



**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Ηλεκτρονικών
Συστημάτων**

ΠΜΣ Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα

Διπλωματική Εργασία

**«Σύστημα Αυτοματισμού Αδρανοποίησης Ραδιενεργών
Λυμάτων με τη χρήση PLC»**

**Επιβλέπων : Απόστολος Τσαγκάρης
Αναπληρωτής Καθηγητής**

**Φοιτήτρια: Μαργαρίτα Ταουσάνη AM 52054m
Θεσσαλονίκη Σεπτέμβριος 2022**

Τίτλος Δ.Ε.: **Σύστημα Αυτοματισμού Αδρανοποίησης Ραδιενεργών Λυμάτων με τη χρήση PLC.**

Κωδικός Δ.Ε.: **21387**

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: **Μαργαρίτα Ταουσάνη**

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: **Απόστολος Τσαγκάρης**

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε.: **20/10/21**

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε.: **18/09/22**

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα» στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Δι.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Μαργαρίτας Ταουσάνη που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract.....	5
Εισαγωγή	7
Σχετικά Άρθρα και Δημοσιεύσεις	9
1. Ραδιενέργεια.....	10
1.1 Τι είναι η ραδιενέργεια.....	10
1.2 Μέτρηση ραδιενέργειας.....	11
2. Πυρηνική Ιατρική	14
2.1 Γενικές αρχές ραδιενεργών στοιχείων	14
2.2 Χρόνος ημίσειας ζωής ραδιενεργών στοιχείων.....	15
2.3 Διαγνωστικά Ραδιοφαρμακευτικά Σκευάσματα	15
2.4 Φαρμακευτικές μορφές ραδιονουκλιδίων.....	15
2.5 Διάκριση ραδιοφαρμάκων ως ραδιενεργά απόβλητα	16
3. Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία περί Ραδιενεργών Αποβλήτων.....	18
3.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία - Ευρωπαϊκή Κοινότητα Ατομικής Ενέργειας	18
3.2 Οδηγία του Συμβουλίου περί των Επικίνδυνων Αποβλήτων (78/319/ΕΟΚ)	18
3.3 Οδηγία του Συμβουλίου περί Επικινδύνων Ραδιενεργών Αποβλήτων (91/689/ΕΟΚ)	19
3.4 Ελληνική Νομοθεσία	20
3.5 Η εθνική στρατηγική Άρθρο 11 του ΠΔ.122/2013 « Περί εθνικού προγράμματος διαχείρισης».....	20
3.6 Νομοθεσία που διέπει τα διαγνωστικά και θεραπευτικά Εργαστήρια Πυρηνικής Ιατρικής (Φ.Ε.Κ. 216 / 06 Μαρτίου 2001)	21
3.7 Νομοθεσία που διέπει την ύπαρξη δεξαμενών συλλογής ραδιενεργών καταλοίπων (Φ.Ε.Κ. 947/26 Μαΐου 2015)	22
3.8 Διαχείριση και Διάθεση Ραδιενεργών Καταλοίπων (Φ.Ε.Κ. 216/6 Μαρτίου 2001)	23
3.9 Ειδικές Περιπτώσεις Διαχείρισης Ραδιενεργών Αποβλήτων σε Νοσοκομειακό Περιβάλλον.....	24
4. Εισαγωγή στο PLC	25
4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές.....	25
4.2 Εισαγωγικά για το HMI	28
4.3 Επιλογή Λογισμικού για τον Προγραμματισμό του PLC.....	28
5. Περιγραφή Εργαστηρίου Πυρηνικής Ιατρικής Θεαγενείου ως περίπτωση μελέτης.	33
5.1 Περιγραφή του Εργαστηρίου	33
5.2 Στοιχεία Ακτινοπροστασίας	33
5.3 Χαρακτηρισμός των Χώρων και των Εργαζομένων	34
5.4 Δεξαμενές Συλλογής Ραδιενεργών Απεκκρυσμάτων - Δεδομένα και υπολογισμοί για το πλήθος και τη χρητικότητα τους.....	34

5.5	Κατασκευή του χώρου εγκατάστασης δεξαμενών.....	36
5.6	Οι Αυτοματισμοί της εγκατάστασης των δεξαμενών.....	37
6.	Σύστημα Αυτοματισμού Αδρανοποίησης Ραδιενεργών λυμάτων με τη χρήση PLC.....	38
6.1	Προγραμματισμός του PLC.....	38
6.2	Σήματα Εισόδων και Εξόδων Δεξαμενής.....	39
6.3	Εισαγωγή Προγραμματιστικών Αντικειμένων.....	41
6.4	Περιγραφή Λειτουργιών Δεξαμενής.....	54
6.5	Προγραμματισμός των πέντε δεξαμενών και του κεντρικού φρεατίου.....	56
6.6	Προγραμματισμός Κεντρικής Βάνας και Ανεμιστήρων.....	60
7.	Προσομοίωση Συστήματος.....	62
7.1	Σενάρια Προσομοίωσης.....	65
8.	Συμπεράσματα.....	86
	Βιβλιογραφία.....	87

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υλοποίηση ενός αυτοματισμού που θα εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία ενός συστήματος αδρανοποίησης ραδιενεργών λυμάτων καθώς και του συστήματος SCADA που θα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση όλου του συστήματος αυτοματισμού.

Η εργασία βασίζεται σε μια υπάρχουσα εφαρμογή, τριών δεξαμενών διαχείρισης ραδιενεργών αποβλήτων και ενός κεντρικό φρεατίου συγκέντρωσης ραδιενεργών λυμάτων ενός εργαστηρίου Πυρηνικής Ιατρικής από την οποία αντλήθηκαν χρήσιμες πληροφορίες για το τρόπο λειτουργίας του συστήματος σύμφωνα με την κείμενη Νομοθεσία.

Σκοπός ήταν η δημιουργία ενός συστήματος αυτοματισμού με PLC με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης των δεξαμενών μετά από αύξηση των νοσηλευόμενων ασθενών. Χρησιμοποιήθηκε ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός για τη δημιουργία του προγραμματιστικού αντικειμένου της δεξαμενής και εισήχθη 5 φορές στο κυρίως πρόγραμμα για τη δημιουργία ενός συστήματος 5 δεξαμενών.

Οι καταστάσεις που ορίστηκαν για την λειτουργία της δεξαμενής είναι η Συλλογή, η Επεξεργασία και η Αναμονή. Κάθε μια από τις 5 δεξαμενές συλλογής φέρει αισθητήρα στάθμης, φλοτέρ ασφαλείας, σύστημα ανάδευσης λυμάτων, βάνα εισόδου και βάνα εξόδου λυμάτων, βάνα πλύσης και βάνα δειγματοληψίας.

Το σύστημα διαθέτει κεντρική βάνα που οδηγεί τα λύματα από τα δωμάτια των ασθενών που λαμβάνουν θεραπεία με ραδιενεργό ιώδιο είτε στο σύστημα των δεξαμενών απόσβεσης μέσω ενός κεντρικού φρεατίου είτε στο κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο. Τα ενεργά λύματα συλλέγονται στο κεντρικό φρεάτιο και προωθούνται με αντλία στη δεξαμενή συλλογής. Το κεντρικό φρεάτιο φέρει αισθητήριο στάθμης για την ενεργοποίηση των αντλιών και ασφαλιστικό φλοτέρ.

Όταν η στάθμη της δεξαμενής Συλλογής ξεπεράσει το 90%, η δεξαμενή πηγαίνει σε κατάσταση Επεξεργασίας (σφραγίζει) για 90 ημέρες για αδρανοποίηση των ενεργών λυμάτων και το σύστημα θέτει σε κατάσταση Συλλογής μια από τις διαθέσιμες (σε Αναμονή) δεξαμενές.

Όταν τελειώσει ο κύκλος της Επεξεργασίας, ο χειριστής μπορεί να ξεκινήσει τη διαδικασία αδειάσματος και πλυσίματος της δεξαμενής και η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση διαθεσιμότητας (Αναμονή) στο σύστημα.

Η υλοποίηση του συστήματος έχει γίνει με PLC της οικογένειας Siemens χρησιμοποιώντας το λογισμικό TIA Portal και όλες οι λειτουργίες απεικονίζονται σε μμικά διαγράμματα HMI και SCADA.

Έγινε προσομοίωση του συστήματος υπό συνθήκες λειτουργίας και αποδείχθηκε η πλήρης ανταπόκριση του τόσο σε κανονική λειτουργία όσο και σε έκτακτες καταστάσεις.

Λέξεις Κλειδιά: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), Διεπαφή Ανθρώπου Μηχανής (HMI), SCADA, Λογισμικό TIA PORTAL, Πυρηνική Ιατρική, Δεξαμενές Διαχείρισης Ραδιενεργών Αποβλήτων, Κεντρικό Φρεάτιο.

«A radioactive wastewater inactivation automation system with PLC»

Margarita Taousani

Abstract

This diploma thesis deals with an automation which will ensure the smooth operation of a radioactive wastewater inactivation system and also of the SCADA system which will be responsible for monitoring the entire automation system.

The project is based on an existent application of three radioactive wastewater management tanks and a central radioactive wastewater collection pit of a laboratory using Nuclear Medicine, a branch from which useful information was drawn regarding the way the system operates under existing legislation.

The purpose was to create an automation system with PLC with the possibility of expanding the reservoirs after an increase in hospitalized patients. Object-oriented programming was used to create the tank programming object, and it was inserted five times into the main program to create a five-tank system.

The stages defined for the tank operation are Collecting, Processing and Standby. Each of the five collection tanks has a level sensor, safety float, sewage agitation system, sewage inlet and outlet valves, wash valve and sampling valve.

The system has a central valve that directs wastewater from patient rooms receiving radioactive iodine treatment either to the quench tank system via a central sump or to the central sewer system. Active sewage is collected in the central well and pumped to the collection tank. The central well has a level sensor to activate the pumps and a safety float.

When the Collection tank level exceeds 90%, the tank goes into Processing mode (seals) for ninety days to inactivate the active sewage and the system puts one of the available standby tanks into Collection mode.

When the Processing cycle is finished, the operator can start the process of emptying and washing the tank and the tank enters an availability state (Standby) in the system.

The implementation of the system has been done with PLC of the Siemens family using the TIA portal software and all functions are illustrated with HMI and SCADA mimic diagrams.

The system was simulated under operating conditions and its full response was demonstrated both in normal operation and in emergency situations.

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC), Human Machine Interface (HMI), SCADA, TIA PORTAL Software, Nuclear Medicine, Radioactive Wastewater Management Tanks, Central Well.

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών “Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα” στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Απόστολο Τσαγκάρη, ο οποίος δέχτηκε να με εμπιστευθεί να συνεργαστούμε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Οφείλω να τον ευχαριστήσω για τη στήριξη και συμπαράστασή του, τόσο επιστημονικά όσο και ανθρώπινα, σε όλη την πορεία της συνεργασίας μας.

Αξιοσημείωτη υπήρξε η βοήθεια όλου του προσωπικού του τμήματος Πυρηνικής Ιατρικής του Νοσοκομείου Θεαγένειο και για το λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το προσωπικό το οποίο εργάζεται στο εργαστήριο αυτό για τη συμβολή του.

Φυσικά θα ήταν παράληψη να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον φίλο Κώστα Καρατίδη για την ενθάρρυνση του και προτροπή του στη λήψη της εργασίας αυτής και του εύχομαι δύναμη στον δύσκολο αγώνα που δίνει τον τελευταίο καιρό.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τον σύζυγό μου Γιώργο, για την συνεργασία που είχαμε καθ’ όλη τη διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, και τα παιδιά μας Εύη και Παναγιώτη για την παρότρυνση τους για τη συμμετοχή μας στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών με τα από τόσα χρόνια απουσίας από τα θρανία.

Εισαγωγή

Η ανάγκη διαχείρισης των αποβλήτων, γεννήθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την δημιουργία των πρώτων ανθρωπίνων οικισμών στην αρχαιότητα. Δεν επαρκούσε η απλή απόθεση στην επιφάνεια του εδάφους και η αποσύνθεση μέσω φυσικών κύκλων, διότι είχε ως αποτέλεσμα την εξάπλωση ασθενειών και επιδημικών φαινομένων [1].

Τα απόβλητα ενός πολιτισμού, αποτελούν δείγμα από το οποίο μπορούν να εξαχθούν πολύ χρήσιμα συμπεράσματα. Διατροφικές συνήθειες, χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων, συνήθειες υγιεινής και άλλα, εξάγονται με τη μελέτη των αποβλήτων ενός πολιτισμού, αποτελώντας αξιόπιστη πηγή πληροφοριών.

Ο ερχομός του 20ου αιώνα, έφερε μια επανάσταση στην διαχείριση των αποβλήτων και την επιστήμη του περιβάλλοντος. Οι επιστημονικές έρευνες και η κοινωνική αφύπνιση, γύρω από ζητήματα ρύπανσης και μόλυνσης μαζί με το ενδιαφέρον των κυβερνήσεων, έφεραν διάθεση για την αύξηση του ελέγχου έναντι της ανεμπόδιστης ρύπανσης. Η βαθύτερη κατανόηση της ρύπανσης σε συνδυασμό με την 3η βιομηχανική επανάσταση, η οποία εισήγαγε τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ηλεκτρονικές διατάξεις, μικροεπεξεργαστές και ανεπτυγμένες τηλεπικοινωνίες, επαναπροσδιόρισε τη λειτουργία βασικών διεργασιών, μεταξύ των οποίων και η διαχείριση των αποβλήτων.

