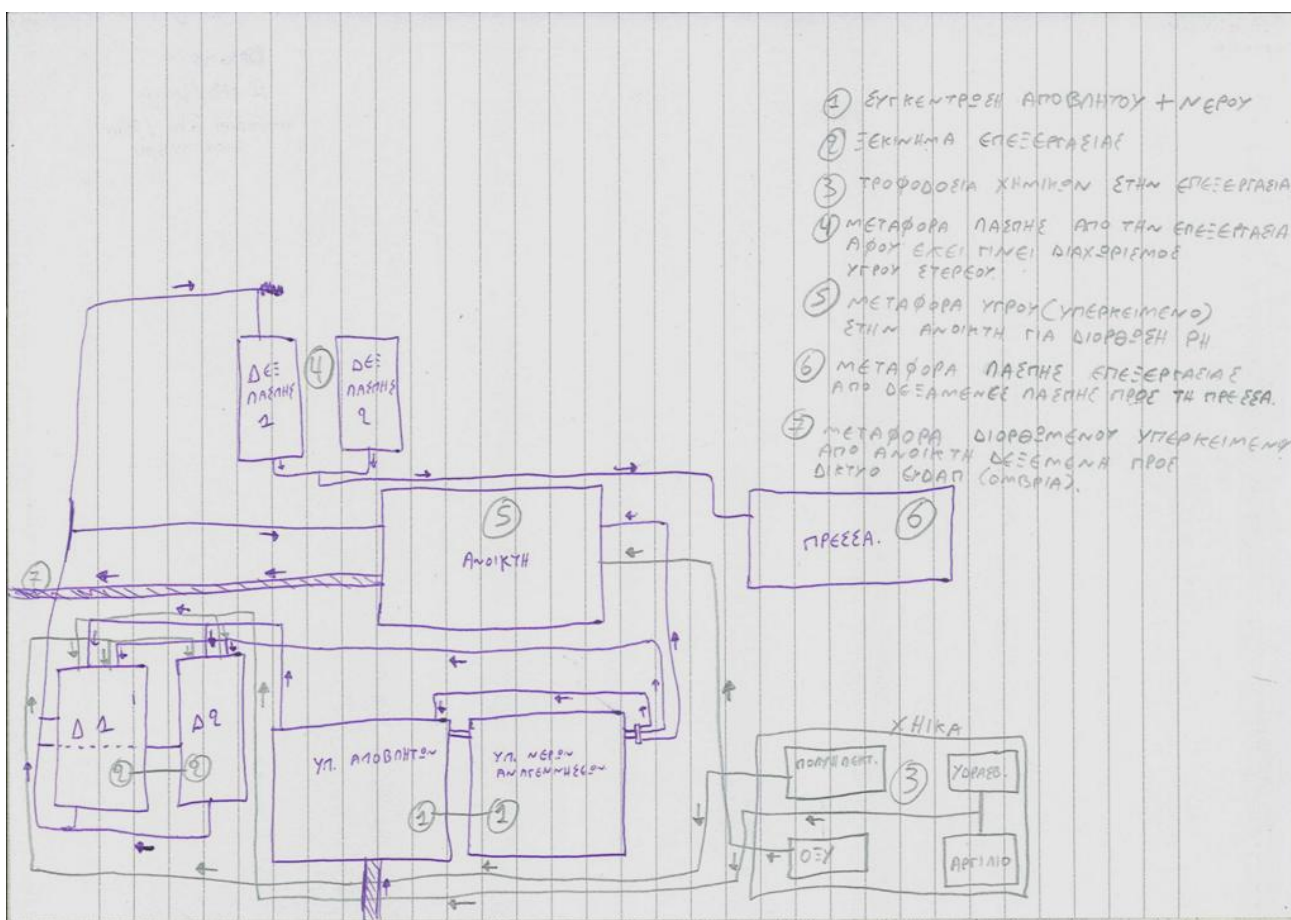
Εικόνα α.6: Νοητική αναπαράσταση 3^{ου} χειριστή, μέρος 1/2



Εικόνα α.7: Νοητική αναπαράσταση 3^ο χειριστή, μέρος 2/2

Σχέδιο Νο 4

Το σχέδιο που παρουσιάζεται παρακάτω μπορούμε να πούμε ότι είναι αρκετά πλήρες. Με την εξαίρεση ότι ο χειριστής αρχικά παρέλειψε τα χημικά, γι αυτό και είναι συμπληρωμένα με μολύβι, σχεδόν όλα τα βήματα περιλαμβάνονται στο σκαρίφημα. Μάλιστα, έχει συμπεριλάβει στο σχέδιό του λεπτομέρειες, όπως τους συμπληρωματικούς σωλήνες στα μίξερ επεξεργασίας από τους οποίους διαφεύγει το υπερκείμενο υγρό και την επικοινωνία της υπόγειας δεξαμενής υδάτων με την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων στην περίπτωση υπερχειλίσσης της πρώτης. Παρ' όλα αυτά, το σχέδιο έχει ορισμένες παραλείψεις. Οι βασικότερες από αυτές είναι ότι δεν απεικονίζονται στην έξοδο της πρέσας το κέικ λάσπης, ούτε τα στραγγίδια. Ακόμη, όσον αφορά τη διόρθωση του pH, δεν έχει σχεδιαστεί η καυστική σόδα, αλλά μόνο το θειικό οξύ. Τέλος, στο σχέδιο δεν γίνεται αναφορά για καμία βάννα και αντλία.



Εικόνα α.8: Νοητική αναπαράσταση 4^{ου} χειριστή

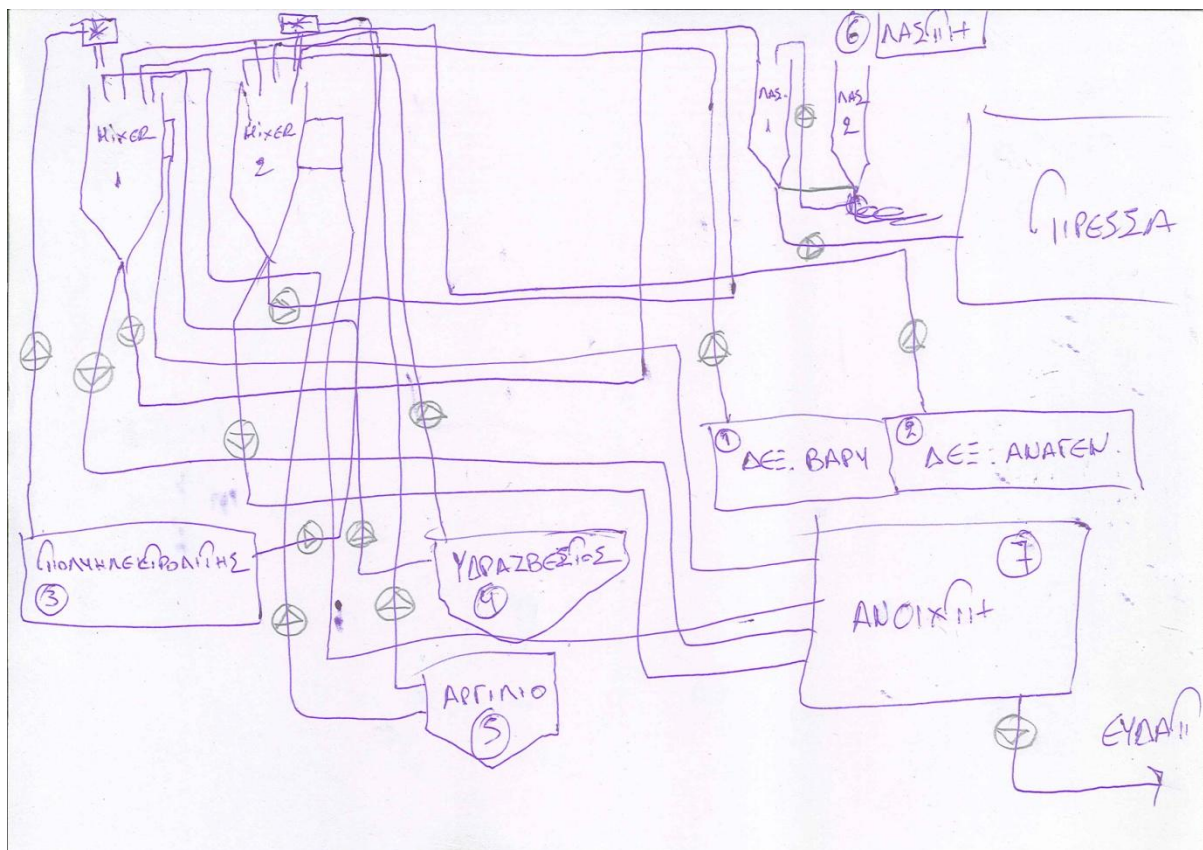
Επίσης, αν παρατηρήσει κανείς με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το σχέδιο θα προσέξει ότι το θειικό αργίλιο και το υδροξείδιο του ασβεστίου παρουσιάζονται να καταλήγουν στα μίξερ επεξεργασίας μέσω κοινού σωλήνα, κάτι που δεν συνάδει με την πραγματικότητα. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το κομμάτι του νοητικού μοντέλου που αναφέρεται στο υδροξείδιο του ασβεστίου και το θειικό αργίλιο είναι θολό και ο χειριστής ενδεχομένως δεν είναι σίγουρος για το αν κάθε μια από τις δύο

δεξαμενές έχει μια αποκλειστική αντλία, ή αν τα δύο χημικά μεταφέρονται με μια κοινή αντλία.

Τέλος, το δεύτερο από τα βήματα που έχει αριθμήσει στην πάνω δεξιά γωνία του σχεδίου του, έχει την επεξήγηση «ξεκίνημα επεξεργασίας». Αυτό είναι λάθος στη νοητική δομή της επεξεργασίας υπό την έννοια ότι η επεξεργασία ξεκινά με την εισαγωγή της λάσπης στο μίξερ επεξεργασίας.

Σχέδιο Νο 5

Ο χειριστής που έφτιαξε το σχέδιο που παρουσιάζεται στην επόμενη σελίδα φαίνεται ότι όσον αφορά το κομμάτι της νοητικής αναπαράστασης που αφορά τη διαδικασία είναι αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας, αλλά αντιθέτως, το κομμάτι που αφορά την εγκατάσταση έχει αρκετές παραμορφώσεις. Πιο συγκεκριμένα, τα βήματα που έχει αριθμήσει είναι απολύτως σωστά. Μάλιστα διευκρίνισε προφορικά ότι έχει αριθμήσει στο νούμερο τρία το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη, όχι γιατί προστίθενται στο μίξερ επεξεργασίας πριν το υδροξείδιο του ασβεστίου και το θειικό αργίλιο, αλλά επειδή ο χειριστής πρέπει να φροντίσει το διάλυμα αυτό να μεταφερθεί στο δοχείο πολυηλεκτρολύτη εγκαίρως.



Εικόνα α.9: Νοητική αναπαράσταση 5^{ου} χειριστή

Όσον αφορά όμως την εγκατάσταση, αρχικά, για κάθε μία από τις δεξαμενές του πολυηλεκτρολύτη, του θειικού αργιλίου και του υδροξειδίου του ασβεστίου, έχει απεικονίσει δύο αντλίες, κάτι που δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα. Ακόμη, στην

έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας έχει παρουσιάσει δύο αντλίες, μία για την μεταφορά της λάσπης και μία για την μεταφορά του υπερκείμενου υγρού, ενώ στην πραγματικότητα υπάρχει μοναδική κοινή αντλία και για την λάσπη και για το υπερκείμενο υγρό και των δύο μίξερ επεξεργασίας. Τέλος, σχετικά με τη μεταφορά της λάσπης από τις δεξαμενές λάσπης προς την πρέσα, και μεν έχει σχεδιάσει ότι τα δύο μίξερ επικοινωνούν, αλλά έχει παρουσιάσει ότι η αντλία αναρροφά λάσπη μόνο από την δεξαμενή λάσπης Νο 1.

Τέλος, έχει παραλείψει να συμπεριλάβει στο σχέδιό του τη μεταφορά λάσπης, τη σχεδίαση όλων των βανών και του τμήματος που βρίσκεται στην έξοδο της πρέσας, δηλαδή τη συλλογή του κέικ λάσπης και των στραγγιδίων.

Σχέδιο Νο 6

Ο χειριστής που σχεδίασε το παρακάτω σχέδιο, φαίνεται ότι έχει πολύ συγκεχυμένες τις πληροφορίες τόσο για την εγκατάσταση όσο και για τη διαδικασία αυτή καθ'αυτή.

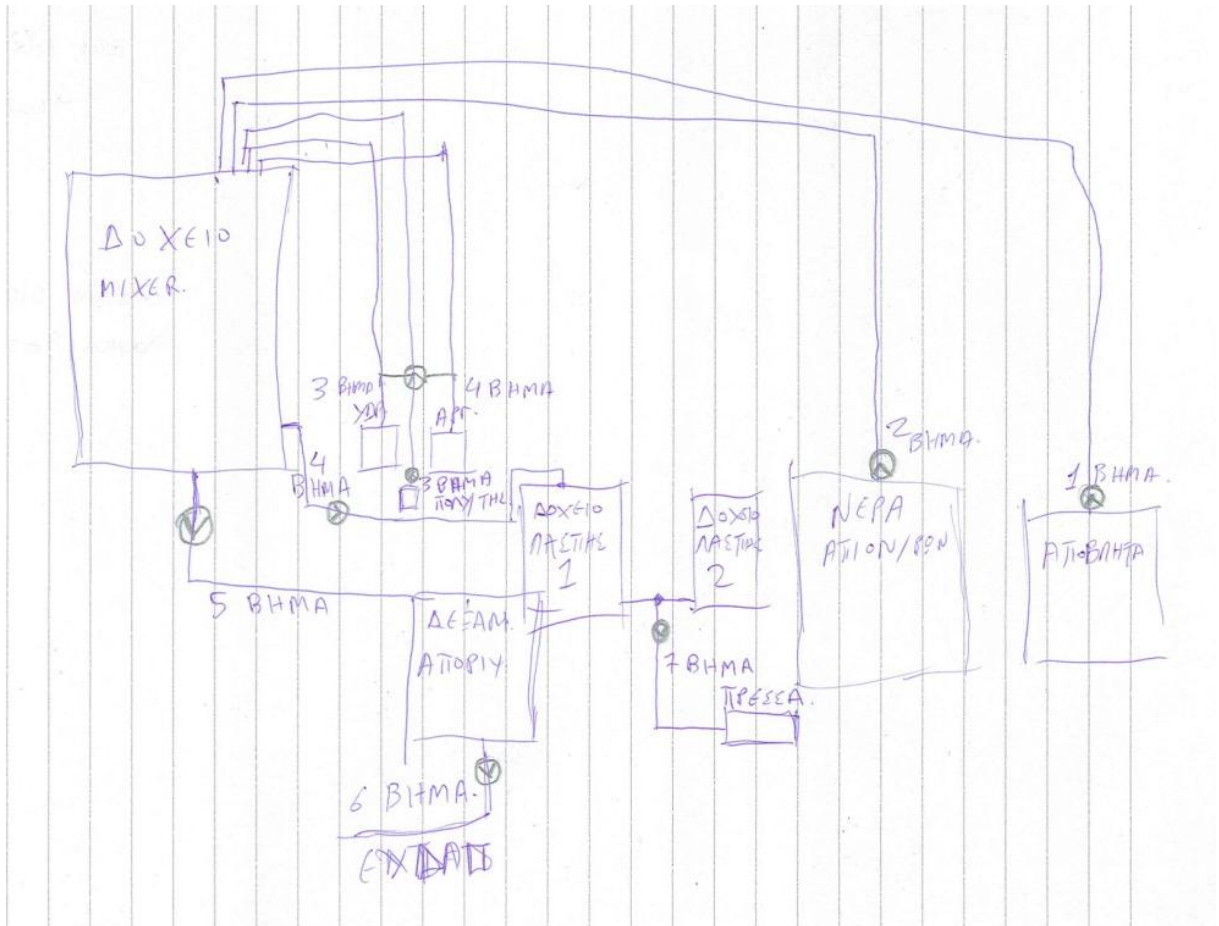
Αρχικά, η αρίθμηση που έχει κάνει για τα βήματα της διαδικασίας είναι η εξής:

1. Προσθήκη αποβλήτου στο μίξερ επεξεργασίας.
2. Προσθήκη νερού αντίστροφων οσμώσεων στο μίξερ επεξεργασίας,
3. Προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου και προσθήκη πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας.
4. Προσθήκη θεικού αργιλίου στο μίξερ επεξεργασίας και μεταφορά λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας προς τη δεξαμενή λάσπης
5. Μεταφορά υπερκείμενου υγρού από το μίξερ επεξεργασίας προς την ανοιχτή δεξαμενή.
6. Διοχέτευση επεξεργασμένου υγρού από την ανοιχτή δεξαμενή προς το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ.
7. Μεταφορά λάσπης από τις δεξαμενές της λάσπης προς την φιλτρόπρεσα.

Γενικά φαίνεται ότι η σειρά και ο τρόπος εισαγωγής των διαλυμάτων πολυηλεκτρολύτη, θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου στο μίξερ επεξεργασίας είναι μη ξεκάθαρη. Στο σχέδιο μάλιστα έχει συνδέσει μια αντλία στην έξοδο της δεξαμενής πολυηλεκτρολύτη, και μια δεύτερη αντλία, η οποία ενώνει τους σωλήνες και των τριών χημικών, με τρόπο που δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσει.

Ακόμη, ο χειριστής έχει απεικονίσει μόνο το ένα από τα δύο μίξερ επεξεργασίας, λέγοντας ότι «ακριβώς τα ίδια ισχύουν και για το δεύτερο». Επομένως, δεν φαίνεται αν στο νοητικό του μοντέλο υπάρχουν μία ή δύο αντλίες για τη μεταφορά κάθε χημικού στο μίξερ επεξεργασίας. Το ίδιο ισχύει και για την έξοδο των μίξερ επεξεργασίας, δεν είναι δηλαδή ξεκάθαρο αν στο νοητικό του μοντέλο υπάρχει μία αντλία για κάθε μίξερ επεξεργασίας ή όχι.

Τέλος, στο σχέδιό του δεν εμφανίζονται το θειικό οξύ και η καυστική σόδα, δηλαδή τα δύο χημικά που είναι υπεύθυνα για τη διόρθωση του pH, καθώς και το τμήμα που βρίσκεται στην έξοδο της πρέσας, δηλαδή τη συλλογή του κέικ λάσπης και των στραγγιδίων. Τέλος, στοιχεία όπως τα δοχεία πολυηλεκτρολύτη, οι βάνες και οι αναδευτήρες δεν έχουν συμπεριληφθεί στο σχέδιο.



Εικόνα α.10: Νοητική αναπαράσταση 6^{ου} χειριστή

Σχέδιο Νο 7

Ο χειριστής του ακόλουθου σχεδίου φαίνεται ότι έχει ένα σχετικά θολό νοητικό μοντέλο και το σχέδιό του έχει αρκετές παραμορφώσεις σε σχέση με την πραγματικότητα. Πιο συγκεκριμένα, η σειρά των βημάτων που παρουσιάζει είναι τα εξής:

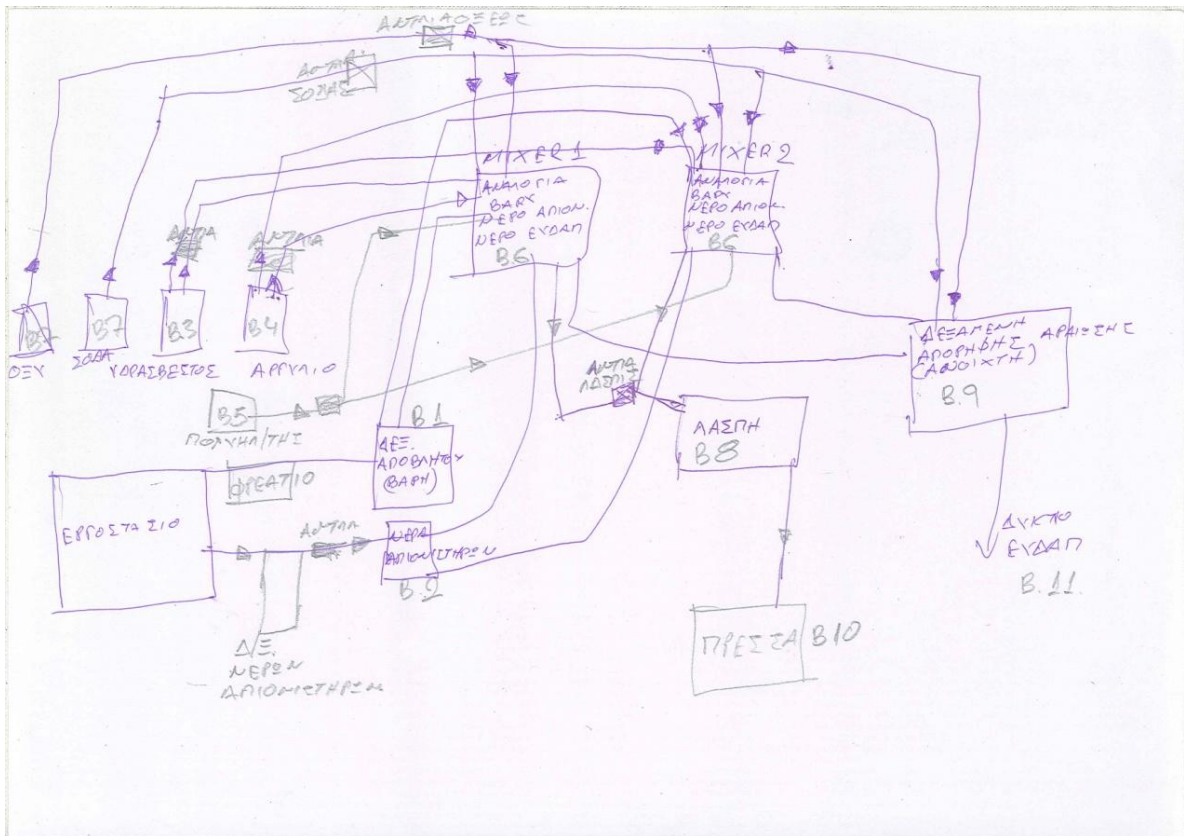
1. προσθήκη αποβλήτου (βαρέως) στο μίξερ επεξεργασίας,
2. προσθήκη νερού αντίστροφων οσμώσεων στο μίξερ επεξεργασίας,
3. προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου στο μίξερ επεξεργασίας
4. προσθήκη διαλύματος θειικού αργιλίου στο μίξερ επεξεργασίας

5. προσθήκη διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας,
6. αναμονή για κροκίδωση
7. διόρθωση του pH στην ανοιχτή δεξαμενή και στα μίξερ επεξεργασίας με προσθήκη θεικού οξέος ή/και σόδας
8. μεταφορά λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας στα μίξερ λάσπης,
9. μεταφορά υπερκείμενου υγρού από το μίξερ επεξεργασίας στην ανοιχτή δεξαμενή
10. μεταφορά λάσπης προς τη φιλτράρεσα
11. διάθεση του επεξεργασμένου υγρού από την ανοιχτή δεξαμενή προς το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ

Το έβδομο βήμα όμως, που αφορά τη διόρθωση του pH δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν την ολοκλήρωση των δύο επόμενων του.

Επίσης, όπως έχουν σχεδιαστεί οι αντλίες για τη μεταφορά του υδροξειδίου του ασβεστίου και του θεικού αργιλίου, δεν είναι ξεκάθαρο αν υποδηλώνεται η ύπαρξη μίας ή δύο αντλιών στην έξοδο κάθε δεξαμενής.

Τέλος, στο σχέδιο έχουν παραληφθεί στοιχεία όπως τα δοχεία πολυηλεκτρολύτη, οι βάνες, οι αναδευτήρες



Εικόνα α.11: Νοητική αναπαράσταση 7^{ου} χειριστή

Αποτελέσματα της ανάλυσης

Είναι γεγονός ότι τα παραπάνω σχέδια, έχουν σημαντικές αποκλίσεις από την πραγματικότητα. Αυτές οι αποκλίσεις όμως δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως λάθη κατά τον σχεδιασμό. Αυτό που ζητήθηκε από τους χειριστές να φτιάξουν δεν ήταν ένα πιστό αντίγραφο του σχεδίου της εγκατάστασης του χημικού καθαρισμού, αλλά ένα σκαρίφημα μέσα από το οποίο να φαίνεται το πώς αυτοί αντιλαμβάνονται τη διαδικασία. Με άλλα λόγια, το σχέδιό τους αναπαριστά τη λειτουργική νοητική εικόνα που έχουν για την εγκατάσταση του χημικού καθαρισμού και για τις δραστηριότητες που είναι συνδεδεμένες στον χώρο αυτό. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι λειτουργικές νοητικές εικόνες ορίζονται ως “η συνειδητή αναπαράσταση των μερικών δομών ενός τεχνήματος, μιας τεχνολογικής διάταξης ή ενός συστήματος εργασίας, τις οποίες ένας εργαζόμενος έχει αποθηκευμένες στη μνήμη του και χρησιμοποιεί προκειμένου να εκτελέσει τα εργασιακά του καθήκοντα” (Μαρμαράς, 2010).

Αναφερόμενοι σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, οι λειτουργικές νοητικές εικόνες δεν είναι κοινές για όλα τα άτομα που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον αυτό. Άτομα με διαφορετικά εργασιακά καθήκοντα, είναι αναμενόμενο να αντιλαμβάνονται τις πληροφορίες του περιβάλλοντος με διαφορετική βαρύτητα, επομένως οι νοητικές αναπαραστάσεις που δημιουργούνται από τις συλλεχθείσες πληροφορίες διαφέρουν ως προς τα στοιχεία που περιέχουν και ως προς τη λεπτομέρειά τους” (Μαρμαράς, 2010). Ακόμη, άτομα που απασχολούνται στο ίδιο περιβάλλον, έχοντας τα ίδια εργασιακά καθήκοντα, αλλά η συχνότητα εργασίας τους διαφέρει, θα έχουν αποτυπωμένες στη μνήμη τους διαφορετικές λειτουργικές νοητικές εικόνες. Το ίδιο ισχύει όταν συγκρίνουμε άτομα που απασχολούνται σε ένα πόστο για μεγάλο χρονικό διάστημα, με ένα άτομα που είναι καινούργιο στη δουλειά. Ο καινούργιος εργαζόμενος δίνει ίση βαρύτητα σε όλο το εργασιακό του περιβάλλον, καθώς όλα είναι εξίσου καινούργια γι αυτόν, ενώ κάποιος με πολυετή εμπειρία δίνει μεγαλύτερη βάση στα κομμάτια εκείνα που είναι τελικά τα πιο σημαντικά. Τέλος, άτομα με ίδια εργασιακά καθήκοντα στο ίδιο περιβάλλον και με παρόμοια εμπειρία, είναι αναμενόμενο να έχουν σχηματίσει παρόμοιες λειτουργικές νοητικές εικόνες (Vicente, 1999).

Στη περίπτωση μας, οι χειριστές της εγκατάστασης του χημικού καθαρισμού, εργάζονται στο ίδιο περιβάλλον και επίσης έχουν και κοινά εργασιακά καθήκοντα. Ακόμη, οι παράμετροι της παλαιότητας και της συχνότητας κατά την εργασίας δεν είναι εύκολο να μελετηθούν καθώς υπάρχουν χειριστές που απασχολούνται επί σειρά ετών στο συγκεκριμένο πόστο, αλλά όχι με μεγάλη συχνότητα, άλλοι που παλαιότερα δούλευαν συχνότερα απ’ ότι σήμερα, άλλοι που τον τελευταίο καιρό έχουν αυξημένες βάρδιες στον χημικό καθαρισμό, ενώ υπάρχουν και ορισμένοι που παρότι καινούργιοι, είναι αρκετά συχνά υπεύθυνοι για το πόστο αυτό. Οι παραπάνω παράμετροι θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθούν στην περίπτωση που είχαμε αρκετά μεγαλύτερο δείγμα χειριστών, ώστε να υπήρχαν αρκετοί υποψήφιοι σε κάθε

κατηγορία. Επομένως, η μόνη παράμετρος που μπορεί να μελετηθεί με το παρόν δείγμα των επτά χειριστών, είναι αυτή που αφορά τα κοινά χαρακτηριστικά που έχουν οι λειτουργικές νοητικές εικόνες των χειριστών που εργάζονται στο ίδιο περιβάλλον, και έχουν τα ίδια εργασιακά καθήκοντα.

Κοινά στοιχεία στις νοητικές αναπαραστάσεις των χειριστών

Κοιτώντας εποπτικά τα σχέδια όλων των χειριστών, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι υπάρχει η τάση για υπερτονισμό κάποιων κοινών χαρακτηριστικών και για παράληψη κάποιων άλλων. Ένα από τα σημεία που διαφέρει σημαντικά στα σχέδια σε σχέση με την πραγματικότητα είναι η προσθήκη των χημικών, του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου. Δεν ήταν λίγοι οι χειριστές που σχεδίασαν ένα απλοποιημένο σχέδιο σε σχέση με την πραγματικότητα, παρουσιάζοντας μια κοινή αντλία για τη μεταφορά δύο ή και των τριών χημικών στο μίξερ επεξεργασίας. Ακόμη, αρκετοί ήταν εκείνοι υπερτόνισαν το τμήμα αυτό αντιστοιχώντας δύο αντλίες σε κάθε μία από τις δεξαμενές των χημικών, μία για την τροφοδοσία του κάθε μίξερ επεξεργασίας. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι σε αρκετά από τα σχέδια εντοπίζεται μια αδυναμία στην επεξήγηση της διαδικασίας, δηλαδή στην αρίθμηση της σειράς με την οποία τα χημικά αυτά προστίθενται στο κυρίως διάλυμα στο μίξερ επεξεργασίας.

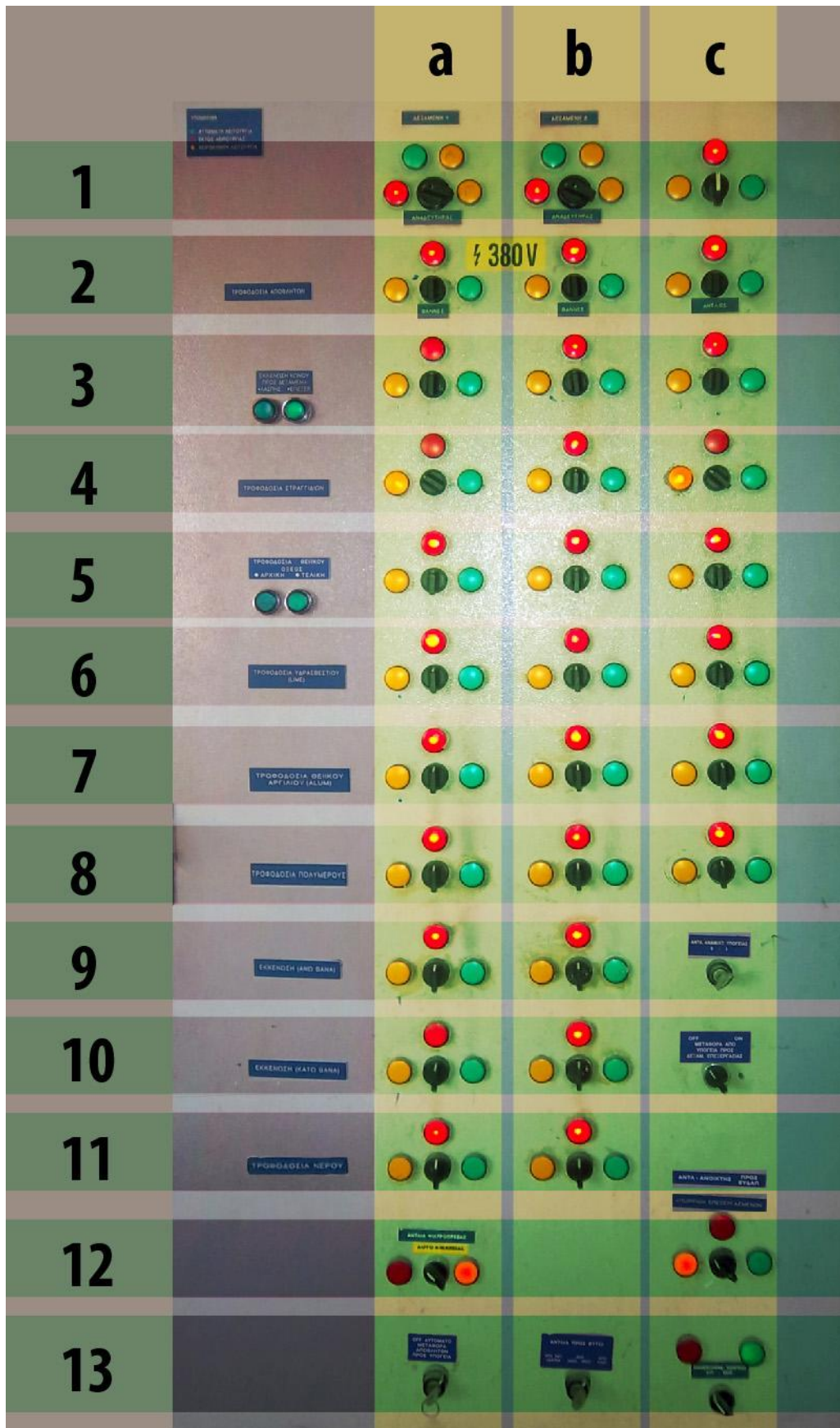
Ένα δεύτερο σημείο, που περισσότεροι από τους μισούς χειριστές υπερτόνισαν κάνοντάς το να αποκλίνει σημαντικά από την πραγματικότητα, είναι το τμήμα της εγκατάστασης που αφορά την έξοδο των μίξερ επεξεργασίας. Μεγάλη μερίδα των χειριστών που συμμετείχαν στο πείραμα, παρουσίασαν στο σχέδιό τους δύο αντλίες στην έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας, μία για την μεταφορά της λάσπης και μία για τη μεταφορά του υπερκείμενου υγρού. Ακόμη μερικοί παρουσίασαν μια αντλία στην έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας.

Τέλος, μια αρκετά σημαντική παρατήρηση είναι ότι σε πολλά από τα σχέδια που παρουσιάζονται παραπάνω παραλείπονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως είναι οι βάνες, οι αντλίες, και το κομμάτι στην έξοδο της πρέσας.

Ο παρών πίνακας χειρισμού

Αυτό που θα μας απασχολήσει στη συνέχεια είναι να αναλύσουμε τους λόγους οι οποίοι οδήγησαν τους χειριστές να έχουν κοινές παραμορφώσεις στις λειτουργικές νοητικές εικόνες που τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν. Η απάντηση μπορεί να δοθεί αν κοιτάξει κανείς αναλυτικά τον παρόντα διαμεσολαβητή χειρισμού της εγκατάστασης.

Στην επόμενη σελίδα παρουσιάζεται ο πίνακας χειρισμού της εγκατάστασης (*Εικόνα α.12*). Όπως φαίνεται αποτελείται από πολλούς διακόπτες δύο, τριών ή τεσσάρων διακριτών θέσεων. Οι διακόπτες, σε γενικές γραμμές είναι στοιχισμένοι στη μορφή ενός πλέγματος με τρεις στήλες και δεκατρείς γραμμές.



Εικόνα α.12: Ο υπάρχων πίνακας χειρισμού

Χρωματικές ενδείξεις

Όσον αφορά τους διακόπτες δύο και τριών διακριτών θέσεων με τις χρωματικές ενδείξεις, όταν ο διακόπτης είναι στραμμένος προς το πράσινο φωτάκι, τότε σημαίνει ότι είναι η λειτουργία που ελέγχεται από τον συγκεκριμένο διακόπτη είναι ενεργοποιημένη, για παράδειγμα η αντλία δουλεύει. Όταν ο διακόπτης δείχνει το κόκκινο φωτάκι, αυτό είναι ένδειξη ότι η λειτουργία που ελέγχεται από τον διακόπτη είναι απενεργοποιημένη, για παράδειγμα ότι μια αντλία είναι απενεργοποιημένη. Τέλος, όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση του φωτός με το πορτοκαλί χρώμα, είναι ένδειξη ότι είναι ενεργοποιημένη η αυτόματη λειτουργία, σημαίνει δηλαδή ότι η λειτουργία που ελέγχεται από τον διακόπτη είναι ενεργοποιημένη, αλλά το στοιχείο είναι ενεργό μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η αντλία είναι σε λειτουργία για να μεταγγίσει το περιεχόμενο μιας δεξαμενής, αλλά όταν η στάθμη της δεξαμενής μειωθεί κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο, η αντλία θα απενεργοποιηθεί, μέχρι η στάθμη να αυξηθεί πάλι πάνω από το όριο.

Όσον αφορά τους διακόπτες τεσσάρων διακριτών θέσεων με χρωματικές ενδείξεις (1.α και 1.β), η σύμβαση είναι η ίδια με παραπάνω. Η μόνη διαφορά εδώ είναι ότι επειδή αναφέρονται σε αναδευτήρες, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μιας αργής και μίας γρήγορης ταχύτητας, στην ημιαυτόματη λειτουργία.

Τέλος οι υπόλοιποι διακόπτες ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν μια λειτουργία (on/off) ή επιτρέπουν στον χειριστή να επιλέξει μια δυνατότητα μεταξύ κάποιων, όπως για παράδειγμα, προς ποια δεξαμενή επιθυμούμε να κατευθυνθεί ένα συγκεκριμένο ρευστό.

Λειτουργία διακοπών

Οι τρεις διακόπτες της πρώτης γραμμής (1.α, 1.β και 1.γ) αναφέρονται στους αναδευτήρες του μίξερ επεξεργασίας No1, του μίξερ επεξεργασίας No2 και της ανοιχτής δεξαμενής αντίστοιχα.

Όσον αφορά τους διακόπτες από τη δεύτερη έως και την όγδοη σειρά, ελέγχουν μερικές από τις κύριες βάνες και αντλίες της εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη στήλη (2.α-8.α) αναφέρεται στις βάνες που επιτρέπουν την έξοδο ή την είσοδο των διάφορων ρευστών από ή προς το μίξερ επεξεργασίας No1 ενώ η δεύτερη στήλη (2.β-8.β) αναφέρεται αντίστοιχα στο μίξερ επεξεργασίας No2. Τέλος, η τρίτη στήλη (2.γ-8.γ) ελέγχει τις αντλίες που διακινούν τα παραπάνω ρευστά.

Η λειτουργία της κάθε γραμμής είναι η εξής:

- 2^η γραμμή: Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής από την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων στα μίξερ επεξεργασίας No1 και No2.
- 3^η γραμμή: Μεταφορά υπερκείμενου ή λάσπης από τα μίξερ επεξεργασία στην ανοιχτή δεξαμενή ή στις δεξαμενές λάσπης αντίστοιχα.
- 4^η γραμμή: Τροφοδοσία στραγγιδίων της φιλτρόπρεσας από την δεξαμενή στραγγιδίων στα μίξερ επεξεργασίας.

- 5^η γραμμή: Τροφοδοσία θεικού οξέος στα μίξερ επεξεργασίας (η προσθήκη θεικού οξέος παλαιότερα γινότανε και στα μίξερ επεξεργασίας μετά την μεταφορά της λάσπης, αλλά πριν το υπερκείμενο μεταφερθεί στην ανοιχτή δεξαμενή)
- 6^η γραμμή: Τροφοδοσία υδροξειδίου του ασβεστίου από την δεξαμενή υδροξειδίου του ασβεστίου στα μίξερ επεξεργασίας.
- 7^η γραμμή: Τροφοδοσία θεικού αργιλίου από τη δεξαμενή θεικού αργιλίου στα μίξερ επεξεργασίας.
- 8^η γραμμή: Τροφοδοσία διαλύματος πολυηλεκτρολύτη από δεξαμενή πολυηλεκτρολύτη στα μίξερ επεξεργασίας.

Αριστερά της 3^{ης} και 5^{ης} γραμμής παρατηρούμε 2 κουμπιά. Τα κουμπιά της 3^{ης} γραμμής ελέγχουν μια βάνα. Όταν είναι πατημένο το αριστερό κουμπί σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η βάνα που οδηγεί το ρευστό από την έξοδο της αντλίας στην δεξαμενή λάσπης, ενώ όταν είναι πατημένο το δεξιό κουμπί σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η αντλία που οδηγεί το ρευστό από την έξοδο της αντλίας στην ανοιχτή δεξαμενή. Τα πάτημα του ενός κουμπιού αναιρεί το πάτημα του άλλου, επομένως μόνο μια βάνα είναι ανοιχτή κάθε στιγμή. Ομοίως, στην 5^η γραμμή, όταν είναι πατημένο το αριστερό κουμπί σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η βάνα που επιτρέπει την πρόσβαση του θεικού οξέων στα μίξερ επεξεργασίας, ενώ όταν είναι πατημένο το δεξί κουμπί, είναι ανοιχτή η βάνα που επιτρέπει την πρόσβαση του οξέος στην ανοιχτή δεξαμενή.

Οι υπόλοιποι διακόπτες τριών διακριτών θέσεων με χρωματικές ενδείξεις (9.α, 9.β, 10.α, 10.β, 11.α, 11.β), είναι υπεύθυνοι για το άνοιγμα ή κλείσιμο βανών. Συγκεκριμένα, οι διακόπτες 9.α και 10.α αναφέρονται στην άνω και κάτω βοηθητική βάνα εκκένωσης του υπερκειμένου από το μίξερ επεξεργασίας Νο 1, ενώ οι διακόπτες 9.β και 10.β στο το μίξερ επεξεργασίας Νο 2 αντίστοιχα. Τέλος οι διακόπτες 11.α και 11.β επιτρέπουν την εισαγωγή νερού πόλης στα δύο μίξερ. Υπενθυμίζουμε ότι τα ρευστά που περνάνε διαμέσου αυτών, δεν χρειάζονται την υποβοήθηση κάποιας αντλίας, καθώς μεταφέρονται μέσω της βαρύτητας ή υδροστατικής πίεσης.

Ο διακόπτης δύο θέσεων 10.γ ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την αντλία που μεταφέρει το απόβλητο παραγωγής από την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων σε μία από τις δύο δεξαμενές επεξεργασίας. Κανονικά η λειτουργία αυτή ορίζεται από τον διακόπτη 2.γ, ο οποίος όμως δεν λειτουργεί, γι αυτό και προστέθηκε αυτός ο νέος διακόπτης. Ο νέος αυτός διακόπτης είναι ο μόνος που δε συνοδεύεται από χρωματική ένδειξη.

Ο τελευταίος διακόπτης τριών θέσεων (12.γ) αναφέρεται στη αντλία που προκαλεί τη μεταφορά του επεξεργασμένου υγρού από την ανοιχτή δεξαμενή στο δίκτυο της ΕΥΔΑΑΠ.

Στην κάτω μεριά του πίνακα παρατηρούμε δύο διακόπτες, πάλι με χρωματικές ενδείξεις, αλλά δύο μόνο θέσεων. Ο ένας διακόπτης (12.α) ελέγχει την αντλία των

στραγγιδίων της πρέσας, παρέχοντας τη δυνατότητα είτε αυτή να ενεργοποιείται αυτόματα όταν η στάθμη στη δεξαμενή των στραγγιδίων ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο, είτε όταν ορίζει ο χειριστής. Παρατηρούμε ότι οι χρωματικές ενδείξεις δεν αντιστοιχούν στην λειτουργία που αυτές ορίζουν. Για τον λόγο αυτό έχει προστεθεί μια επιπλέον επεξηγηματική επιγραφή. Ο δεύτερος διακόπτης (13.γ) ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον αναδευτήρα της υπόγειας δεξαμενής αποβλήτων.)

Στον πίνακα βρίσκονται επίσης και τρεις διακόπτες-κλειδιά. Αρχικά ο διακόπτης κλειδί 9.γ ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον αναδευτήρα της υπόγειας δεξαμενής αποβλήτων. Σχεδόν πάντα είναι στην ενεργοποιημένος. Στη συνέχεια ο διακόπτης-κλειδί 13.α δεν χρησιμοποιείται πια. Τέλος ο διακόπτης 13.β ενεργοποιεί μια αντλία που ανάλογα με το ποιες βάνες είναι ανοιχτές τη δεδομένη στιγμή μπορεί να μεταφέρει το περιεχόμενο της δεξαμενής της λάσπης (θέση 1), της υπόγειας δεξαμενής λάσπης (θέση 2) ή της υπόγειας δεξαμενής των νερών (θέση 3) μέσω σωλήνα σε βυτιοφόρο όχημα.

Τι οδηγεί τους χειριστές σε λάθη

Επανερχόμενοι στο αρχικό ερώτημα, στο γιατί δηλαδή αρκετοί χειριστές παρουσίασαν στα σχέδιά τους τις δύο αντλίες στην έξοδο των δεξαμενής θεικού αργιλίου, υδροξειδίου του ασβεστίου και πολυηλεκτρολύτη, μπορεί να δοθεί η παρακάτω ερμηνεία. Όταν ο χειριστής επιθυμεί να μεταφέρει για παράδειγμα το διάλυμα θεικού αργιλίου από τη δεξαμενή θεικού αργιλίου στο μίξερ επεξεργασίας No1, αρχικά θα ανοίξει την βάνα (7.α) που ελευθερώνει τη διαδρομή προς το μίξερ επεξεργασίας No1 και στη συνέχεια ενεργοποιεί την αντίστοιχη αντλία (7.γ). Όταν θέλει να μεταφέρει το διάλυμα στο μίξερ επεξεργασίας No2, θα ανοίξει τη βάνα (7.β) αυτή τη φορά και μετά θα ενεργοποιήσει την ίδια αντλία με πριν. Εκ πρώτης όψεως μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι αυτό το σκεπτικό διέπεται από ορισμένους κανόνες. Αρχικά, και οι τρεις διακόπτες συσχετίζονται με την ίδια λειτουργία, στην μεταφορά δηλαδή του διαλύματος θεικού αργιλίου προς τα μίξερ επεξεργασίας. Επίσης, οι διακόπτες βρίσκονται κοντά μεταξύ τους, σε ισαπέχουσες θέσεις, στην ίδια σειρά και είναι όμοιοι μεταξύ τους, επομένως ικανοποιούνται τα κριτήρια εγγύτητας και ομοιότητας. Λόγω των παραπάνω λοιπόν, μπορούν να θεωρηθούν ότι ανήκουν στην ίδια ενότητα.

Κατά την υλοποίηση, όμως της διαδικασίας παρατηρείται το εξής πρόβλημα. Όταν ο χειριστής εργάζεται στο μίξερ επεξεργασίας No1 και επιθυμεί να το τροφοδοτήσει με το διάλυμα θεικού αργιλίου χρησιμοποιεί τους δύο από τους τρεις διακόπτες, τους 7.α και 7.γ. Αντίστοιχα όταν εκτελεί επεξεργασία στο μίξερ επεξεργασίας No2, για τον ίδιο σκοπό, θα χρησιμοποιήσει τους διακόπτες 7.β και 7.γ. Με άλλα λόγια, επειδή δεν εκτελούνται επεξεργασίες και στα δύο μίξερ επεξεργασίας ταυτόχρονα, ο χειριστής έχει αναπτύξει μία νοητική αναπαράσταση για κάθε δύο υπό-ομάδες. Μία για την υπο-ομάδα που τροφοδοτεί το μίξερ επεξεργασίας No1, στην οποία ανήκουν οι διακόπτες που ελέγχουν τη μία βάνα και την αντλία, και μία δεύτερη για την υπο-ομάδα που τροφοδοτεί το μίξερ επεξεργασίας No2, στην οποία ανήκουν οι διακόπτες

που ελέγχουν τη δεύτερη βάνα και την αντλία. Έτσι στο σχέδιο που έφτιαξαν οι χειριστές, αποτύπωσαν ουσιαστικά και τις δύο υπό-ομάδες. Η ύπαρξη δύο αντλιών είναι πλασματική στον φυσικό κόσμο, είναι όμως στο υπαρκτές στη λειτουργική νοητική εικόνα που έχουν σχηματίσει οι χειριστών. Για τον παραπάνω λόγο, σε πολλά από τα σχέδια παρουσιάζονται δύο αντλίες για τη μεταφορά των διαλυμάτων πολυηλεκτρολύτη, θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου στα δύο μίξερ επεξεργασίας. Αυτό δεν είναι καθόλου περίεργο, διότι στις νοητικές αναπαραστάσεις, πολύ συχνά παρουσιάζονται αντικείμενα που δεν υπάρχουν και ένας άνθρωπος τα έχει δημιουργήσει στο μυαλό του για κάποιο λόγο (Wikipedia, Metal Representation, 2013).

Με το ίδιο σκεπτικό μπορεί να ερμηνευτεί το γιατί πολλοί χειριστές σχεδίασαν μία ή και δύο αντλίες στην έξοδο κάθε μίξερ επεξεργασίας. Παρατηρούμε ότι στην τρίτη σειρά του πίνακα ελέγχου, αριστερά από τους τρεις διακόπτες, υπάρχουν δύο κουμπιά. Όταν είναι πατημένο το αριστερό κουμπί σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η βάνα που οδηγεί το ρευστό από την έξοδο της αντλίας στην δεξαμενή λάσπης, ενώ όταν είναι πατημένο το δεξιό κουμπί σημαίνει ότι είναι ανοιχτή η αντλία που οδηγεί το ρευστό από την έξοδο της αντλίας στην ανοιχτή δεξαμενή. Επομένως, οι χειριστές συνέθεσαν μία νοητική αναπαράσταση αποτελούμενη από δύο υπό-ομάδες, μία υπό-ομάδα για κάθε μίξερ επεξεργασίας, ή αποτελούμενη από δύο υπό-ομάδες, μία για τη μεταφορά της λάσπης και μία για τη μεταφορά του υπερκείμενου, είτε ακόμα αποτελούμενη από τέσσερις υπό-ομάδες, μία για τη μεταφορά κάθε ρευστού από κάθε μίξερ επεξεργασίας. Η ταυτόχρονη αποτύπωση όλων των υπό-ομάδων στη λειτουργική νοητική εικόνα της εγκατάστασης, ήταν η αιτία για την ύπαρξη παραπάνω από μιας αντλίας στα σχέδια των χειριστών.

Παρότι στη γραμμή του θεικού οξέος (5^η γραμμή) υπάρχουν επίσης δύο κουμπιά στα αριστερά, το θεικό οξύ δεν εμπίπτει στην ίδια κατηγορία. Πέρα από το γεγονός ότι οι πολλοί ήταν οι χειριστές που παρέλειψαν να το αναφέρουν, η πλειοψηφία των σχεδίων, ανέφερε μόνο την δυνατότητα του θεικού οξέος να καταλήξει στην ανοιχτή δεξαμενή για τη διόρθωση του pH. Ελάχιστοι ήταν αυτοί που ανέφεραν ότι η διόρθωση του pH με θεικό οξύ μπορεί να πραγματοποιηθεί και στα μίξερ επεξεργασίας. Αυτό συμβαίνει διότι η παραπάνω λειτουργία δεν υλοποιείται πια. Παλαιότερα χρησιμοποιούταν μόνο στην περίπτωση που έπρεπε να πραγματοποιηθούν τρεις επεξεργασίες ημερησίως και ήταν απαραίτητη ενέργεια για την εξοικονόμηση χρόνου. Σήμερα όμως κατά μέσο όσο πραγματοποιείται μια επεξεργασία κάθε δεύτερη μέρα, οπότε η προσθήκη θεικού οξέος στα μίξερ επεξεργασίας δεν είναι απαραίτητη.

Πέρα όμως από τον υπερτονισμό ή την απλοποίηση κάποιων στοιχείων, στις λειτουργικές νοητικές εικόνες που σχεδίασαν οι χειριστές, υπάρχουν και μερικές παραλείψεις. Στα περισσότερα σχέδια απουσίαζαν οι βάνες, ενώ σε λιγότερα σχέδια απουσίαζαν και οι αντλίες. Αυτό μπορεί να επεξηγηθεί από το γεγονός ότι τα στοιχεία αυτά ελέγχονται εξ αποστάσεως μέσω των διακοπών από το δωμάτιο χειρισμού,

επομένως οι χειριστές δεν έρχονται σε άμεση επαφή με αυτά. Παρ' όλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι οι αντλίες, κατά τη λειτουργία τους, παράγουν έντονο ήχο. Μερικές φορές μάλιστα, μετά την ενεργοποίηση της αντλίας, οι χειριστές περιμένουν την έναρξη του ήχου αυτού, ως ανάδραση, για να επιβεβαιώσουν ότι η αντλία λειτουργεί κανονικά. Όπως έχει αποδειχθεί, οι λειτουργικές νοητικές εικόνες ενός ανθρώπου, μπορούν να περιέχουν ακόμα και αντικείμενα που ο ίδιος δεν έχει δει ποτέ (Nanay, 2013), αρκεί να έχει αλληλεπιδράσει μαζί τους με κάποια από τις άλλες του αισθήσεις, όπως είναι η ακοή, η αίσθηση, η γεύση, η όσφρηση. Επομένως, οι αντλίες της εγκατάστασης, ακόμα και αν η πληροφορία που παρέχουν είναι κυρίως ακουστική και όχι οπτική, είναι ενσωματωμένες στη λειτουργική νοητική εικόνα που έχουν αναπτύξει οι χειριστές για το σύστημα. Επιπλέον οι αντλίες είναι πιο σημαντικό όργανο για τη διακίνηση ενός υγρού, σε σχέση με τις βάνες. Αυτός είναι και ο λόγος που σε αρκετά από τα σχέδια έχουν συμπεριληφθεί οι αντλίες, σε αντίθεση με τις βάνες.

Τέλος, όσον αφορά την γενική παράληψη που παρατηρήθηκε από τους χειριστές, να συμπεριλάβουν στα σχέδιά τους το κομμάτι που αφορά την συλλογή της αποξηραμένης λάσπης από την πρέσα και τα στραγγίδια της πρέσας, μπορούμε να πούμε ότι αυτή είναι μια εργασία που είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες. Τις περισσότερες φορές πραγματοποιείται κατά την απογευματινή βάρδια. Ακόμη, η συχνότητα πραγματοποίησής της είναι τρεις ή τέσσερις φορές πιο αραιή από τη συχνότητα πραγματοποίησης μιας επεξεργασίας. Δεδομένου ότι η λεπτομέρεια με την οποία θα παρουσιαστεί ένα στοιχείο στη λειτουργική νοητική εικόνα που έχει αναπτύξει ένας χειριστής, εξαρτάται και από τη συχνότητα με την οποία αλληλεπιδρά με αυτό ο χειριστής, είναι αναμενόμενο το συγκεκριμένο κομμάτι της διαδικασίας να αναφέρεται μόνο επιγραμματικά σε αρκετά από τα σχέδια.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, οι λειτουργικές νοητικές εικόνες που έχει ένας εργαζόμενος για τον χώρο εργασίας του, είναι αναμενόμενο να είναι παραμορφωμένες σε σχέση με την πραγματικότητα. Τις περισσότερες φορές οι παραμορφώσεις βοηθούν τον χειριστή να μπορέσει να απλοποιήσει τον τρόπο που αντιλαμβάνεται τη διαδικασία και να την κατανοήσει καλύτερα. Υπάρχουν περιπτώσεις που οι παραμορφώσεις αυτές αναφέρονται σε ασήμαντα κομμάτια της εγκατάστασης ή της διαδικασίας, επομένως δεν επηρεάζεται με κάποιο τρόπο η διεξαγωγή της διαδικασίας. Άλλες φορές όμως, η παραμόρφωση μια λειτουργικής νοητικής εικόνας μπορεί να προέρχεται από τη λανθασμένη κατανόηση του χειριστή για το σύστημα. Είναι πολύ σύνθηες μάλιστα, όταν ο χειριστής πραγματοποιεί μια διαδικασία ρουτίνας, όπως είναι το η προσθήκη κάποιων υλικών σε μία δεξαμενή, να μη συνειδητοποιεί την παρανόηση που έχει για το σύστημα. Όταν όμως πρέπει να αντιμετωπίσει ένα απρόοπτο συμβάν, πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να δράσει γρήγορα και κάτω από πίεση, μπορεί να προκύψουν σημαντικά λάθη. Αναφερόμενοι στην παραμόρφωση που είχαν οι χειριστές για την αντλία που βρίσκεται στην έξοδο των μίξερ επεξεργασίας, αν για παράδειγμα η αντλία λόγω βλάβης δε λειτουργεί και χρειαστεί να πάνε να την επισκευάσουν, είναι πολύ πιθανό να καταλήξουν να

ψάχνουν να βρουν μια αντλία που δεν υπάρχει. Αυτό μπορεί να τους κοστίζει πολύτιμο χρόνο. Ακόμη, στην περίπτωση που δεν λειτουργεί η αντλία που μεταφέρει ένα από τα χημικά στο μίξερ επεξεργασίας, μπορεί η λανθασμένη λειτουργική νοητική αναπαράσταση να καθυστερήσει τον χειριστή τόσο ώστε το πρόβλημα να μην επιλυθεί άμεσα και το μίγμα να αχρηστευθεί και να πρέπει να πεταχτεί.

Γενικότερα όσο πιο περίπλοκο είναι ένα σύστημα, τόσο πιο σημαντικές μπορεί να αποβούν οι επιπτώσεις που προκύπτουν από την λανθασμένη κατανόηση του συστήματος. Σκοπός λοιπόν είναι ο σχεδιασμός ενός διαμεσολαβητή που να μπορεί να διορθώσει τις παραμορφώσεις που έχουν οι χειριστές στις λειτουργικές νοητικές εικόνες και που μπορεί να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να σέβεται τις υπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις που έχουν οι χειριστές, ώστε η απόσταση να μην είναι μεγάλη.

Άλλα μειονεκτήματα του πίνακα χειρισμού

Ο πίνακας χειρισμού έχει κάποια σχεδιαστικά ελαττώματα τα οποία αναλύονται στη συνέχεια. Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα, λοιπόν που παρατηρούνται στον πίνακα χειρισμού είναι ότι δεν ικανοποιείται η αρχή της ομοιομορφίας (Εικόνα α.13). Αυτό γίνεται πιο εμφανές αν συγκρίνουμε έναν από τους διακόπτες τεσσάρων διακριτών θέσεων, με ένα διακόπτη τριών διακριτών θέσεων, όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα α.13: Διακόπτες τριών και τεσσάρων θέσεων

Παρατηρούμε ότι οι δύο διακόπτες που βρίσκονται στην πάνω σειρά, ακολουθώντας την κίνησή τους από τα αριστερά προς τα δεξιά, περνάνε από τις εξής θέσεις:

- απενεργοποιημένος (κόκκινο φωτάκι)
- ενεργοποιημένος, (πράσινο φωτάκι)
- ενεργοποιημένος στην αυτόματη λειτουργία-αργή ανάδευση (πορτοκαλί φωτάκι) και
- ενεργοποιημένος στην αυτόματη λειτουργία-γρήγορη ανάδευση (πορτοκαλί φωτάκι)

Αντιθέτως οι διακόπτες που βρίσκονται στην κάτω σειρά, έχουν τις εξής θέσεις:

- ενεργοποιημένο στην αυτόματη λειτουργία (πορτοκαλί φωτάκι)
- απενεργοποιημένο (κόκκινο φωτάκι)
- ενεργοποιημένο, (πράσινο φωτάκι)

Το γεγονός ότι οι θέσεις των διακοπών δεν είναι τοποθετημένες με ενιαία σειρά μπορεί να προκαλέσει μεγάλη σύγχυση στους χειριστές. Το αποτέλεσμα ενός τέτοιου λάθους μπορεί κυμαίνεται από το ότι η κροκίδωση του μίγματος στο μίξερ επεξεργασίας δε θα πραγματοποιηθεί σωστά, αν ο αναδευτήρας μείνει ξεχαστεί σε ενεργοποιημένη θέση, μέχρι το ότι οι σωλήνες του συστήματος μπορεί να εκραγούν λόγω πίεσης, αν η βάνα ξεχαστεί κλειστή ενώ η αντλία αρχίσει να τροφοδοτεί τον σωλήνα με υγρό.

Ένα δεύτερο μειονέκτημα που παρουσιάζει ο πίνακας αυτός, είναι ότι σε μερικά σημεία του η πληροφορία δεν είναι τόσο ξεκάθαρη όσο θα έπρεπε. Οι διαμεσολαβητές ανθρώπου-τεχνολογικών διατάξεων, πρέπει σε γενικές γραμμές να επιδιώκουν να ικανοποιούν σε όσο μεγαλύτερο βαθμό γίνεται ορισμένα εργονομικά κριτήρια. Στον παρών πίνακα υπάρχουν δύο τουλάχιστον περιπτώσεις αστοχίες αυτών των κριτηρίων. Η δυσκολία χειρισμού ήταν τόσο μεγάλη που οι χειριστές αναγκάστηκαν να παρέμβουν.

Η πρώτη παρέμβαση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Ο διακόπτης που ελέγχει τους αναδευτήρες των μίξερ επεξεργασίας Νο1 και Νο2 είναι τεσσάρων θέσεων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι δύο τελευταίες θέσεις (πορτοκαλί φωτάκι) σημαίνουν ότι ο αναδευτήρας βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία. Δηλαδή, είναι ενεργοποιημένος, αλλά όταν η τιμή της στάθμη της δεξαμενής μειωθεί κάτω από μια ορισμένη τιμή, τότε ο αναδευτήρας σταματά. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται στην τρίτη θέση, ο αναδευτήρας λειτουργεί σε αργές στροφές, ενώ όταν βρίσκεται στην τέταρτη θέση, σε πιο γρήγορες. Οι χειριστές δεν μπορούσαν να θυμούνται σε ποια θέση αντιστοιχούσαν οι γρήγορες και σε ποια οι αργές στροφές και για τον λόγο αυτό συμπλήρωσαν με μαρκαδόρο τα γράμματα Α (αργό) και Γ (γρήγορο) πάνω στις δύο φωτεινές ενδείξεις. Με την παρέμβασή τους αυτή, προσπάθησαν να ικανοποιήσουν το κριτήριο ευκολίας εντοπισμού της θέσης στην οποία βρίσκεται ο διακόπτης.



Εικόνα α.14: Παρέμβαση των χειριστών στον διακόπτη ανάδευσης

Παρόμοια είναι και η περίπτωση του διακόπτη που παρουσιάζεται στην παρακάτω φωτογραφία (Εικόνα α.15). Ενώ η πινακίδα επεξηγεί την λειτουργία του διακόπτη που είναι «μεταφορά αποβλήτων προς υπόγεια», στο πάνω μέρος της πινακίδας αναφέρονται και οι λέξεις «off» και «αυτόματο». Η γραμματοσειρά είναι ενιαία και επιπλέον, η περιγραφή των δύο θέσεων είναι σε απόσταση από τον διακόπτη. Αυτό καθιστούσε στους χειριστές δύσκολο και χρονοβόρο να αντιληφθούν κάθε φορά σε ποια θέση βρίσκεται ο διακόπτης. Για τον λόγο αυτό παρενέβησαν, προσθέτοντας τα σύμβολα «O» και «I» για να αναπαραστήσουν την απενεργοποιημένη και ενεργοποιημένη κατάσταση αντίστοιχα. Σκοπός ήταν να βελτιώσουν την ικανοποίηση των ίδιων κριτηρίων με πριν, σημειώνοντας δίπλα στον διακόπτη, τότε η αντλία, είναι ενεργή και τότε όχι.



Εικόνα α.15: Παρέμβαση των χειριστών στην αντλία μεταφοράς αποβλήτων

Κάτι που πρέπει να ισχύει σε κάθε διαμεσολαβητή ανθρώπου-τεχνολογικών διατάξεων, είναι ότι πρέπει να αποφεύγεται ένα στοιχείο να εμφανίζεται πάνω από μια φορά στον διαμεσολαβητή, εκτός και αν κρίνεται αναγκαίο. Στον πίνακα χειρισμού, ο διακόπτης (2.γ) που ελέγχει την αντλία της υπόγειας δεξαμενής αποβλήτων, μέσω της οποίας τροφοδοτούνται με απόβλητο τα δύο μίξερ επεξεργασίας είναι εκτός λειτουργίας. Για τον λόγο αυτό, έχει προστεθεί στον πίνακα

ένας επιπλέον διακόπτης (10.γ), για να καλύψει αυτή τη λειτουργία. Παρ' όλα αυτά ο αρχικός διακόπτης έχει παραμείνει ως έχει, χωρίς να υπάρχει κάποια ένδειξη που να υποδηλώνει ότι είναι εκτός λειτουργίας. Οι πιθανότητες κάποιος χειριστής να χρησιμοποιήσει τον ανενεργό διακόπτη για την τροφοδοσία του μίξερ επεξεργασίας με απόβλητο είναι πολύ υψηλές, ειδικά αν είναι νέος στον χώρο. Ακόμη βέβαια και για τους χειριστές που απασχολούνται στη συγκεκριμένη εγκατάσταση αρκετό καιρό ώστε να έχουν εξοικειωθεί με αυτή την αλλαγή, μερικές φορές τους είναι δύσκολο να το συνηθίσουν. Ένας μάλιστα χειριστής, όταν κατά τη βάρδιά του χρειάστηκε να ενεργοποιήσει την εν λόγω αντλία, χρησιμοποίησε και τους δύο διακόπτες. Όταν ερωτήθηκε για ποιο λόγο το κάνει αυτό εξήγησε «Το ξέρω ότι δεν λειτουργεί ο κανονικός διακόπτης, γι αυτό ανοίγω και τον άλλον. Το ξέρω ότι δε χρειάζεται, αλλά το κάνω από συνήθεια».

Εργόσφαιρα

Τέλος, αν αξιολογήσουμε τον πίνακα χειρισμού από άποψη άνεσης που προσφέρει στον χειριστή, θα παρατηρήσουμε ότι επειδή οι διακόπτες είναι αρκετοί και σε απόσταση μεταξύ τους, λόγω της ικανοποίησης εργονομικών κριτηρίων χωροταξίας, είναι εύκολο να υπολογίσουμε ότι το συνολικό εμβαδό του πίνακα είναι τόσο μεγάλο, ώστε ο χειριστής πρέπει να τεντώνεται, να σκύβει ή να μετακινείται κάθε φορά που θέλει να ελέγξει έναν διακόπτη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που επιθυμεί να διαβάσει μια ένδειξη. Ακόμη, υφίσταται ορθοστασία για αρκετές ώρες. Επομένως, προσανατολιζόμαστε στην σκέψη ότι αν ήταν δυνατόν να συμπυκνώνονταν όλες οι λειτουργίες σε έναν μικρότερο χώρο, θα ήταν πολύ πιο ξεκούραστο για τον χειριστή. Η μικρής έκτασης εργόσφαιρα θα του επέτρεπε να ελέγχει και να πραγματοποιεί όλες τις ενέργειες καθισμένος σε μια καρέκλα, επομένως η εργασία θα γινόταν πολύ πιο ξεκούραστη.

Μεθοδολογία Σχεδίασης

Όταν πραγματοποιείται μια μελέτη για τον σχεδιασμό ενός διαμεσολαβητή, είναι πολύ σημαντικό να γίνει προηγουμένως μια ανάλυση γνωστικής εργασίας. Αυτό συμβαίνει γιατί πρέπει να υπάρχει καλή σύνδεση ανάμεσα στις δυνατότητες που προσφέρονται από τον διαμεσολαβητή και τις απαιτήσεις της εργασίας. Προκειμένου να ξεκινήσουμε την ανάλυση γνωστικής εργασίας, πρέπει αρχικά να επιλέξουμε μια μεθοδολογία σύμφωνα με την οποία θα εργαστούμε. Η μεθοδολογία στην οποία βασιζόμαστε είναι αυτή που παρουσιάζεται στο βιβλίο του Kim J. Vicente, «Cognitive Work Analysis: Towards Safe Production and Healthy Computer-Based Work». Παρά τα πολλά κοινά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται, η παρούσα μεθοδολογία διαφέρει από του Vicente διότι είναι προσαρμοσμένη στις μοναδικές ανάγκες του συγκεκριμένου συστήματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ροή της μεθοδολογίας. Ο σκοπός της παρούσας ανάλυσης είναι η δημιουργία ενός διαμεσολαβητή για τους χειριστές ενός συγκεκριμένου κοινωνικο-τεχνικού συστήματος. Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν και πολλές θεωρίες πίσω από την κάθε μία. Για τον λόγο αυτό ο σχεδιαστής του διαμεσολαβητή πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός στα κριτήρια με βάση τα οποία θα επιλέξει τις τιμές των παραμέτρων του συστήματος.

Μια από τις πιο καθοριστικές και σημαντικές παραμέτρους που ο σχεδιαστής πρέπει να ορίσει είναι αν το σύστημα θα ακολουθεί οικολογική ή γνωστική προσέγγιση. Η οικολογική προσέγγιση εκκινεί την ανάλυση εργασίας με βάση τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, δηλαδή σε τεχνικούς περιορισμούς, στην κοινωνική πραγματικότητα ή γενικότερα σε περιορισμούς που αναφέρονται στο περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η εργασία και υφίστανται ανεξάρτητα από τους χειριστές, όπως για παράδειγμα, η παροχή μιας αντλίας. Αντιθέτως η γνωστική προσέγγιση δίνει προτεραιότητα στους γνωστικούς περιορισμούς, δηλαδή στις απαιτήσεις που θέτουν οι χειριστές, όπως για παράδειγμα οι υποκειμενικές τους απαιτήσεις ή τα νοητικά μοντέλου που έχουν δημιουργήσει.

Για πολλά χρόνια ήταν κοινή πρακτική, ο σχεδιασμός των διαμεσολαβητών να υπακούει στη γνωστική προσέγγιση, πράγμα που σημαίνει ότι ήταν επιθυμητό οι φυσικές λειτουργίες του εργοστασίου να παρουσιάζονται με βάση το νοητικό μοντέλο που είχαν αναπτύξει οι χειριστές. Με το πέρασμα του χρόνου όμως και ειδικότερα μετά από ατυχήματα που προκλήθηκαν ακριβώς εξαιτίας αυτής της μεθόδου, με σημαντικότερο παράδειγμα το ατύχημα που προκλήθηκε σε εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, του επονομαζόμενου Three Mile Island, άρχισαν να αναπτύσσονται αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα της παραπάνω μεθόδου. Πριν παρουσιαστούν ατυχήματα τέτοιου είδους, δεν είχε γίνει κατανοητό ότι οι χειριστές είναι πολύ πιθανό να έχουν αναπτύξει ένα νοητικό μοντέλο για το περιβάλλον εργασίας τους που να διαφέρει από την πραγματικότητα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ειδικά όταν ένας χειριστής είναι αντιμέτωπος με ένα

απρόοπτο γεγονός, οπότε και πρέπει να ανακαλέσει πληροφορίες από το νοητικό του μοντέλο και να δράσει σύμφωνα με την κρίση του, οι πιθανότητες λάθους είναι ιδιαίτερα αυξημένες, ακόμη και με θανάσιμες μερικές φορές επιπτώσεις, όπως αποδείχθηκε. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η γνωστική προσέγγιση στην ανάλυση εργασίας μπορεί να οδηγήσει σε σχεδιαστικές προτάσεις που εγκυμονούν πολλούς κινδύνους.

Αντιθέτως, η οικολογική προσέγγιση λαμβάνει υπ όψη τους περιορισμούς που το ίδιο το εργασιακό περιβάλλον θέτει στο σύστημα και στους χειριστές. Αυτοί οι περιορισμοί μπορεί να είναι φυσικοί νόμοι ή τα κατασκευαστικά όρια των υλικών. Δίνοντας προτεραιότητα στους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, ο σχεδιαστής ενισχύει την ανάπτυξη ενός σωστού νοητικού μοντέλου για τους χειριστές, ένα μοντέλο που είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματική συμπεριφορά του συστήματος. Με άλλα λόγια, ένα ορθό νοητικό μοντέλο βοηθά τους χειριστές να αποκτήσουν μια προσανατολισμένη προς τον τελικό στόχο συμπεριφορά και να κατανοήσουν τι μπορούν να πετύχουν μέσω του συστήματος που ελέγχουν, ενώ τους απομακρύνει από το σκεπτικό του να εκτελούν απλά εντολές και διαδικασίες. Έτσι, στην περίπτωση που έρθουν αντιμέτωποι με ένα απρόσμενο συμβάν, λόγω της βαθύτερης κατανόησης του συστήματος και των λειτουργιών του, οι χειριστές θα έχουν περισσότερες πιθανότητες να προβούν στις σωστές ενέργειες προκειμένου να επαναφέρουν το σύστημα στην κατάσταση κανονικής λειτουργίας.

Καταλήγοντας σε ένα συμπέρασμα, στο ερώτημα σχετικά με το αν πρέπει να ακολουθήσουμε μια γνωστική ή μια οικολογική προσέγγιση κατά την ανάλυση εργασίας, η απάντηση είναι η εξής. Η ανάλυση εργασίας σε ένα περίπλοκο κοινωνικό-τεχνικό σύστημα πρέπει να βασίζεται σε οικολογική προσέγγιση. Μόνο εφόσον έχει επιτευχθεί οικολογική συμβατότητα, θα πρέπει ο σχεδιαστής να εξασφαλίσει και γνωστική συμβατότητα. Επομένως, ο σχεδιαστής πρέπει να κινείται από τους γενικούς περιορισμούς, που έχουν ευρεία ισχύ και είναι ανεξάρτητοι από τις ενέργειες που πραγματοποιούνται, από τον τρόπο που αυτές θα υλοποιηθούν ή ακόμη και από το ποιος θα τις υλοποιήσει, στους πιο συγκεκριμένους περιορισμούς που αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα. Η μετάβαση από τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στην ανθρώπινη νόηση πραγματοποιείται μέσω πέντε βημάτων, που αποτελούν τα πέντε επίπεδα της ανάλυσης γνωστικής εργασίας (cognitive work analysis).

Συστήματα SCADA

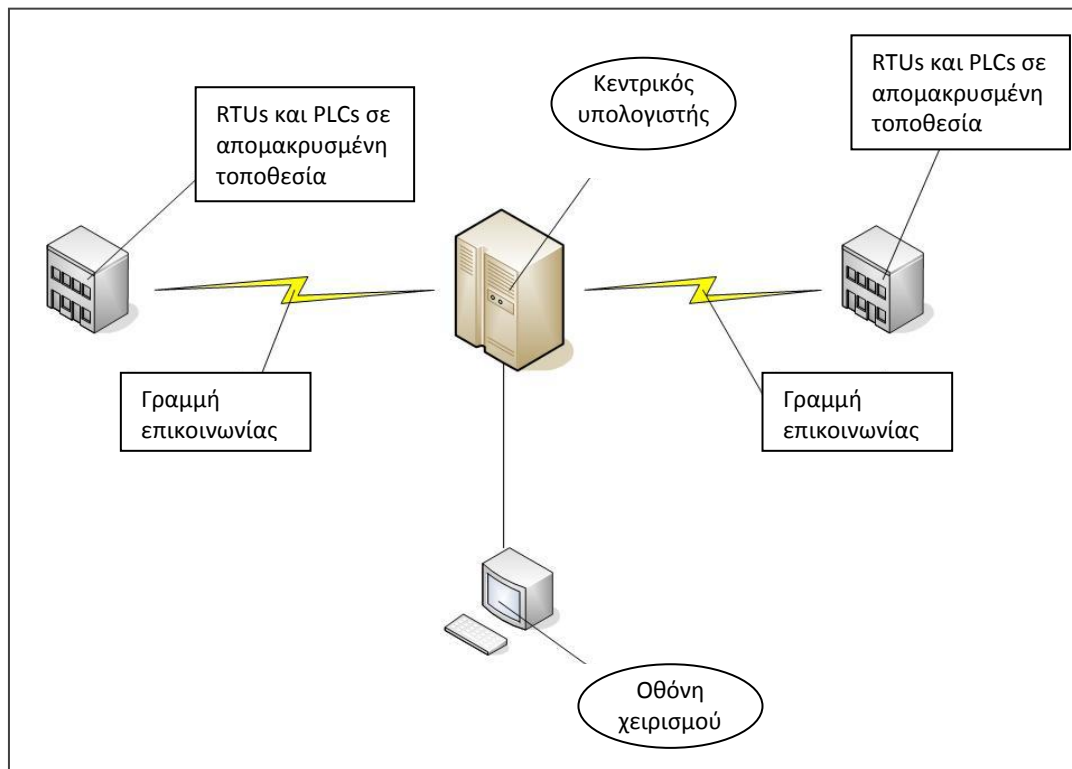
Η βιομηχανική πληροφορική αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της πληροφορικής. Η ανάγκη για την αποτελεσματικότερη διαχείριση όλων των πληροφοριών των διαφόρων τμημάτων μιας βιομηχανίας οδήγησε στην ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών βιομηχανικής πληροφορικής. Ο όρος SCADA, που είναι ακρωνύμιο για το Supervisory Control And Data Acquisition ή σε μετάφραση Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων, περιγράφει έναν τύπο συστημάτων βιομηχανικού αυτομάτου ελέγχου, που είναι ουσιαστικά η εφαρμογή της βιομηχανικής πληροφορικής. Παρ' ότι τα συστήματα SCADA έκαναν την πρώτη τους εμφάνιση περίπου το 1960, έκτοτε έχουν υποστεί ραγδαία εξέλιξη, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Wikipedia, SCADA, 2013).