Οι περισσότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα στον τομέα της διαχείρισης αποβλήτων είναι εξελιγμένες εκδοχές τεχνολογιών που δημιουργήθηκαν κατά την 3η βιομηχανική επανάσταση [2]. Ο τεχνολογικός εμπλουτισμός, ευθύνεται και για τον διαχωρισμό της επεξεργασίας από τη διαχείριση των αποβλήτων ως λειτουργικές έννοιες. Με την πάροδο των ετών και με την πρόοδο της τεχνολογίας και της επιστήμης, η διαχείριση και η επεξεργασία, έγιναν διακριτές έννοιες στο πεδίο των αποβλήτων. Η επεξεργασία έχει σκοπό τον καθαρισμό, την ελαχιστοποίηση του ρυπαντικού φορτίου και την αφαίρεση μολυσματικών παραγόντων από οτιδήποτε θεωρείται απόβλητο. Η διαχείριση έχει σκοπό την οργάνωση και τον έλεγχο, τόσο στην πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, όσο και στη μεταφορά (δίκτυο), την αποθήκευση, τις μετρήσεις, την επεξεργασία, τη νομοθεσία και τελικά την απόθεση ή άλλη χρήση.

Οι πηγές παραγωγής μπορεί να είναι αστικές, βιομηχανικές, φερτά και όμβρια ύδατα. Μία από τις βασικές πηγές παραγωγής αποβλήτων είναι ο όγκος των νοσοκομειακών αποβλήτων και ιδιαίτερα των ραδιενεργών που παράγονται στα τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής. Τα περισσότερα από τα ραδιενεργά απόβλητα είναι υγρά, με μικρότερη ποσότητα στερεών και ελάχιστα αέρια.

Η ασφαλής διάθεση των ραδιενεργών υλικών και αντικειμένων που έχουν μολυνθεί με αυτά είναι ζωτικής σημασίας συνιστώσα της συνολικής στρατηγικής διαχείρισης νοσοκομειακών αποβλήτων. Ο θεμελιώδης σκοπός της ασφαλούς διάθεσης των ραδιενεργών αποβλήτων είναι η εξασφάλιση ότι η έκθεση σε ακτινοβολία σε δημόσιους χώρους και περιβάλλον δεν υπερβαίνει τα προδιαγραφόμενα ασφαλή όρια. Η διαχείριση των ραδιενεργών αποβλήτων καλείται να γίνεται στο πέρασμα του χρόνου ταχύτερη, αποδοτικότερη, ενεργειακά ηπιότερη, περιβαλλοντικά φιλικότερη και νομικά επικαιροποιημένη [3].

Το κυριότερο εφόδιο που διαθέτει η ανθρωπότητα για την υλοποίηση αυτών, είναι η τεχνολογία. Η ανάπτυξη της οποίας, είναι γεμάτη οφέλη, αν γίνεται ορθολογική χρήση. Οι νέες τεχνολογίες και νέες τάσεις που έχουν εμφανιστεί και εξελίσσονται και εφαρμόζονται πειραματικά ή σε μειωμένη και δοκιμαστική χρήση είναι πολλές. Αυτή που πρωταγωνιστεί, αποτελώντας ουσιαστικά την έξυπνη λύση στη διαχείριση των αποβλήτων σε πολλές περιπτώσεις είναι η χρήση του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή PLC.

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές, αποτέλεσαν για αρκετό καιρό το state of the art στον τομέα του αυτοματισμού για τον βιομηχανικό έλεγχο. Αυτά τα συστήματα παρέχουν πολλαπλές αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους καθώς επίσης τα αποτελέσματα εξόδου παράγονται σε συνάρτηση με τις συνθήκες εισόδου μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα. Η αντοχή τους σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, σε κραδασμούς, στην υγρασία και στον ηλεκτρονικό και θερμικό θόρυβο τα καθιστούν ιδανικά για τις δυσχερείς συνθήκες των διαφορετικών εγκαταστάσεων τους. Με την δυνατότητα να πραγματοποιούν πολλούς κύκλους ελέγχου σε μικρό χρονικό διάστημα, ο έλεγχος κίνησης και ο έλεγχος διεργασιών γίνονται με μεγάλη ακρίβεια. Πλέον το state of the art, στον τομέα του αυτόματου ελέγχου αποτελούν η δικτύωση και η εποπτική παρακολούθηση ολόκληρου του συστήματος αυτοματισμού, δηλαδή τα συστήματα SCADA [4].

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υλοποίηση ενός αυτοματισμού που θα εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία ενός συστήματος απομείωσης ραδιενεργών λυμάτων καθώς και του συστήματος SCADA που θα είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση όλου του συστήματος αυτοματισμού.

Το σύστημα θα πρέπει να ελέγχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία των δεξαμενών και του κεντρικού φρεατίου, να δέχεται και να αναλύει τις εισόδους του, να προσδιορίζει σε τι κατάσταση βρίσκεται αλλά και τι εξόδους θα πρέπει να παράγει. Ο χειρισμός του συστήματος θα πρέπει να είναι εύκολος και ευνόητος από τους μηχανικούς της Βιοιατρικής. Για αυτόν τον λόγο το User Interface θα πρέπει να είναι κατανοητό και εύχρηστο και να αναδεικνύει όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το σύστημα για να μπορούν να επιλυθούν.

Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει τα εξής κεφάλαια:

- Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζεται τι είναι Ραδιενέργεια και οι μονάδες μέτρησης της.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο εξηγείται το αντικείμενο της Πυρηνικής Ιατρικής, τι είναι τα ραδιοφάρμακα και τι τα ραδιονουκλίδια και την διάκριση τους ως ραδιενεργά απόβλητα.
- Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το κοινοτικό και το νομοθετικό πλαίσιο των επικίνδυνων - νοσοκομειακών αποβλήτων και ειδικότερα γίνεται περιγραφή και ανάλυση των Κανονισμών και Οδηγιών οι οποίες σχετίζονται με τα ραδιενεργά απόβλητα των εργαστηρίων Πυρηνικής Ιατρικής.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγείται τι είναι το PLC, η λειτουργία του HMI, το TIA PORTAL και το WINCC καθώς και όλα τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες τους.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη ακτινοπροστασίας και η τεκμηρίωση ενός εργαστηρίου Πυρηνικής Ιατρικής για την αναγκαιότητα ενός συστήματος δεξαμενών συλλογής απεκκριμάτων ασθενών μετά από θεραπείες με Ραδιενεργό Ιώδιο (I-131).
- Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η εφαρμογή των απαιτήσεων της μελέτης της ακτινοπροστασίας και ο προγραμματισμός του PLC.
- Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύεται η προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος αδρανοποίησης λυμάτων και παρουσιάζονται διάφορα σενάρια τόσο σε κανονικές όσο και σε έκτακτες συνθήκες.
- Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ολοκληρωμένη υλοποίηση του συστήματος καθώς και μερικές σημειώσεις σχετικά με το μέλλον της εφαρμογής.

Σχετικά Άρθρα και Δημοσιεύσεις

Μελέτες που έχουν σαν αντικείμενο συστήματα διαχείρισης ραδιενεργών λυμάτων παρατίθενται παρακάτω:

Άρθρο 1ο: Design of a Low-Resolution Gamma-ray Spectrometer for Monitoring Radioactive Levels of Wastewater (Sangrok Kim, Taeyoon Kim and Hyungjin Yang, June 2022) [5].

Η μελέτη δημοσιεύθηκε στις αρχές Ιουνίου 2022 και προτείνει μία λύση για την απλοποίηση των διαδικασιών συλλογής και μέτρησης δείγματος πριν από την αποστράγγιση των ραδιενεργών λυμάτων στο δημόσιο περιβάλλον. Οι ειδικές μετρήσεις δραστηριότητας για την αποστράγγιση των ραδιενεργών λυμάτων μπορούν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας έναν σχετικά φθηνό ανιχνευτή κρυστάλλου NaI(Tl) χωρίς να βασίζονται σε έναν ακριβό ανιχνευτή γερμανίου υψηλής καθαρότητας HPGe ή σε έναν μετρητή γάμμα Ray. Κατά τη μέτρηση της ραδιενέργειας χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή σπινθηρισμού κρυστάλλου NaI(Tl) με διάμετρο 38 mm και ύψος 38 mm, που είναι ο μικρότερος ανιχνευτής που διατίθεται στο εμπόριο, η ελάχιστη ανιχνεύσιμη δραστηριότητα (MDA) βρέθηκε να είναι μικρότερη από την τιμή που έχει το πρότυπο αποστράγγισης για τα ραδιενεργά λύματα που παρέχονται με το νόμο. Το σύστημα μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση ενός μεγαλύτερου ανιχνευτή σπινθηρισμού, ο χρόνος μέτρησης μπορεί να επεκταθεί σε αρκετές ώρες ή ημέρες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λύματα με μεγάλο χρόνο ημίσειας ζωής.

Άρθρο 2ο: Amyloid hybrid membranes for removal of clinical and nuclear radioactive wastewater (Sreenath Bolisetty, Nastasia M. Coray, Archana Palika, George A. Prenosilc και Raffaele Mezzenga, September 2020) [6].

Επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμες οικονομικά και αποδοτικές τεχνολογίες απομάκρυνσης ραδιενεργών αποβλήτων, επί του παρόντος, τα ραδιενεργά μολυσμένα νοσοκομειακά λύματα πρέπει να αποθηκεύονται έως ότου τα ραδιονουκλίδια που περιέχονται να αποσυντεθούν επαρκώς. Η μελέτη αυτή εστιάζει το ενδιαφέρον της στην χρήση υβριδικών μεμβρανών οι οποίες αφαιρούν αποτελεσματικά ιόντα βαρέων μετάλλων και ραδιενεργές ενώσεις από το νερό. Οι υβριδικές μεμβράνες αποτελούνται από ινίδια αμυλοειδούς που παράγονται από φθηνές και άμεσα διαθέσιμες πρωτεΐνες και ενεργό άνθρακα, είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές στην προσρόφηση και την απομάκρυνση ποικίλων, κλινικά σχετικών ραδιενεργών ενώσεων από τα λύματα νοσοκομείων με διήθηση ενός σταδίου. Τα ραδιονουκλίδια τεχνήτιο (Tc-99m), ιώδιο (I-123) και γάλλιο (Ga-68) μπορούν να αφαιρεθούν από το νερό με απόδοση άνω του 99,8% σε ένα μόνο βήμα. Η προσέγγιση που παρουσιάζεται εδώ είναι επεκτάσιμη, βιώσιμη και πολύ χαμηλού κόστους, καθώς βασίζεται σε πολύ προσιτές πρώτες ύλες. Είναι σημαντικό ότι οι μεμβράνες έχουν αποδειχθεί ότι έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό ραδιενεργών λυμάτων σε μεγάλη κλίμακα. Με τη μετατροπή μεγάλων όγκων ραδιενεργών λυμάτων σε χαμηλούς όγκους στερεού ραδιενεργών αποβλήτων, η παρούσα τεχνολογία αναδεικνύεται ως ένας πιθανός παράγοντας αλλαγής του παιχνιδιού στην επεξεργασία των πυρηνικών λυμάτων.

Άρθρο 3ο: Treatment of medical radioactive liquid waste using Forward Osmosis (FO) membrane process (Songbok Leea, Youngjin Kima, Jungmi Parkc , Ho Kyong Shond , Seungkwon Honga, January 2018) [7].

Η παρούσα μελέτη αναφέρει για πρώτη φορά ότι η ώσμωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στη συγκέντρωση ραδιενεργών υγρών αποβλήτων που παράγονται από ακτινοθεραπεία σε νοσοκομεία. Η ώσμωση αξιολογήθηκε αρχικά για την επεξεργασία φυσικού και ραδιενεργού ιωδίου (125I) κάτω από διαφορετικά pH και διαφορετικούς διαλύτες για να ληφθούν οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Η απόδοση της ώσμωσης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας πραγματικών ραδιενεργών υγρών αποβλήτων που περιέχουν ιώδιο 131I διερευνήθηκε ως προς τη ροή νερού και το ρυθμό απόρριψης με αποτέλεσμα η ώσμωση να απορρίψει το ιώδιο σε ποσοστό έως και 99,85%, παρατηρήθηκε ως σημαντική μείωση της ροής λόγω επιμόλυνσης της μεμβράνης από οργανικές και ανόργανες ουσίες. Καταλήγοντας η ώσμωση είναι σε θέση να μειώσει αποτελεσματικά τον όγκο της σηπτικής δεξαμενής, επιτρέποντας την αύξηση του αριθμού των αιθουσών ακτινοθεραπείας (π.χ. από 2 δωμάτια σε 8 δωμάτια σε ποσοστό 75% ποσοστό ανάκτησης).

1. Ραδιενέργεια

1.1 Τι είναι η ραδιενέργεια

Η ραδιενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας που προέρχεται από μια πηγή, μεταφέρεται στο χώρο και έχει τη δυνατότητα να διαπερνά ορισμένα υλικά [8].

Αποτελεί ένα φαινόμενο εκπομπής σωματιδίων ή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τους πυρήνες ορισμένων χημικών στοιχείων, που γι' αυτό το λόγο ονομάζονται ραδιενεργά στοιχεία.