Κάθε βιομηχανική διαδικασία χαρακτηρίζεται από κάποιες κρίσιμες παραμέτρους (πίεση, θερμοκρασία, τήρηση χρόνων κ.α.) οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της διαδικασίας, είτε αυτή είναι η παραγωγή ενός προϊόντος, είτε η ολοκλήρωση μιας επεξεργασίας. Τα συστήματα SCADA λοιπόν, χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των διαφόρων βιομηχανικών διαδικασιών. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διακρίνουν τα συστήματα SCADA από τα υπόλοιπα συστήματα βιομηχανικού ελέγχου είναι ότι μπορούν να χειριστούν μεγάλης κλίμακας διαδικασίες καθώς και να εκτελούν πολλαπλό έλεγχο σε διάφορα σημεία. Επίσης, επιτρέπουν τη *συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο*, κάτι το οποίο σημαίνει ότι μπορεί κανείς να πετύχει *εξ' αποστάσεως και χωρίς επιτήρηση παρακολούθηση και έλεγχο* ενός εξοπλισμού, σταθμού ή εργοστασίου. Χάρη σε όλα τα παραπάνω τα συστήματα SCADA είναι ιδιαίτερα εύχρηστα και βρίσκουν εφαρμογή σε πληθώρα διαδικασιών, όπως για παράδειγμα στην παραγωγή και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, σε συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, στην επεξεργασία και διανομή νερού και απόβλητου νερού, στη μεταφορά και διανομή φυσικού αερίου, στον έλεγχο διυλιστηρίων πετρελαίου, στην παραγωγή προϊόντων κ.ο.κ.

Υποσυστήματα SCADA

Ένα τυπικό σύστημα SCADA (Εικόνα α.16) που πραγματοποιεί συλλογή, επικοινωνία και παρουσίαση δεδομένων καθώς και έλεγχο, αποτελείται από τα ακόλουθα πέντε υποσυστήματα (National Communications System, 2004):

- Το ελεγχόμενο σύστημα.
- Τις συσκευές δεδομένων πεδίου
- Το σύστημα επικοινωνίας
- Έναν κεντρικό υπολογιστικό σταθμό
- Ένα λογισμικό το οποίο προβάλλεται σε μια οθόνη χειρισμού



Εικόνα α.16: Ένα τυπικό σύστημα SCADA

Ελεγχόμενο σύστημα

Το ελεγχόμενο σύστημα είναι το σύνολο όλων των στοιχείων μιας εγκατάστασης, περιλαμβάνοντας όχι μόνο τα ενεργά στοιχεία, που πρέπει να επιβλέπονται και να ελέγχονται (βάνες, αντλίες κλπ), αλλά και τα υπόλοιπα, παθητικά στοιχεία της εγκατάστασης (σωλήνες, δεξαμενές κλπ).

Συσκευές δεδομένων πεδίου

Γενικότερα υπάρχουν δύο είδη συσκευών δεδομένων πεδίου: οι απομακρυσμένες τερματικές μονάδες, που στο εξής θα αναφέρονται ως RTU (remote terminal unit) και οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές που στο εξής θα αναφέρονται ως PLC (programmable logic controllers).

Αρχικά, ένα RTU είναι ένας μικροεπεξεργαστής που χρησιμοποιείται για να επιτρέπεται η επικοινωνία αντικειμένων από τον φυσικό κόσμο με το σύστημα SCADA. Πιο συγκεκριμένα, οι συσκευές RTU, λαμβάνουν ηλεκτρικά σήματα από αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με στοιχεία της εγκατάστασης και μετατρέπουν τα σήματα αυτά, μέσω ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας, σε μια γλώσσα συμβατή με το κυρίως λογισμικό. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους είναι ότι δεν έχουν καμία απαίτηση προγραμματισμού καθώς ξεκινούν αυτόματα μόλις τεθούν υπό τάση.

Τα PLCs είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την αυτόματη παρακολούθηση και έλεγχο βιομηχανικών μονάδων και συνήθως συναντώνται ως μέρος ενός συστήματος SCADA. Τα PLCs, συνδέονται απευθείας με το στοιχείο του συστήματος που επιθυμείται να ελέγχεται και με τη χρήση προγραμματιζόμενης

μνήμης εκτελούν λογικές και αριθμητικές. Ανάλογα με το ποια συνθήκη ισχύει κάθε φορά, τα PLCs εκτελούν και διαφορετικές ενέργειες. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν, αυτόματα, να εκτελούν ιδιαίτερα πολύπλοκες διαδικασίες ελέγχου. Τα PLCs, αρχικά χρησιμοποιούνταν ανεξάρτητα σε απλές βιομηχανικές εφαρμογές. Συνεπώς η βασική τους λειτουργία ήταν να αντικαθιστούν συστήματα ηλεκτρονόμων ή πνευματικών ελεγκτών, επομένως δεν είχε αναπτυχθεί η ανάγκη για σύνδεσή τους στο κανάλι επικοινωνίας. Από την άλλη τα συστήματα SCADA χρησιμοποιούνταν αρχικά σε εφαρμογές σχετικές με τηλεμέτρηση, όπου η βασική απαίτηση ήταν η επικοινωνία κάποιων πληροφοριών από κάποια απομακρυσμένη τοποθεσία. Επομένως, τα RTUs που χρησιμοποιούνταν για αυτόν τον σκοπό δεν είχαν, ούτε χρειαζόταν να έχουν, ενσωματωμένη τη λειτουργία ελέγχου.

Καθώς τα PLCs χρησιμοποιούνταν όλο και πιο συχνά για να αντικαταστήσουν συστήματα ηλεκτρονόμων, η τηλεμέτρηση πραγματοποιούνταν όλο και πιο συχνά με τη χρήση των PLCs για τις απομακρυσμένες τοποθεσίες. Έτσι προέκυψε η ανάγκη, η προγραμματισμένη μνήμη του PLC να είναι δυνατόν να επηρεάζεται από εξωτερικά σήματα, προερχόμενα από διαφορετικά σημεία μιας εγκατάστασης. Η λειτουργία αυτή καλύπτει το κομμάτι του ακρωνύμιου σχετικά με τον Εποπτικός έλεγχος (Supervisory Control). Στις περιπτώσεις που μόνο τοπικός έλεγχος είναι απαραίτητος, αυτό γίνεται πλέον εφικτό μόνο με τη χρήση RTUs, ενσωματώνοντας ένα απλό λογικό πρόγραμμα σε αυτό. Ταυτόχρονα, με το πέρασμα του χρόνου στα PLCs ενσωματώθηκε η λειτουργία επικοινωνίας δεδομένων σε έναν κεντρικό υπολογιστή ή σε άλλα PLCs. Επομένως τα PLCs και τα RTUs τείνουν να εξισωθούν.

Τα εισερχόμενα αυτά σήματα που δέχονται τα PLCs και τα RTUs χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Αρχικά υπάρχουν τα αναλογικά εισερχόμενα σήματα. Στην εγκατάσταση υπάρχει πληθώρα αισθητήρων που μετράνε τιμές όπως πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα ροής, τάση, ρεύμα, στάθμη κ.ά. Αυτές οι φυσικές τιμές, μέσω κάποιων συσκευών που ονομάζονται μετατροπείς, μετατρέπονται στα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνουν τα PLCs και τα RTUs. Αυτός ο τύπος πληροφορίας ονομάζεται αναλογικός ακριβώς επειδή τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνουν τα οι συσκευές είναι ανάλογα των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.
- Επίσης υπάρχουν τα ψηφιακά σήματα. Η πλειοψηφία των RTUs έχουν ενσωματωμένο an input section που μπορεί να διακρίνει δύο καταστάσεις: on και off. Η διάκριση μεταξύ των δύο καταστάσεων επιτυγχάνεται συνήθως μέσω μια πηγή τάσης ή ρεύματος που καταλαβαίνει την θέση μιας επαφής. Αυτή η on ή off πληροφορία μπορείς να αντιστοιχεί στο αν μια βάννα είναι ανοιχτή ή κλειστή, στο αν μια αντλία λειτουργεί ή όχι, αν ένας διακόπτης είναι ανοιχτός ή κλειστός κλπ.
- Τέλος, υπάρχουν τα σήματα παλμοί. Κάθε παλμός αντιστοιχεί σε μια μονάδα του μετρούμενου μεγέθους και απέχει από τον προηγούμενο και επόμενο

παλμό κατά 5V. Αυτοί οι παλμοί αθροίζονται από το RTU ή το PLC και το συνολικό άθροισμα θα απεικονίζεται από τη συσκευή. Έτσι μετριοούνται ροές, ηλεκτρική ενέργεια κλπ.

Σύστημα επικοινωνίας

Το σύστημα επικοινωνίας είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών δεδομένων πεδίου και του κεντρικού υπολογιστικού σταθμού και αναφέρεται στον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Η επικοινωνία μπορεί να γίνεται ενσύρματα ή ασύρματα, χρησιμοποιώντας καλώδιο, τηλέφωνο ή ασύρματο.

Η χρήση καλωδίου ενδείκνυται μόνο σε περιπτώσεις που το ελεγχόμενο σύστημα είναι μικρού μεγέθους, καθώς για μεγάλες αποστάσεις το κόστος αγοράς και εγκατάστασης καλωδίων είναι υψηλό. Η χρήση γραμμής τηλεφώνου, είναι μια πιο οικονομική λύση για μεγαλύτερες αποστάσεις. Οι γραμμές αποκλειστικής χρήσης (dedicated) χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται μόνιμη σύνδεση με την απομακρυσμένη τοποθεσία. Αυτό όμως κοστίζει αρκετά καθώς για κάθε μεμονωμένη τοποθεσία απαιτείται και μια ξεχωριστή γραμμή. Για συστήματα που απαιτούν ανταλλαγή πληροφοριών σε τακτά χρονικά διαστήματα χρησιμοποιούνται οι συνήθεις γραμμές τηλεφώνου. Ο χειριστής μπορεί να πληκτρολογεί το νούμερο της τοποθεσίας που τον ενδιαφέρει και να λαμβάνει πληροφορίες ή να στέλνει εντολές μέσω αυτού.

Παρόλα αυτά, για εγκαταστάσεις που έχουν ιδιαίτερα μεγάλες αποστάσεις, προτιμάται η χρήση ασύρματου, καθώς όχι μόνο είναι πολύ πιο οικονομική, δεδομένου ότι πολλαπλά σήματα μπορούν να μεταδοθούν με μία μόνο ζεύξη, αλλά είναι μια λύση που προσφέρει μεγαλύτερη ταχύτητα και αξιοπιστία κατά τη μεταφορά δεδομένων και ψηφιακών σημάτων.

Παρότι παλαιότερα στα περισσότερα συστήματα SCADA η ανταλλαγή δεδομένων γινόταν μέσω γραμμής τηλεφώνου, πλέον ακολουθώντας την συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη των τοπικών δικτύων υπολογιστών (LAN) και των δικτύων ευρείας ζώνης (WAN) ακόμη και στην ενδοϋπηρεσιακή επικοινωνία, έχει σχεδόν καθιερωθεί η χρήση ασύρματου, ακόμη και για εγκαταστάσεις σχετικά μικρού εύρους. Έτσι καθίσταται δυνατή η ενσωμάτωση των SCADA LANs σε ένα απλό δίκτυο υπολογιστών.

Το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι δεν χρειάζεται κανείς να εγκαταστήσει ένα νέο δίκτυο, ειδικά για το σύστημα SCADA, καθώς μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα υπάρχον. Επιπλέον, γίνεται εφικτή η καταγραφή όλων των δεδομένων που μεταφέρονται σε βάσεις δεδομένων απευθείας στον υπολογιστή, προσφέροντας πολλές δυνατότητες για σύγκριση, μοντελοποίηση ή άλλη αξιοποίηση των αποτελεσμάτων. Ένα βασικό μειονέκτημα όμως είναι ότι τα ασύρματα συστήματα είναι ευάλωτα σε θέματα ασφάλειας, καθώς είναι εφικτό για κάποιον να εισβάλει το δίκτυο με ότι επιπτώσεις κάτι τέτοιο μπορεί να φέρει.

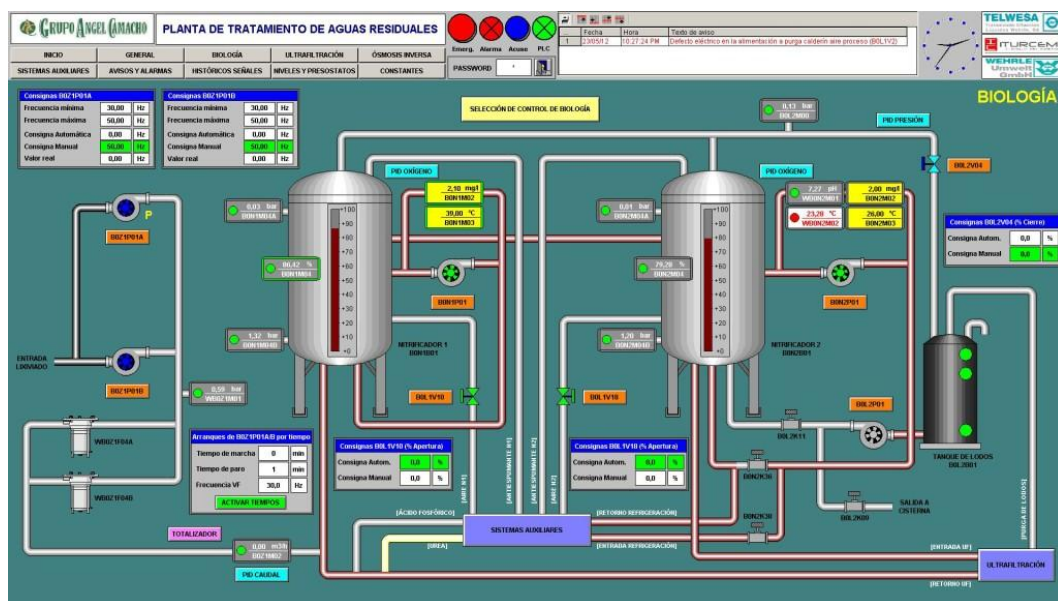
Κεντρικός υπολογιστικός σταθμός

Ο κεντρικός υπολογιστικός σταθμός συνίσταται συνήθως από έναν υπολογιστή ή ένα δίκτυο υπολογιστών. Ο υπολογιστικός σταθμός καταγράφει και επεξεργάζεται τις πληροφορίες που δέχεται από τα RTUs και τα PLCs και τα παρουσιάζει στην οθόνη χειρισμού. Ακόμη, δέχεται τις εντολές που εισάγει ο χειριστής μέσω της οθόνης και μεταφέρει την πληροφορία αυτή στις απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα επικοινωνίας ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση του λογισμικού με τα καθιερωμένα εμπορικά πληροφοριακά συστήματα είναι πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι αυτά που προσφέρονται από τη Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (International Electrotechnical Commission) και μάλιστα η σειρά IEC 60870-5 καθώς και η Τρίτη έκδοση του Πρωτοκόλλου Διανεμημένου Δικτύου (DNP3).

Λογισμικό και Οθόνη χειρισμού

Η οθόνη σε συνδυασμό με το λογισμικό που χρησιμοποιείται είναι το μέσο επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα (Human-Machine Interface). Το λογισμικό του συστήματος, όντας συνδεδεμένο με τη βάση δεδομένων, καθιστά εφικτό να παρουσιάζονται στην οθόνη όλα τα δεδομένα σε ενεργά πεδία (π.χ. η στάθμη μιας δεξαμενής, η θερμοκρασία ενός μείγματος). Συνήθως η γραφική απεικόνιση γίνεται σε μορφή μιμικού διαγράμματος (Εικόνα α.17), για τον λόγο ότι αναπαριστούν πιο ρεαλιστικά την διεργασία και προσφέρουν στους χειριστές καλύτερη εποπτεία και κατανόηση του συστήματος. Ο χειριστής μέσω της οθόνης έχει τη δυνατότητα τόσο να επιβλέπει όσο και να ελέγχει τη διαδικασία, μεταβάλλοντας την τιμή διαφόρων παραμέτρων και δίνοντας εντολές.



Εικόνα α.17: Τυπική γραφική απεικόνιση συστήματος SCADA

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα ειδοποίησης των χειριστών σε περίπτωση κακής λειτουργίας του συστήματος. Ένα αναδύμενο παράθυρο με επεξηγηματικό μήνυμα σφάλματος μπορεί να εμφανίζεται στην οθόνη όταν κάποια κρίσιμη παράμετρος πάρει ή τείνει να πάρει κάποια τιμή μη κανονική για το σύστημα. Με τον τρόπο αυτό, οι χειριστές μπορούν να επέμβουν άμεσα και να αποφευχθούν ανεπιθύμητες επιπτώσεις.

Βασικές Απαιτήσεις

Ο διαμεσολαβητής συνδυαστικά με το λογισμικό, που θα χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν τον υπάρχοντα πίνακα χειρισμού, θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένα κριτήρια. Ο λόγος που ένας σχεδιαστής χρειάζεται να θέσει τα κριτήρια αυτά είναι ώστε διασφαλιστεί ότι θα ικανοποιούνται οι ανάγκες όχι μόνο του τελικού χρήστη (end user), που στην παρούσα περίπτωση είναι οι χειριστές, αλλά και της εταιρίας γενικότερα, η οποία επενδύει στο νέο προϊόν. Παρακάτω αναφέρονται τα κριτήρια αυτά.

Εύκολη εκμάθηση

Είναι γεγονός ότι οι περισσότερες βιομηχανικές διαδικασίες τείνουν πλέον να αυτοματοποιηθούν και για τη διευκόλυνσή τους οι χρήστες χρησιμοποιούν κατά την εργασία τους όλο και περισσότερο τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και γενικότερα διάφορα λογισμικά πακέτα. Μερικές φορές οι χρήστες λαμβάνουν μια βασική εξειδίκευση ενώ τις περισσότερες φορές είναι μη εξειδικευμένοι. Για τον λόγο ο διαμεσολαβητής πρέπει να προσφέρει στην χρήστη τη δυνατότητα εύκολης εκμάθησης, μέσα σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα. Έτσι όχι μόνο ο χειριστής θα είναι σε θέση να προσαρμοστεί πιο γρήγορα στη νέα θέση εργασίας του, αλλά και η εταιρία θα χρειάζεται να καταναλώσει λιγότερους πόρους ώστε να εκπαιδεύσει τους χρήστες.

Καλύτερη απόδοση του συστήματος

Η χρήση ενός διαμεσολαβητή για να αντικαταστήσει μέρος τις ανθρώπινης δραστηριότητας έχει ως στόχο την καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Πρέπει λοιπόν, το σύστημα, τόσο στο σύνολο του όσο και σε κάθε ενέργεια ξεχωριστά, να έχει αυξημένη απόδοση και οι χρήστες πρέπει να μπορούν να εκτελούν τα καθήκοντά τους με τον ελάχιστο δυνατό κόπο.

Αυξημένη αυτονομία

Το σύστημα, με τη χρήση του διαμεσολαβητή, πρέπει να έχει αυξημένη αυτονομία, να προσφέρει στους χρήστες τη δυνατότητα να εκτελούν άλλες εργασίες. Ταυτόχρονα πρέπει να έχουν εποπτικό έλεγχο της παρεχόμενης πληροφορίας ανά πάσα στιγμή ώστε να μπορούν εύκολα να επαναφέρουν το σύστημα στην επιθυμητή κατάσταση.

Μείωση χρόνου εκτέλεσης ενέργειας

Ο ένταξη ενός διαμεσολαβητή στο βιομηχανικό περιβάλλον σκοπεύει εκτός των άλλων και στην επιτάχυνση της διαδικασίας. Για τον λόγο αυτό, κάθε ενέργεια πρέπει να είναι δυνατόν, με τη βοήθεια του διαμεσολαβητή να ολοκληρωθεί σε μικρότερο χρόνο απ' ότι χρειάζεται ο χειριστής μόνος του.

Σχέση με τον παλιό διαμεσολαβητή

Ο νέος διαμεσολαβητής θα πρέπει να μην διορθώνει όλα τα σημεία στο οποία ο παλιός διαμεσολαβητής υστερεί, αλλά ταυτόχρονα ενδείκνυται να έχει όσο λιγότερες αλλαγές γίνεται σε σχέση με τον υπάρχον διαμεσολαβητή. Αυτό το κριτήριο είναι

απαραίτητο δεδομένου ότι μια εταιρία δεν αλλάζει το προσωπικό της συχνά. Γενικά απαιτείται μεγάλη δαπάνη πόρων και θεωρείται χρονοβόρα διαδικασία για μια εταιρία να ανανεώνει συχνά το προσωπικό της. Για τον λόγο αυτό οι παλιοί χρήστες πρέπει να μπορούν να προσαρμοστούν στον νέο διαμεσολαβητή πιο εύκολα.

Συμβατότητα με τον πραγματικό κόσμο

Ένα ακόμη κριτήριο που πρέπει να ικανοποιείται είναι η συμβατότητα μεταξύ του λογισμικού και του πραγματικού κόσμου. Πιο συγκεκριμένα, το χρησιμοποιούμενο λεξιλόγιο πρέπει να είναι ανάλογο αυτού των χειριστών. Βέβαια, παρότι οι χειριστές είναι οι χρήστες του διαμεσολαβητή, αυτό δε σημαίνει ότι η χρησιμοποιούμενη γλώσσα πρέπει ή μπορεί να είναι ξένη για τους μηχανικούς, οι οποίοι πρέπει να μπορούν ανά πάσα στιγμή να έχουν 100% κατανόησή του, στην περίπτωση που θέλουν να κανονίσουν κάποια επισκευή με τον τεχνικό ή να ελέγξουν οποιαδήποτε παράμετρο του συστήματος για κάποιο λόγο.

Ελαχιστοποίηση σφαλμάτων

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που πρέπει να διέπει τον διαμεσολαβητή είναι ότι πρέπει να προστατεύει τον χρήστη από το να κάνει λάθη. Είναι ευρέως γνωστό ότι οι χρήστες είναι επιρρεπείς στο να κάνουν λάθη κατά την αλληλεπίδρασή τους με το σύστημα, ανεξαρτήτως του επιπέδου δεξιοτήτων τους ή της ποιότητας του συστήματος. Μία σχετικά πρόσφατη μελέτη (Briadbeck et al., 1993), απέδειξε ότι τουλάχιστον το 10% του χρόνου εργασίας ενός χρήστη στον υπολογιστή, καταναλώνεται στη διαχείριση σφαλμάτων. Ένας από τους λόγους που συμβαίνει αυτό, είναι ότι οι χρήστες προτιμούν να εργάζονται γρήγορα εμπίπτοντας σε σφάλματα και να αφιερώνουν χρόνο στη συνέχεια για να τα διορθώσουν, παρά να εργάζονται πιο αργά με σκοπό να τα αποφεύγουν. Το λογισμικό λοιπόν του διαμεσολαβητή θα πρέπει να αποτρέπει τους χρήστες από το να προβούν σε λανθασμένες ή ανεπιθύμητες ενέργειες.

Παρ' ότι όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω είναι σημαντικό να δίνεται στον χρήστη ελευθερία κινήσεων, ορισμένες φορές είναι αναγκαίο να υποβοηθείται. Ένας τρόπος να γίνει αυτό είναι μέσω μιας κατηγορίας περιορισμών που ονομάζονται επιτακτικές λειτουργίες. Τέτοιες λειτουργίες μπορεί να είναι οι εξής (Μαρμαράς 2010):

- Διακλείδωμα: Υποχρεώνει τον χρήστη να εκτελέσει τις απαραίτητες ενέργειες με μια προκαθορισμένη σειρά.
- Κλείδωμα εντός: Δεν επιτρέπει στον χρήστη να διακόψει μια διαδικασία, αν αυτή πρώτα δεν ολοκληρωθεί.
- Κλείδωμα εκτός: Δεν επιτρέπει στον χρήστη να υλοποιήσει μια ενέργεια πριν ενεργοποιήσει την προηγούμενη. Για παράδειγμα, στον χειρισμό μηχανημάτων όπως οι πρέσες, ειδικά όταν τα τεμάχια τοποθετούνται ή απομακρύνονται χειροκίνητα, πολλοί χειριστές τείνουν να αγνοούν τους κανόνες ασφαλείας. Για τον λόγο αυτό σε πολλές τέτοιες διατάξεις έχουν τοποθετηθεί δύο κουμπιά, τα οποία πρέπει να πατά ταυτόχρονα ο χειριστής, ένα με κάθε χέρι, ελαχιστοποιώντας έτσι την πιθανότητα τραυματισμού του.

Παρ' όλα αυτά, όταν ο χειριστής εμπίπτει σε ένα λάθος, είναι σημαντικό να του επιτρέπεται να εντοπίσει το λάθος του και να το διορθώσει γρήγορα.

Ικανοποίηση

Το σύστημα πρέπει να προσφέρει στον χρήστη, κατά το δυνατόν, αίσθηση ικανοποίησης κατά τη χρήση του λογισμικού.

Τεχνικές προδιαγραφές

Το SCADA είναι ένα αρκετά περίπλοκο σύστημα που υπάρχει στην αγορά εδώ και αρκετά χρόνια. Είναι γεγονός ότι με το πέρασμα του χρόνου έχει υποστεί πολλές αλλαγές στα κομμάτια που αφορούν την εγκατάστασή του, τον προγραμματισμό, τον σχεδιασμό, τα συστήματα ασφαλείας κλπ. Λόγω των συνεχών αυτών αλλαγών, έχει προκύψει η ανάγκη να οριστούν κάποιες προδιαγραφές για τα παραπάνω ζητήματα. Με την εδραίωση των προδιαγραφών αυτών επιζητείται να επιτευχθεί συμβατότητα και καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων SCADA. Φυσικά δεν έχει ακόμη επιτευχθεί η διατύπωση ενός κοινού φύλου προδιαγραφών παγκοσμίως. Συναντώνται όμως εταιρίες εγκατάστασης παρόμοιων συστημάτων που έχουν καταφέρει να ορίσουν προδιαγραφές για τα συστήματα SCADA που χρησιμοποιούν. Επίσης, πολύ συχνά, οι προδιαγραφές ορίζονται κατά περίπτωση και κατά τις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι, υπάρχει πληθώρα οργανισμών που ασχολούνται με το απόβλητο νερό και τον καθαρισμό του ανά χώρα και αυτοί οι οργανισμοί έχουν ορίσει τις δικές τους προδιαγραφές για τα συστήματα SCADA που χρησιμοποιούνται εντός της χώρας. Παράδειγμα ενός τέτοιου οργανισμού αποτελεί το «Arapohoe Country Water and Wastewater Authority SCADA, Electrical and Instrumentation Design Standards», στο Κολοράντο των Η.Π.Α. Το ίδιο ισχύει και σε επίπεδο πόλεων, όπως για παράδειγμα στο City of London, στον Καναδά.

Όσον αφορά την Ελλάδα, δεν υπάρχουν ακόμη επίσημα ορισμένες προδιαγραφές, ούτε κάποιο πανευρωπαϊκό πρότυπο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γνώμονας. Με άλλα λόγια στην Ελλάδα υπάρχει μεγάλη ελαστικότητα όσον αφορά τα συστήματα SCADA. Επίσης, σε πιο τεχνικά θέματα, όπως είναι η ασφάλεια του συστήματος, συνήθως ακολουθούνται άτυπα κάποιες προδιαγραφές, αλλά στο κομμάτι που αφορά τον σχεδιασμό υπάρχει μεγάλη ποικιλία και διαφορετικότητα, κυρίως διότι το κομμάτι αυτό αναλαμβάνεται από τεχνικούς που δεν έχουν σχεδιαστικές γνώσεις. Για παράδειγμα, πολλοί είναι εκείνοι που θεωρούν ότι όταν ένα εξάρτημα είναι σε λειτουργία πρέπει να αντιπροσωπεύεται από το πράσινο χρώμα, για να φαίνεται ότι είναι ενεργό, ενώ άλλοι θεωρούν ότι είναι πιο σωστό να αντιπροσωπεύεται από το κόκκινο χρώμα, ώστε να υποδηλώνει στον χειριστή ότι έχει μόνο την δυνατότητα να το απενεργοποιήσει, αφού είναι ήδη ενεργό. Ακόμη, είναι ιδιαίτερα αμφιλεγόμενο, στην περίπτωση που ένα εξάρτημα τεθεί σε λειτουργία για λόγους ασφαλείας, για παράδειγμα, αν μια δεξαμενή τείνει να υπερχειλίσει και ενεργοποιηθεί η εφεδρική αντλία για να αποφευχθεί η υπερχειλίση, αν θα πρέπει αυτή

η αντλία να αντιπροσωπεύεται με πράσινο χρώμα, αφού είναι ενεργή με κόκκινο χρώμα, αφού η λειτουργία της είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον κίνδυνο.

Το παρακάτω κομμάτι εστιάζει στις προδιαγραφές και τις συμβάσεις που αφορούν το σχεδιαστικό κομμάτι του διαμεσολαβητή και όχι τα κομμάτια που αφορούν τις συνδέσεις, την ασφάλεια, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο μια εγκατάστασης. Για τη σχεδίαση λοιπόν του παρόντος συστήματος, λήφθηκαν υπ' όψη οι προδιαγραφές που τηρούνται από εφαρμόζονται από διάφορες εταιρίες και οργανισμούς, τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και εκτός αυτού, καθώς και οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται από έμπειρους τεχνικούς των συστημάτων SCADA. Γενικότερα, παρακάτω αναφέρονται όσες συμβάσεις είναι γενικά χρησιμοποιούμενες και ευρέως αποδεκτές, ενώ για όσα θέματα δεν υπάρχει κάποια κοινή προδιαγραφή που εφαρμόζεται, η επιλογή της σχεδιαστικής λύσης έγινε με τρόπο ώστε να μην έρχονται σε αντίθεση με τις υπόλοιπες προδιαγραφές.

Για τις προδιαγραφές που δεν ήταν κοινές, αλλά ορίστηκαν εδώ, λήφθηκε υπ' όψη και η ικανοποίηση των κριτηρίων. Σκοπός πάντα είναι η διευκόλυνση του χρήστη και η αποφυγή σύγχυσης και δημιουργίας λάθους. Για τον λόγο αυτό, κατά τη διάρκεια της σχεδιαστικής διαδικασίας, η επαφή με τα ενδιαφερόμενα μέρη, όπως οι χειριστές, οι μηχανικοί και οι τεχνικοί, ήταν συχνή και η αξιολόγηση του προϊόντος πολύτιμη.

Εμφάνιση όλης της πληροφορίας στην οθόνη

Όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα, ο σχεδιαστής μπορεί να χωρίσει την πληροφορία σε διάφορες οθόνες, ανάλογα με τις ανάγκες και την κρίση του. Δεν μπορεί όμως οι πληροφορίες που προσφέρονται σε μια οθόνη να μην είναι ορατές ανά πάσα στιγμή. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι αποδεκτό ούτε να εμφανίζονται αντικείμενα ξαφνικά, ούτε να ούτε ο χειριστής να πρέπει να χρησιμοποιεί μια γραμμή οριζόντιας ή κατακόρυφης κύλισης για να αποκτήσει πρόσβαση σε όλη την πληροφορία.

Συνέπεια μεταξύ οθονών

Όταν η πληροφορία είναι χωρισμένη σε περισσότερες από μια οθόνες, τότε πρέπει να υπάρχει σχεδιαστική συνέπεια μεταξύ των οθονών. Αυτό όχι μόνο σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται κοινά χρώματα, γραμματοσειρές κλπ αλλά πρέπει να υπάρχει και συνέπεια στην χωροταξία των στοιχείων. Για παράδειγμα, σε όλες τις οθόνες συνίσταται η δεξαμενή κεντρικής τροφοδοσίας, είτε αυτή είναι νερού είτε κάποιου άλλου ρευστού, να βρίσκεται πάντα πάνω αριστερά σε όλες τις οθόνες.

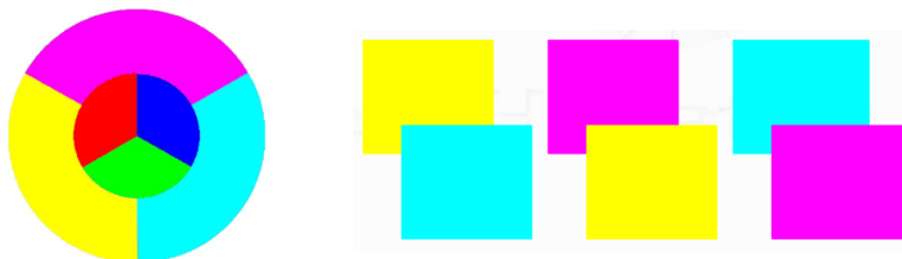
Κίνηση από αριστερά προς τα δεξιά

Σ στα συστήματα βιομηχανικού ελέγχου, μια από τις βασικότερες συμβάσεις αφορά τη ροή της πληροφορίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτό αφορά την ροή των ρευστών. Η ροή πρέπει να κινείται από τα αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω.

Χρώματα

Πριν αναφερθεί συγκεκριμένα ποιο χρώμα πρέπει να επιλεγεί για κάθε περίπτωση, είναι χρήσιμο να γίνει μια μικρή εισαγωγή για τα χρώματα γενικότερα, τις ιδιότητές τους και τη χρησιμότητά τους.

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί ότι για να ορίσουμε τα βασικά και δευτερεύοντα χρώματα, χρησιμοποιούμε το RGB (Red-Blue-Green) μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο, τα βασικά χρώματα είναι το μπλε, το κόκκινο και το πράσινο και από τον συνδυασμό δύο κάθε φορά των παραπάνω, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί, προκύπτουν τα συμπληρωματικά χρώματα τα οποία είναι το κίτρινο, το γαλάζιο και το μαγεντιανό κόκκινο.



Εικόνα α.18: Βασικά και δευτερογενή χρώματα

Στην περίπτωση που θέλουμε να προκαλέσουμε αντίθεση για να τραβήξουμε την προσοχή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα δευτερεύον χρώμα, με το κύριο χρώμα που βρίσκεται απέναντί του, στην παραπάνω παλέτα. Αν και η αντίθεση αυτή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, είναι υπερβολικά έντονη, με αποτέλεσμα να κουράζει το μάτι. Για τον λόγο αυτό, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται δύο δευτερεύοντα χρώματα για την επίτευξη αντίθεσης.

Επιλέγοντας τα κατάλληλα χρώματα.

Σύμφωνα με την πιστοποίηση BS 5378-1 «Safety signs and colours: Specification for colour and design» από το Βρετανικό Ινστιτούτο Πιστοποίησης, η οποία συμπίπτει σε μεγάλο βαθμό με τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους άτυπους κανόνες από τους έλληνες τεχνικούς, η χρωματική σύμβαση που πρέπει να ακολουθείται στην περίπτωση μιας οθόνης χειρισμού είναι η εξής:

- ο **Κόκκινο**: απενεργοποιημένο, απαγόρευση, κίνδυνος
- ο **Κίτρινο**: προειδοποίηση, πιθανότητα κινδύνου
- ο **Πράσινο**: ομαλή λειτουργία, ασφαλείς συνθήκες
- ο **Μπλε**: Υποχρεωτική δράση

Πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα παραπάνω χρώματα θα είναι ευδιάκριτα και δε θα χρησιμοποιούνται για άλλες λειτουργίες. Επίσης είναι καλό να αποφεύγεται η χρήση των χρωμάτων αυτών σε μεγάλη επιφάνεια. Για παράδειγμα στην περίπτωση εμφάνισης ενός προειδοποιητικού μηνύματος, αντενδείκνυται να χρησιμοποιείται τι κίτρινο χρώμα για όλα τα στοιχεία του μηνύματος. Η χρήση του κίτρινου μόνο για το περίγραμμά του θεωρείται επαρκής. Στην αντίθετη περίπτωση, και ειδικά όταν

γίνεται χρήση των βασικών χρωμάτων, η οπτική επαφή με μια μεγάλη επιφάνεια, είναι πιθανό προκαλέσει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ατόμου του οποίου το μάτι εκτίθεται στην παραπάνω εικόνα, την προβολή του ίδιου σχήματος, αλλά στο συμπληρωματικό του χρώμα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μπορεί να μπερδέψει προσωρινά τον χειριστή.

Τέλος, όταν σχεδιάζουμε μια τέτοια οθόνη χειρισμού, θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι πολλοί άνθρωποι έχουν δυσχρωματοψία. Πιο συγκεκριμένα, περίπου 8% των αντρών και 0,5% των γυναικών έχουν δυσκολία στον να διακρίνουν το κόκκινο και το πράσινο χρώμα (Guardian, “*A significant percentage of the population is red-green colour blind. Why, then, did these two colours become accepted as safety signals?*”, 2011). Δεδομένου ότι η πλειοψηφία των χειριστών σε βιομηχανικές διαδικασίες είναι άντρες, πρέπει εκτός από την χρωματική κωδικοποίηση, να εξασφαλιστεί ότι χρησιμοποιείται και κάποιος πρόσθετος τρόπος ώστε η πληροφορία για το πότε μια αντλία είναι σε λειτουργία ή όχι να είναι πάντα σαφής σε όλους τους χειριστές.

Φόντο

Αρχικά όσον αφορά τον φόντο, είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται ουδέτερα χρώματα, συνήθως κάποια απαλή απόχρωση του γκρι. Το άσπρο δεν ενδείκνυται για τη χρήση αυτή γιατί κουράζει αρκετά το μάτι.

Περίγραμμα και Σκίαση

Τα στοιχεία της οθόνης πρέπει να έχουν περίγραμμα και σκίαση για να είναι ευκρινή και να ξεχωρίζουν πιο εύκολα από το φόντο.

Γραμματοσειρά

Σχετικά με τη χρησιμοποιούμενη γραμματοσειρά, είναι καλό να επιλέγεται κάποια απλή γραμματοσειρά που υπάρχει σε όλους τους υπολογιστές. Οι Times New Roman, Arial και Cambria είναι οι πιο βασικές από αυτές. Το μέγεθος της γραμματοσειράς πρέπει μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με την σημαντικότητα της πληροφορίας. Πλάγια ή έντονη γραφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο της ίδια γραμματοσειράς. Η εναλλαγή γραμματοσειρών όμως θεωρείται σχεδιαστικό λάθος. Επίσης τα κεφαλαία γράμματα δεν είναι αποδεκτά καθώς είναι πιο δύσκολο να αναγνωστούν.