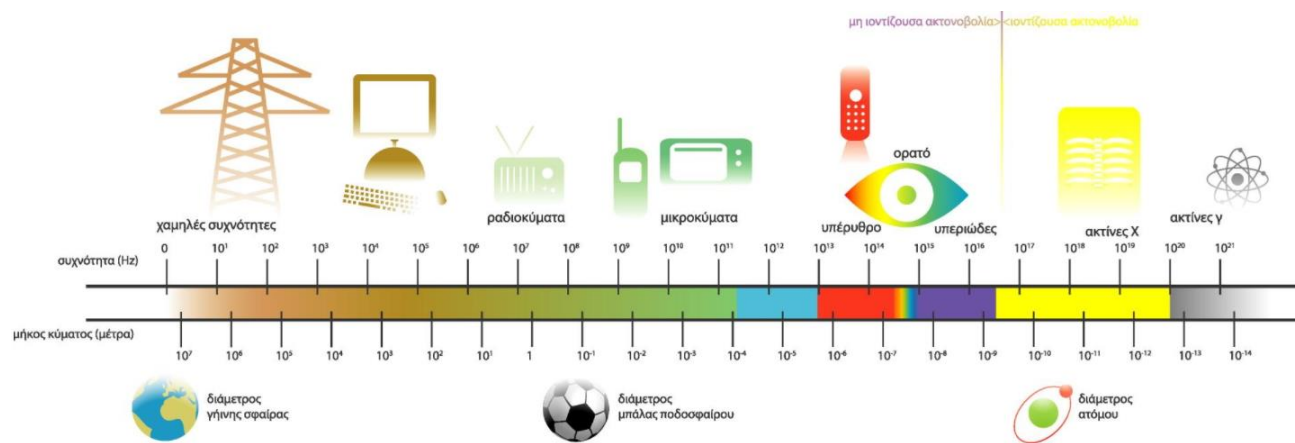
Τυπικά, η ραδιενέργεια ορίζεται ως «το πηλίκο dN δια dt , μιας ποσότητας ραδιενεργών πυρήνων σε συγκεκριμένη ενεργειακή κατάσταση σε δεδομένη χρονική στιγμή, όπου dN είναι η αναμενόμενη τιμή του αριθμού των πυρηνικών μετατροπών από την ενεργειακή κατάσταση στο χρονικό διάστημα dt .

$$\text{Ραδιενέργεια } A = dN/dt.$$

Η ραδιενέργεια προέρχεται τόσο από φυσικές πηγές (όπως π.χ. ουράνιο ή ραδόνιο στο έδαφος) όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες περιλαμβάνονται κάποιες ηλεκτρονικές συσκευές (όπως φούρνοι μικροκυμάτων και τηλεοράσεις), ιατρικές πηγές (όπως ακτίνες Χ, κάποια διαγνωστικά τεστ και θεραπείες) και από δοκιμές πυρηνικών όπλων. Επίσης, ακόμα και στα τρόφιμα ή στο πόσιμο νερό βρίσκονται μικρές ποσότητες ραδιενέργειας.

Από το φάσμα της ακτινοβολίας, μας ενδιαφέρει κυρίως η ιονίζουσα ακτινοβολία, που ουσιαστικά είναι η ακτινοβολία που μπορεί να διαπεράσει την ύλη και να προκαλέσει ηλεκτρική φόρτιση ή ιονισμό της ύλης.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι της ραδιενεργού (ιονίζουσας) ακτινοβολίας, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (γ), που ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός (φωτόνια) και τα σωματίδια υψηλής ταχύτητας (α , β , νετρόνια). Και οι δύο τύποι, καθώς διαπερνούν μια ουσία, μπορούν να μετατρέψουν τα ουδέτερα άτομα ή μόρια, σε φορτισμένα ιόντα. Καθημερινά εκτιθέμαστε σε μικρές ποσότητες ακτινοβολίας, εκ των οποίων μικρότερες ποσότητες αφορούν ραδιενεργό έκθεση.



Εικόνα: 1. Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες [9]

Παρακάτω παρατίθεται λίστα των ραδιοουκλιδίων που συναντώνται συχνότερα, των ατομικών τους αριθμών και των ακτινοβολιών που αυτά εκπέμπουν, Πίνακας 1.

Πίνακας: 1. Στοιχεία βασικών ραδιονουκλιδίων

ΟΝΟΜΑ	ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ	A	B	Γ
ΑΜΕΡΙΚΙΟ 214	95			
ΚΑΙΣΙΟ 137	55	*		*
ΚΟΒΑΛΤΙΟ 60	27		*	*
ΙΩΔΙΟ 129 & 131	53		*	*
ΠΛΟΥΤΩΝΙΟ	94		*	*
ΡΑΔΙΟ	88	*	*	*
ΡΑΔΟΝΙΟ	86	*		*
ΣΤΡΟΝΤΙΟ 90	38	*		
ΤΡΙΤΙΟ	1		*	
ΘΟΡΙΟ	90		*	
ΟΥΡΑΝΙΟ	92	*		*

1.2 Μέτρηση ραδιενέργειας

Με τον όρο ραδιενέργεια R χαρακτηρίσαμε τον αριθμό των διασπώμενων ραδιενεργών ατόμων (dN) στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή $R = dN/dt$. Οι μονάδες μέτρησης χωρίζονται σε [8]:

Μονάδες που εκφράζουν το επίπεδο ραδιενέργειας ενός ραδιενεργού υλικού:

Συνηθέστερη μονάδα μέτρησης της ραδιενέργειας είναι το **Curie (Ci)**. Ένα Curie ισούται με $3,7 \times 10^{10}$ ραδιενεργές διασπάσεις ανά δευτερόλεπτο. Εναλλακτική μονάδα ενεργότητας είναι το Becquerel (Bq), που αντιστοιχεί σε μία ραδιενεργό διάσπαση ανά δευτερόλεπτο. Δηλαδή ισχύει ότι $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

Μονάδες που εκφράζουν την απορροφούμενη ακτινοβολία από έναν οργανισμό:

Για την ποσοτική εκτίμηση των αποτελεσμάτων της επίδρασης της ακτινοβολίας, ορίστηκε αρχικά η μονάδα ακτινοβολίας **rad (radiation absorbed dose)**. Η συγκεκριμένη μονάδα εκφράζει τη δόση ραδιενέργειας (ή την ποσότητα ακτινοβολίας γενικότερα) η οποία αποθέτει 0,01 Joule ενέργειας ανά χιλιόγραμμο μάζας του ιστού που την απορροφά.

Άλλη μονάδα είναι το **Gray (Gy)**, το οποίο ισοδυναμεί με απορρόφηση ακτινοβολίας ενέργειας 1 Joule ανά χιλιόγραμμο μάζας του ιστού. Δηλαδή, $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Μονάδες που εκφράζουν την απορροφούμενη ακτινοβολία από ένα οργανισμό σε σχέση με τις βιολογικές επιπτώσεις που προκαλούν:

Η δόση ακτινοβολίας η οποία απορροφάται δεν αποτελεί από μόνη της μέτρο των βιολογικών επιπτώσεων, καθώς οι βιολογικές συνέπειες εξαρτώνται επιπλέον από το είδος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Επίσης 1 Gy ακτινοβολίας προκαλεί 20πλάσιες καταστροφές των ανθρώπινων ιστών από 1 Gy ακτινοβολίας γ.

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των δόσεων ως προς τις βιολογικές τους επιπτώσεις, χρησιμοποιείται το μέγεθος «ισοδύναμη δόση» με μονάδα μέτρησης το 1 rem, και κυρίως το υποπολλαπλάσιό του, 1 millirem. Το **rem (radiation equivalent mass)** είναι μία μονάδα ραδιενέργειας που δεν εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας, και εκφράζει τις βιολογικές καταστροφές που προκαλούνται στον άνθρωπο από την απορρόφηση των διαφόρων ακτινοβολιών. Δηλαδή, 1 rem = q×1 rad, όπου το q είναι ένας ποιοτικός παράγοντας της βιολογικής επίδρασης των διαφόρων τύπων ιονιζουσών ακτινοβολιών πάνω στα βιολογικά συστήματα.

Εκτός από το rem χρησιμοποιείται και η μονάδα **Sievert (Sv)**. Ισχύει ότι 1 Sv = 100 rem, Πίνακας 2 & 3.

Πίνακας: 2. Μονάδες μέτρησης ραδιενέργειας και αναλογίες

	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΠΗΓΗΣ	ΑΝΑΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΔΟΣΗ	ΔΟΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΘΕΣΗΣ
ΠΑΛΑΙΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Curie	Rad	Rem	
SI ΜΟΝΑΔΑ	Becquerel 1 mCi = 37 mBq	Gray 1 Gy = 100 rad	Sievert 1 Sv = 100 rem	Coulomb/kg του αέρα (C/kg) 1 C/kg = 3876

Πίνακας: 3. Οι συνηθέστερες μονάδες μέτρησης ραδιενέργειας

ΜΟΝΑΔΑ	ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
EFFECTIVENESS)		Δόση Ακτινών
1 REM (RÖNTGEN EQUIVALENT MAN)	= δόση σε Rad x RBE 1 Rem=0,01 Sv	Μονάδα μέτρησης δόσης που απορροφάται στον ιστό όλου του σώματος. Ένα Rem είναι περίπου η δόση από οποιαδήποτε ακτινοβολία που αντιστοιχεί σε έκθεση ενός Röntgen της γ ακτινοβολίας. Πλέον δεν χρησιμοποιείται.

ΜΟΝΑΔΑ	ΕΙΔΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
EFFECTIVENESS)		Δόση Ακτινών
1 SIEVERT (SV)	=100 rem 1mSv= 0,001Sv 1μSv= 0,000001 Sv	Μέτρηση ισοδύναμης δόσης σε όλους τους ιστούς και σε όλο το σώμα
REM/H Η SV/H	=100 rem 1mSv= 0,001Sv 1μSv= 0,000001 Sv	Μέτρηση ισοδύναμης δόσης σε όλους τους ιστούς και σε όλο το σώμα
RAD/H Η GY/H		Ρυθμός απορροφούμενης δόσης ανά ώρα

Η συνήθης πρακτική βάσει των διεθνών προτύπων SI είναι η ποσότητα της ραδιενέργειας που απελευθερώνεται στο περιβάλλον μετράται σε Becquerel ενώ η δόση της ραδιενέργειας που ένα άτομο λαμβάνει μετράται σε Sievert.

2. Πυρηνική Ιατρική

2.1 Γενικές αρχές ραδιενεργών στοιχείων

Τα πεδία της πυρηνικής ιατρικής και φαρμακευτικής [10], την τελευταία εικοσαετία έχουν γνωρίσει αλματώδη ανάπτυξη. Στο γεγονός αυτό συντέλεσε και η πρόοδος της τεχνολογίας, των υπολογιστών, των ανιχνευτών και των ραδιοφαρμακευτικών προϊόντων.

Λέγοντας πυρηνική ιατρική εννοούμε τον κλάδο εκείνο της ιατρικής, ο οποίος χρησιμοποιεί την ακτινοβολία και τις πυρηνικές ιδιότητες σταθερών αλλά και ραδιενεργών ατόμων για διαγνωστικούς - θεραπευτικούς σκοπούς. Αφορά στην ακτινοβολία στην οποία υπόκειται ο ασθενής μέσω χρήσης μιας εξωτερικής πηγής, είτε ραδιενέργεια από τη χορήγηση ραδιενεργών επισημασμένων φαρμάκων – τα ραδιοφάρμακα. Η έκθεση των ασθενών αυτών σε ακτινοβολία δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι πολύ σημαντικές πληροφορίες που λαμβάνονται με τις τεχνικές της πυρηνικής ιατρικής δε θα ήταν δυνατό να ληφθούν με οποιοδήποτε άλλο τρόπο.

Όρια ακτινοβολίας στην ιατρική αυτή πράξη δεν υπάρχουν, ενώ η στάθμιση μεταξύ προσδοκώμενου οφέλους και επαπειλούμενου κινδύνου αποφασίζεται κατά περίπτωση από κοινού από τον ιατρό και τον ασθενή. Όλες οι τεχνικές της πυρηνικής ιατρικής αποβλέπουν στη διάγνωση ή στη θεραπεία. Η ακτινοβολία προέρχεται είτε από μία εξωτερική πηγή (πηγή ηλεκτρονίων μεγάλης ενέργειας ή πηγή ακτινοβολίας-γ), είτε από μια εσωτερική πηγή (χορήγηση ραδιοφαρμάκων).

Το ραδιοφάρμακο το οποίο χορηγείται θα πρέπει να παραμένει στο συγκεκριμένο όργανο του σώματος το ελάχιστο χρονικό διάστημα, ώστε να εκπληρώσει το σκοπό του. Ο αποτελεσματικός χρόνος για ένα ραδιοφάρμακο εξαρτάται τόσο από το βιολογικό όσο και από το φυσικό χρόνο υποδιπλασιασμού του. Σαν βιολογικός χρόνος υποδιπλασιασμού ορίζεται το χρονικό διάστημα για το οποίο ένα φάρμακο παραμένει στον οργανισμό πριν απενεργοποιηθεί μέσω μεταβολικών διεργασιών ή απεκκριθεί. Δεδομένου ότι οι φυσικοί χρόνοι υποδιπλασιασμού των ραδιονουκλιδίων τα οποία χρησιμοποιούνται στην πυρηνική ιατρική είναι γνωστοί, αυτό το οποίο μελετάται από την πυρηνική ιατρική είναι η βιολογική συμπεριφορά του ιχνηθέτη στον οργανισμό. Άλλος ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι το είδος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Η επιλογή του συγκεκριμένου ραδιονουκλιδίου καθορίζεται από το είδος της ακτινοβολίας που εκπέμπει. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες το ζητούμενο είναι η διάγνωση, ο σκοπός του ραδιοφαρμάκου είναι η απεικόνιση των βιολογικών δομών. Για να επιτευχθεί η απεικόνιση αυτή απαιτείται ακτινοβολία αρκετά διεισδυτική, ώστε αφού πρώτα διαπεράσει τον ασθενή, να φτάσει στον ανιχνευτή αλληλοεπιδρώντας, όσο το δυνατόν λιγότερο με τους ιστούς του, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η δόση που απορροφάται τελικά. Για το λόγο αυτό, τα προτιμότερα ραδιονουκλίδια είναι εκείνα, τα οποία εκπέμπουν μόνο ακτινοβολία-γ ή -Χ, χωρίς σωματιδιακή ακτινοβολία. Τέτοιου είδους είναι τα ραδιονουκλίδια τα οποία διασπώνται με σύλληψη ηλεκτρονίου ή ισομερή μετάπτωση.