Όταν ο σχεδιαστής επιλέγει το διάφορα μεγέθη της γραμματοσειράς πρέπει να λάβει υπ' όψη του ότι κατά τον σχεδιασμό, ο ίδιος κάθεται μπροστά από την οθόνη ή σε πολύ μικρή απόσταση. Σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας όμως, οι χειριστές συνήθως κοιτάνε την οθόνη από αρκετά μεγάλη απόσταση για να πάρουν κάποια πληροφορία, οπότε πρέπει να γίνει έλεγχος ότι το μέγεθος της γραμματοσειράς είναι επαρκές. Ακόμη, αρκετοί από αυτούς χρησιμοποιούν γυαλιά πρεσβυωπίας ή μυωπίας, οπότε η πληροφορία πρέπει, όσο το δυνατόν, να είναι ευανάγνωστη και για κάποιον με μικρά προβλήματα όρασης.

Τέλος, η γραμματοσειρά δεν είναι υποχρεωτικό να είναι μαύρη. Το μπλε είναι μια συχνή εναλλακτική, όταν το ίδιο χρώμα δεν χρησιμοποιείται σε κανένα άλλο στοιχείο.

Μέρος Β΄

Η σχεδιαστική λύση



Αρχική οθόνη

Ένα από τα βασικότερα διλήμματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν ήταν το ποιες λειτουργίες θα ελέγχονται από τον διαμεσολαβητή και ποιες θα παραμείνουν χειροκίνητες. Επίσης, μια βασική παράμετρος που έπρεπε να καθοριστεί ήταν ο αριθμός των οθόνων στις οποίες θα μοιράζοντας όλες οι λειτουργίες. Η οθόνη χειρισμού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως διαμεσολαβητής είναι αρκετά μικρή. Επομένως όσο περισσότερες λειτουργίες ελέγχονται μέσω αυτής, τόσο περισσότερη πληροφορία θα έχει να διαχειριστεί ο χειριστής. Ακόμη, όταν ο χειριστής θέλει να ελέγξει μια τιμή ή να αλλάξει μια παράμετρο και έχει να διαλέξει ανάμεσα σε πολλές οθόνες, είναι αρκετά δύσκολο να περιηγηθεί ανάμεσα στις οθόνες προκειμένου να βρει την κατάλληλη. Από την άλλη, μικρός αριθμός οθόνων σημαίνει συσσωρευμένη πληροφορία σε μικρή επιφάνεια, οπότε είναι πιθανό ο χειριστής να μην μπορεί να επικεντρωθεί σε πολλές

Ομαδοποίηση λειτουργιών

Για να λυθεί το πρόβλημα που αναφέρεται παραπάνω έπρεπε να αρχικά να γίνει μια γενική καταγραφή όλων των λειτουργιών που πραγματοποιούνται στον χώρο του χημικού καθαρισμού. Στη συνέχεια, οι παραπάνω λειτουργίες ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες: Σε αυτές που χρησιμοποιούνται συχνά, σχεδόν σε καθημερινή βάση, σε αυτές που χρησιμοποιούνται σπάνια, όπως για παράδειγμα ο καθαρισμός μιας δεξαμενής με νερό, και σε αυτές που δεν χρησιμοποιούνται πια, όπως η διοχέτευση της λάσπης σε βυτιοφόρο. Όσο πιο συχνά χρησιμοποιείται μια δραστηριότητα ή όσο πιο σημαντική είναι τόσο μεγαλύτερη προτεραιότητα δόθηκε.

Στη συνέχεια οι λειτουργίες καταγράφηκαν με βάση τη σειρά διαδοχής τους. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, υπάρχει κάποια ευελιξία στον τρόπο που οι χειριστές εκτελούν μια διαδικασία χημικού καθαρισμού. Πιο συγκεκριμένα, να μεν ορισμένες λειτουργίες πραγματοποιούνται με καθορισμένη σειρά, όπως η προσθήκη των χημικών στο μίξερ επεξεργασίας, αλλά υπάρχουν και άλλες λειτουργίες που μπορεί να πραγματοποιηθούν σε διάφορες στιγμές, όπως για παράδειγμα η παρασκευή των διαλυμάτων θειικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου.

Τέλος, οι λειτουργίες ομαδοποιήθηκαν με βάση την χωρική διάταξη. Πιο συγκεκριμένα, οι ομάδες που δημιουργήθηκαν αναφέρονται στις λειτουργίες που πραγματοποιούνται στο δωμάτιο των χημικών, στο μίξερ επεξεργασία, στη δεξαμενή λάσπης και στην ανοιχτή δεξαμενή.

Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις αρχές εργονομικού σχεδιασμού, όσο και τη γνώμη των χειριστών, των τεχνικών και των μηχανικών και τις αρχές εργονομίας, έγινε η τελική ομαδοποίηση των λειτουργιών και σχηματισμός των διαφορετικών οθονών. Το αποτέλεσμα των παραπάνω υπαγορεύει ότι η τελική λύση πρέπει να περιλαμβάνει όχι λιγότερες από τέσσερεις οθόνες, ώστε να μην υπάρχει συγκεντρωμένη πληροφορία σε μικρή επιφάνεια, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει τους χειριστές να

χάσουν πολύτιμη πληροφορία και όχι περισσότερες από έξι οθόνες, ώστε η εύρεση της επιθυμητής πληροφορίας κάθε φορά να μην είναι χρονοβόρα και κουραστική για τον χειριστή.

Η τελική λύση περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε οθόνες, σύμφωνα με τις λειτουργίες που ελέγχουν:

1. Παρασκευή διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, υδροξειδίου του ασβεστίου και θεικού αργιλίου, στο δωμάτιο των χημικών
2. Τροφοδοσία του μίξερ επεξεργασίας με απόβλητο παραγωγής και νερό από τις αντίστροφες οσμώσεις
3. Προσθήκη κατά σειρά υδροξειδίου του ασβεστίου, θεικού αργιλίου και τέλος διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας. Ακόμη το βήμα αυτό περιλαμβάνει τη μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης.
4. Μεταφορά της λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας στη δεξαμενή λάσπης και τελικά τη φιλτράρεσα
5. Μεταφορά του υπερκείμενου υγρού από το μίξερ επεξεργασία στην ανοιχτή δεξαμενή και διόρθωση της τιμής του pH

Οι τίτλοι των πέντε οθονών

Μια από τις σημαντικότερες σχεδιαστικές απαιτήσεις σε αυτό στο σημείο ήταν οι πέντε τίτλοι να είναι ευδιάκριτοι μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα οι πέντε τίτλοι έπρεπε να είναι διευκρινιστικοί, όσο το δυνατόν σύντομοι και να μην είναι παρεμφερείς.

Αρχικά οι τίτλοι που είχαν χρησιμοποιηθεί ήταν οι εξής:

- Παρασκευή χημικών
- Τροφοδοσία μίξερ επεξεργασία με απόβλητο παραγωγής και νερό
- Τροφοδοσία μίξερ επεξεργασίας με χημικά
- Λάσπη
- Υπερκείμενο υγρό

Μετά όμως από αξιολόγηση της λύσης αποδείχθηκε ο δεύτερος και τρίτος τίτλος ήταν παρεμφερείς μεταξύ τους, αφού και οι δύο χρησιμοποιούν την φράση «Τροφοδοσία μίξερ επεξεργασίας με...». Ακόμη οι δύο τελευταίοι τίτλοι θεωρήθηκαν αρκετά ασαφής αφού δεν βοηθούν τον χειριστή να κατανοήσει τι μπορούν να ελέγξουν μέσω αυτής της οθόνης.

Έτσι η τελική λύση περιλαμβάνει τις εξής πέντε οθόνες:

1. Παρασκευή χημικών
2. Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας
3. Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας
4. Μεταφορά λάσπης
5. Διαχείριση υπερκείμενου

Πρωτεύουσα περιήγηση

Αφού οριστικοποιήθηκαν οι πέντε οθόνες με τις λειτουργίες που η κάθε μία θα διαθέτει, και ο τίτλος της κάθε οθόνης, το επόμενο βήμα ήταν ο τρόπος μέσα από την οποία ο χειριστής θα μπορεί να περιηγείται μέσα στις πέντε οθόνες.

Καρτέλες πλοήγησης

Αρχικά επιλέχθηκε η χρήση καρτελών περιήγησης. Οι καρτέλες πλοήγησης είναι ένα χρήσιμο εργαλείο όταν ο χρήστης θέλει να περιηγηθεί ανάμεσα σε διαφορετικές επιλογές που του προσφέρονται σε έναν τόπο, αλλά ταυτόχρονα θέλει να ξέρει που ακριβώς βρίσκεται. Παρακάτω παρατίθενται μερικές βασικές οδηγίες για τις καρτέλες πλοήγησης (Usabilitygeek, *14 guidelines for web site tab usability*, 2011).

- Οι καρτέλες χρησιμοποιούνται όταν ο χρήστης θέλει να μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ διαφορετικών θεμάτων, στο ίδιο όμως πλαίσιο.
- Ο χρήστης πρέπει να μην χρειάζεται να βλέπει δύο καρτέλες ταυτόχρονα. Αν χρειάζεται να γίνει σύγκριση για παράδειγμα μεταξύ των τιμών δύο δεξαμενών που βρίσκονται σε διαφορετικές καρτέλες η κάθε μία, τότε πρέπει να επανεξεταστεί το θέμα του ποιες πληροφορίες θα παρουσιάζονται που. Σε αντίθετη περίπτωση ο χρήστης θα εναλλάσσει πολλές φορές
- Ενδείκνυται να υπάρχει μόνο μια σειρά από καρτέλες. Στοιβάζοντας τις καρτέλες τη μια πάνω από την άλλη, καθιστά δύσκολο για τον χρήστη να εντοπίσει και να επιλέξει την καρτέλα που ψάχνει. Στην περίπτωση που οι επιλογές είναι πολλές και χρειαστούν δύο σειρές για να παρατεθούν όλες, τότε ο σχεδιαστής καλό είναι να χρησιμοποιήσει κάποιον άλλο τρόπο. Η χρήση όμως δεύτερης γραμμής για δευτερεύουσα πλοήγηση ενδείκνυται.
- Οι καρτέλες πλοήγησης συνίσταται να τοποθετούνται πάντα στο πάνω μέρος της οθόνης, διότι εκεί είναι το πρώτο μέρος που θα κοιτάξουν οι χρήστες και πιο συγκεκριμένα το πάνω αριστερά μέρος της οθόνης. Η τοποθέτηση των καρτελών στο πλάι ή στο κάτω μέρος της οθόνης αυξάνει την πιθανότητα οι χρήστες να μη το δούνε και να χάσουν αρκετά δευτερόλεπτα ψάχνοντας.
- Πάντα πρέπει μια καρτέλα να είναι προεπιλεγμένη. Αυτό δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στην καρτέλα που είναι πιο σημαντική, ειδικά κατά τα πρώτα δευτερόλεπτα της αλληλεπίδρασης του χρήστη με την οθόνη.
- Είναι πολύ σημαντικό να φαίνεται ξεκάθαρα ποια καρτέλα είναι ενεργή κάθε στιγμή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως διαφορετικό χρώμα, μεγαλύτερο μέγεθος ή με την χρήση έντονης γραφής για την ενεργή καρτέλα. Ακόμη, οι ενεργές καρτέλες μπορούν να είναι πιο αμυδρές, ώστε να μην τραβάνε την προσοχή του χρήστη.
- Είτε μια καρτέλα είναι ενεργή είτε ανενεργή, πρέπει ο τίτλος που φέρει να είναι εύκολο αναγνώσιμος. Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να διαβάσει σε ποια καρτέλα βρίσκεται και σε ποιες άλλες καρτέλες μπορεί να μεταβεί.

- Επειδή η ηλεκτρονική καρτέλα, συμβολίζει τις καρτέλες που χρησιμοποιούνται στον υλικό κόσμο, για να υπάρχει αντιστοιχία, πρέπει η ενεργή καρτέλα να εμφανίζεται συνδεδεμένη με την ενεργή περιοχή.
- Η σειρά με την οποία θα εμφανίζονται οι καρτέλες πρέπει να έχουν νόημα για τον χρήστη. Για παράδειγμα, μπορούν να καταταχθούν με βάση τη σειρά που θα χρησιμοποιηθούν, με τη βαρύτητά τους ή την συχνότητά τους. Είναι πολύ σημαντικό όμως για αυτό το βήμα ο σχεδιαστής να μπει στη θέση του χρήστη.
- Ο τίτλος κάθε καρτέλας πρέπει να περιέχει όσο το δυνατόν λιγότερες λέξεις, ιδανικά μια ή δύο λέξεις. Όμως ταυτόχρονα ο τίτλος πρέπει να περιγράφει με ακρίβεια τις λειτουργίες που μπορεί να προσφέρει η συγκεκριμένη καρτέλα. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται ότι ο χρήστης θα αποφύγει τη λανθασμένη επιλογή καρτέλας.
- Το λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται για τον τίτλο μιας καρτέλας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλό και κατανοητό. Αυτό καθιστά πιο εύκολο για τους χρήστες να προβλέψουν τη λειτουργία που προσφέρεται σε μία καρτέλα μόνο διαβάζοντας τον τίτλο.
- Τα κεφαλαία γράμματα πρέπει να αποφεύγονται, καθώς καθιστά το κείμενο δυσανάγνωστο στους χρήστες. Ενδείκνυται το πρώτο γράμμα κάθε λέξης να είναι κεφαλαίο ή εναλλακτικά μόνο το πρώτο γράμμα της πρώτης λέξης.

Παρ' όλα αυτά όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια, κάθε οθόνη, εξυπηρετεί αρκετές διαφορετικές λειτουργίες, οπότε δημιουργήθηκε η ανάγκη για δευτερεύουσα περιήγηση, μέσα σε κάθε οθόνη. Λόγω περιορισμού των διαστάσεων την οθόνης, δεν ήταν δυνατόν να συμπεριληφθεί διπλό μενού περιήγησης. Για τον λόγο αυτό οι καρτέλες πλοήγησης χρησιμοποιήθηκαν για το δεύτερο επίπεδο πλοήγησης. Έτσι η τελική λύση περιλαμβάνει μια αρχική οθόνη, στην οποία θα εμφανίζονται οι πέντε επιλογές (πρωτεύουσα περιήγηση).

Οι πέντε αυτές επιλογές θα περιέχονται σε πέντε πλαίσια, κάθε ένα από τα οποία θα είναι και ένα κουμπί. Οι προδιαγραφές, που πρέπει να τηρούνται, όπως έχουν ορισθεί παραπάνω, είναι κάθε κουμπί να έχει επιφάνεια μεγαλύτερη από 1cm^2 και κάθε κουμπί να απέχει από τα διπλανά του κατά τουλάχιστον 1cm .

Επιπλέον, για να διευκολυνθεί ο χρήστης, αποφασίστηκε να γίνει χρωματικός διαχωρισμός ανάμεσα στα πέντε κουμπιά. Ένας από τους περιορισμούς που υπήρχαν ήταν τα χρησιμοποιούμενα χρώματα να μην είναι κόκκινο ή πράσινο, καθώς αντιπροσωπεύουν άλλες λειτουργίες. Ακόμη, τα χρησιμοποιούμενα χρώματα θα έπρεπε όσο το δυνατόν να μην είναι κύρια, αλλά δευτερεύοντα, και όχι ιδιαίτερα έντονα. Τέλος, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, η ικανότητα διάκρισης των χρωμάτων σε ένα μεγάλο ποσοστό του αντρικού πληθυσμού είναι περιορισμένη, λόγω μερικής αχρωματοψίας. Για τον λόγο αυτό, έπρεπε να εξασφαλιστεί ότι ακόμη και κάποιο άτομο με ολική αχρωματοψία θα μπορεί να διακρίνει τα χρώματα. Για να

επιτευχθεί αυτό, σύμφωνα με την εφαρμογή Color Scheme Designer, σημασία έχει τα χρησιμοποιούμενα χρώματα να έχουν κυρίως διαφορετική ένταση, ακόμη και αν είναι παρεμφερή.

Η τελική λύση που προέκυψε φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα β.1: Η αρχική οθόνη

Επιστροφή στην αρχική οθόνη

Κάθε φορά που ο χρήστης βρίσκεται σε μία από τις οθόνες και επιθυμεί να μεταφερθεί σε άλλη, πρέπει να επιστρέφει στο αρχικό μενού. Παρότι συνήθως το αρχικό μενού συμβολίζεται με ένα κυκλικό βέλος ή με την εικόνα ενός σπιτιού (home page), εδώ αποφασίστηκε ότι μια καλή λύση ήταν να χρησιμοποιηθεί μια μικρογραφία της παραπάνω οθόνης. Έτσι ο χειριστής βλέποντάς της θα μπορεί άμεσα να κάνει τη σύνδεση και να κατανοήσει τη λειτουργία του συγκεκριμένου πλήκτρου, σε αντίθεση με τις παραπάνω εναλλακτικές που ενίοτε μπορεί να μην είναι ξεκάθαρες.

Εισαγωγή δεδομένων

Κατά την σχεδιαστική λύση που παρουσιάζεται παρακάτω, πέρα από την εποπτεία του συστήματος από τον χρήστη, πολύ συχνά ο χειριστής χρειάζεται να ελέγξει το σύστημα και πιο συγκεκριμένα να εισάγει κάποια παράμετρο στο σύστημα. Οι παράμετροι που εισάγει ο χειριστής μπορεί να είναι είτε ποιοτικές είτε ποσοτικές.

Ποιοτικές παράμετροι

Οι ποιοτικές παράμετροι αφορούν την επιλογή ενός στοιχείου από ένα σύνολο. Ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε για να γίνει αυτό είναι τα αναπτυσσόμενα μενού. Παρότι τα αναπτυσσόμενα μενού χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές όπου ο χρήστης έχει στη διάθεσή του ένα ποντίκι, οπότε και χειρίζεται την οθόνη μέσω pointer, αυτού του είδους μενού είναι χρήσιμα και για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

Για να κατανοήσει ο χρήστης ότι πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο μενού, στο δεξί άκρο του πλαισίου υπάρχει ένα βέλος με κατεύθυνση προς τα κάτω (dropdown button). Κατά το πάτημά του εμφανίζεται η λίστα με όλες τις επιλογές. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που πρέπει να τηρείται κατά την χρήση αναπτυσσόμενων μενού, είναι ότι όλες οι επιλογές πρέπει να είναι φανερές κατά την ανάπτυξη του μενού. Θεωρείται κακή πρακτική, μετά την ανάπτυξη, ο χρήστης να πρέπει να χρησιμοποιήσει και κάποια γραμμή κύλισης (scrollbar) για να δει και τις υπόλοιπες επιλογές. Αν αυτό είναι αναπόφευκτο με την χρήση αναπτυσσόμενου μενού τότε ο σχεδιαστής θα πρέπει να αναζητήσει μια διαφορετική σχεδιαστική λύση.

Όταν το μενού είναι ανενεργό, τότε μια επιλογή εμφανίζεται στο πλαίσιο, είτε αυτή που έχει επιλέξει ο χρήστης είτε μια προεπιλεγμένη τιμή. Επίσης όταν το μενού είναι ανεπτυγμένο, κάθε επιλογή καλό είναι να βρίσκεται μέσα σε κάποιο πλαίσιο. Έτσι ο χρήστης καταλαβαίνει που είναι η ενεργή επιφάνεια κάθε επιλογής. Όταν ο χρήστης επιλέγει ένα στοιχείο από την λίστα, τότε η λίστα «κρύβεται» αυτόματα. Αυτό βγάζει τον χειριστή από την διαδικασία του να πατάει κάθε φορά αλλού για να κλείσει το μενού. Παρόλα αυτά αν ο χειριστής πατήσει πάνω στο βέλος και ανοίξει το μενού κατά λάθος, μπορεί πατώντας οπουδήποτε αλλού στην επιφάνεια να το κλείσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι όταν μια αναπτυσσόμενη λίστα είναι ανοιχτή, όλη η επιφάνεια εργασίας, εκτός από τις επιλογές της λίστας και την κορυφαία λωρίδα ελέγχου, γίνεται ανενεργή. Η επιφάνεια είναι και πάλι ενεργή όταν η λίστα κλείσει.

Κάτι που πρέπει να τηρείται σε μεγάλο βαθμό είναι ότι το αναπτυγμένο μενού δεν θα καλύπτει σημαντικές πληροφορίες. Αυτό είναι και ένα από τα προαπαιτούμενα των συστημάτων SCADA. Το παραπάνω είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που η παρούσα λύση αποτυγχάνει να ικανοποιήσει κάποιες φορές. Ο κύριος λόγος για αυτό είναι ότι η επιφάνεια εργασίας, λόγω περιορισμένου μεγέθους της οθόνης, είναι και αυτή περιορισμένη. Ακόμη, τις περισσότερες φορές το φόντο του αναπτυσσόμενου μενού συνίσταται να είναι ημιδιάφανο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως, που το μενού

επικαλύπτει άλλες πληροφορίες, θα καθιστούσε τις επιλογές του μενού δυσανάγνωστες. Γι αυτό και το φόντο επιλέχθηκε να μην είναι διαφανές.

Καλό είναι οι προτάσεις που χρησιμοποιούνται ως επιλογές να είναι όσο το δυνατόν συμπαγείς και σύντομες, χωρίς όμως να στερούν από τον χρήστη την ικανότητα να κατανοεί τι προσφέρει μια επιλογή πριν την επιλέξει.

Η χρήση των αναπτυσσόμενων μενού συνίσταται γενικά όταν οι επιλογές είναι από πέντε έως δεκαπέντε. Για λιγότερες από πέντε επιλογές, η επικρατέστερη εναλλακτική είναι η χρήση ραδιοκομβίων (radio buttons). Σύμφωνα με αυτή την εναλλακτική, όλες οι επιλογές είναι ορατές ανά πάσα στιγμή στον χρήστη. Όπως θα αναφερθεί παρακάτω, στις περισσότερες οθόνες ο χρήστης έχει να διαλέξει μεταξύ δύο επιλογών. Σε μία όμως τουλάχιστον οθόνη, ο χρήστης έχει να διαλέξει μεταξύ τεσσάρων επιλογών. Λόγω της περιορισμένης σε μέγεθος επιφάνειας εργασίας, δεν είναι δυνατόν να παρατίθενται σε μια οθόνη τέσσερις επιλογές.

Επιλέγοντας την λύση του αναπτυσσόμενου μενού, μπορεί να κοστίζει στον χειριστή το πάτημα δύο κουμπιών για να κάνει μια επιλογή (το πάτημα του βέλους για να ανοίξει το μενού και το πάτημα της επιλογής) σε αντίθεση με το πάτημα ενός κουμπιού στην περίπτωση του ραδιοκομβίου, όμως προσφέρει στον χρήστη ένα λιγότερο φορτωμένο και πιο ευχάριστο περιβάλλον. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω αποφασίστηκε ότι η καλύτερη λύση είναι η χρήση αναπτυσσόμενου μενού.

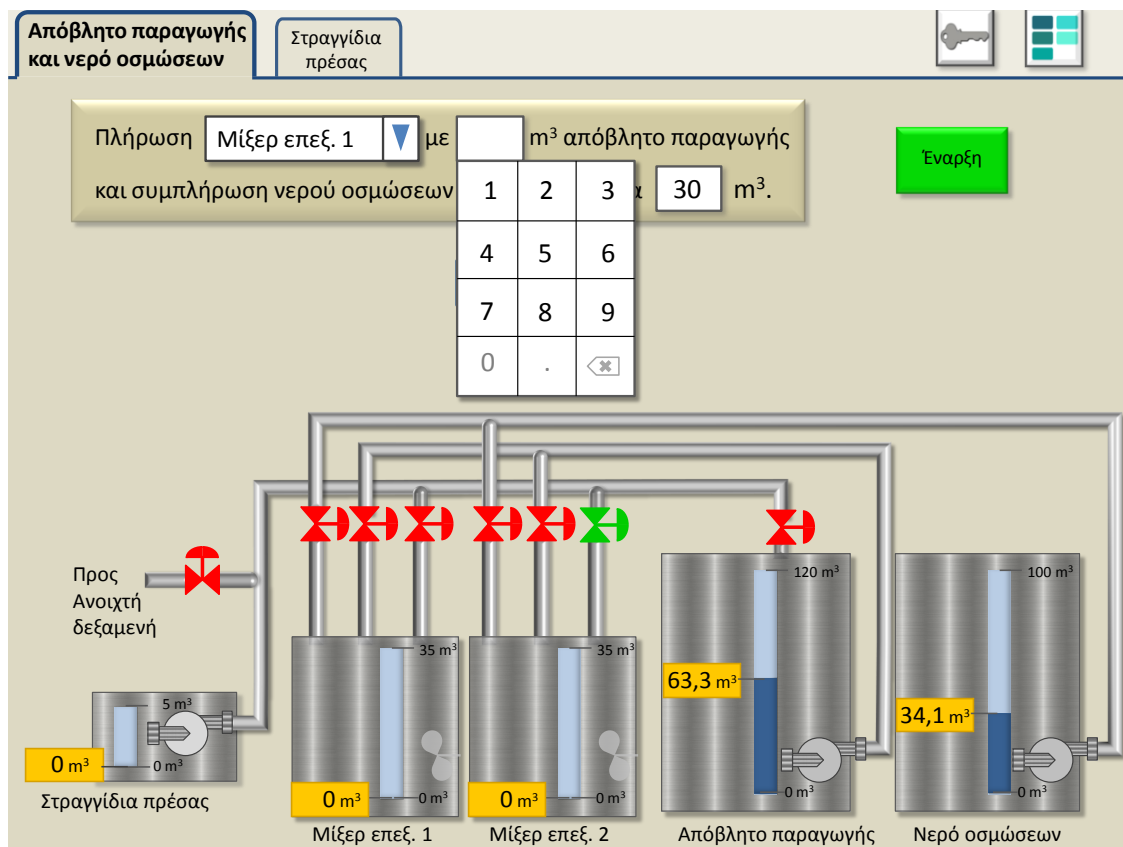
Ποσοτικές παράμετροι

Οι ποσοτικές παράμετροι αφορούν την εισαγωγή μιας αριθμητικής τιμής από τον χρήστη. Αυτό χρειάζεται σε αρκετά τμήματα της διαδικασίας όπου ο χειριστής πρέπει να ορίσει την ακριβή ποσότητα ρευστού που πρέπει να μετακινηθεί από μια δεξαμενή σε μια άλλη.

Πριν όμως αναφερθεί η τελική λύση είναι σκόπιμο να γίνει μια εισαγωγή για τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Οι ποσότητες που πρέπει να μεταφερθούν από τη μια δεξαμενή στην άλλη δεν είναι σταθερές, αλλά εξαρτώνται από μεταβλητούς παράγοντες. Για να γίνει πιο κατανοητό, θα χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα μεταφοράς αποβλήτου παραγωγής και νερού οσμώσεων στο μίξερ επεξεργασίας. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, η ποσότητα του απόβλητου παραγωγής που πρέπει να εισαχθεί για τον σχηματισμό του μίγματος, δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από την παραγωγή του εργοστασίου την προηγούμενη μέρα. Μπορεί να κυμαίνεται από 3m², αν είναι συμπυκνωμένο, έως και 35m², αν είναι πολύ αραιό. Επίσης, δεδομένου ότι το εργοστάσιο μπορεί να παράγει πολλά και διαφορετικά προϊόντα κάθε μέρα και σε διαφορετικές ποσότητες κάθε φορά, δεν μπορεί να υπάρξει κάποιος πίνακας αναλογίας για το πόσα κυβικά απόβλητο μπορεί να χρειαστούν. Είναι ένα νούμερο που προκύπτει χωρίς καμία κανονικότητα. Τέλος, αρκετές φορές οι οδηγίες από το

χημείο δεν περιλαμβάνουν μόνο ακέραιους αριθμούς, αλλά και δεκαδικούς, με ένα δεκαδικό ψηφίο.

Για όλους τους παραπάνω λόγους αποφασίστηκε ότι ο συντομότερος και ευκολότερος τρόπος εισαγωγής της επιθυμητής κάθε φορά τιμής είναι μέσω αριθμητικού πληκτρολόγιου. Πατώντας κάθε φορά πάνω στο πλαίσιο θα εμφανίζεται το αριθμητικό πληκτρολόγιο. Το πλαίσιο που θα χρησιμοποιηθεί, περιέχει όλα τα νούμερα από 0 έως 9. Ακόμη περιέχει την υποδιαστολή (.) και το πλήκτρο διαγραφής (~~✖~~), όπως φαίνεται παρακάτω. (Σχήμα β.2). Τα πλήκτρα αυτά έχουν κατάλληλο μέγεθος σύμφωνα με τις προδιαγραφές των SCADA.



Σχήμα β.2: Εισαγωγή ποσοτικής παραμέτρου στην οθόνη με τίτλο «Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας»

Δεδομένου ότι η ποσότητα αποβλήτου είναι τυχαία και έχει μεγάλες διακυμάνσεις κάθε φορά, οπότε είναι σχεδόν αδύνατον να χρειαστεί να εισαχθεί το ίδιο νούμερο δύο φορές, αποφασίστηκε ότι κατά το πάτημα του πλαισίου, και όταν εμφανίζεται το πληκτρολόγιο, θα διαγράφεται η αναγραφόμενη ποσότητα. Με τον τρόπο αυτό ο χειριστής δεν χρειάζεται να πατάει το πλήκτρο διαγραφής έως και τέσσερις φορές κάθε φορά.

Ακόμη, αποφασίστηκε για διευκόλυνση του χρήστη να γίνεται αδρανοποίηση ορισμένων πλήκτρων, ανάλογα με την κατάσταση. Για να γίνει σαφής αυτή η λειτουργία, θα χρησιμοποιηθεί και πάλι το παράδειγμα μεταφοράς αποβλήτου

παραγωγής στο μίξερ επεξεργασίας. Παρατηρώντας ότι η ελάχιστη ποσότητα αποβλήτου που έχει χρειαστεί να προστεθεί στο μίξερ επεξεργασίας κυμαίνεται περίπου στα $3m^2$, αποφασίστηκε τα πλήκτρα της τελευταίας γραμμής του πίνακα να είναι μη ενεργά κατά το άνοιγμα του πλαισίου. Η μηδενική τιμή, η υποδιαστολή ή το πλήκτρο διαγραφής δε θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν ποτέ ως πρώτο πλήκτρο. Έτσι ο χειριστής έχει να επικεντρώσει το βλέμμα του σε λιγότερα πλήκτρα. Μετά το πάτημα του πρώτου αριθμού, η τελευταία σειρά θα γίνεται ενεργή.

Ο χειριστής πρέπει να γνωρίζει ότι η χωρητικότητα του μίξερ επεξεργασίας είναι $35m^2$. Για να επιτευχθεί αυτό, σε συνέχεια με την προηγούμενη λογική, όταν το πρώτο νούμερο που εισάγει είναι 1 ή 2, όλα τα πλήκτρα θα είναι ενεργά. Μετά την εισαγωγή του δεύτερου ψηφίου, τα μόνα διαθέσιμα πλήκτρα θα είναι η υποδιαστολή και το πλήκτρο διαγραφής. Τέλος, μετά την εισαγωγή του πρώτου δεκαδικού, το μόνο ενεργό πλήκτρο θα είναι το πλήκτρο διαγραφής. Στην περίπτωση που το πρώτο νούμερο που εισάγει ο χειριστής είναι το 3, τα πλήκτρα που θα παραμείνουν ενεργά είναι τα νούμερα από 0 έως 5, ώστε η εισαχθείσα ποσότητα να είναι το πολύ μέχρι $35m^2$, και η υποδιαστολή καθώς και το πλήκτρο διαγραφής. Τέλος, αν το πρώτο νούμερο που εισαχθεί είναι από 4 έως 9, τότε τα μόνα ενεργά πλήκτρα θα είναι η υποδιαστολή και το πλήκτρο διαγραφής, αποφεύγοντας έτσι την πιθανότητα να οριστεί ποσότητα μεγαλύτερη της χωρητικότητας της δεξαμενής.

Για να κλείσει το αριθμητικό πληκτρολόγιο ο χειριστής θα πρέπει να πατήσει κάπου αλλού στην επιφάνεια της οθόνης. Όπως και στην παραπάνω περίπτωση του αναπτυσσόμενου μενού, η επιφάνεια εργασίας είναι ανενεργή όταν το αριθμητικό πληκτρολόγιο είναι ανοιχτό. Εκτός των άλλων μελετήθηκε και η εναλλακτική ενός πλήκτρου επιβεβαίωσης «οκ». Όμως θεωρήθηκε πολύ πιο εύκολο για τον χρήστη να πατήσει τυχαία κάπου στην οθόνη για να κλείσει το πληκτρολόγιο, από το να πατήσει ένα συγκεκριμένο πλήκτρο. Ακόμη ένα παραπάνω πλήκτρο θα δυσκόλευε ακόμη παραπάνω την εύρεση κάθε φορά του επιθυμητού πλήκτρου. Τέλος η χρήση της σύντομης λέξης «οκ», αυξάνει τις πιθανότητες λάθους καθώς ο χρήστης μπορεί εύκολα να το μπερδέψει με το πλήκτρο «0».

Στην περίπτωση που ο χειριστής συμπληρώσει τρεις ή τέσσερις χαρακτήρες (πχ. 7,6 ή 18,3) το πληκτρολόγιο θα μπορούσε να κλείνει αυτόματα. Από τη μία αυτό θα γλίτωνε τον χειριστή από ένα παραπάνω πάτημα. Από την άλλη όμως, υπάρχει η πιθανότητα ο χειριστής να έχει πατήσει λάθος το τελευταίο ψηφίο. Έτσι θα είναι αναγκασμένος να ανοίξει ξανά το πληκτρολόγιο και να ξαναπληκτρολογήσει όλα τα ψηφία εξ αρχής. Για να αποφευχθεί το παραπάνω, αποφασίστηκε ότι είναι προτιμότερο να ορίζει ο χειριστής πότε έχει τελειώσει την εισαγωγή δεδομένων και επιθυμεί να κλείσει το πληκτρολόγιο.

Η εμφάνιση δύο αριθμητικών πληκτρολόγιων ταυτόχρονα δε θα είναι δυνατή. Κάθε φορά που ένα πληκτρολόγιο είναι ανοιχτό και ο χειριστής επιχειρεί να ανοίξει ένα

δεύτερο, θα θεωρείται ως τυχαίο πάτημα στην επιφάνεια εργασίας με σκοπό να κλείσει το ανοιχτό πληκτρολόγιο.

Σε γενικές γραμμές είναι επιθυμητό οι κανόνες που αφορούν το αριθμητικό πληκτρολόγιο να ταυτίζονται όσο το δυνατόν με τους κανόνες που σχετίζονται με το αναπτυσσόμενο μενού προκειμένου να υπάρχει ομοιομορφία και το σύστημα να είναι πιο εύκολο στην εκμάθηση και την χρήση από τον χειριστή.

Επιβεβαίωση

Όταν οι παραπάνω ποιοτικές και ποσοτικές παράμετροι ορισθούν, αυτό δε σημαίνει ότι η εντολή θα τεθεί σε λειτουργία. Για να γίνει αυτό ο χειριστής θα πρέπει να πατήσει ένα πλήκτρο επιβεβαίωσης. Ένας από τους λόγους που αποφασίστηκε να υπάρχει αυτό το πλήκτρο επιβεβαίωσης είναι ότι σε μερικές εντολές ο χειριστής έχει να επιλέξει δύο παραμέτρους. Αν κάθε επιλογή είχε τη δική της επιβεβαίωση, θα μπερδευε τον χρήστη και δεν θα ήξερε αν η διαδικασία έχει εκκινήσει ή όχι.

Το πλήκτρο επιβεβαίωσης έχει πράσινο χρώμα. Το πράσινο χρώμα είναι συνδεδεμένο με επιβεβαίωση και λειτουργία. Σύμφωνα με κάποια πρωτόκολλα ένα τέτοιο πλήκτρο θα μπορούσε να έχει μπλε χρώμα. Όμως κάτι τέτοιο θα είχε ως συνέπεια πολλά χρώματα σε μια μικρή οθόνη χειρισμού. Ο χρήστης θα δεχότανε μεγάλη χρωματική πληροφορία, δύσκολη προς επεξεργασία.

Για να αποφευχθεί το κατά λάθος πάτημα του πλήκτρου αυτού, δε θα ενεργοποιείται με το στιγμιαίο πάτημα, αλλά με ένα παρατεταμένο πάτημα δύο δευτερολέπτων. Ως ανάδραση, θα μπορούσε να θεωρηθεί η παρατήρηση από τον χειριστή για το άνοιγμα κάποιας βάνας ή την ενεργοποίηση κάποιας αντλίας. Οι χρήστες όμως θέλουν μια πιο άμεση και πιο συγκεκριμένη ανάδραση, που να είναι η ίδια σε κάθε περίπτωση. Μια πιθανότητα είναι να υπάρχει ηχητική ανάδραση. Όμως στον χώρο του εργοστασίου ο θόρυβος ορισμένες φορές είναι δυνατός. Για τον λόγο αυτό επιπροσθέτως θα υπάρχει και οπτική ανάδραση. Αυτό θα συνίσταται στην στιγμιαία αλλαγή χρώματος του πλήκτρου επιβεβαίωσης όταν αυτό πατιέται. Το χρώμα θα είναι πιο έντονο πράσινο και θα επανέρχεται στο αρχικό χρώμα μετά το πάτημα.

Παρασκευή χημικών

Η κύρια λειτουργία της οθόνης αυτής περιλαμβάνει την παρασκευή των τριών χημικών που χρειάζονται κατά την διαδικασία επεξεργασίας αποβλήτου: τα διαλύματα πολυηλεκτρολύτη, θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου. Με μια πρώτη ματιά φαίνεται ότι η οθόνη αυτή είναι αρκετά απλή, αφού ελέγχει μόνο τρεις λειτουργίες. Παρ' όλα αυτά, το πλήθος της πληροφορίας που πρέπει να είναι διαθέσιμη μέσω αυτής της οθόνης και ο αριθμός των στοιχείων του συστήματος που πρέπει να ελέγχονται, αυξάνουν τις σχεδιαστικές απαιτήσεις.

Αυτόματες και χειροκίνητες λειτουργίες

Το πρώτο βήμα κατά το σχεδιασμό της οθόνης παρασκευής χημικών ήταν να αποφασιστεί ποιες λειτουργίες θα γίνονταν χειροκίνητα και ποιες αυτόματα. Οι διαδικασίες που θα εξεταστούν παρακάτω είναι η τροφοδοσία των μίξερ με νερό πόλης, η προσθήκη σκόνης θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου, η προσθήκη συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη και τέλος η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ανάδευση των τριών διαλυμάτων.