Τα ραδιονουκλίδια τα οποία χρησιμεύουν στην απεικόνιση, έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά που χρησιμοποιούνται για θεραπεία. Η ραδιοθεραπεία θέτει ως στόχο της την καταστροφή του προσβεβλημένου ιστού, η οποία επιτυγχάνεται με ιονισμό και παραγωγή ελευθέρων ριζών από την ακτινοβολία.

Έτσι, προτιμώνται ακτινοβολίες υψηλού ειδικού ιονισμού και μικρής, καλά προσδιοριζόμενης εμβέλειας, διότι έτσι προκαλείται τοπική καταστροφή του ιστού σε μικρή αλλά συγκεκριμένη περιοχή. Καταλληλότερα ραδιονουκλίδια για θεραπευτικούς σκοπούς είναι αυτά τα οποία εκπέμπουν ακτινοβολία-α, χαμηλής ενέργειας ακτινοβολία-β, ή ηλεκτρόνια Auger.

Σήμερα, δέσμες ηλεκτρονίων ή ακτινών-Χ χρησιμοποιούνται ως εξωτερικές πηγές ακτινοβολίας. Οι συγκεκριμένες ακτινοβολίες παράγονται από μικρούς γραμμικούς επιταχυντές. Ηλεκτρόνια ενέργειας 4-15 MeV χρησιμοποιούνται στη θεραπεία επιφανειακών καρκίνων (περιπτώσεις δέρματος, λαιμού, κεφαλής, μαστού). Όταν απαιτείται μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα, τότε χρησιμοποιείται ακτινοβολία-γ από μια κλειστή πηγή κάποιου ραδιονουκλιδίου, όπως είναι το ^{60}Co , το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρέως για το σκοπό αυτό, αλλά σήμερα έχει αντικατασταθεί από το ^{137}Cs .

Στις περιπτώσεις όπου το ζητούμενο είναι μια πιο εξειδικευμένη ακτινοβολή της προς καταστροφή περιοχής, είναι δυνατό να εμφυτευθεί ένας «κόκκος» ή μια «βελόνα» ραδιενεργού υλικού. Τα πιο συνηθισμένα εμφυτεύματα για το σκοπό αυτό είναι αυτά από ^{198}Au και ^{125}I .

2.2 Χρόνος ημίσειας ζωής ραδιενεργών στοιχείων

Η ταχύτητα διάσπασης ενός ραδιενεργού στοιχείου εκφράζεται μέσω του χρόνου υποδιπλασιασμού, ή ημίσειας ζωής, ($t_{1/2}$), που ορίζεται ως «ο χρόνος, ο οποίος απαιτείται, για να διασπαστεί η μισή από την αρχική ποσότητα του ραδιενεργού υλικού» [10].

Εκφράζει τη σταθερότητα μιας ραδιενεργού ουσίας, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του, τόσο σταθερότερος είναι ο πυρήνας αυτής. Τα ραδιενεργά απόβλητα, όπως άλλωστε και κάθε ραδιενεργό υλικό, απομειώνονται βάσει του χρόνου ημίσειας ζωής του κάθε ισότοπου το οποίο εμπεριέχουν. Κάθε ισότοπο έχει το χαρακτηριστικό του χρόνο ημίσειας ζωής, ο οποίος μπορεί να είναι από πολύ μικρός, π.χ. 12 δευτερόλεπτα για το βάριο (^{143}Ba), μέχρι πολύ μεγάλος, π.χ. 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια για το ουράνιο (^{238}U). Έτσι, κάποια ραδιενεργά απόβλητα - δεν «πεθαίνουν» ποτέ και απαιτούν μακρόχρονη και προσεκτική διαχείριση σε ειδικές μονάδες, ενώ για κάποια άλλα - τα βραχύβια - αρκεί μια απλή, επιτόπια διαχείριση.

2.3 Διαγνωστικά Ραδιοφαρμακευτικά Σκευάσματα

Ένα ραδιοϊσότοπο που χρησιμοποιείται για τη διάγνωση πρέπει να εκπέμπει ακτίνες-επαρκούς ενέργειας για εκπομπή από το σώμα και πρέπει να έχει ένα χρόνο ημίσειας ζωής αρκετά σύντομο ώστε να αποσυντεθεί σύντομα μετά την ολοκλήρωση της απεικόνισης. Το ραδιοϊσότοπο που χρησιμοποιείται ευρύτερα στην ιατρική είναι το Tc-99, το οποίο χρησιμοποιείται σε περίπου 80% όλων των διαδικασιών πυρηνικής ιατρικής. Είναι ένα ισότοπο του τεχνητίου που παράγεται τεχνητά και έχει σχεδόν ιδανικά χαρακτηριστικά για μια πυρηνική ιατρική σάρωση, όπως με το SPECT.

Αυτά είναι [11]:

- Έχει χρόνο ημίσειας ζωής έξι ωρών, ο οποίος είναι αρκετά μακρύς για να εξετάσει τις μεταβολικές διεργασίες, αλλά είναι αρκετά μικρό για να ελαχιστοποιήσει τη δόση ακτινοβολίας στον ασθενή.
- Διασπάται από μια «ισομερή» διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει την εκπομπή ακτινών- γ και ηλεκτρονίων χαμηλής ενέργειας. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει εκπομπή β , υψηλής ενέργειας, η δόση ακτινοβολίας στον ασθενή είναι χαμηλή. Οι ακτίνες- γ χαμηλής ενέργειας που εκπέμπει διαφεύγουν εύκολα από το ανθρώπινο σώμα και ανιχνεύονται με ακρίβεια από μια γ -κάμερα.
- Η χημεία του τεχνητίου είναι τόσο ευπροσάρμοστη ώστε μπορεί να σχηματίσει ιχνηθέτες ενσωματώνοντας μια σειρά βιολογικά ενεργών ουσιών που εξασφαλίζουν ότι συμπυκνώνεται στον ιστό ή το όργανο που ενδιαφέρει.

2.4 Φαρμακευτικές μορφές ραδιονουκλιδίων

Οι κυριότερες μορφές των ιατροφαρμακευτικών ραδιονουκλιδίων είναι συνοπτικά οι παρακάτω:

- Ραδιονουκλίδια παραγόμενα στον αντιδραστήρα.

- Ραδιονουκλίδια παραγόμενα στο κυκλοτρόνιο τα οποία παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι εκείνων που παράγονται στον αντιδραστήρα. Είναι βραχύβια και ως εκ τούτου ελαττώνεται σημαντικά η δόση που λαμβάνει ο ασθενής.

2.5 Διάκριση ραδιοφαρμάκων ως ραδιενεργά απόβλητα.

Πάνω από 40 εκατομμύρια διαδικασίες πυρηνικής ιατρικής εκτελούνται κάθε χρόνο παγκοσμίως και η ζήτηση ραδιοϊσοτόπων αυξάνεται έως και 5% ετησίως. Η αποστείρωση του ιατρικού εξοπλισμού αποτελεί επίσης σημαντική χρήση ραδιοϊσοτόπων. Περίπου ένα άτομο στα 50 χρησιμοποιεί διαγνωστικό ραδιοφάρμακο κάθε χρόνο. Περίπου το 50% των νοσοκομείων χρησιμοποιούν ραδιοϊσότοπα στην ιατρική και περίπου το 90% των περιπτώσεων είναι για διάγνωση.

Ραδιενεργά ιατρικά απόβλητα παράγονται μόνο στα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής, όπου αυτά υπάρχουν. Λέγοντας ραδιενεργό κατάλοιπο-απόβλητο, εννοούμε: **«κάθε υλικό που έχει ρυπανθεί ή περιέχει ένα ή περισσότερα ραδιοϊσότοπα, των οποίων η τιμή της εκπεμπόμενης ραδιενέργειας δεν είναι αμελητέα και τα οποία θεβαίως δεν προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω»** [3].

Τα ραδιενεργά απόβλητα ταξινομούνται, με σειρά αυξανόμενης επικινδυνότητας, σε:

Πολύ βραχύβια απόβλητα (Very Short Level Waste, VSLW).

Πολύ χαμηλού επιπέδου απόβλητα (Very Low Level Waste, VLLW).

Αυτά τα είδη αποβλήτων είναι ραδιενεργά απόβλητα που περιέχουν ραδιενεργά υλικά και δεν είναι επιβλαβή για τους ανθρώπους και το περιβάλλον. Διατίθενται με τα οικιακά απορρίμματα.

Χαμηλού επιπέδου απόβλητα (Low Level Waste, LLW).

Αυτός ο τύπος ραδιενεργών αποβλήτων περιέχει μικρές ποσότητες ραδιενέργειας που είναι κυρίως βραχύβια ραδιενέργεια. Τα υλικά που περιλαμβάνουν χαμηλή ραδιενέργεια είναι ρούχα, εργαλεία, χαρτί και φίλτρα. Κατά το χειρισμό και τη μεταφορά του LLW δεν απαιτείται η χρήση θωράκισης. Τα LLW επιτρέπεται να θαφτούν σε ρηχή γη, αλλά συνήθως συμπιέζονται ή αποτεφρώνονται πριν από τη διάθεση.

Μετρίου επιπέδου απόβλητα (intermediate Level Waste, ILW).

Αυτή η ομάδα αποβλήτων έχει υψηλότερες ποσότητες ραδιενέργειας και ορισμένοι από αυτούς χρειάζονται θωράκιση, συνήθως μόλυβδου, σκυροδέματος ή νερού. Ορισμένα μικρά αντικείμενα ILW μπορεί να στερεοποιηθούν σε σκυρόδεμα ή πίσσα για απόρριψη. Συνήθως δεν απαντώνται σε ιατρικές εφαρμογές.

Υψηλού επιπέδου απόβλητα (High Level Waste, HLW).

Χαρακτηρίζονται ως το πλέον επιβλαβές είδος ραδιενεργών αποβλήτων, είναι πολύ ραδιενεργά και υψηλής θερμοκρασίας επομένως χρειάζονται ψύξη και θωράκιση ωστόσο, τέτοια ραδιονουκλίδια δε βρίσκουν εφαρμογές στην ιατρική.

Τα ιατρικά ραδιενεργά απόβλητα που παράγονται στην Ελλάδα προκύπτουν από πλείστους ιατρικούς τομείς, και είναι στην πλειονότητά τους πολύ βραχύβια (VSLW), πολύ χαμηλού επιπέδου (VLLW) ή χαμηλού επιπέδου (LLW), τα οποία μετά από μία επιτόπια βραχυπρόθεσμη διαχείριση, απομειώνονται κάτω από τα όρια αποδέσμευσης με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η αποδέσμευσή τους στο περιβάλλον. Ένα εργαστήριο πυρηνικής ιατρικής πριν χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε ραδιονουκλίδιο, λαμβάνει υπόψη το κρίσιμο επίπεδο περιορισμού για την ενεργό δόση την οποία επιτρέπεται να δεχτούν άτομα του πληθυσμού και το οποίο είναι της τάξης των 10 μSv την ώρα. Ο μεγαλύτερος όγκος ραδιενεργών αποβλήτων, προέρχεται από τα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής των νοσοκομείων,

για τη διεξαγωγή διαγνωστικών εξετάσεων in vivo (σπινθηρογραφημάτων) ή θεραπειών και είναι ραδιοφάρμακα χορηγούμενα ενδοφλεβίως, με κατάποση ή με εισπνοή στους νοσηλευόμενους. Αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούνται στην προετοιμασία και χορήγηση ραδιοφαρμάκων, εκκρίματα, αλλά και υπολείμματα σίτισης των ασθενών συνιστούν ραδιενεργά νοσοκομειακά απόβλητα.

Νοσοκομειακά ραδιενεργά απόβλητα προκύπτουν επίσης:

- Από κλινικές νοσηλείας, όπου υπάρχουν ασθενείς που υπεβλήθησαν σε διάγνωση ή θεραπεία με ραδιοφάρμακα.
- Από εργαστήρια βραχυθεραπείας, όπου χρησιμοποιούνται ραδιενεργά εμφυτεύματα (seeds) ιωδίου-125 (^{125}I).
- Τα ακτινολογικά εργαστήρια **δεν παράγουν** ραδιενεργά απόβλητα!

3. Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία περί Ραδιενεργών Αποβλήτων

Τα ραδιενεργά νοσοκομειακά απόβλητα εντάσσονται στην κατηγορία των επικίνδυνων και χρήζουν, επομένως, άμεσης διαχείρισης και επεξεργασίας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, τα τελευταία χρόνια, έχει ευαισθητοποιηθεί πολύ σε θέματα που άπτονται των επικίνδυνων αποβλήτων και αυτό γίνεται αντιληπτό από την έκδοση συνεχώς νέων αποφάσεων σχετικές με την ορθή διαχείριση αυτών. Στην συνέχεια παρουσιάζεται το κοινοτικό και το νομοθετικό πλαίσιο των επικίνδυνων - νοσοκομειακών αποβλήτων. Ειδικότερα θα γίνει μια περιγραφή και ανάλυση των Κοινοτικών Αποφάσεων, Κανονισμών και Οδηγιών οι οποίες σχετίζονται με τα απόβλητα [3] [12] [13].

3.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία - Ευρωπαϊκή Κοινότητα Ατομικής Ενέργειας

Με την υπογραφή της συνθήκης της Ρώμης στις 25 Μαρτίου 1957 ιδρύθηκε η Ευρωπαϊκή Κοινότητα Ατομικής Ενέργειας (ΕΥΡΑΤΟΜ) με απώτερο στόχο το να τεθεί υπό κοινή εποπτεία και διαχείριση η παραγωγή και διάθεση της ατομικής ενέργειας. Η σύμβαση των Βρυξελλών, το 1967 επέφερε τη συγχώνευση των οργάνων της ΕΥΡΑΤΟΜ με τα αντίστοιχα της ΕΟΚ (Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα) και της ΕΚΑΧ (Ευρωπαϊκής Κοινότητας Άνθρακα και Χάλυβα), με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν οι ονομαζόμενες Ευρωπαϊκές Κοινότητες. Η ΕΥΡΑΤΟΜ και η Ε.Ο.Κ., αποτελούν μέχρι και σήμερα ακρογωνιαίους λίθους της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στόχος της ΕΥΡΑΤΟΜ είναι να δημιουργηθεί μια κοινή αγορά ατομικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αναπτύσσοντας την παραγωγή της ατομικής ενέργειας στα κράτη μέλη, έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν οι όποιες ανάγκες σε ενέργεια, ενώ το πλεόνασμα να μπορεί να εξαχθεί εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η διαδικασία αυτή θα τελεί υπό κοινή εποπτεία.

3.2 Οδηγία του Συμβουλίου περί των Επικίνδυνων Αποβλήτων (78/319/ΕΟΚ)

Γίνεται σαφές ότι η διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων από τα Κράτη Μέλη οφείλει να είναι τέτοια ώστε:

- Να μην υπάρξει κίνδυνος για το έδαφος, το νερό, τον αέρα, αλλά και την χλωρίδα και πανίδα ενός οικοσυστήματος.
- Να μην δημιουργηθούν οχληρές συνέπειες εξαιτίας θορύβου ή οσμών.
- Να μην καταστρέφονται χώροι και η γενικότερη εικόνα του τοπίου.

Παράλληλα, τα Κράτη Μέλη θα πρέπει να απαγορεύουν την ανεξέλεγκτη μεταφορά, απόρριψη και διάθεση των ραδιενεργών νοσοκομειακών αποβλήτων, καθώς και την αποστολή τους σε εγκαταστάσεις στις οποίες δεν έχει χορηγηθεί η απαιτούμενη άδεια διαχείρισης από τις αρμόδιες Αρχές. Η παρούσα οδηγία αναφέρει επίσης την υποχρέωση των Κρατών Μελών να υποδεικνύουν στις αρμόδιες Αρχές στις οποίες ανατίθενται, εντός καθορισμένης περιοχής ευθύνης, την κατάστρωση σχεδίων, την οργάνωση, τη παροχή άδειας και την εποπτεία των εργασιών διάθεσης των αποβλήτων αυτών. Επίσης, τίθεται σαφώς η υποχρέωση των Κρατών Μελών να λάβουν τα απαιτούμενα μέτρα ώστε να ικανοποιούνται τα ακόλουθα σημεία:

- Ξεχωριστή συλλογή και συγκέντρωση των επικίνδυνων αποβλήτων από τα υπόλοιπα υλικά κατά τα στάδια της μεταφοράς αποθήκευσης και διάθεσής τους.
- Να επισημαίνεται κατάλληλα η συσκευασία των επικίνδυνων αποβλήτων.
- Να καταγράφεται η ταυτότητα των επικίνδυνων αποβλήτων.

Αναφέρεται επίσης ότι οιοσδήποτε πρόκειται να διαχειριστεί επικίνδυνα απόβλητα οφείλει να λάβει κατάλληλη άδεια, καθορισμένης διάρκειας, από τις αρμόδιες Αρχές. Αν δεν διαθέτει κατάλληλη άδεια θα πρέπει να αναθέτει τη διαχείριση των αποβλήτων αυτών σε επιχειρήσεις οι οποίες διαθέτουν. Στην άδεια αυτή θα πρέπει να αναφέρονται στοιχεία όπως:

- Τα είδη και οι ποσότητες των επικίνδυνων αποβλήτων
- Οι τεχνικές προδιαγραφές
- Οι προφυλάξεις που απαιτούνται
- Ο χώρος διάθεσης
- Οι μέθοδοι διάθεσης

Η παρούσα οδηγία τονίζει ότι σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» το κόστος διάθεσης των επικίνδυνων αποβλήτων επιβαρύνει τον κάτοχο ή τον παραγωγό αυτών.

3.3 Οδηγία του Συμβουλίου περί Επικινδύνων Ραδιενεργών Αποβλήτων (91/689/ΕΟΚ)

Αντικείμενο της παρούσας οδηγίας είναι η εναρμόνιση της νομοθεσίας των Κρατών Μελών σε σχέση με την εποπτευόμενη διαχείριση των επικίνδυνων ραδιενεργών αποβλήτων. Με την 91/689/ΕΟΚ, αντικαθίσταται η 78/319/ΕΟΚ, αφού τροποποιούνται ορισμένοι κανόνες της. Οι ίδιοι γενικοί όροι οι οποίοι ισχύουν για την διαχείριση των στερεών αποβλήτων και καθορίζονται από την οδηγία 75/442/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία 91/156/ΕΟΚ, ισχύουν ως έχουν και για τη διαχείριση των ραδιενεργών νοσοκομειακών αποβλήτων. Βέβαια, η ορθή διαχείριση αυτών απαιτεί επιπρόσθετους κανόνες, οι οποίοι, προφανώς, θα είναι πιο αυστηροί, έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η ιδιαιτερότητα της φύσης τους.

Στην οδηγία 91/689/ΕΟΚ, γίνεται ειδική αναφορά στην απόφαση 94/904/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την δημιουργία καταλόγου επικίνδυνων αποβλήτων. Ως “επικίνδυνα απόβλητα” ορίζονται τα απόβλητα τα οποία περιλαμβάνονται σε κατάλογο ο οποίος συντάσσεται σύμφωνα με το άρθρο 18 της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ. Στον κατάλογο αυτόν, ο οποίος θα είναι αναθεωρήσιμος, θα λαμβάνονται υπόψη εκτός της προέλευσης, η σύνθεση και οι οριακές τιμές συγκέντρωσης των αποβλήτων. Στην οδηγία 91/689/ΕΟΚ, απαίτηση από τα Κράτη Μέλη είναι να καταγραφούν και να αναγνωριστούν τα σημεία απόρριψης των ραδιενεργών αποβλήτων. Οι φορείς που είναι επιφορτισμένοι με τη διάθεση, αξιοποίηση, συλλογή ή μεταφορά επικίνδυνων (και κατ’ επέκταση και ραδιενεργών) αποβλήτων, οφείλουν να μην αναμειγνύουν τα επικίνδυνα με μη επικίνδυνα απόβλητα. Τις εγκαταστάσεις ή επιχειρήσεις οι οποίες είναι επιφορτισμένες με τη συλλογή ή/και μεταφορά και διαθέτουν επικίνδυνα ραδιενεργά απόβλητα για λογαριασμό τρίτων, θα ελέγχουν περιοδικά οι αρμόδιες αρχές. Επίσης, οι Μονάδες Υγείας οφείλουν να τηρούν μητρώο, επί τρία έτη, στο οποίο να αναγράφονται η ποσότητα, η φύση, η προέλευση, ο προορισμός, η συχνότητα συλλογής, το μέσο μεταφοράς και ο τρόπος επεξεργασίας των αποβλήτων.

Τις πληροφορίες αυτές θα κοινοποιούν, όποτε αυτό ζητηθεί, στις αρμόδιες αρχές. Κατά τη διαδικασία συλλογής, μεταφοράς και προσωρινής αποθήκευσης, τα επικίνδυνα απόβλητα πρέπει να είναι συσκευασμένα και επισήμασμένα κατάλληλα, σύμφωνα με την ισχύουσα διεθνή νομοθεσία. Απαίτηση της παρούσας οδηγίας είναι η σύνταξη ενός σχεδίου διαχείρισης των επικίνδυνων ραδιενεργών αποβλήτων εκ μέρους των αρμοδίων αρχών, το οποίο και να δημοσιεύσουν. Τα σχέδια αυτά αφορούν στον τύπο, στην ποσότητα και στην προέλευση των αποβλήτων, στις γενικές τεχνικές προδιαγραφές, στις ειδικές διατάξεις συγκεκριμένων τύπων αποβλήτων και στις κατάλληλες τοποθεσίες ή εγκαταστάσεις διάθεσης αυτών. Επίσης μπορούν να συμπεριλάβουν την εκτίμηση του συνόλου του κόστους των εργασιών αξιοποίησης και διάθεσης, καθώς επίσης και τα απαραίτητα μέτρα ενθάρρυνσης της άρτιας οργάνωσης της συλλογής, διαλογής και επεξεργασίας.

Το σχέδιο δράσης, αναφορικά με τον έλεγχο της συλλογής και μεταφοράς των επικίνδυνων αποβλήτων, αφορά ιδίως την προέλευση και τον προορισμό τους. Μεταφορές αποβλήτων που αντιβαίνουν τα σχέδια διαχείρισης μπορούν να εμποδιστούν από τις αρμόδιες αρχές. Προσωρινές παρεκκλίσεις από την παρούσα οδηγία είναι δυνατές μόνο σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή σοβαρού κινδύνου, όπου τα Κράτη Μέλη δεσμεύονται ως προς τη λήψη όλων των αναγκαίων μέτρων, ούτως ώστε τα ραδιενεργά κατάλοιπα να μη βλάπτουν τη δημόσια υγεία ή το περιβάλλον. Οι όποιες παρεκκλίσεις θα πρέπει να αναφέρονται στην Επιτροπή.

Τέλος, τα Κράτη Μέλη οφείλουν να διαβιβάσουν στην Επιτροπή, για κάθε φορέα ή επιχείρηση που έχει εξουσιοδοτηθεί να αναλάβει τη διαχείριση αυτού του είδους των επικίνδυνων αποβλήτων, πληροφορίες σχετικές με τον τρόπο επεξεργασίας, τον τύπο και την ποσότητα των αποβλήτων τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν περεταίρω. Ενδεχόμενες μεταβολές πρέπει να αναφέρονται στην Επιτροπή σε ετήσια βάση.

3.4 Ελληνική Νομοθεσία

Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια δίνει όλο και περισσότερη σημασία στα θέματα που αφορούν στα απόβλητα των νοσοκομείων και γενικότερα στα επικίνδυνα ραδιενεργά απόβλητα. Το 1964 θεσπίζεται η πρώτη Υγειονομική Διάταξη Ε1β/301 «περί συλλογής, αποκομιδής και διάθεσης απορριμμάτων», η οποία αναφέρει ότι τα ραδιενεργά απορρίμματα των νοσοκομειακών ιδρυμάτων ή κλινικών απαγορεύεται ρητώς να διατίθενται απευθείας για ταφή ή καύση. Στην συνέχεια, παρουσιάζεται το νομοθετικό πλαίσιο το οποίο αφορά στη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.

Το νομοθετικό πλαίσιο είναι το εξής:

- ΚΥΑ 72751/3054/85: «Περί ραδιενεργών αποβλήτων» ορίζει ότι: αρμόδιος για τη διαχείριση των τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων είναι ο παραγωγός τους, ενώ ο εθνικός σχεδιασμός καταρτίζεται από το Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.
- ΚΥΑ 90461/2193/94: Παρουσιάζει περιορισμούς και μέτρα για την εξασφάλιση της προστασίας του υδροφόρου ορίζοντα και κατάρτιση πινάκων με τις οριακές τιμές των επικίνδυνων ραδιενεργών ουσιών στα υγρά απόβλητα.
- ΚΥΑ 73537/1438/95: «Περί ακτινοπροστασίας» έχει σκοπό να διατηρήσει τις δόσεις ακτινοβολίας που παράγονται από τα ιατρικά εργαστήρια σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα.
- ΚΥΑ 19396/1546/97: Το 1999 η Υ.Α. «Μέτρα και όροι τα οποία προλαμβάνουν και περιορίζουν την περιβαλλοντική ρύπανση εξαιτίας της αποτέφρωσης επικίνδυνων ραδιενεργών αποβλήτων». Στόχος της είναι ο καθορισμός των οριακών τιμών εκπομπής από τις μονάδες αποτέφρωσης και η τήρηση βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας αυτών, ώστε να προλαμβάνονται οι όποιες αρνητικές επιπτώσεις τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο.

3.5 Η εθνική στρατηγική Άρθρο 11 του Π.Δ.122/2013 « Περί εθνικού προγράμματος διαχείρισης»

Το εθνικό πλαίσιο διαχείρισης ραδιενεργών νοσοκομειακών αποβλήτων, είναι εναρμονισμένο με την ευρωπαϊκή Οδηγία 2011/70/Ευρατόμ του Συμβουλίου της 19^{ης} Ιουλίου 2011 η οποία αφορά στη θέσπιση ενός κοινοτικού πλαισίου για την ασφαλή διαχείριση αυτών. Η εν λόγω Οδηγία ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία με την έκδοση του Π.Δ. 122, ΦΕΚ 177/ Α/12.08.2013 και του Π.Δ. 91, ΦΕΚ 130/Α/01.09.2017.

Στην Ελλάδα, τα θεμελιώδη σημεία της εθνικής πολιτικής είναι τα ακόλουθα:

- Η διάθεση (και εννοούμε τη μόνιμη και οριστική εναπόθεση, χωρίς πρόθεση επανάκτησης) ραδιενεργών αποβλήτων επιτρέπεται μόνο σε περιπτώσεις αποβλήτων, τα οποία παράγονται εντός της χώρας και λαμβάνει χώρα σε κατάλληλη μονάδα διάθεσης εντός της χώρας. Σε περίπτωση μη ύπαρξης τέτοιας μονάδας, εφαρμόζεται η προσωρινή αποθήκευση.
- Όποιος παράγει ραδιενεργά απόβλητα είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τη διαχείρισή τους.
- Δεν επιτρέπεται η εισαγωγή ραδιενεργών αποβλήτων στη χώρα με οποιοδήποτε τρόπο και για οποιοδήποτε σκοπό.
- Κατά την εισαγωγή κλειστών ραδιενεργών πηγών ο κάτοχός τους δεσμεύεται, μετά το πέρας της χρήσης τους, να προβεί σε επιστροφή αυτών στον παραγωγό τους ή σε εγκεκριμένη μονάδα διαχείρισης του εξωτερικού (back-endsolution),
- Εφαρμόζονται αποδεκτές επιστημονικά και τεχνικά τεκμηριωμένες λύσεις και τεχνικές ως προς τη διαχείριση.
- Η μόνιμη αποθήκευση ραδιενεργών υλικών και αποβλήτων δεν αποτελεί τελικό διαχειριστικό σενάριο, ο δε μέγιστος χρόνος φύλαξης δε μπορεί να υπερβαίνει τα 100 χρόνια σε εγκεκριμένη ειδική εγκατάσταση διαχείρισης ραδιενεργών αποβλήτων και 10 χρόνια σε εγκεκριμένους χώρους εντός της εγκατάστασης όπου παρήχθησαν.