Εισαγωγή νερού πόλης

Η παρασκευή των τριών διαλυμάτων συνίσταται από την ανάμειξη νερού πόλης με το εκάστοτε χημικό. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να ελέγχει ο χειριστής είναι η προσθήκη νερού στην στις δεξαμενές. Αυτό θα γίνεται με το πάτημα ενός κουμπιού στην οθόνη με τίτλο «προσθήκη νερού». Η οθόνη έχει τρία τέτοια κουμπιά, ένα για κάθε δεξαμενή. Με το πάτημα αυτού του κουμπιού οι αντίστοιχες βάνες θα ανοίγουν και θα κλείνουν πάλι αυτόματα όταν το επίπεδο του νερού φτάσει στην επιθυμητή στάθμη.

Προσθήκη σκόνης

Το δεύτερο βήμα είναι η προσθήκη των χημικών, του συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη και της σκόνης θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου. Όσον αφορά την προσθήκη σκόνης θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου, παρότι οι περισσότεροι χειριστές δήλωσαν ότι οι μεταφορά των σακιών σκόνης είναι μια αρκετά έντονη σωματική εργασία και θα προτιμούσαν να γίνεται αυτόματα, αποφασίστηκε οι διαδικασίες αυτές να συνεχίσουν να γίνονται χειροκίνητα. Για να αυτοματοποιηθεί η εισαγωγής της σκόνης στην δεξαμενή, πρέπει η σκόνη να διοχετεύεται σε ένα μηχάνημα και από εκεί στην αντίστοιχη δεξαμενή. Η σκόνη όμως αγοράζεται σε σακιά των 25kg, πράγμα που σημαίνει ότι ακόμη και αν δεν χρειάζεται να μεταφέρουν τη σκόνη απευθείας στη δεξαμενή, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να τροφοδοτούν το μηχάνημα με τη σκόνη, οπότε η σωματική εργασία συνεχίζει να υφίσταται. Ακόμη, κατά την καταγραφή τις διαδικασίας, παρατηρήθηκε ότι όταν οι χειριστές αδειάζουν το περιεχόμενο των σακιών στη δεξαμενή, τις περισσότερες φορές, ποσότητα σκόνης παραμένει προσκολλημένη στα τοιχώματα της συσκευασίας. Οι χειριστές, κουνάνε έντονα τα σακιά, φροντίζουν ώστε όλη η σκόνη να τροφοδοτηθεί στη δεξαμενή. Αυτό είναι σημαντικό διότι η διαδικασία του χημικού καθαρισμού βασίζεται σε ακριβείς αναλογίες. Ένα μηχάνημα λοιπόν δεν μπορεί

εύκολα να εξασφαλίσει την ακρίβεια που προσφέρουν οι χειριστές στο σύστημα. Η αγορά ενός τόσο προηγμένου μηχανήματος, που να μπορεί και να παραλαμβάνει τα σακιά εκ μέρους των χειριστών, ώστε να παρακάμπτεται η έντονη σωματική εργασία, και να αδειάζει όλο το περιεχόμενό τους στην δεξαμενή, θα αποτελούσε σημαντικό κόστος για την εταιρία. Τέλος, κάτι τέτοιο θα απαιτούσε αρκετό χώρο, που στη συγκεκριμένη εγκατάσταση είναι περιορισμένος.

Προσθήκη συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη

Όσον αφορά την προσθήκη του συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη, η ποσότητα που πρέπει να προστεθεί είναι μόλις 500ml. Δεδομένου ότι είναι πολύ σύντομη διαδικασία, που δεν καταπονεί τους χειριστές με κάποιο τρόπο και δεδομένου ότι η προσθήκη και των άλλων δύο χημικών (σκόνη υδροξειδίου του ασβεστίου και θεικού αργιλίου) γίνεται χειροκίνητα, οπότε υπάρχει μια συνοχή ως προς τον τρόπο προσθήκης χημικών, αποφασίστηκε και αυτή η διαδικασία να γίνεται χειροκίνητα.

Ανάδευση διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου

Μια ακόμα λειτουργία που έπρεπε να αποφασιστεί αν θα γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα είναι η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της ανάδευσης. Η ανάδευση πρέπει να είναι ενεργοποιημένη πριν την προσθήκη της σκόνης και του συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη στην δεξαμενή και στην περίπτωση του θεικού αργιλίου και του υδροξειδίου του ασβεστίου να απενεργοποιείται δέκα λεπτά αργότερα, ενώ για τον πολυηλεκτρολύτη, μόνο όταν αδειάζει η δεξαμενή. Δεδομένου ότι η δεξαμενή του υδροξειδίου του ασβεστίου πρέπει να είναι μονίμως γεμάτη με νερό, για λόγους που έχουν αναφερθεί παραπάνω, ανάδευση που ενεργοποιείται αυτόματα, με τη στάθμη της δεξαμενής θα σήμαινε ότι ο αναδευτήρας θα ήταν σε λειτουργία για πολλές ώρες, αναδεύοντας μόνο νερό. Κάτι τέτοιο θα ήταν άσκοπη κατανάλωση ενέργειας, αυξάνοντας την πιθανότητα βλάβης του αναδευτήρα, λόγω εκτεταμένης λειτουργίας. Επιπλέον, θα αποτελούσε κίνδυνο καθώς δεν είναι επιθυμητό να υπάρχουν μηχανήματα που λειτουργούν για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς επιτήρηση για, ειδικά όταν βρίσκονται δίπλα σε εύφλεκτα υλικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι το θεικό οξύ αποθηκεύεται στον ίδιο χώρο. Για όλους τους παραπάνω λόγους θεωρήθηκε πιο ασφαλές η ανάδευση να ενεργοποιείται από τους χειριστές από διακόπτη που βρίσκεται στο δωμάτιο των χημικών.

Κατά την καταγραφή της διαδικασίας παρατηρήθηκε ότι οι χειριστές, μετά την προσθήκη της σκόνης στις δύο δεξαμενές, παραμένουν στον χώρο του χημικού καθαρισμού με μόνο σκοπό να απενεργοποιήσουν την ανάδευση μετά το πέρας των δέκα λεπτών. Για τον λόγο αυτό θεωρήθηκε ότι η απενεργοποίηση της ανάδευσης θα γίνεται με χρονοδιακόπτη. Όταν ο χειριστής συμπληρώσει τη σκόνη, θα το δηλώνει με το πάτημα ενός κουμπιού, το οποίο θα βρίσκεται στο δωμάτιο των χημικών, ενεργοποιώντας ουσιαστικά έναν χρονοδιακόπτη, και δέκα λεπτά αργότερα η ανάδευση θα απενεργοποιείται αυτόματα. Αυτό είναι μια χρήσιμη λειτουργία ώστε ο χειριστής, μετά την παρασκευή του διαλύματος να μπορεί να αποδεσμευτεί από τον χώρο του χημικού καθαρισμού και να μπορεί να εργαστεί σε κάποιο άλλο τμήμα του

εργοστασίου. Στην οθόνη θα εμφανίζεται ένα ρολόι που θα δείχνει τον χρόνο που έχει παρέλθει από την ανάδευση του διαλύματος.

Ανάδευση διαλύματος θειικού αργιλίου

Όσον αφορά την παρασκευής θειικού αργιλίου, θυμίζουμε ότι δεν υπάρχει η απαίτηση η δεξαμενή να είναι μονίμως γεμάτη με νερό. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε η ανάδευση να γίνεται με βάση τη στάθμη της δεξαμενής, δεδομένου ότι ο χειριστής θα προσέθετε το νερό και αμέσως μετά τη σκόνη. Παρόλα αυτά, η παρασκευή του θειικού αργιλίου πραγματοποιείται πάντα ταυτόχρονα με αυτή του υδροξειδίου του ασβεστίου και με παρόμοιο τρόπο. Για τον λόγο αυτό θεωρήθηκε ευκολότερο για τους χειριστές και η ανάδευση των δύο διαλυμάτων να λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο. Έτσι, και εδώ θα χρησιμοποιείται ο διακόπτης για την χειροκίνητη έναρξη της ανάδευσης πριν την προσθήκη της σκόνης και ο χρονοδιακόπτης για την απενεργοποίηση της, καθώς και το ρολόι στην οθόνη χειρισμού.

Ανάδευση διαλύματος πολυηλεκτρολύτη

Η ανάδευση του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, θα γίνεται όπως και παραπάνω. Ο χειριστής θα ενεργοποιεί την ανάδευση πριν την εισαγωγή του συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη. Η ανάδευση όμως χρειάζεται να συνεχιστεί καθ'όλη τη διάρκεια της παραμονής του διαλύματος στη δεξαμενή. Για τον λόγο αυτό η απενεργοποίηση θα γίνεται αυτόματα όχι σύμφωνα με χρονοδιακόπτη, αλλά όταν το διάλειμμα μεταφερθεί από τη δεξαμενή πολυηλεκτρολύτη στον επόμενο προορισμό του. Σε τεχνικούς όρους αυτό σημαίνει ότι η ανάδευση θα απενεργοποιείται όταν η στάθμη πέσει κάτω από κάποια τιμή. Παρόλα αυτά και εδώ ο χειριστής θα πρέπει να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί στη φυσική διάταξη για να ενεργοποιήσει την χρονομέτρηση. Στην οθόνη χειρισμού πάλι θα εμφανίζεται το ρολόι που δείχνει τον χρόνο που έχει παρέλθει από την έναρξη της ανάδευσης του διαλύματος.

Σχεδιαστικά διλήμματα και παρατηρήσεις για τον σχεδιασμό της ανάδευσης

Ένα ερώτημα που παρουσιάστηκε ήταν αν το ρολόι θα έπρεπε να μετράει τον απαιτούμενο χρόνο κανονικά ή με αντίστροφη μέτρηση. Κατά τον σχεδιασμό του ρολογιού για τα διαλύματα υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου θεωρήθηκε ότι η αντίστροφη μέτρηση ήταν εμφανώς η καλύτερη λύση. Με τον τρόπο αυτό ο χειριστής θα είχε τη δυνατότητα να βλέπει τον εναπομείναντα χρόνο. Στην περίπτωση όμως του πολυηλεκτρολύτη, ο χρόνος ανάδευσης δεν είναι συγκεκριμένος. Γενικά υπάρχει ο περιορισμός ότι η διαδικασία δεν μπορεί να προχωρήσει αν το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη δεν έχει αναδευτεί για τουλάχιστον 45 λεπτά, αλλά δεδομένου ότι η διαδικασία δεν είναι αυστηρά ορισμένη χρονικά, και το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη δεν μπορεί να μείνει στάσιμο για περισσότερο από μερικά λεπτά, δεν μπορεί να οριστεί κάποιος χρόνος απενεργοποίησης του, επομένως η αντίστροφη μέτρηση δεν έχει νόημα εδώ. Ακόμη θα ήταν ιδιαίτερα περίπλοκο για τον χειριστή να παρατηρεί δύο ρολόγια που τρέχουν κανονικά και ένα που δείχνει αντίστροφη μέτρηση. Για όλους τους παραπάνω λόγους, και κυρίως για λόγους ομοιομορφίας, και για τα τρία ρολόγια αποφασίστηκε να μετρούν κανονικά και όχι αντίστροφα.

Παρατηρούμε ότι σύμφωνα με τα παραπάνω ο χειριστής απαλλάσσεται από την απενεργοποίηση τριών λειτουργιών, την απενεργοποίηση τριών αναδευτήρων. Αυτό προσδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια στην διαδικασία, εξαλείφοντας την πιθανότητα λάθους λόγω ανθρώπινου παράγοντα και επιπλέον μειώνει τον νοητικό φόρτο του χειριστή καθώς δεν χρειάζεται να χρονομετρά τρεις διαφορετικές λειτουργίες χειροκίνητα. Έτσι μπορεί να εστιάσει την προσοχή του σε άλλα τμήματα τις διαδικασίας.

Διαθέσιμες πληροφορίες μέσω της οθόνης

Οι πληροφορίες που πρέπει να είναι διαθέσιμες στον χειριστή αφορούν την κατάσταση κάθε δεξαμενής και του περιβάλλοντος συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε δεξαμενή πρέπει να μπορεί να γνωρίζει την ποσότητα ρευστού στην δεξαμενή και τη σύστασή του περιεχόμενου της. Ακόμη, πρέπει να αναγνωρίζει ποιες βάνες είναι ανοιχτές και ποιοι αναδευτήρες είναι σε λειτουργία.

Περιεχόμενο ρευστό στη δεξαμενή υδροξειδίου του ασβεστίου

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που είχαν να αντιμετωπιστούν στην παρούσα οθόνη προέρχεται από το γεγονός ότι το διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου είναι ένα παχύρρευστο υγρό και έχει την τάση να προσκολλάται στα τοιχώματα της δεξαμενής. Ακόμη όπως έχει περιγραφεί σε παραπάνω ενότητα, ο σωλήνας μέσω του οποίου τροφοδοτείται το περιεχόμενο στην δεξαμενή επεξεργασίας, δεν είναι στο κατώτερο μέρος της δεξαμενής. Ως αποτέλεσμα ποσότητα διαλύματος παραμένει πάντα εγκλωβισμένη μέσα στη δεξαμενή.

Για να μπορούν οι χειριστές να γνωρίζουν την ποσότητα ρευστού μέσα στην δεξαμενή, ανά πάσα στιγμή, υπάρχει ένας μετρητής κιλών, η ένδειξη του οποίου παρουσιάζεται στον πίνακα χειρισμού. Παρόλα αυτά. Λόγω των παραπάνω, ακόμη και όταν η δεξαμενή είναι θεωρητικά «άδεια», ο μετρητής κιλών δεν έχει μηδενική τιμή. Αυτό δυσχεραίνει τους χειριστές αναγκάζοντάς τους κάθε φορά να κάνουνε πράξεις για να υπολογίσουν πόσα κιλά νερό πρέπει να προσθέσουν στην υπάρχουσα τιμή. Ακόμη, προκαλεί μια αίσθηση ανασφάλειας για το αν η σύσταση του μίγματος είναι τελικά σωστή.

Για να λυθεί το παραπάνω πρόβλημα πρέπει να εξαλειφθούν οι δύο παραπάνω λόγοι εξαιτίας των οποίων συσσωρεύονται έξτρα κιλά στη δεξαμενή. Όσον αφορά την εγκλωβισμένη ποσότητα, η λύση είναι απλή. Ο σωλήνας θα μεταφερθεί στο κατώτερο τμήμα της δεξαμενής, ώστε όλο το υγρό να μεταφέρεται στην δεξαμενή επεξεργασίας.

Το ερώτημα είναι πως θα μπορέσει η ποσότητα του στερεοποιημένου στρώματος διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου να μην εμφανίζεται στον μετρητή και μπερδεύει τους χειριστές. Ας υποθέσουμε ότι η δεξαμενή χρησιμοποιείται για πρώτη φορά, οπότε δεν έχει υπολείμματα στα τοιχώματά της. Η ένδειξη κιλών στην οθόνη

θα γράφει «0». Όσο η δεξαμενή γεμίζει με νερό, η ένδειξη θα μεταβάλλεται, αυξάνοντας κάθε στιγμή την τιμή της. Η παροχή νερού θα σταματήσει όταν στην δεξαμενή προστεθούν 1000kg νερό. Στη συνέχεια ο χειριστής θα προσθέσει τα 125kg σκόνης υδροξειδίου του ασβεστίου και η ένδειξη κιλών θα πάρει την τιμή 1125kg. Σε επόμενο βήμα της διαδικασίας ο χειριστής μεταφέρει το περιεχόμενο της δεξαμενής στο μίξερ επεξεργασίας μέσω αντλίας. Όταν το βήμα αυτό ολοκληρωθεί θα πρέπει να επιστρέψει στην οθόνη παρασκευής χημικών και να προσθέσει νερό στη δεξαμενή. Όταν η διαδικασία αυτή επαναληφθεί αρκετές φορές, η ένδειξη κιλών όταν η δεξαμενή είναι άδεια δεν θα είναι μηδενική, λόγω της στερεοποιημένης ποσότητας διαλύματος. Έτσι, όταν ο χειριστής πατά το κουμπί «Προσθήκη νερού», το ζητούμενο δεν είναι η ένδειξη να πάρει την τελική τιμή «1000kg», αλλά όταν ο κέρσορας φτάσει στο 100%, η τελική τιμή πρέπει να είναι 1000kg περισσότερα από την αρχική τιμή, όταν δηλαδή ο κέρσορας ήταν στο 0%. Με αυτό τον τρόπο ο χειριστής γνωρίζει όχι μόνο την ποσότητα του διαλύματος ανά πάσα στιγμή στη δεξαμενή, αλλά και σε τι ποσοστό της ολικής χωρητικότητας αυτό αντιστοιχεί.

Το παραπάνω επίσης θα συνοδεύεται και έναν πιο συστηματικό καθαρισμό της δεξαμενής υδροξειδίου του ασβεστίου με κάποιο χημικό διάλυμα. Ο σχηματισμός παχέος στρώματος στερεοποιημένου υλικού αυξάνει τον κίνδυνο εκτός των άλλων να φράξει τον σωλήνα μεταφοράς του διαλύματος.

Περιεχόμενο ρευστό στη δεξαμενή θειικού αργιλίου

Στην περίπτωση του θειικού αργιλίου, η λύση είναι πιο απλή. Δεδομένου ότι το διάλυμα είναι ευδιάλυτο και δεν υπάρχουν υπολείμματα, όταν το περιεχόμενο της δεξαμενής μεταφέρεται στο μίξερ επεξεργασίας, τότε η δεξαμενή είναι άδεια. Αυτό φυσικά σημαίνει ότι και στην περίπτωση του θειικού αργιλίου έχει μετατοπιστεί ο σωλήνας μέσω του οποίου μεταφέρεται το διάλυμα στο κατώτερο σημείο της δεξαμενής, ώστε να μην υπάρχει εγκλωβισμένη ποσότητα υγρού. Έτσι η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή εδώ δεν χρειάζεται να εκφράζονται σε ποσοστά, αλλά μπορούν να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές τιμές, δηλαδή 0kg για την ελάχιστη τιμή και 500kg για τη μέγιστη.

Περιεχόμενο ρευστό στη δεξαμενή πολυηλεκτρολύτη

Στην δεξαμενή του πολυηλεκτρολύτη, όπως στην παρούσα διάταξη, δεν υπάρχει κάποιος μετρητής κιλών ή στάθμης. Για τις ανάγκες της καινούργιας σχεδιαστικής λύσης, πρέπει να προστεθεί ένας μετρητής κιλών, τόσο για να μπορέσει να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία, όσο και για να μπορεί ο χειριστής να γνωρίζει την ποσότητα ρευστού στη δεξαμενή ανά πάσα στιγμή. Ακόμη, δεν έχει παρατηρηθεί να υπάρχει εγκλωβισμένη ποσότητα υγρού, οπότε δεν προκύπτει η ανάγκη να γίνει κάποια μετατροπή στη δεξαμενή.

Όσον αφορά την ποσότητα διαλύματος στη δεξαμενή, με τη βοήθεια του μετρητή ο χειριστής θα μπορεί να διαβάσει την ένδειξη, που θα κυμαίνεται από «0kg» για την ελάχιστη, έως «100kg» για τη μέγιστη τιμή. Παρόλα αυτά η ποσότητα

συμπυκνωμένου πολυηλεκτρολύτη που προστίθεται, είναι πολύ μικρή σε σχέση με τη συνολική ποσότητα (500ml), οπότε είναι πιθανό ο μετρητής να μην έχει τόσο μεγάλη ακρίβεια. Για τον λόγο αυτό, όταν ο χειριστής προσθέσει τον συμπυκνωμένο πολυηλεκτρολύτη στη δεξαμενή, θα πρέπει να το δηλώσει με το πάτημα του αντίστοιχου κουμπιού. Με το κουμπί αυτό θα ενεργοποιείται ταυτόχρονα και ένα χρονόμετρο, όπως περιγράφηκε παραπάνω, που θα υποδεικνύει στον χειριστή πόση ώρα έχει περάσει από την έναρξη της ανάδευσης. Αυτό θα λειτουργεί ως διακλείδωμα και δεν θα είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη αν δεν έχει αναδευτεί τουλάχιστον για 45 λεπτά. Με τον τρόπο αυτό σημαντικά λάθη μπορούν να αποφευχθούν.

Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας

Οι διαδικασίες που ελέγχονται από αυτή την οθόνη είναι βασικά η τροφοδοσία του μίξερ επεξεργασίας με απόβλητο παραγωγής και νερό. Όπως θα αναλυθεί παρακάτω το νερό αυτό προέρχεται κυρίως από την υπόγεια δεξαμενή που συγκεντρώνεται το απόβλητο νερό των οσμώσεων, αλλά μέρος αυτού προέρχεται και από τα στραγγίδια της πρέσας.

Το βασικό ζήτημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί σε αυτό το βήμα ήταν οι πράξεις που πρέπει μονίμως να κάνουν οι χειριστές για να υπολογίσουν την ποσότητα νερού και απόβλητου στα μίξερ επεξεργασίας. Για να λυθεί το παραπάνω πρόβλημα, αρχικά πρέπει να γίνουν κάποιες αλλαγές στη διαδικασία.

Αρχικά, όπως έχει αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στο μίξερ επεξεργασίας μπορεί να βρίσκεται απόβλητο νερό οσμώσεων από την υπόγεια δεξαμενή νερών, νερό από τα στραγγίδια της πρέσας και απόβλητο που έχει εισέλθει είτε κατά την διαδικασία της λήψης δείγματος, είτε για να συμπληρωθεί η απαιτούμενη ποσότητα για την παρασκευή του μίγματος νερού-αποβλήτου. Ο σκοπός είναι να απλοποιηθεί η παραπάνω σύσταση όσο το δυνατόν περισσότερο, ώστε ο χειριστής, χωρίς περίπλοκους υπολογισμούς να μπορεί να γνωρίζει, ανά πάσα στιγμή, κοιτώντας την ένδειξη του μετρητή, το ποσοστό νερού και λάσπης στη δεξαμενή.

Λήψη δείγματος αποβλήτου

Ένα από τα βήματα που είναι εύκολο να παραλειφθούν είναι η εισαγωγή απόβλητου παραγωγής κατά την διαδικασία λήψης αποβλήτου. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει περιγραφεί παραπάνω, για την λήψη αποβλήτου, ο χειριστής πρέπει να ανέβει στην κορυφή της δεξαμενής επεξεργασίας, σε μια σκάλα και από εκεί να τεντωθεί πάνω από το μίξερ για να φτάσει τον σωλήνα, μέσα από τον οποίο ρέει το απόβλητο που εισέρχεται στη δεξαμενή. Αυτό θεωρείται μια αρκετά έντονη σωματική εργασία. Ακόμη, η ασφάλεια του χειριστή κατά την πραγματοποίηση της παραπάνω εργασίας, δεν είναι εξασφαλισμένη. Για τον λόγο αυτό, είναι προτιμότερο η λήψη αποβλήτου να γίνεται με διαφορετικό τρόπο. Η λύση που προτάθηκε είναι ότι ο χειριστής θα στέκεται πάνω από την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων, και με τη χρήση ενός δοχείου θα παίρνει απόβλητο με παρόμοιο τρόπο με αυτόν που παίρνει κανείς νερό από ένα πηγάδι. Πιο συγκεκριμένα, το δοχείο θα είναι δεμένο με σκοινί το οποίο με τη σειρά του θα είναι δεμένο γύρω από τροχαλία. Με αυτόματο ή χειροκίνητο τρόπο, το δοχείο θα κατεβαίνει, θα βυθίζεται στο περιεχόμενο της υπόγειας δεξαμενής και στην άνοδό του θα φέρνει στην επιφάνεια το επιθυμητό δείγμα. Το δοχείο θα έχει πρόσβαση στην υπόγεια δεξαμενή μέσω καταπακτής, που όταν δεν λαμβάνει χώρα η διαδικασία λήψης αποβλήτου, θα είναι κλειστή για λόγους ασφαλείας. Με τον παραπάνω τρόπο, η διαδικασία λήψης αποβλήτου θα γίνεται με πολύ μεγαλύτερη ασφάλεια και ταχύτητα καθώς και λιγότερη κούραση συγκριτικά με την υπάρχουσα διαδικασία.

Ένα ακόμα όφελος από την παραπάνω διαδικασία είναι ότι στο μίξερ επεξεργασίας, δεν θα προϋπάρχει ποσότητα αποβλήτου παραγωγής. Έτσι, ότι ποσότητα εμφανίζεται στον μετρητή στάθμης, ο χειριστής θα γνωρίζει ότι είναι μόνο νερό, και μάλιστα προερχόμενο από τα στραγγίδια της πρέσας. Με αυτόν τον τρόπο και ο χειριστής θα μειώνει τον νοητικό φόρτο εργασίας του καθώς δε θα χρειάζεται να κάνει συνεχώς υπολογισμούς και να θυμάται πολλά νούμερα και εκμηδενίζεται η πιθανότητα λάθους, που προηγουμένως ήταν αρκετά αυξημένη.

Ελαχιστοποίηση νοητικού φόρτου

Ένα ακόμη μέλημα, ήταν ο χειριστής να μπορεί να χρησιμοποιεί την πληροφορία που λαμβάνει από το χημείο σχεδόν ατόφια, χωρίς να χρειάζεται να κάνει επιπλέον υπολογισμούς κατά το δυνατόν. Αυτό, είναι επιθυμητό, όχι μόνο για να είναι λιγότερο κουραστική η διαδικασία για τον χειριστή, αλλά γιατί όσο λιγότεροι υπολογισμοί γίνονται, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα λάθους. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, η διαδικασία λαμβάνεται από το χημείο ως « $x \text{ m}^3$ αποβλήτου στα $y \text{ m}^3$ μίγματος». Σύμφωνα με την υπάρχουσα πρακτική, ο χειριστής, αφαιρεί από τα $x \text{ m}^3$ αποβλήτου που του υπαγορεύει το χημείο την ποσότητα που προστέθηκε στην δεξαμενή κατά τη διαδικασία λήψης αποβλήτου, και στη συνέχεια προσθέτει την υπολειπόμενη ποσότητα αποβλήτου. Τέλος, πρέπει να υπολογίσει αν στην υπάρχουσα ποσότητα υπάρχει και νερό από τα στραγγίδια της πρέσας, ώστε να μπορέσει να υπολογίσει πόσα κυβικά νερό πρέπει να προσθέσει.

Σύμφωνα με την καινούργια λύση, το ζητούμενο είναι ο χειριστής να πετυχαίνει το ίδιο αποτέλεσμα ορίζοντας στον διαμεσολαβητή μόνο τις δύο τιμές που παίρνει από το χημείο. Πιο συγκεκριμένα σε ένα πλαίσιο θα συμπληρώνει την ποσότητα αποβλήτου που του ορίζει το χημείο. Αυτό δε θα αποτελεί πρόβλημα καθώς η ποσότητα αποβλήτου που έχει προστεθεί κατά την λήψη αποβλήτου δε θα υφίσταται πια. Ακόμη σε ένα δεύτερο πλαίσιο θα συμπληρώνει την συνολική ποσότητα του μίγματος. Με αυτό τον τρόπο, ο χειριστής δεν χρειάζεται να αφαιρεί την ποσότητα νερού που προϋπάρχει στο μίξερ επεξεργασίας.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι ο χειριστής, εισάγοντας στον διαμεσολαβητή μόνο δύο τιμές, όπως τις λαμβάνει από το χημείο, έχει το ίδιο αποτέλεσμα με πριν, με ελάχιστο νοητικό φόρτο. Ακόμη, ο χειριστής έχει καλύτερη εποπτεία του συστήματος από πριν και η διαδικασία είναι πιο ασφαλής από ότι πριν.

Εισαγωγή δεδομένων

Ο τρόπος εισαγωγής δεδομένων έχει εξηγηθεί εκτενώς σε παραπάνω παράγραφο. Μια διευκρίνιση που πρέπει να γίνει είναι ότι συνήθως η ποσότητα αποβλήτου που εισάγεται είναι από 3m^2 έως και 18m^2 . Παρόλα αυτά ορισμένες φορές είναι δυνατόν η υπόγεια δεξαμενή νερών να υπερχειλίσει. Το επιπλέον νερό, μεταφέρεται στην υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων. Υπάρχει δηλαδή η πιθανότητα το απόβλητο παραγωγής προς επεξεργασία να είναι τόσο αραιωμένο που να μην χρειάζεται περεταίρω αραιώση. Επομένως μπορεί ακόμη και όλη η ποσότητα που χρειάζεται για

την επεξεργασία να προέρχεται μόνο από την υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων και να ανέρχεται στα 35m².

Ο περιορισμός λοιπόν που όταν ο χειριστής επιχειρεί να παραβεί θα εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα θα είναι ο εξής: Όταν η ποσότητα απόβλητου παραγωγής που έχει οριστεί να μεταφερθεί στο μίξερ επεξεργασίας υπερβαίνει την συνολική ποσότητα ρευστού που έχει τεθεί να πληρώσει το μίξερ επεξεργασίας.

Με βάση τα παραπάνω και την , θεωρήθηκε ότι είναι περιττό να τεθούν διαφορετικοί περιορισμοί για το αριθμητικό πληκτρολόγιο που αναφέρεται στην εισαγωγή αποβλήτου και σε αυτό που αναφέρεται στην συμπλήρωση με νερό. Ένας ακόμη λόγος, που ακολουθούνται οι ίδιοι κανόνες είναι για να υπάρχει ομοιομορφία και να είναι πιο εύκολο στην εκμάθηση και την χρήση από τον χειριστή.

Εισαγωγή καρτέλες πλοήγησης για τα στραγγίδια της πρέσας

Στη συγκεκριμένη οθόνη, εκτός από τη λειτουργία που αναφέρθηκε παραπάνω, ο χειριστής πρέπει να είναι σε θέση να επιλέγει σε ποιο μίξερ επεξεργασίας επιθυμεί να τροφοδοτούνται τα στραγγίδια της πρέσας. Επειδή όμως η οθόνη αυτή περιέχει συγκεντρωμένη πληροφορία, είναι σκόπιμο να μπορεί να το κάνει να μεν κάτω από τον ίδιο τίτλο «Τροφοδοσία αποβλήτου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας», αλλά από διαφορετική οθόνη. Για τον λόγο αυτό και όπως αναφέρεται λεπτομερώς παραπάνω, αποφασίστηκε να γίνει η χρήση καρτελών πλοήγησης είναι κατάλληλη για το συγκεκριμένο περιβάλλον.

Η δεύτερη λοιπόν καρτέλα είχε τον τίτλο «στραγγίδια πρέσας». Από εκεί ο χειριστής μπορεί να επιλέξει καταρχάς που επιθυμεί να διοχετεύονται τα στραγγίδια της πρέσας. Οι επιλογές είναι τέσσερις: Μίξερ επεξεργασίας 1, μίξερ επεξεργασίας 2, ανοιχτή δεξαμενή και υπόγεια δεξαμενή αποβλήτων παραγωγής. Παρατηρούμε ότι οι επιλογές έχουν καταχωρηθεί από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες στις πιο αραιά.

Το επόμενο βήμα που έχει να επιλέξει είναι αν θέλει η μεταφορά των στραγγιδίων να γίνει εκείνη τι στιγμή ή αυτόματα, κάθε φορά που η στάθμη υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο. Επιλέγοντας «τώρα» η αντλία θα τίθεται σε λειτουργία και τα στραγγίδια θα μεταφέρονται επιτόπου στην δεξαμενή που υποδεικνύεται από την προηγούμενη επιλογή. Στη συνέχεια η αντλία θα μεταβαίνει σε κατάσταση αναμονής (stand by), αλλά η βάννα θα παραμένει ανοιχτή ώστε τα στραγγίδια να μεταφερθούν και αργότερα στην ίδια δεξαμενή όταν υπάρξει υπερχειλίση. Με την επιλογή «αυτόματα», δε θα υπάρχει κάποια επίπτωση στην αντλία, αλλά θα ανοίξει η σχετική βάννα. Το περιεχόμενο της δεξαμενής θα μεταγγίζεται όπου έχει οριστεί, όταν η στάθμη υπερβαίνει το προκαθορισμένο όριο.

Όταν ο χειριστής πραγματοποιήσει τις δύο αυτές επιλογές, δηλαδή ορίσει το που και το πότε, για να επιβεβαιώσει την επιλογή του, πρέπει να πατήσει το πράσινο πλήκτρο που αναγράφει «Οκ». Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ο χειριστής μπορεί να

βλέπει ανά πάσα στιγμή ποια δεξαμενή έχει ορισθεί να δέχεται τα στραγγίδια της πρέσας, παρατηρώντας τις πράσινες βάνες.

Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας

Στην οθόνη αυτή, τα χημικά που πρόκειται να προστεθούν στο μίξερ επεξεργασίας είναι το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη, το διάλυμα θειικού αργιλίου και το διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου.

Ο χειριστής μέσω αυτής της οθόνης έχει στη διάθεσή του όλη την πληροφορία που χρειάζεται. Μπορεί να παρατηρεί την στάθμη των δύο μίξερ επεξεργασίας, το περιεχόμενο των δεξαμενών παρασκευής των τριών χημικών καθώς και τη στάθμη στα δοχεία προσωρινής αποθήκευσης. Ακόμη, μπορεί να παρατηρεί τις αντλίες και τους αναδευτήρες που είναι σε λειτουργία καθώς και τις βάνες που είναι ανοιχτές.

Μεταφορά διαλύματος πολυηλεκτρολύτη

Αρχικά, το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη πριν εισέλθει στο μίξερ επεξεργασίας, πρέπει να έχει μεταφερθεί στο αντίστοιχο δοχείο. Όπως και παραπάνω, θα χρησιμοποιούνται αναπτυσσόμενα μενού, με την λίστα του πρώτου μενού που αφορά την μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο πάνω από το μίξερ επεξεργασίας, θα περιλαμβάνει τις επιλογές «Δοχείο Νο 1» και «Δοχείο Νο 2».

Όπως έχει τονιστεί παραπάνω, σκοπός της σχεδιαστικής μεθόδου είναι ο χειριστής να έχει κάποιο βαθμό ελευθερίας και να μην είναι υποχρεωμένος να ακολουθεί μια αυστηρά προκαθορισμένη λίστα από ενέργειες. Παρόλα αυτά, όπως έχει αναφερθεί στην οθόνη παρασκευής των χημικών, υπάρχει ένα ρολόι που δείχνει πόση ώρα αναδύεται το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη. Προς αποφυγή λάθους, σε περίπτωση που δεν έχουν συμπληρωθεί 45λεπτά ανάδευσης, αν ο χειριστής επιλέξει να μεταφερθεί το διάλυμα πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης, ένα μήνυμα προειδοποίησης θα εμφανίζεται υπενθυμίζοντας στον χειριστή ότι ο χρόνος ανάδευσης δεν έχει παρέλθει.

Προσθήκη διαλυμάτων υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου

Για τη εμφάνιση παραπάνω πληροφορίας στην ίδια οθόνη, όπως και παραπάνω γίνεται χρήση διαφορετικής καρτέλας. Για την μεταφορά του διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου λοιπόν, υπάρχει μια δεύτερη καρτέλα. Ενώ παλαιότερα ο χειριστής έπρεπε να μεταφέρει τα δύο διαλύματα στο μίξερ επεξεργασίας με τη χρήση διαφορετικού διακόπτη, τώρα, αυτό θα γίνεται με το πάτημα ενός μόνο κουμπιού. Ο χειριστής θα πρέπει να ορίσει αρχικά σε ποιο μίξερ δουλεύει και μετά να επιβεβαιώσει την επιλογή του με το πλήκτρο «Εναρξη».

Με αυτό τον τρόπο, ελαχιστοποιείται η πιθανότητα λάθους. Αρχικά, δεν υπάρχει πια ο κίνδυνος ο χειριστής να μπερδέψει τη σειρά με την οποία τα διαλύματα υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου θα προστεθούν στο μίξερ επεξεργασίας. Η πληροφορία αυτή αναφέρεται σαφώς στο πλαίσιο εντολής, οπότε είναι διαθέσιμη στον χειριστή κάθε ανά πάσα στιγμή. Επίσης, οι χρονικοί περιορισμοί κατά την ανάμειξη των χημικών είναι προκαθορισμένοι και πρέπει να τηρούνται με αυστηρότητα. Με την αυτοματοποίηση και ενσωμάτωση των δύο αυτών εντολών στο

πάτημα ενός πλήκτρου, εξαλείφεται ο ανθρώπινος παράγοντας, που σημαίνει ότι ο χειριστής μπορεί να καθυστερήσει την προσθήκη ενός χημικού, με σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του επεξεργασμένου υγρού.

Προσθήκη διαλύματος πολυηλεκτρολύτη

Η προσθήκη του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας, κάτι που μέχρι τώρα γίνεται χειροκίνητα, θα γίνεται μέσω εντολής από την οθόνη χειρισμού. Η λίστα του μενού, που αφορά την πτώση του διαλύματος μέσω βαρύτητας στο κατάλληλο μίξερ θα περιλαμβάνει τις επιλογές «Μίξερ επεξ. 1» και «Μίξερ επεξ. 2». Η επιβεβαίωση θα γίνεται με το πάτημα του πλήκτρου «Έναρξη» .

Κατάταξη καρτελών πλοήγησης

Όπως υποδεικνύουν οι απαιτήσεις των καρτελών πλοήγησης, οι καρτέλες πρέπει να εμφανίζονται με σειρά που έχει νόημα για τον χρήστη. Κοιτώντας την τελική λύση μπορεί να κανείς να παρατηρήσει ότι οι καρτέλες έχουν τοποθετηθεί με τη σειρά που θα χρησιμοποιηθούν από τον χειριστή. Δηλαδή αρχικά η μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, μετά η προσθήκη των διαλυμάτων υδροξειδίου του ασβεστίου και θειικού αργιλίου και τέλος η προσθήκη του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο μίξερ επεξεργασίας. Παρότι η προσθήκη του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη θα μπορούσε να ενσωματωθεί στην καρτέλα προσθήκης των άλλων δύο διαλυμάτων, αποφασίστηκε να τοποθετηθεί σε ξεχωριστή καρτέλα και να γίνεται υπό την επιτήρηση του χειριστή. Ο λόγος είναι ότι η προσθήκη του πολυηλεκτρολύτη είναι η πιο βασική παράμετρος της χημικής διεργασίας και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την εισαγωγή του στο μίξερ επεξεργασίας.

Μεταφορά λάσπης

Από την οθόνη αυτή ελέγχεται η διαδρομή που ακολουθεί η λάσπη, από το μίξερ επεξεργασίας στη δεξαμενή της λάσπης και από εκεί μέχρι την πρέσα, όπου γίνεται η επεξεργασία της και μετατρέπεται σε κέικ λάσπης.

Ο χειριστής στην οθόνη αυτή έχει εποπτεία των πιο σημαντικών στοιχείων, όπως είναι οι βάνες, οι αντλίες, η πρέσα, οι δεξαμενές και οι αναδευτήρες τους. Παρότι το γυαλί τμήμα, στην οθόνη χειρισμού είναι απλά ένα στοιχείο, που δεν αλλάζει μορφή ή χρώμα, είναι εκεί διότι είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, αφού μέσα από αυτό γίνεται ο οπτικός έλεγχος της λάσπης.

Ο χειριστής σε αυτή την οθόνη μπορεί να έχει εποπτεία τόσο της στάθμης στα δύο μίξερ επεξεργασίας, όσο και για τις δεξαμενές της λάσπης. Οι δεξαμενές της λάσπης συμπεριφέρονται ως συγκοινωνούντα δοχεία. Παρότι αρχικά θεωρήθηκε πιο πρακτικό να αντιστοιχιστεί μια δεξαμενή λάσπης σε κάθε μίξερ επεξεργασίας, οι υπεύθυνοι θεώρησαν ότι είναι προτιμότερο η διάταξη να παραμείνει ως έχει.

Μεταφορά από μίξερ επεξεργασίας προς μίξερ λάσπης

Στο πρώτο βήμα μεταφοράς της λάσπης, από το μίξερ επεξεργασίας στη δεξαμενή λάσπης, ο προορισμός είναι γνωστός, καθώς η λάσπη πάντα μεταφέρεται στο μίξερ λάσπης 1. Αυτό που δεν είναι γνωστό είναι από ποιο μίξερ επεξεργασίας θα καταλήξει εκεί η λάσπη. Για τον λόγο αυτό η πρώτη εντολή θα ορίζει από ποιο μίξερ επεξεργασίας θα μεταφέρεται η λάσπη στις δεξαμενές λάσπης. Αυτό γίνεται όπως και παραπάνω με την χρήση αναπτυσσόμενου μενού με τις εξής δύο επιλογές: «Μίξερ επεξ. 1» και «Μίξερ επεξ. 2». Η επιβεβαίωση γίνεται και πάλι μέχρι του πράσινου πλήκτρου «Έναρξη».

Μεταφορά από μίξερ λάσπης προς πρέσα

Το δεύτερο βήμα αφορά τη μεταφορά της λάσπης από τη δεξαμενή λάσπης στην πρέσα. Για τη εντολή αυτή χρησιμοποιήθηκε δεύτερη καρτέλα. Σε αυτή την εντολή δεν χρειάζεται να ορισθεί κάποια παράμετρος, αλλά το μόνο που πρέπει να κάνει ο χειριστής είναι να πατήσει το πλήκτρο «Έναρξη» για επιβεβαίωση.

Όπως έχει ήδη τονισθεί, η γενική φιλοσοφία της σχεδιαστικής μεθόδου είναι ο χειριστής να έχει ελευθερία κινήσεων. Για τον λόγο αυτό, οι περιορισμοί του συστήματος δεν θα του απαγορεύουν να προβεί σε λανθασμένες ενέργειες εκ των προτέρων. Αντιθέτως, θα εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα εκ των υστέρων. Ένα τέτοιο παράδειγμα περιορισμού, είναι ότι η λάσπη δεν μπορεί να μεταφερθεί στην φιλτρόπρεσα αν στα μίξερ λάσπης η συνολική ποσότητα δεν ξεπερνά τα 14m³. Σε αντίθετη περίπτωση, ο η αντλία θα αναρροφήσει αέρα με κίνδυνο να καταστραφεί και η ποιότητα της λάσπης δε θα είναι καλή. Ο χειριστής κατά την εποπτεία της οθόνης έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες μπροστά του, ώστε να τον αποτρέψουν από το να προβεί σε κάποια λανθασμένη ενέργεια. Παρόλα αυτά, αν πατήσει το κουμπί με

σκοπό η λάσπη να μεταφερθεί από τη δεξαμενή λάσπης στην πρέσα, και η στάθμη είναι κάτω από το επιτρεπτό όριο, τότε ένα μήνυμα που θα υποδεικνύει αυτή την πληροφορία, θα εμφανίζεται στην οθόνη.

Διαχείριση Υπερκειμένου

Μέσω της οθόνης αυτής ο χειριστής μπορεί να ελέγχει το υπερκείμενο υγρό. Αυτό αφορά τη μεταφορά του από το μίξερ επεξεργασίας μέχρι την ανοιχτή δεξαμενή καθώς και την διόρθωση της τιμής του pH και τέλος την διάθεσή του στην ΕΥΔΑΠ.

Μεταφορά υπερκειμένου υγρού

Λόγω φόρτου πληροφορίας, όπως και παραπάνω ήταν αναγκαία η χρήση καρτελών. Η πρώτη και κύρια καρτέλα είναι αυτή με τίτλο «Υπερκείμενο» και αφορά τη μεταφορά του υπερκειμένου από το μίξερ επεξεργασίας στην ανοιχτή δεξαμενή. Κατά την εντολή αυτή, ο χειριστής χρειάζεται να εισάγει την πληροφορία από ποια δεξαμενή προέρχεται το υπερκείμενο. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η αντλία είναι μοναδική και για τα δύο μίξερ επεξεργασίας, αλλά η επιλογή έχει σημασία ώστε να δοθεί εντολή στην κατάλληλη βάνα για να ανοίξει. Τονίζεται ότι υπερκείμενο υγρό δεν μπορεί να μεταφέρεται και από τις δύο δεξαμενές ταυτόχρονα. Αυτό συμβαίνει για να αποφευχθεί ο κίνδυνος η μία αντλία να περιέχει μόνο υπερκείμενο και η άλλη υπερκείμενο και λάσπη ή απόβλητο παραγωγής ή κάτι άλλο που δεν είναι υπερκείμενο.

Ως συνέχεια του παραπάνω, όταν η μοναδική αντλία που είναι υπεύθυνη για την μεταφορά υπερκειμένου και λάσπης και από τα δύο μίξερ επεξεργασίας, προς την ανοιχτή δεξαμενή και τις δεξαμενές λάσπης αντίστοιχα, είναι σε λειτουργία, τότε ο χειριστής δε θα μπορεί να ενεργοποιήσει κάποια άλλη λειτουργία που διεξάγεται μέσω της αντλίας. Έτσι, όταν πραγματοποιείται μεταφορά λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας στη δεξαμενή λάσπης και ο χειριστής δώσει εντολή για μεταφορά υπερκειμένου από το μίξερ επεξεργασίας στην ανοιχτή δεξαμενή, μήνυμα σφάλματος θα εμφανίζεται.

Ρύθμιση του pH

Η δεύτερη καρτέλα αφορά την προσθήκη θεικού οξέος και καυστικής σόδας. Η προσθήκη του θεικού οξέος είναι μια διαδικασία που πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Οι τραυματισμοί και εγκαύματα του προσωπικού λόγω επαφής με το οξύ είναι συχνό φαινόμενο, οπότε ο χειριστής πρέπει να έχει όσο λιγότερη άμεση αλληλεπίδραση με το θεικό οξύ. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει αρχικά το θεικό οξύ να διατίθεται σε μεγαλύτερα δοχεία από ότι τώρα, ώστε οι χειριστές να μην χρειάζεται να απομακρύνουν τα άδεια δοχεία και να μεταφέρουν τα καινούργια, μετά το πέρας κάθε επεξεργασίας. Από την άλλη, τα νέα μεγαλύτερα δοχεία δεν πρέπει όμως να είναι πολύ μεγάλα καθώς μια δεξαμενή ενός τόνου γεμάτη με θεικό οξύ είναι εξίσου επικίνδυνη λύση.

Μια αλλαγής στη διάταξη που θα μπορούσε να αυξήσει τα μέτρα ασφαλείας, είναι τα δοχεία θεικού οξέος να αποθηκεύονται ακριβώς δίπλα στην αντλία από την οποία θα αναρροφάται το οξύ. Για να γίνει αυτό, πρέπει να αποσυρθούν από το δωμάτιο των χημικών οι μη χρησιμοποιούμενες δεξαμενές για να δημιουργηθεί κενός χώρος για τον σκοπό αυτό.

Τέλος, η χρήση μιας δοσομετρικής αντλίας, τόσο για την προσθήκη του οξέως όσο και της βάσης θα κάνει τη διαδικασία πιο εύκολη για τον χειριστή καθώς θα μπορεί να ελέγχει από το δωμάτιο χειρισμού την ακριβή ποσότητα που θέλει να προστεθεί.

Για την ρύθμιση του pH ο χειριστής αρχικά πρέπει να ορίσει αν θέλει η το οξύ και η βάση να καταλήξουν στην ανοιχτή δεξαμενή ή σε ένα από τα δύο μίξερ επεξεργασίας, στη συνέχεια να ορίσει την ακριβή ποσότητα που θέλει να προσθέσει και τέλος να ορίσει αν θέλει να προσθέσει θειικό οξύ ή καυστική σόδα.

Παρατηρήσεις για την ρύθμιση του pH

Κατά τη μελέτη, εξετάστηκε το ενδεχόμενο να αυτοματοποιηθεί όλη η διαδικασία ρύθμισης του pH σε ένα μόνο πλήκτρο. Αυτό θα σήμαινε ότι ένα έξυπνο σύστημα θα μπορούσε ανάλογα με την τιμή του pH να ξέρει αν πρέπει να προσθέσει οξύ ή βάση, για να φέρει την τιμή του pH εντός των αποδεκτών ορίων. Κάτι τέτοιο όμως είναι ιδιαίτερος δύσκολο να αυτοματοποιηθεί. Η αιτία είναι ότι παρότι είναι γνωστό ότι η προσθήκη οξέος μειώνει την τιμή του pH ενώ η προσθήκη βάσης την αυξάνει, δεν υπάρχει κάποια αναλογία τιμών. Ανάλογα με την ποιότητα του εκάστοτε αποβλήτου, προκύπτει και υπερκείμενο με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ακόμη, αναφερόμενοι στο υπερκείμενο μιας συγκεκριμένης επεξεργασίας, παρότι 500ml οξέως μπορεί να μεταβάλουν την τιμή του pH κατά μία μονάδα από το 10 στο 9, δε σημαίνει ότι θα χρειαστούν άλλα 500ml για να πέσει η τιμή του pH στο 8. Με βάση όλα τα παραπάνω αποφασίστηκε ότι θα σπαταληθεί λιγότερη ποσότητα οξέος και βάσης αν την ποσότητα που θα εισαχθεί στην ανοιχτή δεξαμενή την ορίζει ο χειριστής.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ τα μίξερ επεξεργασίας εμφανίζονται σε διαφορετικές οθόνες η ενδείξεις για την τιμή του pH στα δύο μίξερ, εμφανίζονται μόνο στη συγκεκριμένη οθόνη. Κανονικά, όταν ένα στοιχείο εμφανίζεται σε περισσότερες από μία οθόνες, πρέπει και όλα τα συνδεδεμένα με αυτό στοιχεία αν εμφανίζονται μαζί με αυτό. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως, όπως έχει γίνει σαφές, η διόρθωση του pH δε πραγματοποιείται πια στα μίξερ επεξεργασίας. Αν αυτό συμβεί θα είναι εξαιρετικά σπάνιο. Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε να μην φορτωθούν οι υπόλοιπες οθόνες με επιπρόσθετη πληροφορία για κάτι που δε θα είναι χρήσιμο στον χειριστή παρά μόνο σε εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις. Αν η ανοιχτή δεξαμενή εμφανιζότανε σε περισσότερες οθόνες, τότε η ένδειξη του pH θα εμφανιζότανε και αυτή.

Κορυφαία λωρίδα ελέγχου

Η οθόνη χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το πρώτο είναι το κυρίως και μεγαλύτερο τμήμα όπου αναπαρίστανται τμήματα της εγκατάστασης. Ακόμη, εκεί βρίσκονται τα πλαίσια με τις εντολές που θα ελέγχει ο χειριστής.


Πέρα όμως από αυτό το κομμάτι, ένα μικρό μέρος της επιφάνειας εργασίας χρησιμοποιείται για άλλου είδους λειτουργίες. Αυτό ονομάζεται κορυφαία λωρίδα ελέγχου. Στη συγκεκριμένη λύση, στο τμήμα αυτό έχουν τοποθετηθεί το πλήκτρο επιστροφής στην αρχική οθόνη, το πλήκτρο πρόσβασης με κωδικό και η καρτέλες δευτερεύουσας περιήγησης.

Οι διαστάσεις αυτής της λωρίδας είναι περίπου 3 εκατοστά.

Πρόσβαση με κωδικό

Πέρα από τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι αρκετά συχνό στη συγκεκριμένη διάταξη να χρησιμοποιούνται και διαφορετικές λειτουργίες. Ένας βασικός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια αλλαγής της διαδικασίας του χημικού καθαρισμού. Έτσι πολύ αρκετά συχνά χρειάζεται να γίνονται δοκιμές αναμειγνύοντας τα υλικά σε διαφορετικές αναλογίες ή με διαφορετική σειρά από ότι συνήθως.

Για τον παραπάνω λόγο αποφασίστηκε ότι είναι σκόπιμο να δοθεί η δυνατότητα επιπρόσθετων λειτουργιών σε κάθε οθόνη. Τις ακριβείς λειτουργίες θα τις ορίσει το αρμόδιο προσωπικό. Πρέπει όμως να διασφαλιστεί ότι αυτή η δυνατότητα δεν θα χρησιμοποιηθεί ασκόπως ή από λάθος προκαλώντας προβλήματα στην εκτέλεση της διαδικασίας. Για το λόγο αυτό οι επιπρόσθετες λειτουργίες θα είναι προσβάσιμες με κωδικό. Το ποια άτομα θα έχουν τον κωδικό θα αποφασιστεί από τον υπεύθυνο του χημικού καθαρισμού, καλό είναι όμως να μην είναι διαθέσιμος σε όλους τους χειριστές.

Όταν ο αρμόδιος χειριστής επιθυμεί να εισάγει τον κωδικό, θα πρέπει να πατήσει το πλήκτρο με το κλειδί που βρίσκεται στη κορυφαία λωρίδα ελέγχου (). Τότε ένα αριθμητικό πληκτρολόγιο θα εμφανίζεται και ο χειριστής θα μπορεί να εισάγει τον τετραψήφιο κωδικό. Μετά από αυτό ο χειριστής έχει επιτυχώς συνδεθεί στον λογαριασμό που του επιτρέπει την πρόσβαση σε εξειδικευμένες λειτουργίες. Σε περίπλοκα συστήματα συνηθίζεται να υπάρχουν διαβαθμίσεις. Έτσι ένας κωδικός προσφέρει πρόσβαση σε μερικές λειτουργίες, ένας δεύτερος σε περισσότερες, ενώ ένας τρίτος κωδικός, προσφέρει πλήρη και μεμονωμένο έλεγχο όλων των στοιχείων του συστήματος. Κάτι τέτοιο, στην παρούσα εγκατάσταση δεν κρίθηκε αναγκαίο.

Μηνύματα ειδοποίησης και σφάλματος

Όπως έχει τονιστεί, δεν είναι επιθυμητό η λύση να καθοδηγεί τον χειριστή σε στενά όρια. Το ζητούμενο είναι ο χειριστής να κατανοεί το τι πρέπει να κάνει και να δρα μόνος του. Έτσι μπορεί να δημιουργήσει πρωτοβουλία και να μπορέσει πιο εύκολα να αντιμετωπίσει ένα απροσδόκητο συμβάν.

Η μεθοδολογία όμως αυτή, και ιδίως κατά την εκμάθηση του προγράμματος από τον χρήστη, είναι πιθανό να γίνουν λάθος επιλογές. Το σύστημα προστατεύει τον χρήστη, από τον να προβεί σε μια λάθος επιλογή, εμφανίζοντας ένα μήνυμα στην οθόνη. Σκοπός του μηνύματος είναι να εξηγήσει στον χειριστή γιατί η ενέργεια στην οποία ετοιμάζεται να προβεί είναι λανθασμένη. Έτσι τον βοηθά να μάθει πολύ πιο γρήγορα το περιβάλλον εργασίας.

Στην αντίθετη περίπτωση που το σύστημα απλά τον εμποδίζει από το να κάνει μια επιλογή, ο χρήστης μπορεί να μην κατανοεί τον λόγο που δεν μπορεί να επιλέξει το συγκεκριμένο πλήκτρο. Έτσι το παραπάνω συχνά προκαλεί τη δυσαρέσκεια και τον εκνευρισμό του χρήστη, με αρνητικά αποτελέσματα στην αλληλεπίδρασή του με τον διαμεσολαβητή.

Τα μηνύματα ειδοποίησης περιβάλλονται από ένα κίτρινο πλαίσιο και μέσα στο πλαίσιο υπάρχει ένα επεξηγηματικό κείμενο. Το μήνυμα θα εξαφανίζεται όταν ο χειριστής πατήσει το πλήκτρο «OK», που βρίσκεται εντός του πλαισίου του μηνύματος.

Στην περίπτωση μηνυμάτων σφάλματος, το πλαίσιο θα έχει κόκκινο χρώμα. Επίσης ένα μήνυμα εντός του πλαισίου θα εμφανίζεται δηλώνοντας το πρόβλημα, και όποτε είναι δυνατό, θα ακολουθείται από μια προτεινόμενη ενέργεια.

Χρώματα στοιχείων

Όπως αναφέρθηκε υπάρχει μεγάλη ποικιλία στον τρόπο με τον οποίο τα χρώματα χρησιμοποιούνται στα συστήματα SCADA. Για την παρούσα σχεδιαστική λύση τα χρώματα χρησιμοποιήθηκαν ως εξής.

Για το φόντο επιλέχθηκε ένα απαλό γκρι χρώμα, καθώς τα απαλά χρώματα είναι πολύ πιο ξεκούραστα από το άσπρο ή άλλα έντονα χρώματα. Το χρώμα αυτό έχει κάποιες ελαφρές διαβαθμίσεις ανάλογα με το αν είναι στην κύρια επιφάνεια εργασίας ή στη κορυφαία λωρίδα ελέγχου. Γενικά όμως ο σκοπός αυτών των χρωμάτων είναι να κάνουν το περιβάλλον της οθόνης ξεκούραστο.

Για τα μη ενεργά στοιχεία του δικτύου, όπως για παράδειγμα για τις δεξαμενές και τους σωλήνες, χρησιμοποιήθηκαν επίσης απαλά χρώματα. Όταν ένας σωλήνας διαρρέεται από ρευστό τότε χρωματίζεται με ένα όχι ιδιαίτερα έντονο τόνο του μπλε.

Οι βάνες χρωματίζονται με πράσινο όταν είναι ανοιχτές ενώ με κόκκινο όταν είναι κλειστές. Για τις αντλίες χρησιμοποιείται επίσης το πράσινο χρώμα όταν είναι σε λειτουργία, ενώ το κόκκινο όταν δεν είναι ενεργές. Προς αποφυγή κούρασης του ματιού του χειριστή, αποφασίστηκε να μην είναι κόκκινη ή πράσινη ολόκληρη η βάνα και η αντλία, αλλά μέρος αυτής. Επειδή το κόκκινο και το πράσινο είναι δύο έντονα χρώματα, δεν χρειάζεται να χρησιμοποιούνται σε μεγάλη επιφάνεια. Η χρήση για παράδειγμα για το περίγραμμα ενός αντικειμένου είναι αρκετή για να τραβήξει την προσοχή του χειριστή.

Για τους αναδευτήρες που είναι ένα δευτερεύον στοιχείο του συστήματος, χρησιμοποιείται το πράσινο χρώμα για να δείξει ότι είναι σε λειτουργία, ενώ δεν χρησιμοποιείται χρώμα όταν αυτοί είναι ακίνητοι.

Τα πλήκτρα επιβεβαίωσης χρωματίστηκαν με πράσινο χρώμα. Ο λόγος είναι ότι το πράσινο είναι στενά συνδεδεμένο με την επιβεβαίωση. Όταν ο χειριστής θέλει να θέσει κάποια εντολή σε λειτουργία είναι αναμενόμενο να αναζητήσει ένα πράσινο πλήκτρο για επιβεβαίωση.

Στην οθόνη ο χειριστής πρέπει να μπορεί να ελέγχει και αρκετές σημαντικές ενδείξεις. Για τις ενδείξεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν πιο έντονα χρώματα, όπως κίτρινο για την ένδειξη κιλών και μωβ για την τιμή του pH.

Γραμματοσειρά

Η χρησιμοποιούμενη γραμματοσειρά είναι η Calibri, καθώς είναι ιδανική όταν πρόκειται για σύντομο κείμενο. Ανάλογα την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε και διαφορετικό μέγεθος με σκοπό να τραβάει την προσοχή του χρήστη ή να τον διευκολύνει να εντοπίσει μια πληροφορία.

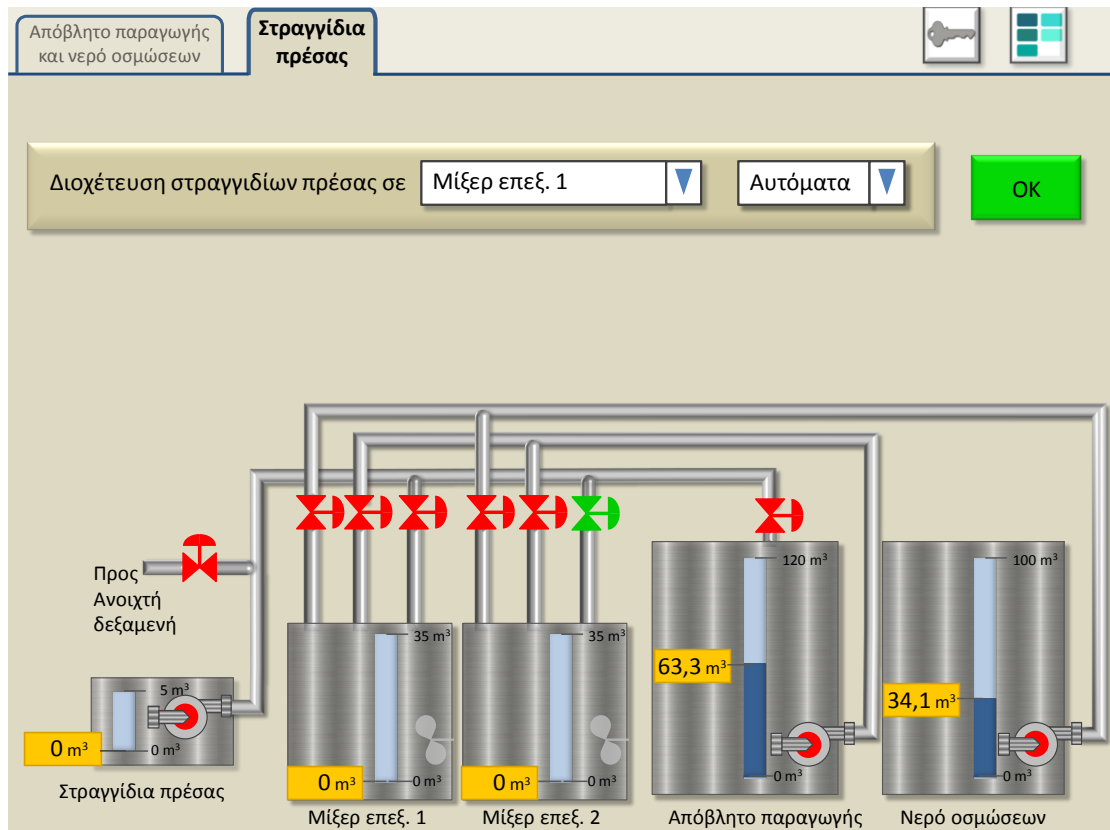
Πιο συγκεκριμένα, για την αρχική οθόνη χρησιμοποιήθηκε μέγεθος 28 για τους κυρίως τίτλους και 20 για τα διευκρινιστικά σχόλια, όλα σε έντονη γραφή. Όσον αφορά τις υπόλοιπες οθόνες, για την επεξήγηση κάθε δεξαμενής χρησιμοποιήθηκε γραμματοσειρά νούμερο 14. Τα κείμενα μέσα στα πλαίσια εντολών έχουν μέγεθος 16, και οι πιο σημαντικές λέξεις είναι με έντονη γραφή. Το κείμενο μέσα στα λευκά πλαίσια (αναπτυσσόμενα μενού και αναπτυσσόμενα αριθμητικά πληκτρολόγια) είναι 18, καθώς είναι από τα πιο σημαντικά σημείο της οθόνης. Για τα πλήκτρα επιβεβαίωσης χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος 13, καθώς το πράσινο κουμπί τραβάει την προσοχή και δίνει στον αναγνώστη να καταλάβει ότι πρέπει να το πατήσει για ενεργοποίηση. Οπότε το κείμενο που αναγράφεται πάνω στο κουμπί δεν είναι τόσο σημαντικό.

Για τους τίτλους στις καρτέλες πλοήγησης, χρησιμοποιήθηκε γραμματοσειρά μεγέθους 15 για την ενεργή καρτέλα και 13 για τις μη ενεργές. Τέλος, όσον αφορά τις ενδείξεις πάνω στις δεξαμενές υπάρχουν δύο ειδών. Όσες χρησιμοποιούνται για κλίμακα έχουν μικρότερη βαρύτητα και γράφτηκαν με γραμματοσειρά 10. Για τις πιο βασικές όμως ενδείξεις, όπως τα κιλά ή η τιμή του pH, χρησιμοποιήθηκε γραμματοσειρά μεγέθους 16.

Παρουσίαση της λύσης

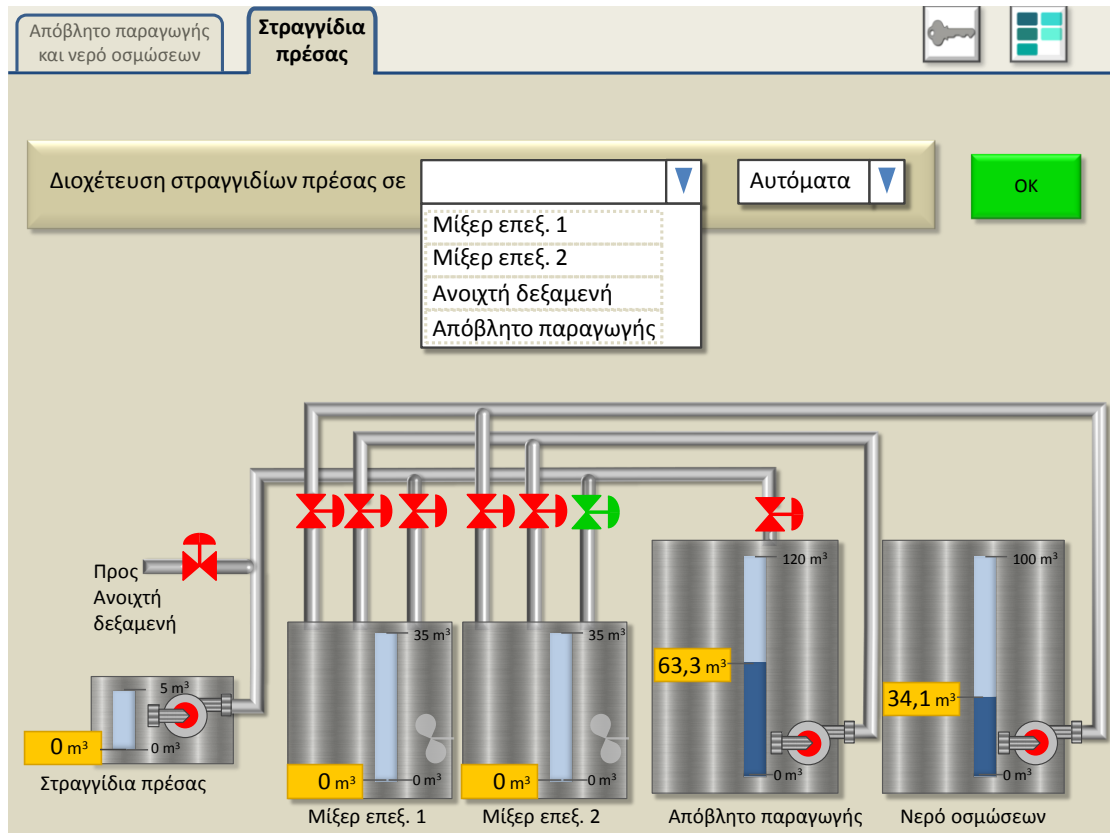
Παρακάτω παρουσιάζεται η λύση, σύμφωνα με την επεξεργασία που θα πραγματοποιήσει ο χειριστής.

Αρχικά ο χειριστής πρέπει να ελέγξει ότι τα στραγγίδια της πρέσας θα καταλήξουν στο μίξερ όπου πραγματοποιείται η επεξεργασία. Αυτό το ελέγχει από την οθόνη «Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας». Από την αρχική οθόνη επιλέγει την οθόνη που θέλει να μεταφερθεί. Εκεί επιλέγει την καρτέλα με τίτλο «Στραγγίδια πρέσας».



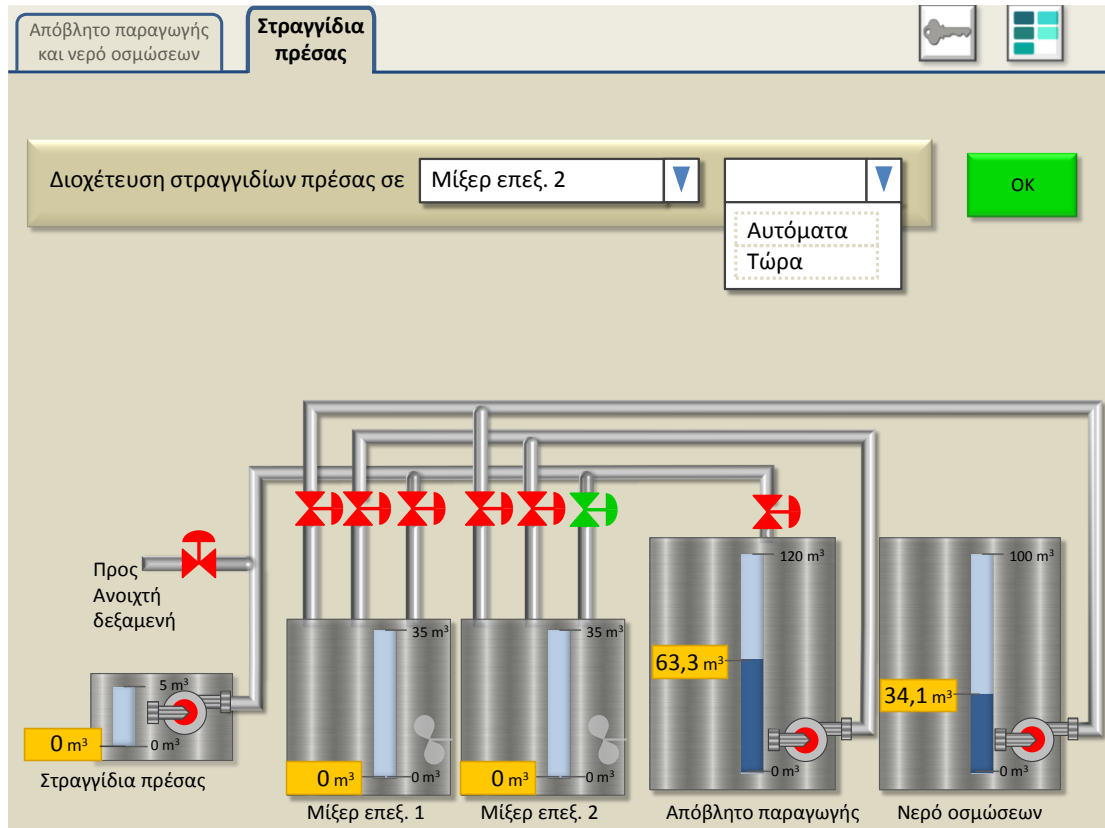
Σχήμα β.3: Έλεγχος στραγγιδίων πρέσας

Αν υποτεθεί ότι η επεξεργασία θα πραγματοποιηθεί στο μίξερ επεξεργασίας 1, επιλέγει «μίξερ επεξ. 2».



Σχήμα β.4: Επιλογή απόληξης στραγγιδίων πρέσας

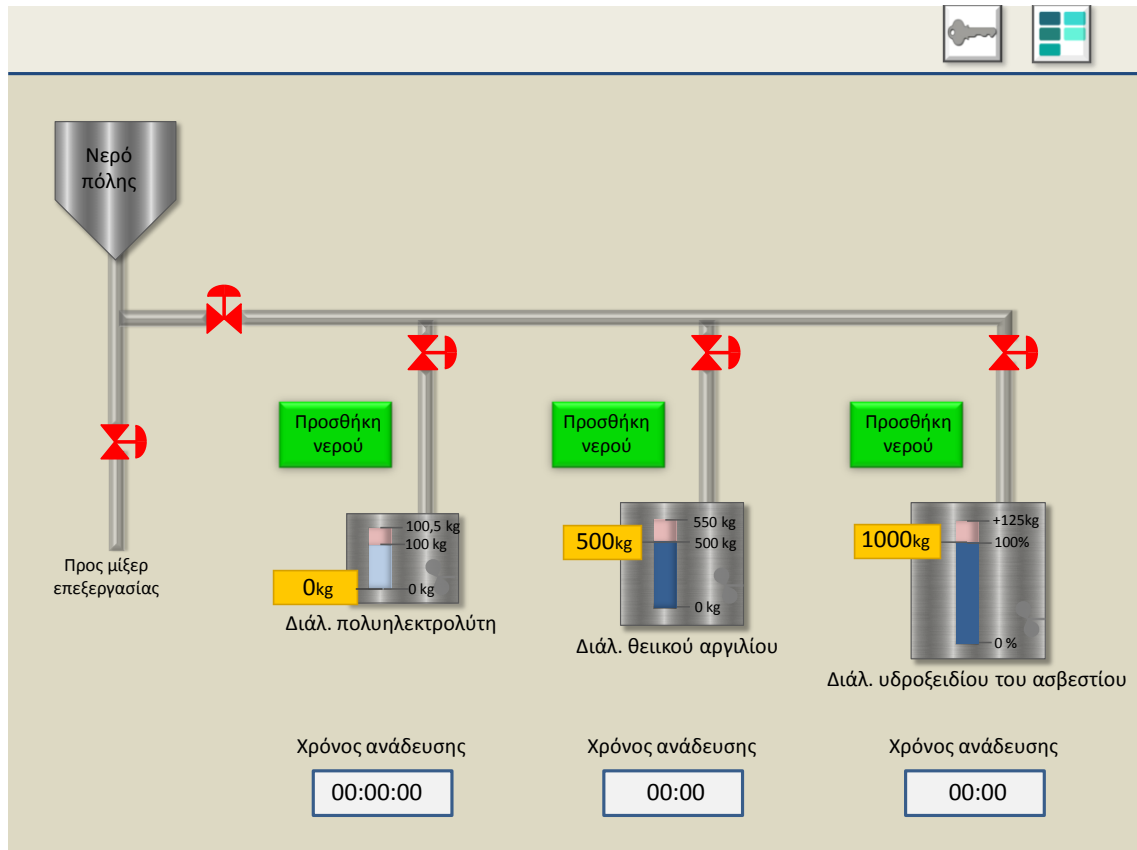
Και στη συνέχεια την επιλογή αυτόματα. Επιβεβαιώνει την επιλογή με το πλήκτρο «OK».



Σχήμα β.5: Επιλογή χρόνου μεταφοράς στραγγιδίων πρέσας

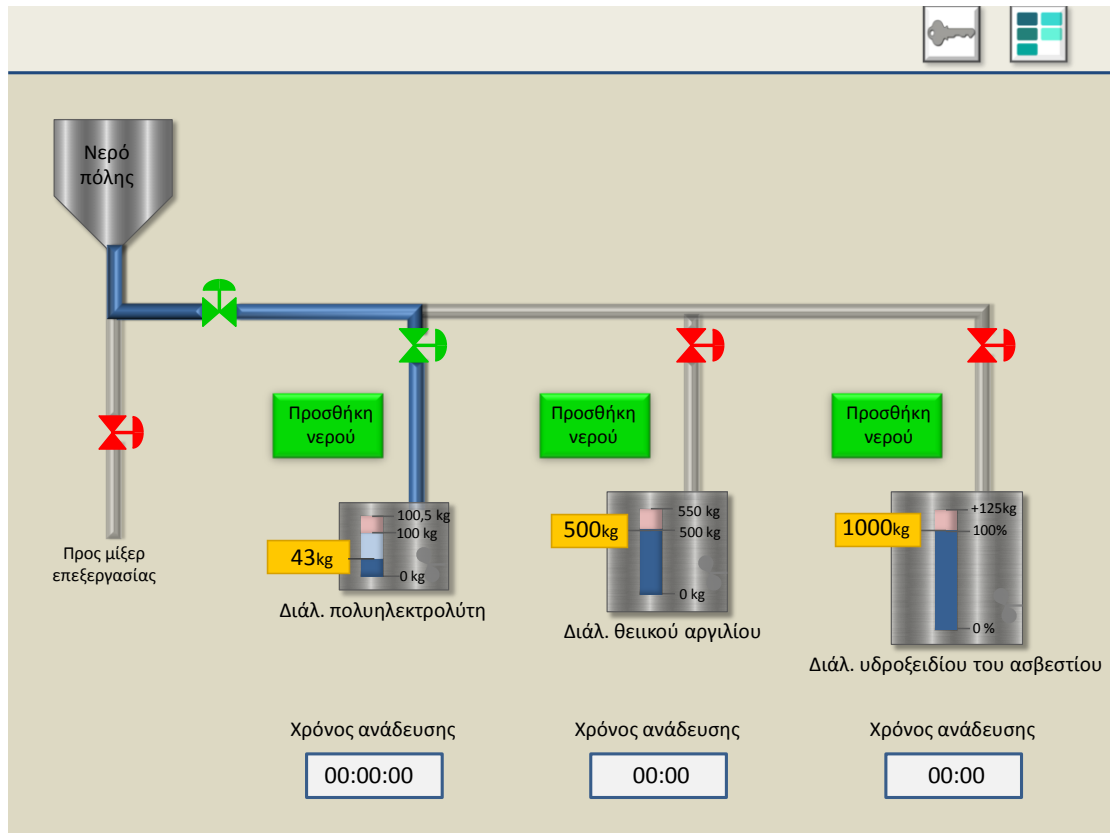
Το επόμενο βήμα είναι η παρασκευή διαλύματος πολυηλεκτρολύτη. Έτσι γίνεται επιστροφή στην αρχική οθόνη και επιλογή του τίτλου «Παρασκευή χημικών».

Αρχικά οι δεξαμενές θειικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου έχουν 500 και 1000kg νερό αντίστοιχα ενώ η δεξαμενή του πολυηλεκτρολύτη είναι άδεια. Το σύστημα είναι σε κατάσταση μη λειτουργίας.