- Σε περιοδική βάση (συνήθως δεκαετή) προκηρύσσεται πρόγραμμα απόσυρσης σφραγισμένων ραδιενεργών πηγών και άλλων ραδιενεργών υλικών, με στόχο την προώθησή τους για περαιτέρω διαχείριση, σε κατάλληλες μονάδες του εξωτερικού, πριν αυτά καταστούν ραδιενεργά απόβλητα.

3.6 Νομοθεσία που διέπει τα διαγνωστικά και θεραπευτικά Εργαστήρια Πυρηνικής Ιατρικής (Φ.Ε.Κ. 216 / 06 Μαρτίου 2001)

Πεδίο εφαρμογής

Καθορίζονται τα μέτρα προστασίας από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε εργαστήρια ραδιονουκλιδίων των ΜΥ.

Κατηγορίες πυρηνικών εργαστηρίων

Τα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες (Πίνακας 4)

Πίνακας: 4. Κατηγορίες εργαστηρίων πυρηνικής ιατρικής

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ		
	IN VITRO*	IN VIVO	ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ
A-1	+		
A-2	+	+	
A-3 **	+	+	+

*Οι εφαρμογές in vitro δεν είναι υποχρεωτικές για τα εργαστήρια A-2 και A-3.

**Το εργαστήριο πυρηνικής ιατρικής του Αντικαρκινικού Νοσοκομείου Θεαγένειο στο οποίο διεξάγεται η παρούσα μελέτη μας είναι κατηγορίας A-3.

Ο υπεύθυνος του εργαστηρίου μαζί με τον Ακτινοφυσικό είναι οι κατά νόμο υπεύθυνοι για τη διασφάλιση του ορθού τρόπου διαχείρισης των πηγών και των ραδιενεργών καταλοίπων, καθώς και για την τήρηση των σχετικών αρχείων.

Παρακάτω θα αναπτυχθεί η νομοθεσία η οποία αφορά στα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής κατηγορίας A-3 (Φ.Ε.Κ. 216/2001/παρ.4.6.1), μιας και το εργαστήριο του Αντικαρκινικού Νοσοκομείου Θεαγένειο στο οποίο διεξάγεται η παρούσα μελέτη είναι αυτής της κατηγορίας.

Εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής κατηγορίας A-3

Στην κατηγορία A-3 εντάσσονται τα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής στα οποία γίνεται χρήση ραδιοϊσοτόπων τόσο για διαγνωστικούς όσο και για θεραπευτικούς σκοπούς. Η στέγαση εργαστηρίων A-3 επιτρέπεται μόνο σε νοσοκομεία και κλινικές.

Χωροταξικές απαιτήσεις

Σημαντικές χωροταξικές απαιτήσεις για τα εν λόγω εργαστήρια είναι οι εξής:

- Ύπαρξη ενός τουλάχιστον θαλάμου για την απομόνωση των ασθενών μετά τη χορήγηση ραδιονουκλιδίων.
- Χώρος για την αποθήκευση των στερεών ραδιενεργών καταλοίπων από την παραμονή των ασθενών.
- Η ύπαρξη χώρου για τη φύλαξη ραδιομολυσμένου ιματισμού και προσωπικών αντικειμένων των ασθενών.
- Αποκλειστική τουαλέτα με δυνατότητα συνεχούς παροχής νερού.

3.7 Νομοθεσία που διέπει την ύπαρξη δεξαμενών συλλογής ραδιενεργών καταλοίπων (Φ.Ε.Κ. 947/26 Μαΐου 2015)

Άρθρο 1

Στην παρούσα απόφαση παρέχονται διευκρινήσεις για τη διαχείριση και διάθεση ραδιενεργών καταλοίπων από τα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής και καθορίζεται το περιοριστικό επίπεδο δόσης (ΠΕΔ) για τους εργαζόμενους, των οποίων τα απόβλητα θα καταλήξουν στο αποχετευτικό δίκτυο και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Άρθρο 2

Η παρούσα απόφαση εφαρμόζεται στα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής.

Άρθρο 3

- Η ύπαρξη εγκατάστασης δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών επιβάλλεται σε περίπτωση που η ενεργός δόση στα άτομα του πληθυσμού υπερβαίνει το περιοριστικό επίπεδο δόσης των 10 μSv ανά έτος, όπως ορίζεται στην παράγραφο 1.1.3.β των ΚΑ.
- Η ΕΕΑΕ εξετάζει και εγκρίνει κατά περίπτωση την αναγκαιότητα εγκατάστασης δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών της παραγράφου 1 του παρόντος.
- Σε ότι αφορά στα υγρά ραδιενεργά κατάλοιπα:
 - ❖ Ο υπολογισμός των ημερησίων ορίων απόρριψης, υπό τη μορφή υγρών ραδιενεργών καταλοίπων σε δημόσιο σύστημα διάθεσης λυμάτων, όπως ορίζονται στον πίνακα 6.1 των ΚΑ, εφαρμόζεται στις περιπτώσεις ελεγχόμενης απόρριψης ραδιενεργών ουσιών, όπως ενδεικτικά στην απόρριψη λυμάτων μέσω των δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών, στην απόρριψη υγρών ραδιενεργών υπολειμμάτων μέσω του νιπτήρα αποκλειστικής χρήσης του εργαστηρίου, κα. Τα εκκρίματα των ασθενών απορρίπτονται απευθείας στο δημόσιο σύστημα διάθεσης λυμάτων.
 - ❖ Ειδικά επίπεδα αποδέσμευσης υγρών ραδιενεργών καταλοίπων καθορίζονται κατά περίπτωση από την ΕΕΑΕ.
- Σε ότι αφορά στα στερεά ραδιενεργά κατάλοιπα, τα επίπεδα αποδέσμευσης για την απόρριψη ραδιενεργών καταλοίπων, εφαρμόζονται στην άνευ όρων αποδέσμευση στο περιβάλλον ποσοτήτων στερεών ραδιενεργών καταλοίπων από αδειοδοτημένες πρακτικές.

Άρθρο 4

Εγκατάσταση δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών στα εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής κατηγορίας Α-3.

Για την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας εγκατάστασης και χρήσης συστήματος δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών, ο υπεύθυνος ακτινοπροστασίας του εργαστηρίου εκπονεί σχετική μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη, τις τοπικές

συνθήκες, καθώς και, το περιοριστικό επίπεδο δόσης των 10 μSv ανά έτος, για τα άτομα του πληθυσμού από το σύνολο των απελευθερώσεων των ραδιενεργών ουσιών στο περιβάλλον, καθώς και το ΠΕΔ των 100 μSv ανά έτος για το αναφερόμενο στο άρθρο 4 προσωπικό.

Σε ΜΥ όπου πρόκειται να λειτουργήσουν εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής, κατηγορίας Α-3, απαιτείται πρόβλεψη εγκατάστασης συστήματος δεξαμενών συλλογής εκκρίματων ασθενών, σε περίπτωση πιθανής υπέρβασης των ΠΕΔ στην περιοχή λειτουργίας του εργαστηρίου.

3.8 Διαχείριση και Διάθεση Ραδιενεργών Καταλοίπων (Φ.Ε.Κ. 216/6 Μαρτίου 2001)

Απόρριψη Εκκρίματων Ασθενών σε Εργαστήρια κατηγορίας Α-3

- «Η απόρριψη των εκκρίματων των ασθενών πρέπει να γίνεται μέσω κατάλληλου αποχετευτικού συστήματος ραδιενεργών καταλοίπων ανεξάρτητου από το υπόλοιπο αποχετευτικό δίκτυο του κτιρίου.
- Σε εργαστήρια κατηγορίας Α-3 είναι δυνατόν να απαιτηθεί από την ΕΕΑΕ η εγκατάσταση δεξαμενής συλλογής των εκκρίματων των ασθενών στους οποίους χορηγήθηκαν θεραπευτικές δόσεις ραδιονουκλιδίων, όπου θα παραμένουν τα ραδιενεργά λύματα για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα ώστε να μειώνεται όσο είναι πρακτικά δυνατό η ραδιενέργειά τους».

Χρόνος Διαχείρισης και Διάθεσης Ραδιενεργών Καταλοίπων

«Ο κανονισμός αυτός πραγματεύεται θέματα τα οποία προκύπτουν από τη φύλαξη, διαχείριση, διάθεση και απόρριψη ραδιενεργών αποβλήτων.

Ραδιενεργά κατάλοιπα για τον παρόντα κανονισμό θεωρούνται όλα τα υλικά τα οποία έχουν ρυπανθεί από ένα ή περισσότερα ραδιοϊσότοπα των οποίων η ραδιενέργεια ή η συγκέντρωση δε μπορεί να αγνοηθεί από άποψη ακτινοπροστασίας και για τα οποία δεν προβλέπεται περαιτέρω χρήση.

Τα ραδιενεργά κατάλοιπα τα οποία παράγονται στα πλαίσια μιας πρακτικής ή επέμβασης και τα οποία δε πρέπει να απορριφθούν σύμφωνα με τους παρόντες κανονισμούς μέσα σε χρονικό διάστημα 100 ημερών, πρέπει να μεταφέρονται σε εγκαταστάσεις διαχείρισης ραδιενεργών αποβλήτων».

Απόρριψη Υγρών Ραδιενεργών Καταλοίπων

Η απόρριψη υγρών ραδιενεργών καταλοίπων σε δημόσιο σύστημα διάθεσης λυμάτων επιτρέπεται μόνο εφόσον:

- Η απόρριψη γίνεται από νιπτήρα ή άλλη κατάλληλη υποδοχή η οποία προορίζεται για το σκοπό αυτό αποκλειστικά, με ταυτόχρονη ροή σημαντικής ποσότητας νερού και εφόσον τα ραδιενεργά κατάλοιπα διασπείρονται ή διαλύονται αμέσως στο νερό».
- « Η μέγιστη συγκέντρωση των ραδιενεργών ουσιών σε οποιοδήποτε σημείο του αποχετευτικού δικτύου του εργαστηρίου δεν υπερβαίνει το 1GBq/m³».
- « Η ποσότητα της ραδιενέργειας του ισότοπου το οποίο απορρίπτεται εντός μιας ημέρας δεν πρέπει να υπερβαίνει την αναγραφόμενη τιμή όπως αυτή ορίζεται στο Φ.Ε.Κ. 216/2001».
- Σε εξαιρετικές περιπτώσεις δύναται να γίνει υπέρβαση των τιμών αυτών, σε καμία περίπτωση όμως η ημερήσια απορριπτόμενη ραδιενέργεια δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 110 MBq σε Α-3 κατηγορίας εργαστήρια».
- Σε περίπτωση απόρριψης μίγματος ραδιοϊσοτόπων, η επιτρεπόμενη ημερήσια ποσότητα υπολογίζεται από τον πυρηνικό ιατρό.

Φύλαξη Ραδιενεργών Καταλοίπων

Ραδιενεργά κατάλοιπα περιέχοντα ραδιοϊσότοπα με χρόνους υποδιπλασιασμού μικρότερους των 60 ημερών δε δύνανται να απορριφθούν αμέσως, οπότε φυλάσσονται μέχρι απομείωσης της ραδιενέργειά τους μέχρις ότου η

απόρριψή τους γίνει επιτρεπτή σύμφωνα με τους κανονισμούς. Η φύλαξη γίνεται για χρονικό διάστημα ίσο με τρεις χρόνους ημίσειας ζωής των ισοτόπων και σε χώρους εγκεκριμένους από την Ε.Ε.Α.Ε.

3.9 Ειδικές Περιπτώσεις Διαχείρισης Ραδιενεργών Αποβλήτων σε Νοσοκομειακό Περιβάλλον

Απόρριψη εκκρίσεων και ούρων ασθενών που έλαβαν υψηλές δόσεις ραδιοϊσοτόπων

Οι ασθενείς που λαμβάνουν θεραπευτικές δόσεις ραδιοϊσοτόπων (π.χ. ιώδιο-131 στον καρκίνο του θυρεοειδούς) γίνονται δεκτοί σε απομονωμένους θαλάμους μέχρις ότου τα επίπεδα εκπομπής της ακτινοβολίας τους να είναι εντός των ελάχιστων ασφαλών ορίων (3 mR ανά ώρα σε απόσταση 1 μέτρου). Τα κόπρανα και ούρα των ασθενών που έχουν εισαχθεί σε θάλαμο απομόνωσης υψηλών δόσεων (π.χ. ιώδιο -131) μετά το ξέπλυμα, περνούν μέσα από σωλήνες PVC μέσω της συντομότερης δυνατής διαδρομής σε προσαρμοσμένες δεξαμενές αποθήκευσης, καλούμενες δεξαμενές καθυστέρησης για αποθήκευση πριν από τη διασπορά στο αποχετευτικό σύστημα. Η δεξαμενή καθυστέρησης πρέπει να βρίσκεται σε μια περιοχή όπου υπάρχει ελάχιστη κίνηση του κοινού. Η δεξαμενή πρέπει να είναι στεγανή, να μην διαβρωθεί και να έχει ομαλή επιφάνεια από το εσωτερικό. Η χωρητικότητα της δεξαμενής εξαρτάται από τον αριθμό των ασθενών που γίνονται δεκτοί καθημερινά. Μια εγκατάσταση που δέχεται δύο ασθενείς θα απαιτούσε δύο δεξαμενές καθυστέρησης των 6000 L για ένα μήνα η καθεμία (δεδομένου ότι κατά μέσο όρο κάθε ασθενής χρησιμοποιεί περίπου 100 L νερού την ημέρα). Στο τέλος ενός μηνός, καθώς η δεξαμενή θα είναι γεμάτη και κλειστή, θα ανοίξει η βαλβίδα πύλης της δεύτερης δεξαμενής, κάθε δεξαμενή συγκρατεί τα ραδιενεργά απόβλητα για 2 μήνες που επαρκούν για τη διάσπαση του ιωδίου-131 σε χαμηλά επίπεδα (σχεδιάγραμμα 4). Ωστόσο, πριν από την αποδέσμευση των αποβλήτων της δεξαμενής στο δημόσιο αποχετευτικό σύστημα, συλλέγεται ένα δείγμα για να ελέγχεται η δραστηριότητα, το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 44,4kBq /L. Κανένα νοσοκομείο δεν επιτρέπεται να απελευθερώνει σε δημόσιο αποχετευτικό δίκτυο ένα σύνολο 37 GBq (1 Curie) υγρών ραδιενεργών αποβλήτων σε ένα έτος.