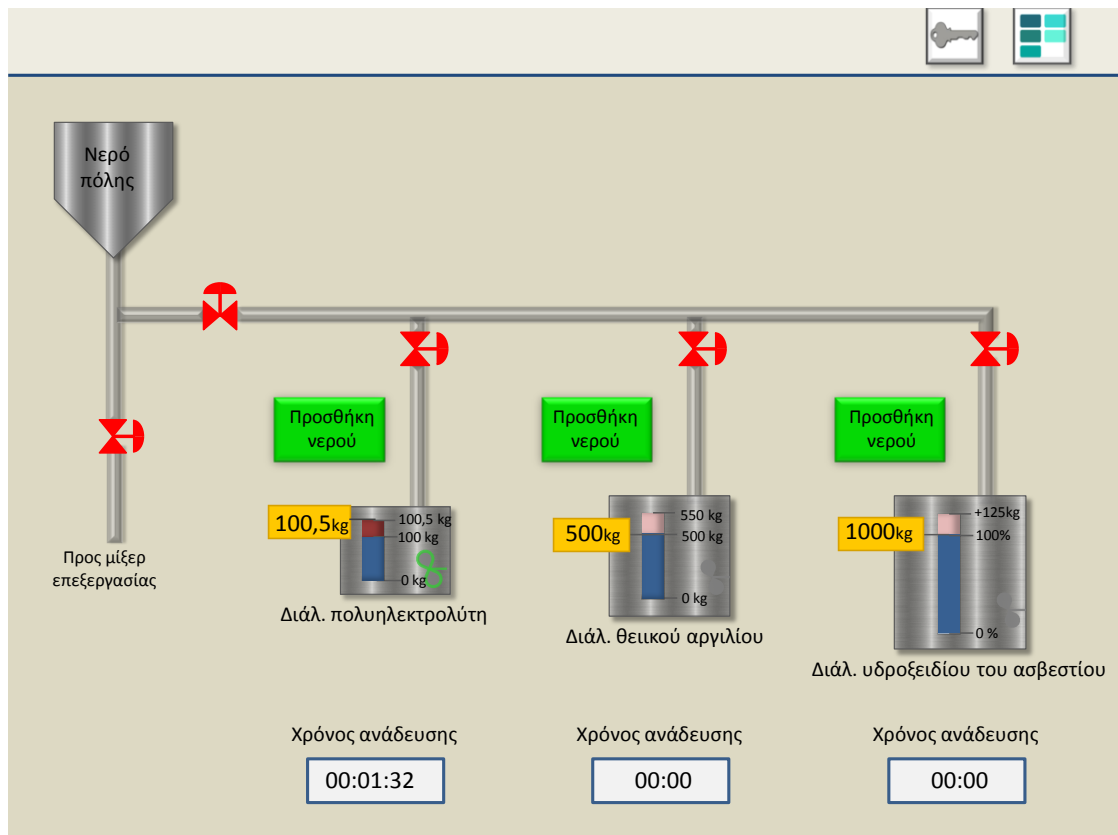
Σχήμα β.6: Δεξαμενές παρασκευής χημικών, κατάσταση μη λειτουργίας

Πατώντας το πλήκτρο «Προσθήκη νερού» για την δεξαμενή του πολυηλεκτρολύτη, οι αντίστοιχες βάνες ανοίγουν και η δεξαμενή πληρώνεται με νερό.



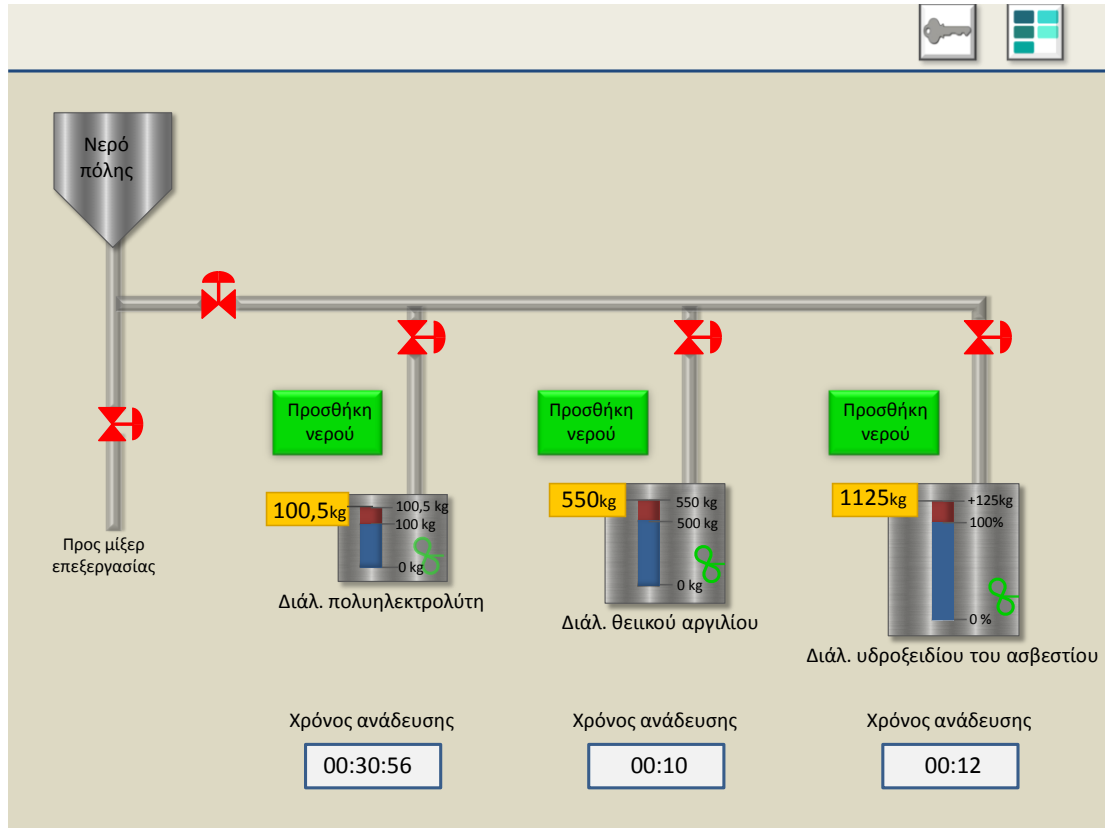
Σχήμα β.7: Δεξαμενές παρασκευής χημικών, πλήρωση δεξαμενής πολυηλεκτρολύτη με νερό

Όταν η δεξαμενή γεμίσει με νερό, οι βάνες κλείνουν αυτόματα. Στη συνέχεια, ο χειριστής ενεργοποιεί την ανάδευση, προσθέτει τον συμπυκνωμένο πολυηλεκτρολύτη και τέλος ενεργοποιεί το χρονόμετρο.



Σχήμα β.8: Δεξαμενές παρασκευής χημικών, παρασκευή διαλύματος πολυηλεκτρολύτη

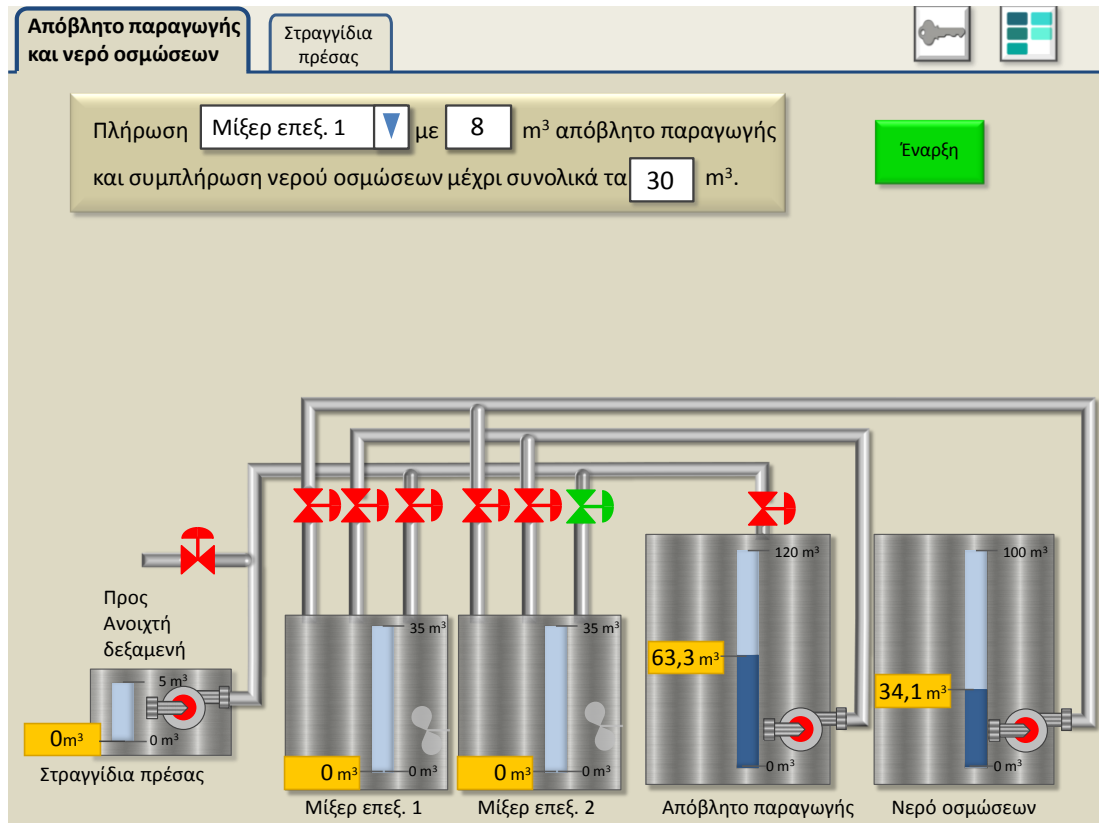
Στη συνέχεια γίνεται η παρασκευή των διαλυμάτων υδροξειδίου του ασβεστίου και θεικού αργιλίου. Ο χειριστής ενεργοποιεί την ανάδευση, προσθέτει τη σκόνη υδροξειδίου του ασβεστίου και θεικού αργιλίου και ενεργοποιεί τον χρονοδιακόπτη.



Σχήμα β.9: Δεξαμενές παρασκευής χημικών, παρασκευή και των τριών διαλυμάτων

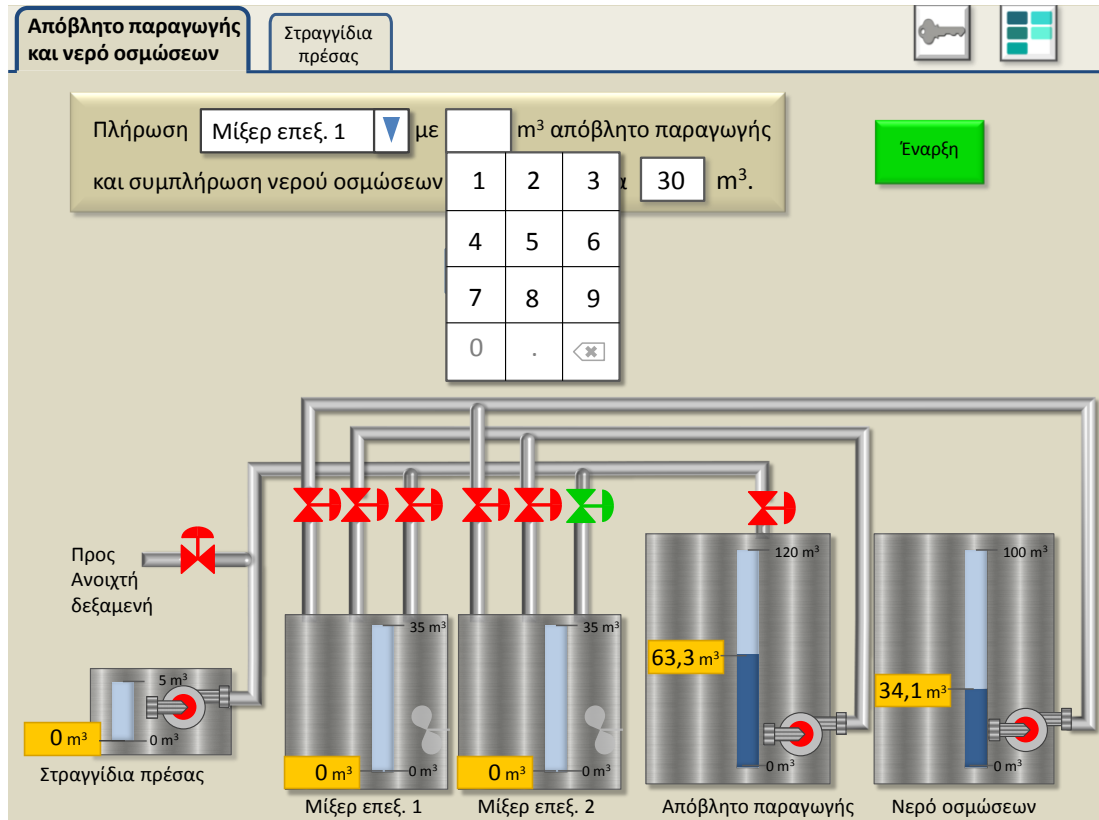
Η ανάδευση στα διαλύματα θεικού αργιλίου και υδροξειδίου του ασβεστίου θα απενεργοποιηθεί μετά από 10 λεπτά, ενώ του πολυηλεκτρολύτη, όταν το διάλυμα μεταφερθεί από τη δεξαμενή.

Στη συνέχεια ο χειριστής, αφού επιστρέφει στην αρχική οθόνη, επιλέγει την οθόνη με τίτλο «Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας». Αυτή τη φορά ο χειριστής μένει στην καρτέλα με τίτλο «Απόβλητο παραγωγής και νερό οσμώσεων». Η μόνη ανοιχτή βάννα είναι αυτή που επιτρέπει στα στραγγίδια της πρέσας να καταλήγουν στο μίξερ επεξεργασίας 2, όπως ορίστηκε σε προηγούμενο βήμα.



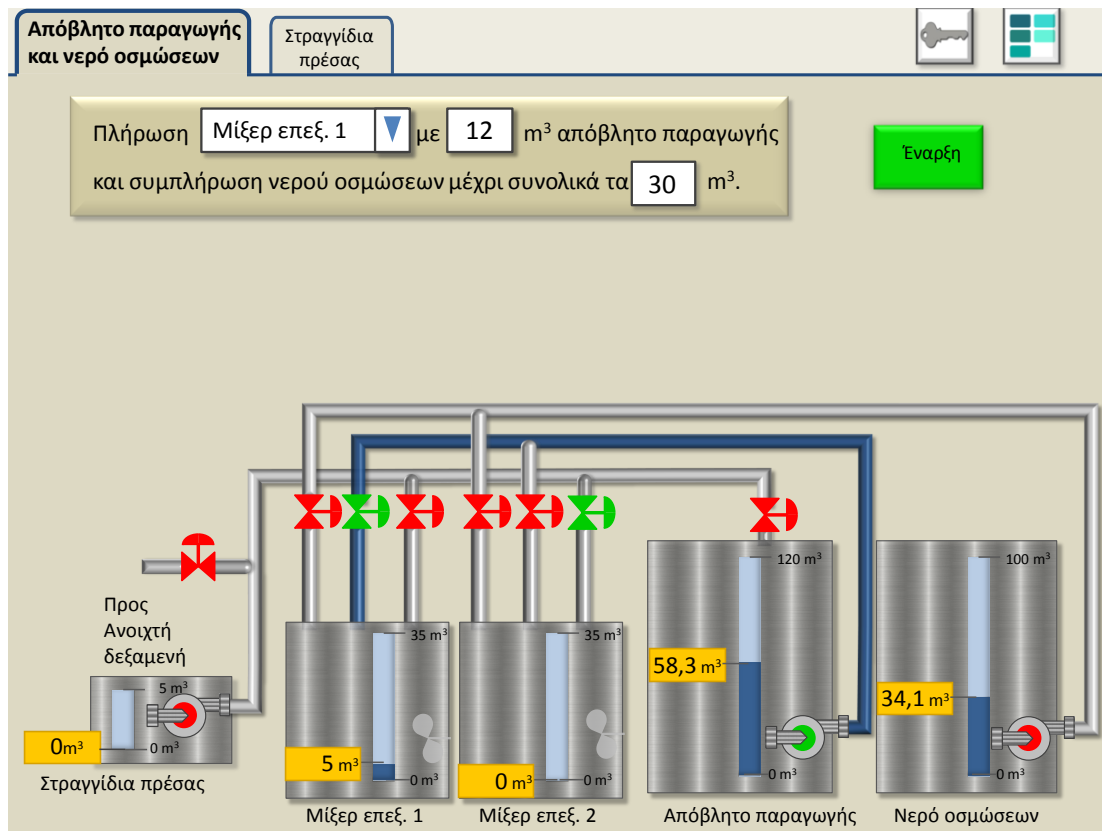
Σχήμα β.10: Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας, Κατάσταση η λειτουργίας

Αφού ο χειριστής εργάζεται στο μίξερ επεξεργασίας 1, με τα αριθμητικά πληκτρολόγια ορίζει απλά της ποσότητες απόβλητου παραγωγής και νερού, όπως δίνονται από το χημείο.



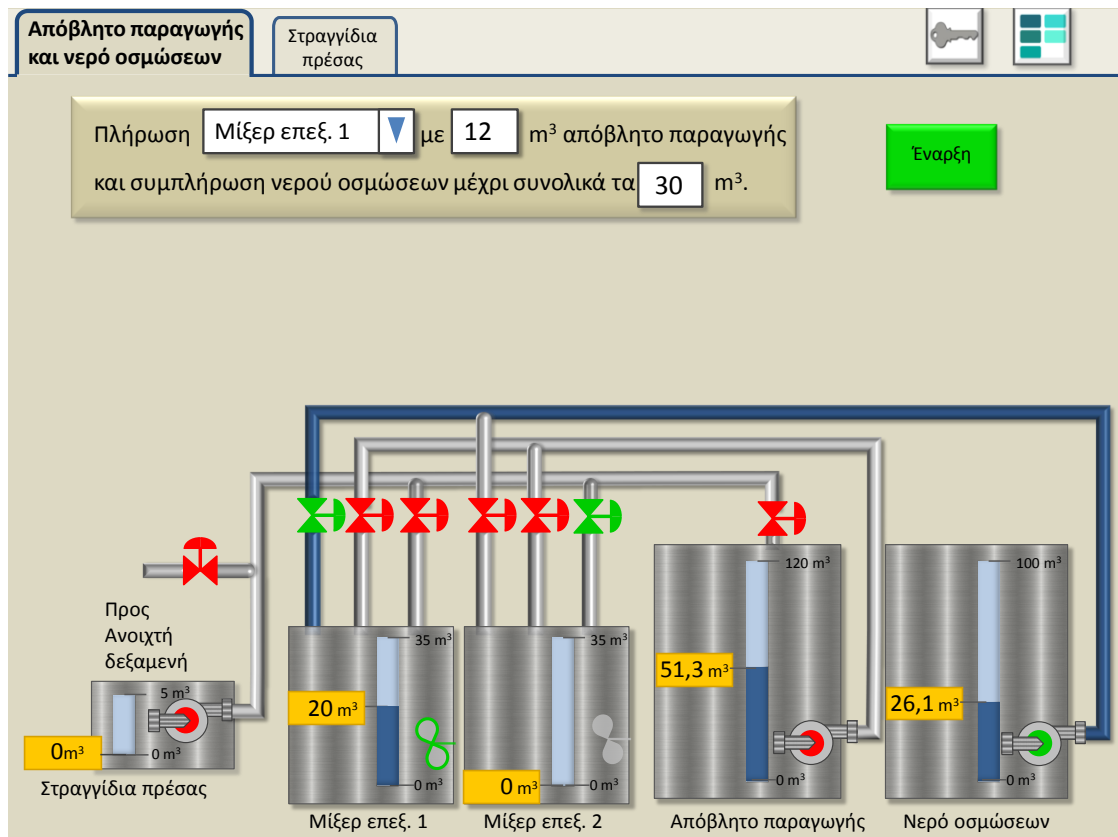
Σχήμα β.11: Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας, Προσδιορισμός ποσότητας απόβλητου παραγωγής

Πατώντας το πλήκτρο «Έναρξη», αρχικά μεταφέρεται το απόβλητο παραγωγής. Η αντλία της υπόγειας δεξαμενής αποβλήτων ενεργοποιείται και η κατάλληλη βάνα ανοίγει. Και τα δύο στοιχεία χρωματίζονται πράσινα.



Σχήμα β.12: Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας, Πλήρωση μίξερ επεξεργασίας με απόβλητο παραγωγής

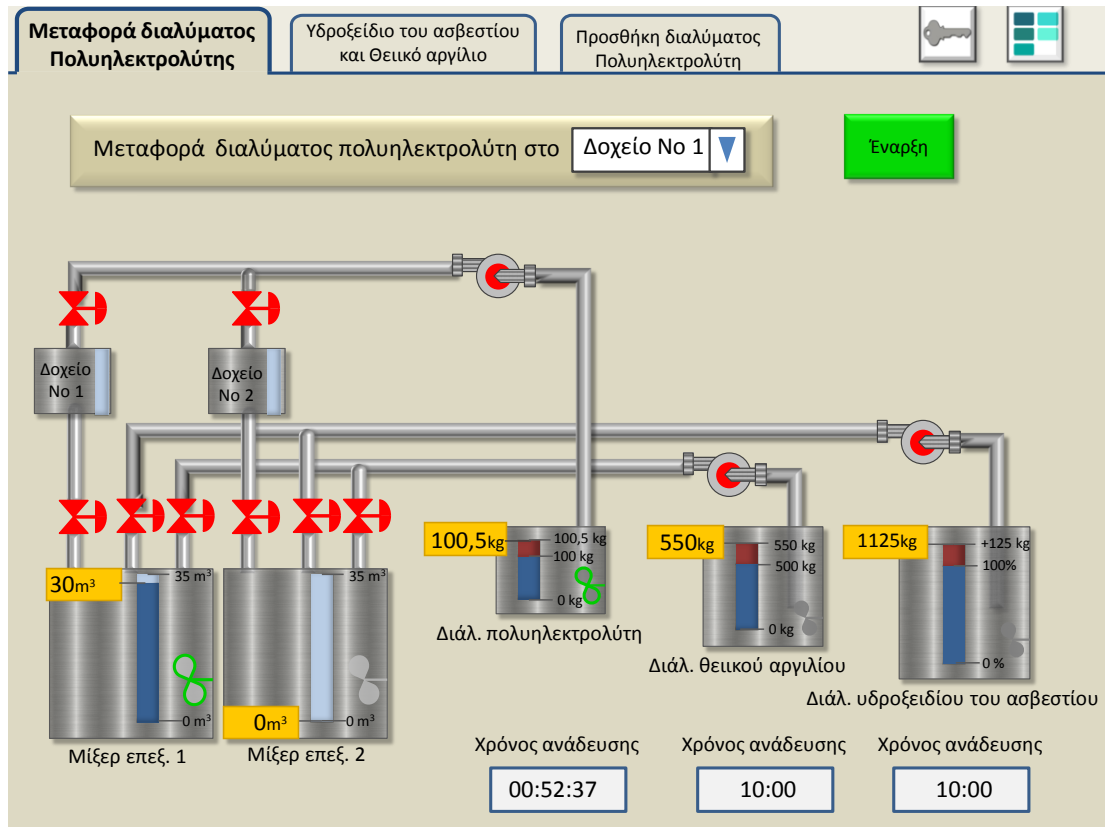
Στη συνέχεια μεταφέρεται και το νερό οσμώσεων από την υπόγεια δεξαμενή .



Σχήμα β.13: Τροφοδοσία απόβλητου παραγωγής και νερού στο μίξερ επεξεργασίας, Πλήρωση μίξερ επεξεργασίας με νερό οσμώσεων

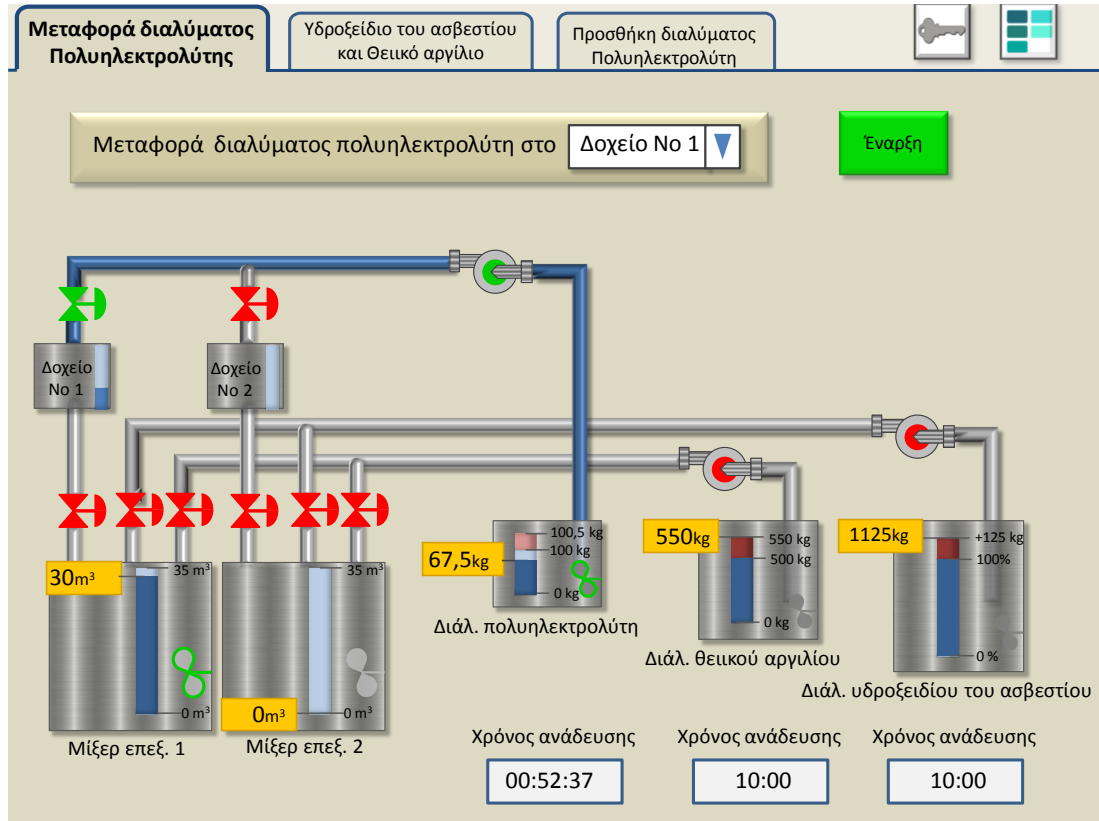
Επειδή η στάθμη στο μίξερ επεξεργασίας έχει ξεπεράσει την προκαθορισμένη τιμή, η ανάδευση έχει ενεργοποιηθεί αυτόματα.

Στο επόμενο βήμα και αφού έχουν παρέλθει 45 λεπτά, ο πολυηλεκτρολύτης μεταφέρεται στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης. Ο χειριστής επιστρέφει στην αρχική οθόνη και επιλέγει την οθόνη «Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας». Η καρτέλα που τον ενδιαφέρει είναι αυτή με τίτλο «Μεταφορά διαλύματος πολυηλεκτρολύτη».



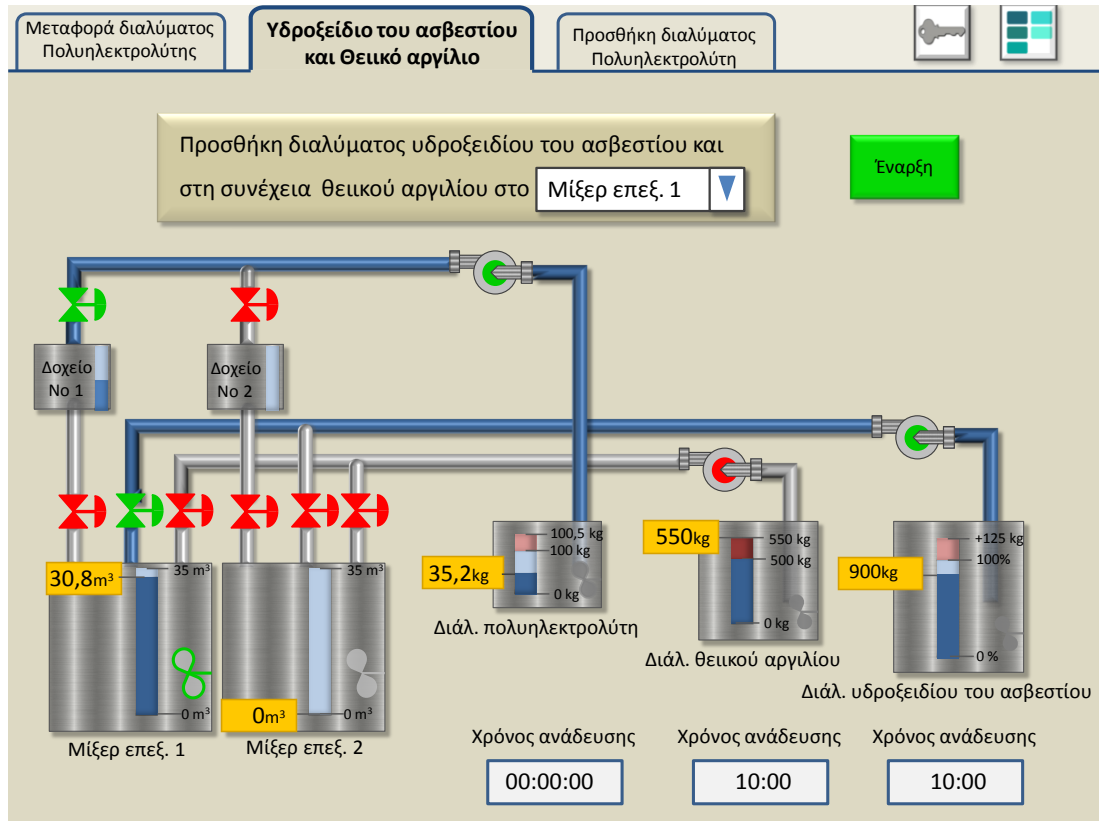
Σχήμα β.14: Οθόνη «Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας»,
Καρτέλα «Μεταφορά διαλύματος πολυηλεκτρολύτη»

Αφού το δοχείο No 1 είναι ήδη επιλεγμένο, πατώντας το πλήκτρο «Έναρξη», ξεκινάει η μεταφορά του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη. Το βήμα αυτό δεν επιτρέπεται να ξεκινήσει στην περίπτωση που δεν έχει συμπληρωθεί ο κατάλληλος χρόνος. Στην αντίθετη περίπτωση ένα μήνυμα σφάλματος θα εμφανιστεί στην οθόνη.



Σχήμα β.15: Οθόνη «Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας», Μεταφορά διαλύματος πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης

Όσο η μεταφορά του πολυηλεκτρολύτη στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης είναι σε εξέλιξη, ο χειριστής, από την εντολή της καρτέλας «Υδροξείδιο του ασβεστίου και Θεικό αργίλιο» μεταφέρει τα δύο διαλύματα πάλι στο μίξερ επεξεργασίας 1.

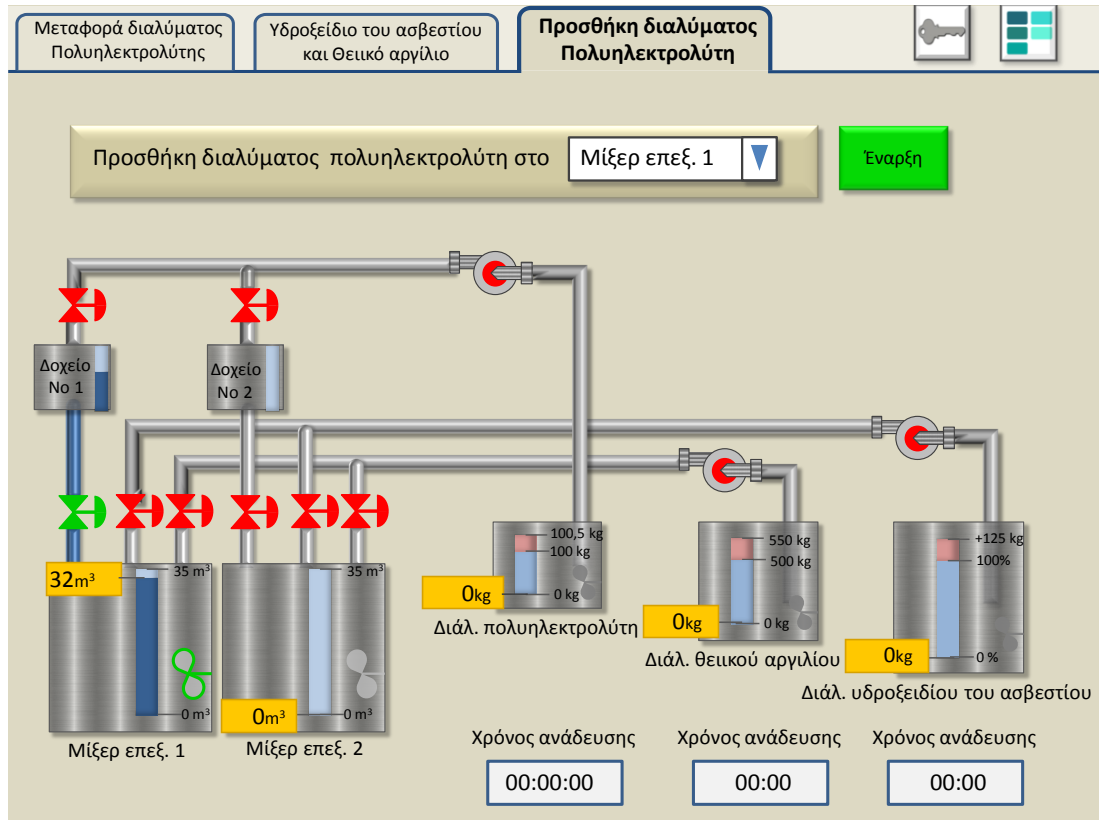


Σχήμα β.16: Οθόνη «Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας», Προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου του ασβεστίου στο μίξερ επεξεργασίας

Παρατηρούμε ότι όσο η στάθμη στη δεξαμενή πολυηλεκτρολύτη έχει πέσει κάτω από τη μέση, η ανάδευση σταμάτησε αυτόματα και το χρονόμετρο μηδενίστηκε.

Μετά την προσθήκη του υδροξειδίου του ασβεστίου, θα συνεχίσει η προσθήκη του θεικού αργιλίου. Το χρονόμετρο των αυτών δύο διαλυμάτων θα μηδενιστεί όταν η στάθμη στις δεξαμενές πέσει κάτω από το προκαθορισμένο όριο.

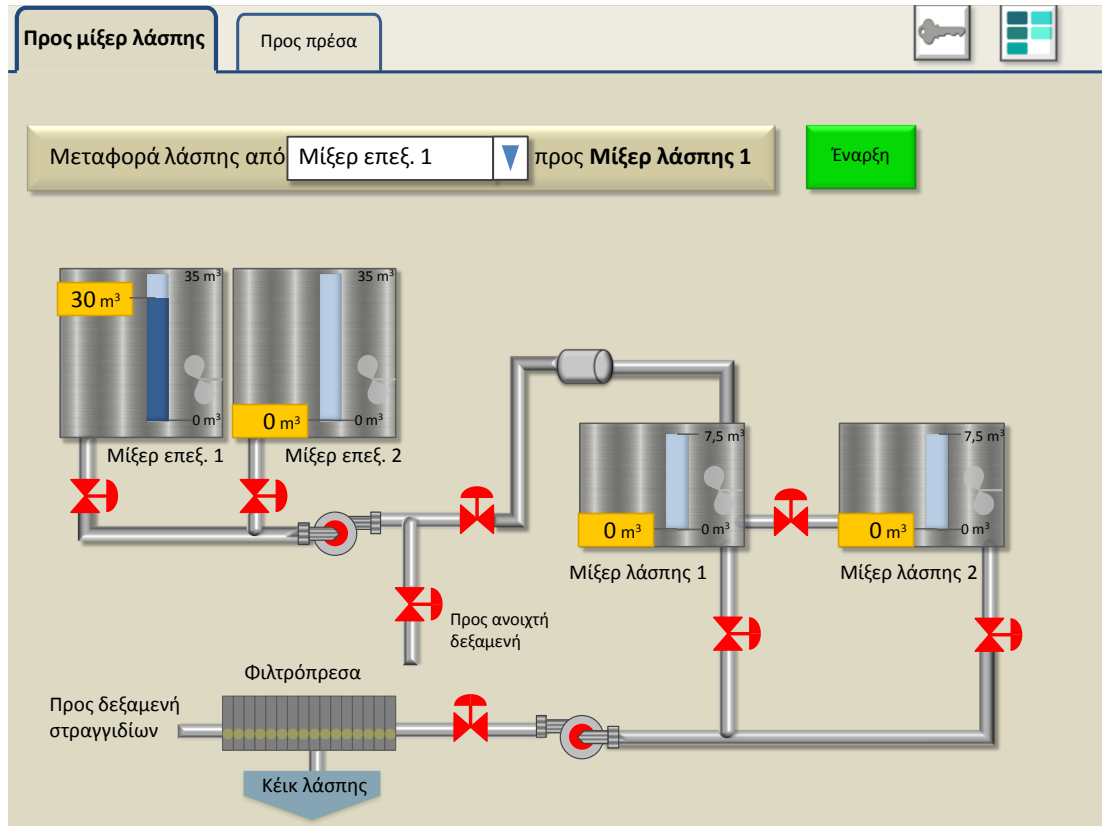
Συνέχεια έχει η προσθήκη του διαλύματος πολυηλεκτρολύτη, ο οποίος μέχρι εκείνη τη στιγμή έχει μεταφερθεί στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης. Ο χειριστής αφού επιβεβαιωθεί ότι η ποσότητα πολυηλεκτρολύτη θα καταλήξει στο μίξερ επεξεργασίας 1, πατάει το πλήκτρο «Έναρξη».