4. Εισαγωγή στο PLC

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για τους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές

Τα PLC, από τα αρχικά των Αγγλικών λέξεων Programmable Logic Controllers ή στα Ελληνικά Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές [4] [14], ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των ψηφιακών Υπολογιστικών Συστημάτων. Χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν μηχανές και διεργασίες όπου απαιτείται να γίνονται αυτόματες λειτουργίες κατ'εξοχήν στην βιομηχανία αλλά επίσης και σε κτηριακές εγκαταστάσεις, στη ναυτιλία, σε μεγάλα έργα υποδομών, στον έλεγχο κυκλοφορίας οχημάτων, στα αεροδρόμια και σε πάρα πολλούς άλλους τομείς. Σαν αρχή λειτουργίας τα PLC συλλέγουν πληροφορίες και παίρνουν εντολές μέσω των εισόδων τους, αποφασίζουν ακολουθώντας απόλυτα τη λογική του προγράμματος τους και δίνουν τιμές στις εξόδους τους μέσω των οποίων τελικά ελέγχουν μηχανές ή διεργασίες.

Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα (1) PLC, είναι οι μονάδες εισόδων και εξόδων και η κεντρική μονάδα επεξεργασίας τους ή αλλιώς ο επεξεργαστής τους (CPU). Στις εισόδους ενός PLC μπορούν να συνδεθούν απλά στοιχεία όπως ένα (1) απλό button ή ένας (1) διακόπτης αλλά και οποιοδήποτε είδους αισθητήρας, ενώ στις εξόδους του μπορεί να συνδεθεί ένας (1) ηλεκτρονόμος αυτοματισμού μέχρι ηλεκτροκινητήρες και μηχανές βαριάς φύσεως. Πριν από την εμφάνιση των PLC πολλές αυτόματες λειτουργίες υλοποιούνταν με συμβατικά υλικά, όπως ηλεκτρονόμους, επαφές κ.λ.π. συνδεδεμένα μεταξύ τους με καλώδια. Τα κυκλώματα σχεδιάζονταν, επιλέγονταν τα υλικά και στην συνέχεια ακολουθούσε η εγκατάσταση και η καλωδίωση τους. Εάν πρόκυπτε κάποιο σφάλμα, οι σχεδιαστές και οι ηλεκτρολόγοι συνεργάζονταν για να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις. Αν αργότερα, στην πορεία, υπήρχε ανάγκη για μετατροπές ή αναβαθμίσεις, απαιτούνταν σημαντικός χρόνος και αντίστοιχο κόστος. Τα PLC, όμως, όχι απλά μπορούν να εκτελέσουν τις λειτουργίες των συμβατικών κυκλωμάτων αυτοματισμού, αλλά και πολύ πιο σύνθετες. Οι "πραγματικές" ηλεκτρολογικές συνδέσεις μέσω καλωδίων μεταξύ των επαφών, των αισθητήρων, των ηλεκτρονόμων, των φορτίων και των υπόλοιπων εξαρτημάτων γίνονται μέσα στο PLC. Οι καλωδιώσεις μειώνονται κατά πολύ και αλλαγές, μετατροπές ή αναβαθμίσεις γίνονται πολύ πιο εύκολα, με επεμβάσεις στο πρόγραμμα του PLC.

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα των PLC έναντι των συμβατικών κυκλωμάτων αυτοματισμού είναι το μικρότερο μέγεθος τους, οι ευκολότερες και πιο γρήγορες διορθώσεις και μετατροπές, οι ενσωματωμένες αυτόματες λειτουργίες διάγνωσης σφαλμάτων και η εύκολη, γρήγορη και σχεδόν άνευ κόστους αναπαραγωγή όμοιων εφαρμογών.

Τα PLC, όπως αναφέρθηκε, είναι ένα ψηφιακό υπολογιστικό σύστημα. Όλα τα συστήματα αυτού του τύπου διαχειρίζονται και αποθηκεύουν πληροφορίες με τη μορφή δύο (2) διαφορετικών καταστάσεων, ON και OFF ή αλλιώς με τη μορφή του λογικού 0 ή 1. Οι πληροφορίες δηλαδή αποτελούνται από δυαδικά ψηφία (Bits). Τα Bits σαν στοιχεία πληροφορίας χρησιμοποιούνται είτε αυτόνομα, αναπαριστώντας τις καταστάσεις ON και OFF, ή χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με συγκεκριμένη κωδικοποίηση αναπαριστώντας αριθμούς. Στα μαθηματικά υπάρχουν διάφορα συστήματα αρίθμησης, αλλά στην τεχνολογία του αυτοματισμού και των PLC χρησιμοποιούνται κατά βάση δύο (2), το δεκαδικό και το δυαδικό. Τα PLC διαθέτουν το μοναδικό χαρακτηριστικό, να μετατρέπουν αυτόματα τις μεταβλητές τύπου Boolean (ή στην γλώσσα των PLC BOOL) σε δυαδικό σύστημα.

Μια συσκευή PLC μπορεί να αντιληφθεί και να επεξεργαστεί πληροφορίες είτε σε ψηφιακή μορφή (0 και 1, ON και OFF), όπως για παράδειγμα πατημένο ή μη πατημένο button, κλειστή ή ανοιχτή επαφή κ.λ.π. είτε σε αναλογική μορφή, δηλαδή πληροφορία από σύστημα μέτρησης όπως σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας, στάθμης, πίεσης, ροής κ.λ.π. Παρά όλα αυτά ο "εγκέφαλος" του PLC, δηλαδή ο επεξεργαστής του, είναι ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα (microchip) και αντιλαμβάνεται μόνο ψηφιακά δυαδικά σήματα. Αντιλαμβάνεται, δηλαδή, μόνο την ύπαρξη του λογικού 0 ή 1, ουσιαστικά την διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που σχετίζεται με μία κλειστή ή ανοιχτή επαφή ή διακόπτη. Εννοείτε πως στα microchip δεν υπάρχουν διακόπτες ή επαφές, όπως στα ηλεκτρολογικά κυκλώματα αλλά χιλιάδες κυκλώματα ημιαγωγών σε μικροσκοπική μορφή. Ωστόσο η αρχή λειτουργίας παραμένει ίδια και βασίζεται στη διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που μεταφράζεται σε λογικό 0 ή 1.

Η τεχνική ορολογία των PLC αποτελείται από απλούς συγκεκριμένους τεχνικούς όρους που όλοι όσοι ασχολούνται με τον τομέα αυτό πρέπει να γνωρίζουν. Τα αισθητήρια ή στοιχεία εισόδου είναι συσκευές που μετατρέπουν μια φυσική κατάσταση σε ηλεκτρικό σήμα που μεταφέρεται στην είσοδο του PLC. Το πιο κλασικό παράδειγμα είναι το button. Όταν το πιέζουμε η φυσική του κατάσταση μεταβάλλεται και η πληροφορία, μέσω της

φυσικής αλλαγής της κατάστασης της επαφής του, μεταφέρεται σαν ηλεκτρικό ρεύμα στην είσοδο του PLC. Τα PLC ελέγχουν μια μηχανή ή μία διεργασία ελέγχοντας, ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας, μια σειρά συσκευών που χαρακτηρίζονται ως “φορτία”. Αυτός ο έλεγχος, σπάνια μπορεί να γίνει απευθείας καθώς το ασθενές ηλεκτρικό σήμα που παρέχει το PLC στις εξόδους του είναι σε θέση να ενεργοποιήσει μία συσκευή, όπως ένας κινητήρας ή μία αντλία. Κατά κανόνα αυτό συμβαίνει μέσω μιας “διατάξης ενεργοποίησης”, όπως για παράδειγμα, μέσω ενός ηλεκτρονόμου του οποίου το πηνίο διεγείρεται και ενεργοποιείται από το ηλεκτρικό ρεύμα που του διοχετεύει η έξοδος του PLC, με αυτόν τον τρόπο οι επαφές του ηλεκτρονόμου κλείνουν ή ανοίγουν και μέσω εκείνων το απαραίτητο ρεύμα διοχετεύεται τελικά προς το φορτίο (συσκευή).

Οι είσοδοι του PLC χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες, τις εισόδους αναλογικού και ψηφιακού τύπου. Οι ψηφιακή είσοδοι ενός PLC αντιλαμβάνονται ή ανιχνεύουν δύο (2) διακριτές καταστάσεις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, την διέλευση ή μη ηλεκτρικού ρεύματος που αναπαριστάνεται με το λογικό 0 ή 1. Στις ψηφιακές εισόδους του PLC μπορούμε να συνδέσουμε διαφόρων ειδών εξαρτήματα και υλικά όπως αισθητήρια, button, διακόπτες, τερματοδιακόπτες, διακόπτες προσέγγισης, φωτοκύτταρα και μια πληθώρα εξαρτημάτων. Το δεύτερο είδος εισόδων που υποστηρίζουν τα PLC είναι οι αναλογικές εισόδους. Οι αναλογικές εισόδους του PLC αντιλαμβάνονται ή ανιχνεύουν όχι δύο (2) διακριτές καταστάσεις, όπως στην περίπτωση των ψηφιακών εισόδων, αλλά μία κατάσταση που συνεχώς μεταβάλλεται. Όμως όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η CPU του PLC αντιλαμβάνεται μόνο διακριτού τύπου μεταβλητές. Για να επιτευχθεί αυτό, έχουν ενσωματωθεί μέσα στην μονάδα των αναλογικών εισόδων, ειδικές ενδιάμεσες ψηφιακές διατάξεις που ονομάζονται Μετατροπείς Αναλογικών σε Ψηφιακά Σήματα (A/D Converters), οι οποίοι μεταφράζουν το συνεχές μεταβαλλόμενο αναλογικό σήμα με κωδικοποιημένο τρόπο σε ψηφιακό, έτσι ώστε να μπορεί να το αντιληφθεί η CPU.

Οι εξοδοι του PLC, αντίστοιχα και με τις εισόδους, χωρίζονται σε δύο (2) κατηγορίες, τις εξόδους αναλογικού και ψηφιακού τύπου. Οι ψηφιακές εξοδοι μπορούν να έχουν την κατάσταση 0 ή 1. Σε αυτές συνδέονται και ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται τα φορτία. Η σύνδεση των φορτίων με τις εξόδους γίνεται είτε απευθείας ή μέσω διατάξεων ενεργοποίησης με ηλεκτρονόμους, το οποίο είναι και το πιο σύνηθες. Από την άλλη πλευρά, η κατάσταση μιας αναλογικής εξόδου μεταβάλλεται συνεχώς. Για παράδειγμα μια αναλογική έξοδος μπορεί να παρέχει ηλεκτρικό σήμα του οποίου η τάση μεταβάλλεται από 0 έως 10 V και το οποίο οδηγεί ένα αναλογικό όργανο μέτρησης, για παράδειγμα ένα όργανο μέτρησης θερμοκρασίας, ταχύτητας ή βάρους.

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή αλλιώς CPU, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ένα ψηφιακό κύκλωμα, ένας (1) μικροεπεξεργαστής συγκεκριμένα που αποτελεί τον “εγκέφαλο” του PLC. Πρόκειται για το μέρος του PLC που υλοποιεί τη λογική και παίρνει τις αποφάσεις με βάση τις εντολές του προγράμματος και την κατάσταση των εισόδων και των εξόδων που συνεχώς επιτηρεί. Στη CPU υλοποιούνται λειτουργίες αντίστοιχες με τους συνδυασμούς επαφών στα συμβατικά κυκλώματα απαριθμήσεις, χρονομετρήσεις, συγκρίσεις δεδομένων, μαθηματικές πράξεις και άλλες λειτουργίες.

Η εκτέλεση του προγράμματος του PLC, είναι μέρος μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας που ονομάζεται κύκλος του PLC. Ο κύκλος ξεκινάει με την ανίχνευση της κατάστασης των εισόδων του PLC. Στη συνέχεια εκτελεί εσωτερικές διαγνωστικές λειτουργίες και λειτουργίες επικοινωνιών. Τέλος ενημερώνεται η κατάσταση των εξόδων και ο κύκλος ξεκινάει από την αρχή. Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος του PLC εξαρτάται από το μέγεθος του προγράμματος, το πλήθος των εισόδων και εξόδων που χρειάζονται να “διαβαστούν” ή να ενημερωθούν και τον όγκο των επικοινωνιών, που πρέπει να υλοποιηθούν.