Σχήμα β.17: Οθόνη «Προσθήκη χημικών στο μίξερ επεξεργασίας», Προσθήκη διαλύματος πολυηλεκτρολύτη σε μίξερ επεξεργασίας

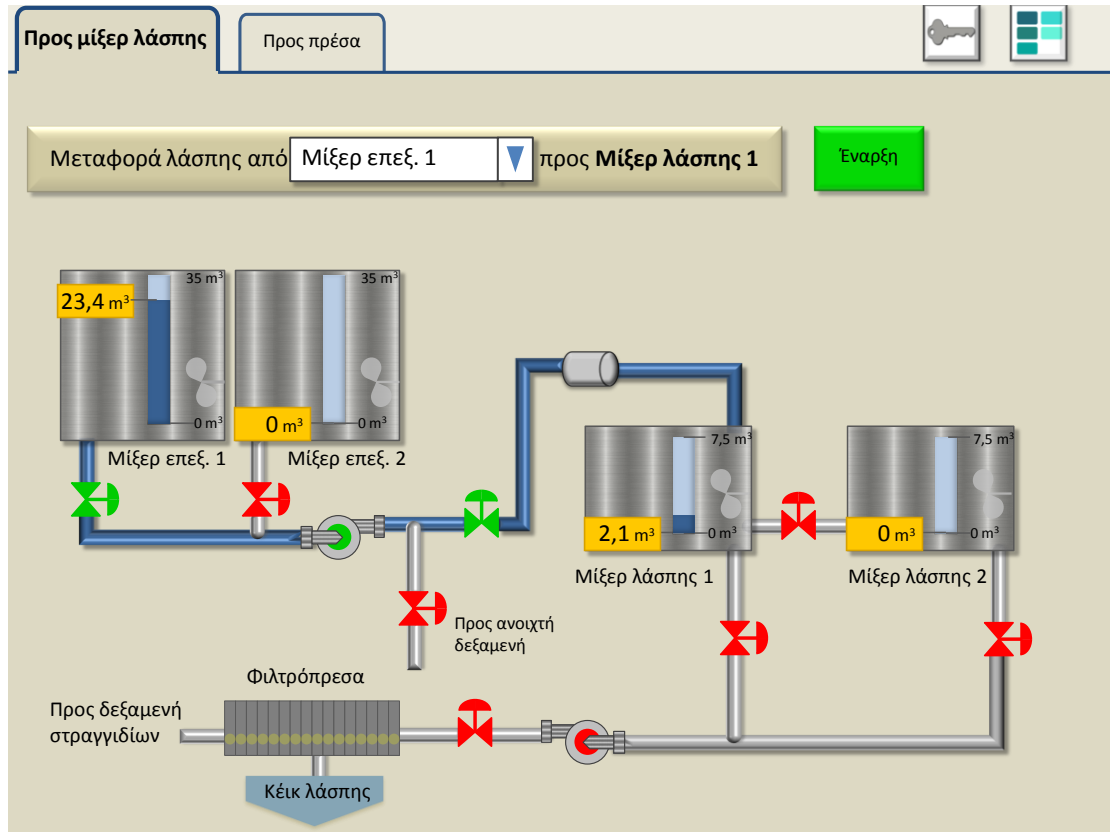
Δύο λεπτά μετά την ολοκλήρωση αυτού του βήματος, απενεργοποιείται και ο αναδευτήρας του μίξερ επεξεργασίας 1, ώστε να επιτρέψει στο ίζημα να σχηματιστεί.

Όταν περάσουν 2 ώρες από το παραπάνω βήμα, ο χειριστής μπορεί να μεταβεί στο επόμενο βήμα, που είναι η μεταφορά της λάσπης. Αφού επιστρέψει στην αρχική οθόνη και επιλέξει τον τίτλο «Μεταφορά λάσπης».



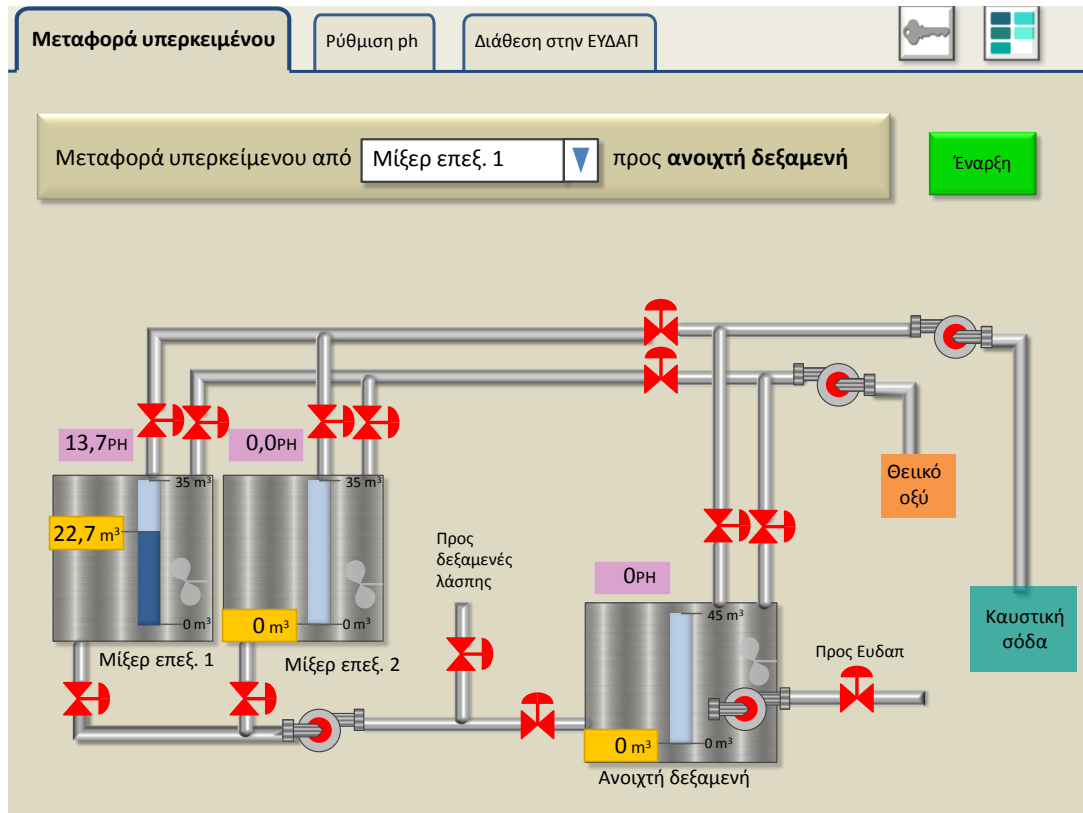
Σχήμα β.18: Οθόνη «Μεταφορά λάσπης»,
Καρτέλα «Προς μίξερ επεξεργασίας»

Στην καρτέλα «Προς μίξερ λάσπης» μπορεί να ενεργοποιηθεί την εντολή για τη μεταφορά λάσπης από το μίξερ επεξεργασίας προς τη δεξαμενή λάσπης.



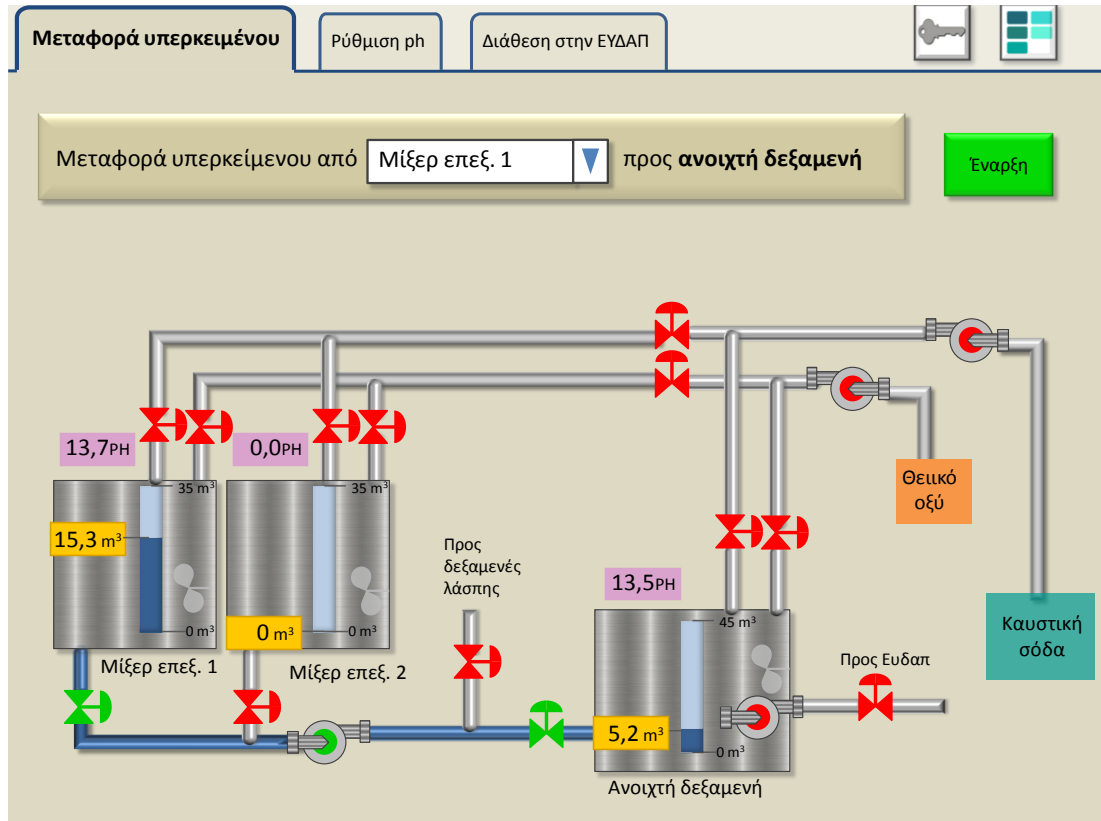
Σχήμα β.19: Οθόνη «Μεταφορά λάσπης»,
Μεταφορά λάσπης από μίξερ επεξεργασίας προς μίξερ λάσπης

Η μεταφορά του υπερκειμένου γίνεται από την οθόνη «Διαχείριση υπερκειμένου».



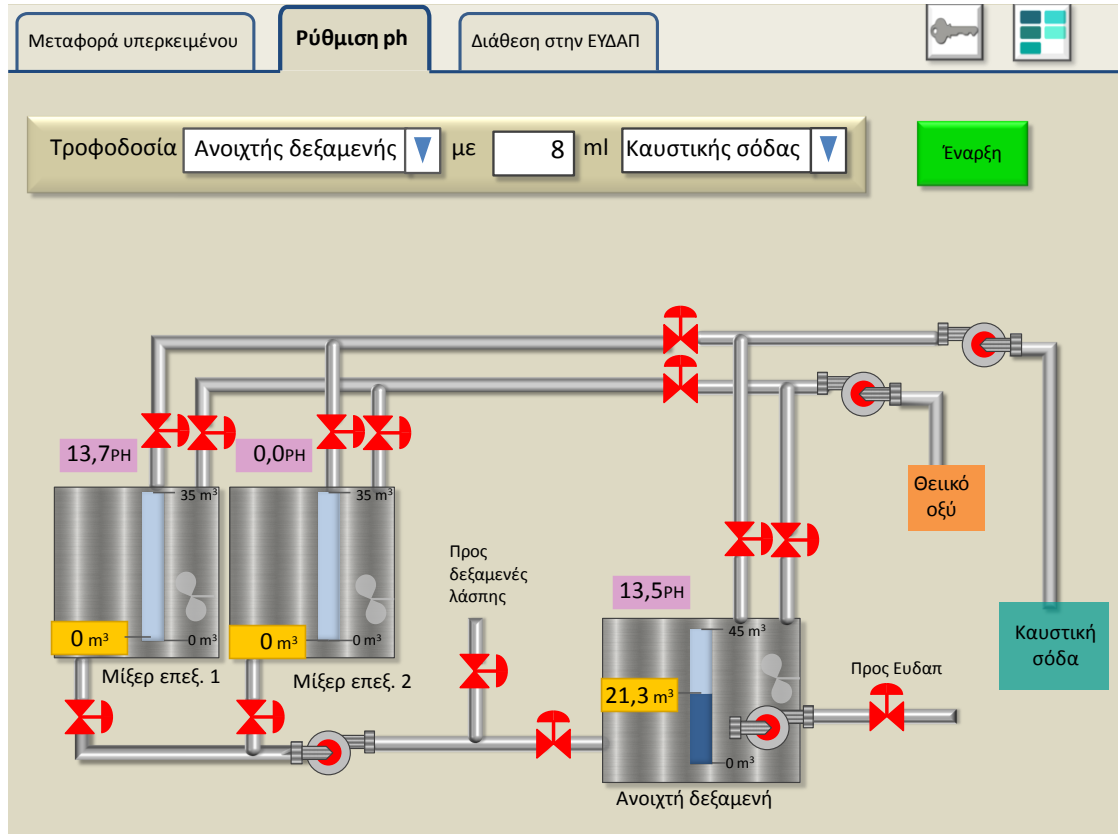
Σχήμα β.20: Οθόνη «Διαχείριση υπερκειμένου»,
Καρτέλα «Μεταφορά υπερκειμένου»

Ο χειριστής μπορεί να ενεργοποιήσει τη μεταφορά πατώντας το πλήκτρο «Έναρξη», αφού πρώτα επιβεβαιωθεί θα μεταφερθεί από το μίξερ επεξεργασίας 1.



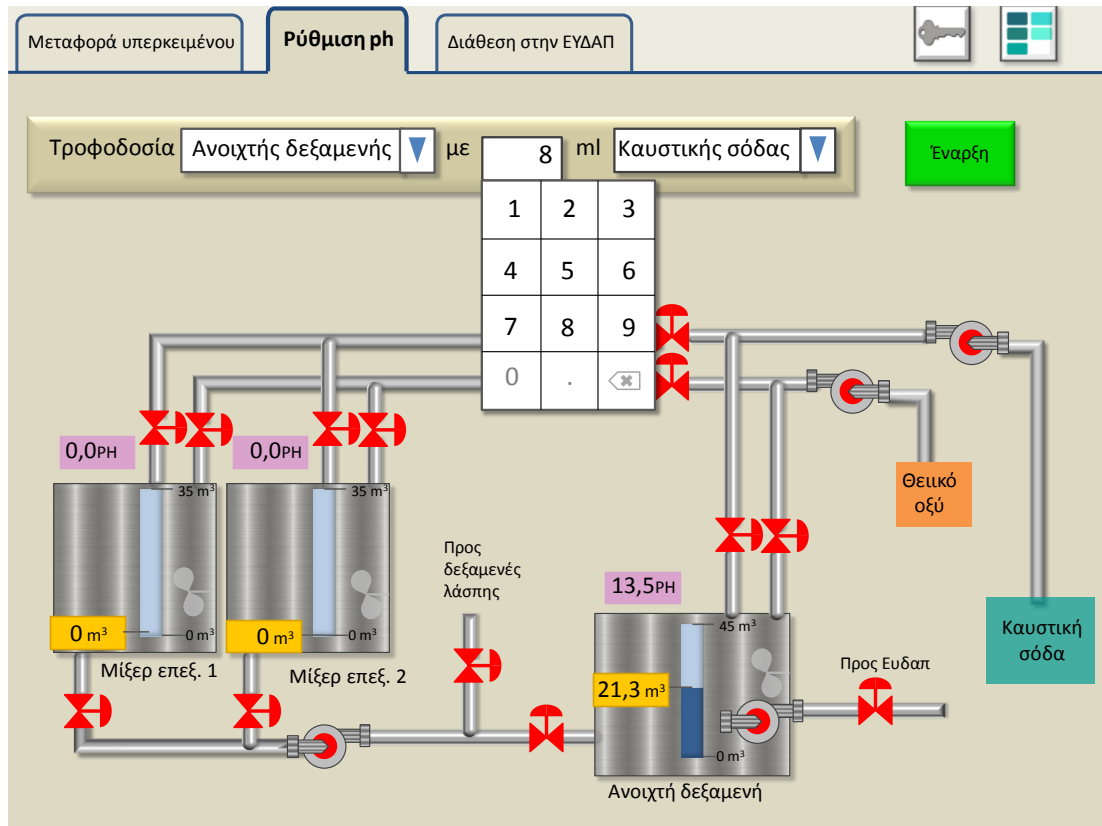
Σχήμα β.21: Οθόνη «Διαχείριση υπερκείμενου»,
Μεταφορά υπερκείμενου από μίξερ επεξ. προς ανοιχτή δεξαμενή

Όταν όλη η ποσότητα υπερκειμένου μεταφερθεί στην ανοιχτή δεξαμενή ο χειριστής μπορεί α αρχίσει να ρυθμίζει την τιμή του pH από την καρτέλα με τίτλο «Ρύθμιση pH».



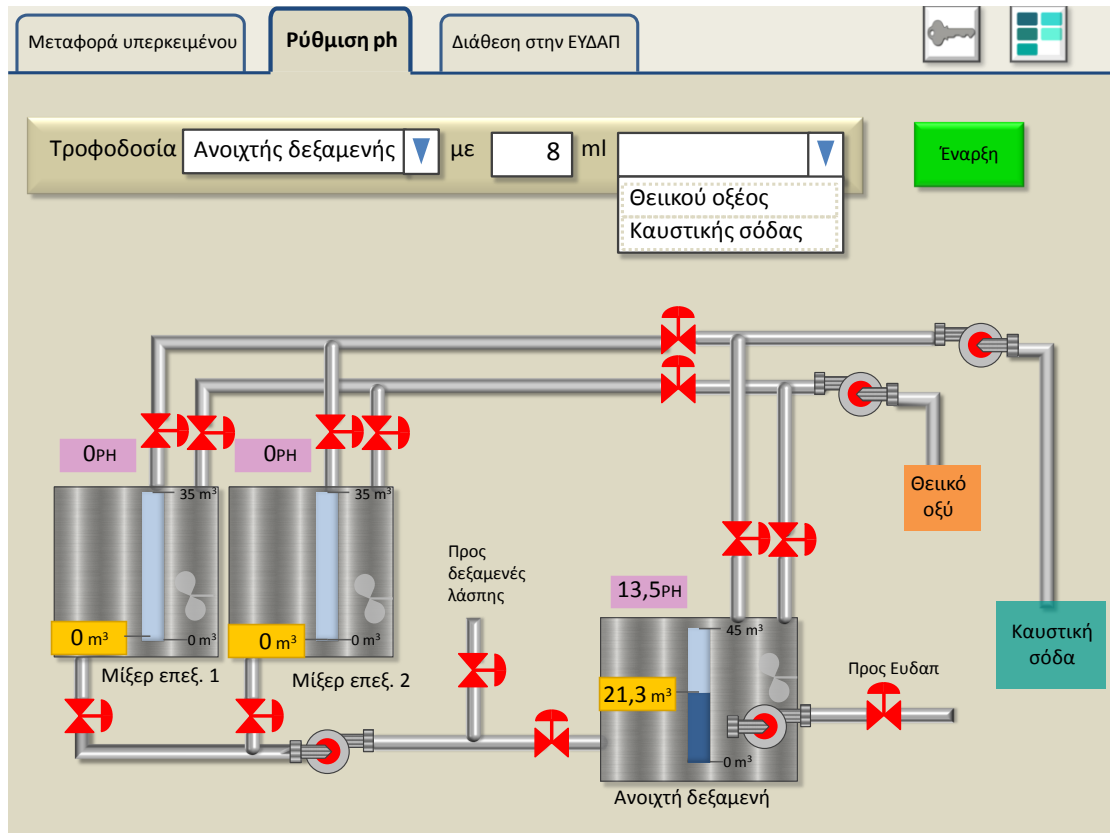
Σχήμα β.22: Οθόνη «Διαχείριση υπερκειμένου»,
Καρτέλα «Ρύθμιση pH»

Αφού ορίσει ότι θέλει να μεταφερθεί στην ανοιχτή δεξαμενή, ορίζει την ακριβή ποσότητα σε ml.



Σχήμα β.23: Οθόνη «Διαχείριση υπερκειμένου», Επιλογή ποσότητας οξέος σε ml

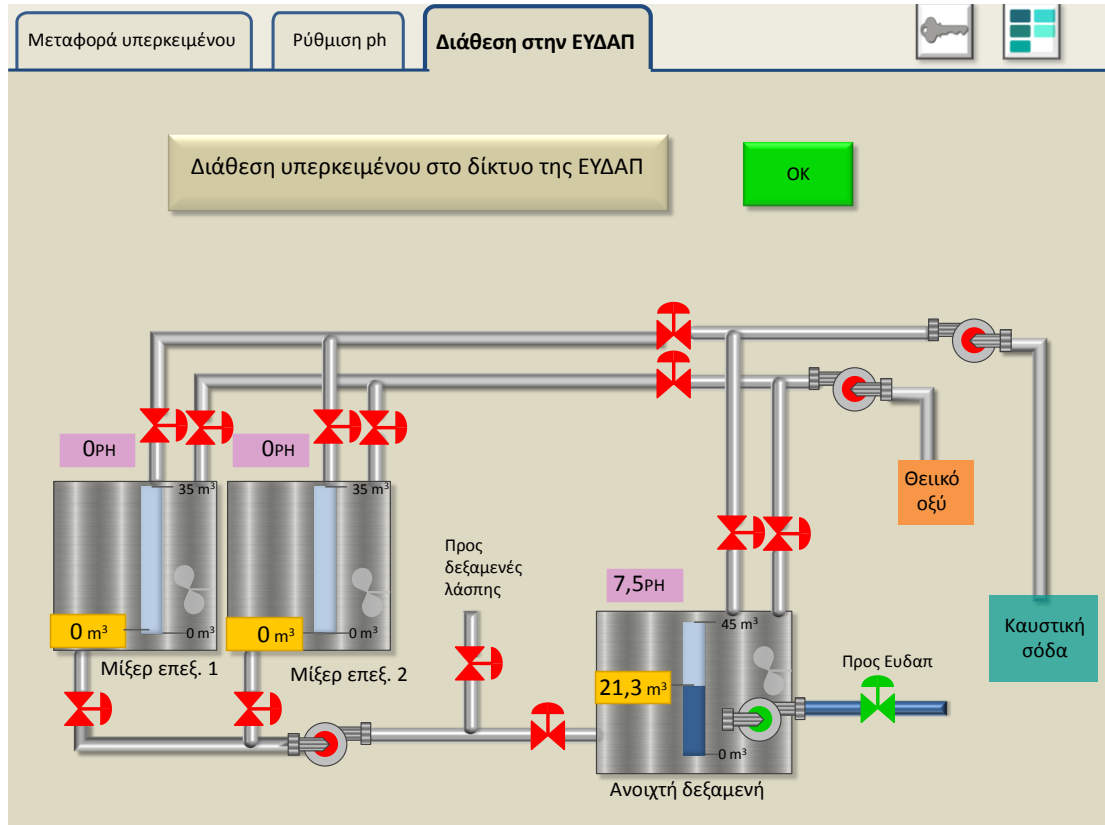
Το τελευταίο βήμα είναι να ορίσει αν θέλει να προστεθεί οξύ ή βάση.



Σχήμα β.24: Οθόνη «Διαχείριση υπερκρεμμένου», Επιλογή θεικού οξέος

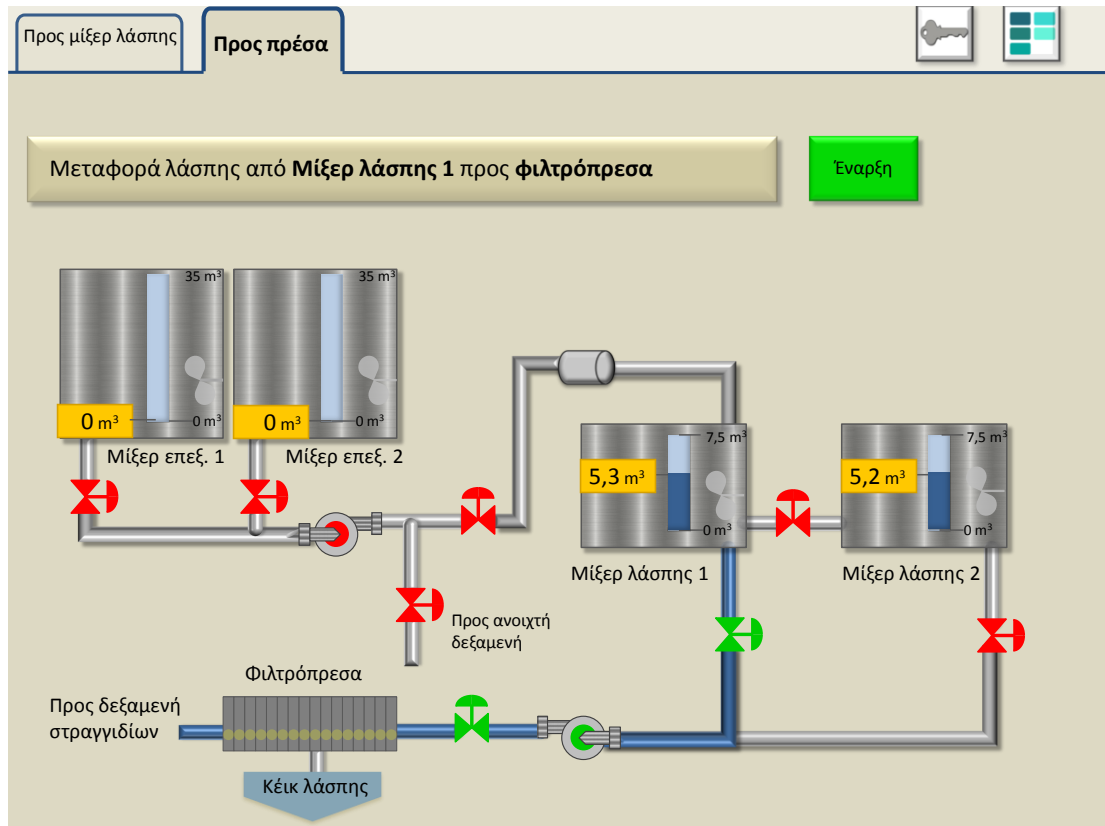
Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί, εναλλάσσοντας τη προσθήκη θεικού οξέος και καυστικής σόδας έως ότου η τιμή του pH κυμαίνεται στα εντός των αποδεκτών ορίων.

Τέλος, όταν η τιμή του pH είναι εντός των ορίων, ο χειριστής μπορεί να στείλει το υπερκείμενο στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, με το πάτημα του πλήκτρου «OK». Με την ενεργοποίηση αυτής της λειτουργίας απενεργοποιείται και η ανάδευση της ανοιχτής δεξαμενής.



Σχήμα β.25: Οθόνη «Διαχείριση υπερκείμενου», Καρτέλα «Διάθεση στην ΕΥΔΑΠ»

Όταν η στάθμη στη δεξαμενή λάσπης φτάσει σε επιθυμητά όρια, ο χειριστής μπορεί να στείλει την λάσπη στην πρέσα.



Σχήμα β.26: Οθόνη «Μεταφορά λάσπης», Μεταφορά λάσπης από μίξερ λάσπης προς φιλτρόπρεσα

Επίλογος

Όσον αφορά τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του συστήματος, η καταγραφή και παρατήρηση των χειριστών είναι μια μέθοδος που επιτρέπει στον σχεδιαστή να γνωρίσει καλά την εγκατάσταση και τη διαδικασία. Η μέθοδος αυτή ήταν σημαντικό να λάβει χώρα χωρίς να καθυστερεί τους χειριστές από την απαιτητική σε τήρηση των χρόνων εργασία τους. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις κατά τις καταγραφές ήταν να κερδίσω την εμπιστοσύνη των χειριστών ώστε να πραγματοποιήσω αυτοπροσώπως μια επεξεργασία. Μέσω αυτού, έγιναν πιο κατανοητές οι δυσκολίες στην αντίληψη του συστήματος.

Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι οι χειριστές έχουν νοητικές αναπαραστάσεις που διαφέρουν από την πραγματικότητα, οι επεξηγήσεις τους πάνω στο σύστημα μπορεί να οδηγήσουν και τον σχεδιαστή να σχηματίσει ένα λανθασμένο νοητικό μοντέλο για την εγκατάσταση. Για τον λόγο αυτό, ήταν πολύ σημαντικό να καταγράφεται η διαδικασία όπως πραγματοποιείται από διαφορετικούς χειριστές. Στην περίπτωση που παρατηρούνταν διαφορετικός τρόπος εργασίας, έπρεπε πάντα να διευκρινίζεται αν είναι επειδή οι χειριστές έχουν την ευελιξία να το κάνουν ή είναι αποτέλεσμα της νοητικής τους αναπαράστασης.

Στο να αποφευχθούν τέτοιου είδους λάθη, επίσης σημαντικό ρόλο έπαιξε το γεγονός ότι πριν την έναρξη των καταγραφών, έγινε συστηματική μελέτη του σχεδίου της εγκατάστασης, ώστε να αποκτήσω την δική μου νοητική αναπαράσταση, πριν αυτή διαμορφωθεί από τα λεγόμενα των χειριστών.

Όσον αφορά την σχεδιαστική λύση, παρότι λύνει επιτυχώς πολλά προβλήματα που υπήρχαν παλαιότερα με χρήση του πίνακα χειρισμού, έχει ασφαλώς και ορισμένα μειονεκτήματα. Το βασικότερο από αυτά είναι ότι λόγω της περιορισμένης επιφάνειας εργασίας δεν υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης κάποιων στοιχείων του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί ο χειριστής να βλέπει και να ελέγχει μέσω της οθόνης διάφορα στοιχεία, όπως αντλίες και αυτόματες βάνες, υπάρχουν όμως και άλλα στοιχεία στο σύστημα που δεν ελέγχονται αυτόματα. Τα βασικότερα από αυτά είναι οι χειροκίνητες βάνες. Μη έχοντας τη δυνατότητα να γνωρίζει όλες τις βάνες τις εγκατάστασης, ο χειριστής έχει περιορισμένη γνώση του πως μπορεί αν αντιμετωπίσει ένα απροσδόκητο συμβάν.

Στην περίπτωση που η οθόνη ήταν αρκετά μεγαλύτερη, θα ήταν πολύ χρήσιμο να εμφανίζονται και οι χειροκίνητες βάνες. Μάλιστα με τη χρήση ρυθμιστή θέσης (positioner) θα μπορούσε αυτή η πληροφορία να εμφανίζεται στην οθόνη ώστε να είναι διαθέσιμη στους χειριστές.

Ακόμη με μια μεγαλύτερη οθόνη θα μπορούσε να αποφευχθεί η χρήση καρτελών πλοήγησης. Έτσι ο χειριστής θα μπορούσε να έχει σε μια οθόνη εποπτεία περισσότερης πληροφορίας. Παρόλα αυτά ο σχεδιαστής πρέπει να λαμβάνει υπ όψη

του ότι η συσσώρευση όλης της πληροφορίας σε μια οθόνη θα καταστήσει αδύνατο για τον χρήστη να επικεντρώσει την προσοχή του στην πληροφορία που χρειάζεται κάθε φορά.

Μια λύση για το πρόβλημα αυτό είναι να εκτυπωθεί ένα μεγάλο σχέδιο όλης της εγκατάστασης και να αναρτηθεί στο δωμάτιο χειρισμού. Με τον τρόπο αυτό οι χειριστές θα έχουν τη δυνατότητα να μελετούν το πλήρες σχέδιο όταν έχουν κάποια αμφιβολία και να εξοικειωθούν καλύτερα με την εγκατάσταση.

Ένα κομμάτι που απουσιάζει από την παρούσα μελέτη είναι η ανάδραση των χρηστών, στην τελική λύση. Κάτι τέτοιο απαιτεί την υλοποίηση της λύσης και την συστηματική παρατήρηση της αλληλεπίδρασης των χειριστών με το νέο σύστημα. Μέσα από μια τέτοια διαδικασία ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα να παρατηρήσει ελλείψεις που δεν είχε συνειδητοποιήσει ότι υπάρχουν στο σύστημα. Παρότι ο σχεδιαστής πρέπει πάντα να βάζει τον εαυτό του στη θέση του χειριστή κατά τη σχεδίαση, δεν μπορεί να προσομοιώσει την χρήση που θα κάνουν οι χειριστές. Μέσα από παρατηρήσεις και καταγραφές μπορούν να γίνουν αλλαγές που θα κάνουν το λογισμικό πιο λειτουργικό, πιο εύκολο για τον χρήστη και πιο ασφαλές για την εγκατάσταση.

Βιβλιογραφία

Από τον ιστότοπο της Εταιρίας Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης Α.Ε.
<http://www.eyath.gr/swift.jsp?CMCCode=1001>

International Union of Pure and Applied Chemistry (2011). Terminology of polymers and polymerization processes in dispersed systems. *Pure Appl. Chem., Vol 83, No. 12*, σσ. 2229-2259.

Από τον ιστότοπο του International Workshop on Advances in Coagulation Science and Technologies 2013.
<http://iwacst.rcees.ac.cn/pdf/A.%20I.%20Zouboulis.pdf>

Από τον ιστότοπο του United States Environmental Protection Agency
http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/treatment/upload/2000_12_19_cwt_final_develop_ch8.pdf

Από τον ιστότοπο του Mountain Empire Community College – Water/Wastewater Distance Learning Website
http://water.me.vccs.edu/courses/env110/lesson4_3.htm

Μαρμαράς Ν.,(2010), Εισαγωγή στην Εργονομία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.

Yerkes, R., & Dodson, J. (n.d.), (1908), The relation of strenght of stimulus to rapidity of habit-formation. *Jourlan of Comparative Neurology and Psychology 18*, σσ. 459-482

Vicente Kim J., (1999), Cognitive Work Analysis: Towards Safe, Productive and Health Computer-Based Work

Wikipedia, Mental representations, 2013
http://en.wikipedia.org/wiki/Mental_representation

Nanay, B. (2013). *Perceptual Content and the Content of Mental Imagery*

Wikipedia, SCADA, 2013
<http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Wikipedia, Remote terminal unit
http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_terminal_unit

National Communications System. (2004). *Technical Information Bulletin 04-1, Supervisory Control and Data Acquisistion (SCADA) Systems.*

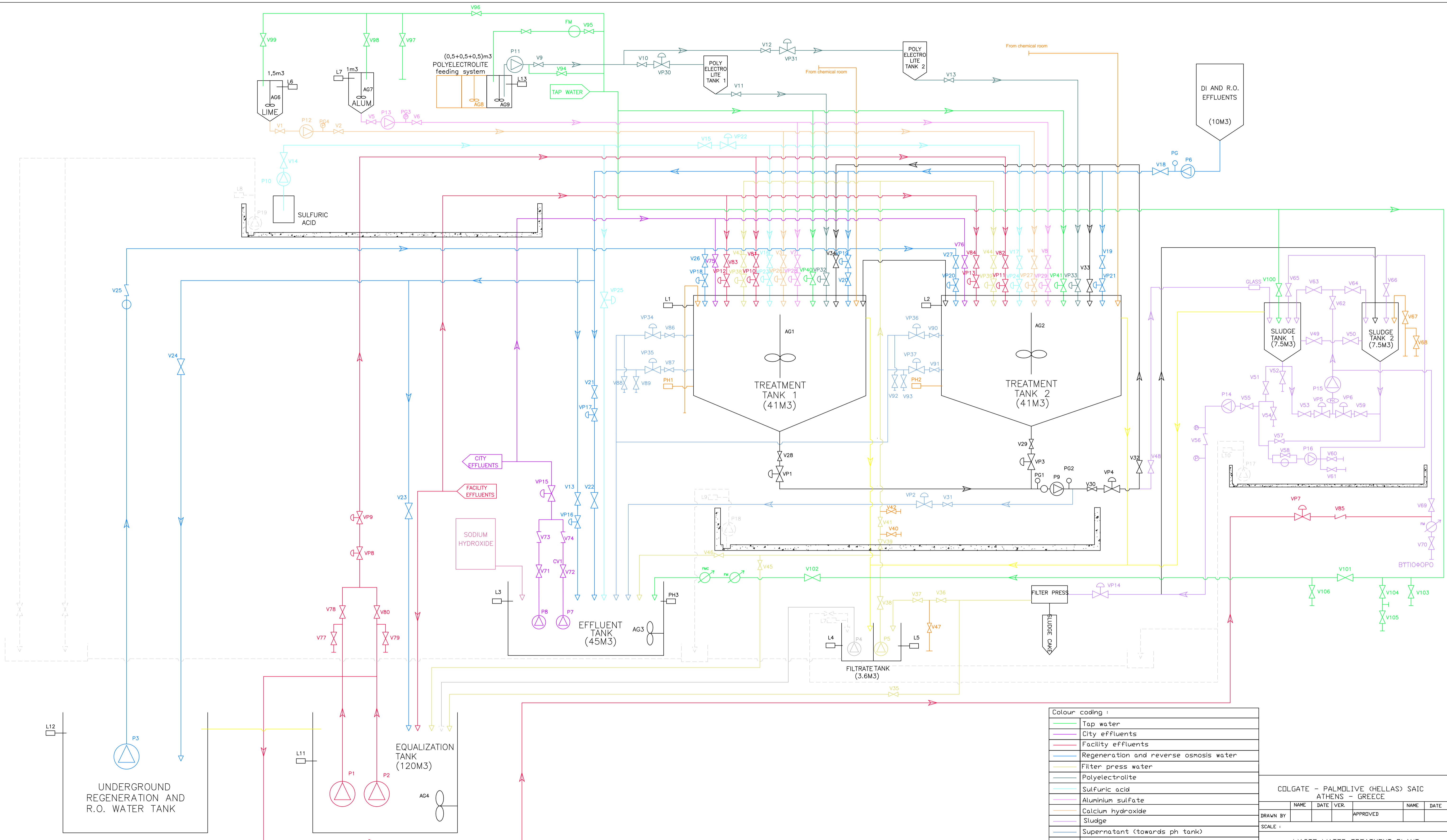
DLT&V Systems Engineering, (2010), Electrical and Instrumentation, and SCADA System Design Standards, Prepared for Arapahoe Country Water Authority
http://www.arapahoewater.org/documents/SCADA_Standards.pdf

Brodbeck FC, Zapf D, Prumper J, Frese M. (1993), Error handling in office work with computers: A field study. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 66, 303-317

Από τον ιστότοπο της Hexatec, “*How to design a good HMI Display*”, 2010
http://www.hexatec.co.uk/Consultancy/hmi_display_design_guidelines.aspx

Steve Hill, 11 rules for specifying a successful SCADA System, 2007

Από τον ιστότοπο της Guardian , “*A significant percentage of the population is red-green colour blind. Why, then, did these two colours become accepted as safety signals?*” 2011
<http://www.theguardian.com/notesandqueries/query/0,-1327,00.html>



Colour coding :

Green	Tap water
Purple	City effluents
Red	Facility effluents
Blue	Regeneration and reverse osmosis water
Yellow	Filter press water
Light Blue	Polyelectrolite
Cyan	Sulfuric acid
Pink	Aluminium sulfate
Orange	Calcium hydroxide
Light Purple	Sludge
Dark Blue	Supernatant (towards ph tank)
Light Green	Submerged pumps flow
Yellow-Green	Mechanical overflow
Pink	Sodium Hydroxide
Orange	Unused parts of the network

COLGATE - PALMOLIVE (HELLAS) SAIC				
ATHENS - GREECE				
NAME	DATE	VER.	NAME	DATE
DRAWN BY			APPROVED	
SCALE :				
PROJECT TITLE				

WASTE WATER TREATMENT PLANT
PLANT LOCATION : PIRAEUS - GREECE