Για να αποθηκεύσει τις απαραίτητες πληροφορίες το PLC, αξιοποιεί τέσσερις (4) διαφορετικού τύπου μνήμες,

- RAM
- ROM
- EPROM
- EEPROM.

Στην μνήμη RAM (Random Access Memory) μπορούμε εύκολα να “διαβάσουμε” τα δεδομένα που περιέχει ή να τα μεταβάλουμε αλλά και να “γράψουμε” δεδομένα σε αυτήν. Χρησιμοποιείται κυρίως σαν χώρος προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων. Τα δεδομένα χάνονται από την μνήμη σε περίπτωση διακοπής τάσης ή διακοπής λειτουργίας. Αν θέλουμε να διατηρηθούν τα δεδομένα αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια μπαταρία που διατηρεί τα δεδομένα σε περίπτωση διακοπής τάσης. Στην μνήμη ROM (Read Only Memory) μπορούμε να διαβάσουμε τα

δεδομένα που περιέχει αλλά δεν μπορούμε να γράψουμε δεδομένα σε αυτή. Χρησιμοποιείται για να προστατεύονται τα δεδομένα που περιέχει από κατά λάθος σβήσιμο. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στην μνήμη ROM δεν χάνονται σε περίπτωση διακοπής τάσης ή διακοπής λειτουργίας. Στην μνήμη EPROM (Erasable Programmable Only Memory) είναι ειδικά σχεδιασμένη ώστε τα δεδομένα που περιέχει να μπορούν εύκολα να διαβαστούν αλλά δύσκολα να αλλαχθούν. Για να σβηστούν τα δεδομένα από αυτήν την μνήμη πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια ειδική συσκευή που εκπέμπει υπεριώδες (Ultraviolet – UV) φως. Η μνήμη EEPROM (External Erasable Programmable Only Memory) είναι μία παραλλαγή της μνήμης EPROM, η οποία έχει την ίδια ακριβώς χρήση και ιδιότητες με την EPROM, με την μόνη διαφορά ότι αυτή είναι εξωτερική και πρέπει να συνδεθεί στο PLC με τη χρήση ειδικού module. Το Firmware είναι ένα ειδικό πρόγραμμα που αποθηκεύεται στην μνήμη EPROM και αφορά τις βασικές ενσωματωμένες λειτουργίες του PLC ή κάποιες άλλες ειδικά σχεδιασμένες λειτουργίες. Το Firmware αποτελεί μέρος του PLC, ενσωματωμένο στη συσκευή.

Στο πάνω μέρος κάθε PLC υπάρχουν κάποιες λυχνίες LED οι οποίες δείχνουν την κατάσταση του ίδιου του PLC ή των εισόδων και εξόδων του. Οι πρώτες 3 λυχνίες LED δείχνουν την κατάσταση λειτουργίας του PLC. Το πράσινο LED είναι αναμμένο όταν η CPU βρίσκεται σε κατάσταση RUN, το κίτρινο LED είναι αναμμένο όταν η CPU βρίσκεται σε κατάσταση STOP και το τελευταίο και κόκκινο LED είναι αναμμένο όταν το PLC αντιμετωπίζει κάποιο τεχνικό πρόβλημα και χρειάζεται άμεση επιδιόρθωση. Ενδεικτικές λυχνίες υπάρχουν επίσης και για να δείχνουν την κατάσταση (ON ή OFF) των σημάτων εισόδου και εξόδου του συστήματος. Για κάθε είσοδο και έξοδο υπάρχει και το αντίστοιχο LED που όταν είναι αναμμένο, με πράσινο χρώμα, σημαίνει ότι η είσοδος ή έξοδος είναι ενεργοποιημένη (κατάσταση ON) και όταν είναι σβηστό σημαίνει ότι η είσοδος ή έξοδος είναι απενεργοποιημένη (κατάσταση OFF).

Για τον προγραμματισμό του PLC, σε μεγάλες εφαρμογές χρησιμοποιείτε η τεχνική του δομημένου προγραμματισμού. Δηλαδή ο χρήστης χωρίζει το πρόγραμμα λειτουργίας σε επιμέρους τμήματα, τα οποία ονομάζονται blocks. Το Organization Block (OB), είναι αυτό στο οποίο ο χρήστης ορίζει υπό ποιες συνθήκες θα γίνεται η κλήση και η εκτέλεση των υπολοίπων blocks. Συνεπώς σε κάθε κύκλο λειτουργίας καλείται το Organization Block και εκτελείται από πάνω προς τα κάτω, καλώντας με την σειρά του τα απαραίτητα blocks. Η επόμενη κατηγορία block, είναι τα Functions (FC). Όταν υπάρχουν συχνά επαναλαμβανόμενες σε ένα πρόγραμμα, αντί να γράψουμε πολλές φορές τον ίδιο κώδικα, δημιουργούμε ένα FC το οποίο αποθηκεύεται στην μνήμη μια φορά και καλείται όσες φορές είναι απαραίτητα η εκτέλεση της συγκεκριμένης διαδικασίας. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, επιθυμεί να έχει πληροφορίες για τις τιμές των σημάτων που επεξεργάζεται. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τις αποθηκεύει σε απλές μεταβλητές αλλά όταν επιθυμεί την αποθήκευση των τιμών αυτών πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα Data Block (DB). Οι τιμές που αποθηκεύονται στα DB δεν χάνονται όταν τελειώσει η κλήση του, αλλά διατηρούνται στην μνήμη. Υπάρχουν δύο (2) διαφορετικές κατηγορίες DB, τα Global Data Blocks στα οποία αποθηκεύονται οι πληροφορίες που είναι προσπελάσιμες από όλα τα blocks του προγράμματος και τα Instance Data Blocks τα οποία δημιουργούνται για να αποθηκεύουν πληροφορίες που αφορούν ένα συγκεκριμένο Function Block και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο από αυτό. Τα Function Block (FB) σε αντίθεση με τα FC έχουν μνήμη, είναι δηλαδή blocks στα οποία προγραμματίζουμε συγκεκριμένες λειτουργίες, οι οποίες καλούνται όποτε είναι απαραίτητο και αποθηκεύουν τις αλλαγές που πραγματοποιούν στις μεταβλητές. Όλα τα είδη block είναι απαραίτητα για την υλοποίηση μιας εφαρμογής.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, εκτός από το Hardware χρειάζεται και το Software για την δημιουργία του προγράμματος που θα εκτελέσει τον επιθυμητό αυτοματισμό. Τα PLC υποστηρίζουν 3 διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού

- την STL (Statement List)
- την FBD (Function Block Diagram)
- και την Ladder.

Η STL είναι μία συνηθισμένη γλώσσα προγραμματισμού η οποία έχει αρκετά όμοια χαρακτηριστικά με την C και την Assembly, για αυτόν τον λόγο προτιμάται συνήθως από χρήστης με γνώσεις προγραμματισμού. Έχει εξελιχθεί πάρα πολύ κατά το πέρασμα του χρόνου, σε δυνατότητες προγραμματισμού και ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει τόσο ελεύθερα, με την χρήση της STL, που μερικές φορές είναι δύσκολο για κάποιον να παρακολουθήσει την ροή προγράμματος. Αποτελεί την ισχυρότερη από τις τρεις (3) γλώσσες και προσφέρει πολλές δυνατότητες. Η γλώσσα FBD ή η γλώσσα λογικών γράφων, είναι μία γραφική γλώσσα, στην οποία ο χρήστης χρησιμοποιεί “κουτιά”, τα οποία αντιπροσωπεύουν μια επιμέρους λειτουργία το καθένα. Το λογικό κύκλωμα το οποίο δημιουργείται στο τέλος, αποτελεί το συνολικό πρόγραμμα. Αντίστοιχα και η Ladder ή γλώσσα ηλεκτρολογικών γραφικών, μοιάζει με το διάγραμμα ενός ηλεκτρολογικού κυκλώματος. Ο χρήστης χρησιμοποιεί σύμβολα όπως επαφές και πηνία και ήταν η

πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε στα PLC διότι ήταν πιο φιλική στους μηχανικούς που είχαν δουλέψει με τους παλιούς, συμβατικούς αυτοματισμούς.

4.2 Εισαγωγικά για το HMI

Το HMI, από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Human Machine Interface ή στα Ελληνικά Διεπαφή Ανθρώπου και Μηχανής, αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στα συστήματα αυτοματισμού. Αποτελούν το μέσο με το οποίο ο χρήστης μπορεί εύκολα να ελέγξει αλλά και να επηρεάσει το σύστημα αυτοματισμού. Ιδιαίτερα στον βιομηχανικό έλεγχο η χρήση του είναι απαραίτητη [14].

Το HMI είναι ακριβώς αυτό που υποδηλώνει το όνομα του, δηλαδή μία γραφικά αναπαριστώμενη διεπαφή (Interface) που επιτρέπει στον άνθρωπο να αλληλοεπιδρά με τις μηχανές. Τα HMI διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται, αλλά εμείς ενδιαφερόμαστε μόνο για τις βιομηχανικές λειτουργίες. Το HMI είναι μία συγκεντρωμένη μονάδα ελέγχου, εξοπλισμένη με συνταγές παραγωγής, σύνδεση χρηστών, παρακολούθηση γεγονότων, λήψη βίντεο και ενεργοποίηση γεγονότων έτσι ώστε οποιοσδήποτε χρήστης να μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύστημα αυτοματισμού οποτεδήποτε και για οποιονδήποτε σκοπό. Για να μπορεί να ενσωματωθεί ένα HMI σε ένα σύστημα αυτοματισμού θα πρέπει αυτό το σύστημα να έχει υλοποιηθεί απαραίτητα με PLC, διότι το PLC είναι αυτό το οποίο συλλέγει την πληροφορία από τα αισθητήρια όργανα και τα μετατρέπει σε μορφή άλγεβρας Boolean έτσι ώστε να μπορεί να τα αποκωδικοποιήσει το HMI και να λάβει αποφάσεις για το σύστημα.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των HMI είναι η φιλική προς τον χρήστη απεικόνιση του Interface του. Το Interface περιλαμβάνει χρωματικούς κώδικες, εικόνες και σύμβολα που επιτρέπουν την εύκολη αναγνώριση της κατάστασης του συστήματος και των επιμέρους στοιχείων του. Οι συσκευές HMI είναι, πλέον, εξαιρετικά πρωτοποριακές και ικανές για μεγαλύτερη χωρητικότητα δεδομένων και αποδοτικότερη για περισσότερο περίπλοκες διεργασίες. Με την δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου, δεν είναι καν απαραίτητο για τον χρήστη να βρίσκεται κοντά στην γραμμή παραγωγής ή στα στοιχεία των εγκαταστάσεων για να μπορέσει να τα ελέγξει.

Υπάρχουν 3 βασικοί τύποι HMI

- ο αντικαταστάτης κουμπιών (push button replacer)
- ο διαχειριστής δεδομένων (data handler)
- και ο επόπτης (overseer).

Πριν τα HMI, ο έλεγχος του συστήματος αποτελούνταν από πολλά κουμπιά και λυχνίες LED τα οποία πραγματοποιούσαν διαφορετικές λειτουργίες. Το push button replacer βελτιστοποίησε όλες αυτές τις διαδικασίες, συγκεντρώνοντας όλα τα κουμπιά για τις απαραίτητες λειτουργίες σε μία μόνο τοποθεσία. Το data handler HMI είναι πλήρως αποδοτικό για εφαρμογές που απαιτούν συνεχείς ανάδραση από το σύστημα ή εκτυπώσεις αναφορών συστήματος. Τέλος το overseer HMI είναι απαραίτητο για εφαρμογές που χρειάζονται συστήματα SCADA. Δηλαδή αυτά τα HMI είναι συγκεντρωμένα συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν ολόκληρες εγκαταστάσεις, ακόμα και συγκροτήματα πολλών εγκαταστάσεων. Συνήθως αυτά τα HMI λειτουργούν μέσω του λειτουργικού συστήματος Windows και έχουν περισσότερες θύρες Ethernet

4.3 Επιλογή Λογισμικού για τον Προγραμματισμό του PLC

4.3.1 Εισαγωγή στο TIA PORTAL

Στην σημερινή ανταγωνιστική αγορά, έχει αναπτυχθεί μια συνεχόμενη τάση, οι βιομηχανίες να προσπαθούν συνέχεια να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητά τους και ιδιαίτερα στην περίπτωση των παραγωγικών βιομηχανιών, να ενισχύουν συνεχώς την ευελιξία της παραγωγής τους αλλά και να μειώνουν δραστικά τον χρόνο παραγωγής των προϊόντων τους. Τα εργαλεία που προσφέρουν τα λογισμικά παίζουν σημαντικό ρόλο στο να εκπληρώσουν αυτές τις απαιτήσεις, καθώς μέσω αυτών όλη η διαδικασία αυτοματισμού μπορεί να “χαρτογραφηθεί” ψηφιακά και να δικτυωθεί με απόλυτη συνέπεια. Αυτές οι απαιτήσεις καθώς και αυτές που θα προκύψουν στο μέλλον, όπως η ολοκληρωμένη ψηφιοποίηση της διαδικασίας αυτοματισμού, μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο μέσα από την χρήση

έξυπνων διαδραστικών συστημάτων. Μέχρι στιγμής η άποψη της αγοράς είναι ότι αυτό μπορεί να γίνει δυνατό μόνο μέσω της χρήσης κοινών μοντέλων, εργαλείων και στοιχείων του συστήματος αυτοματισμού.

Το TIA PORTAL της Siemens [15] είναι το πρώτο περιβάλλον ανάπτυξης που περιλαμβάνει ένα σύνολο λογισμικών ώστε να είναι εφικτή η αξιοποίηση των μέγιστων δυνατοτήτων ενός ολοκληρωμένου ενσωματωμένου αυτοματισμού (Totally Integrated Automation ή αλλιώς TIA). Το TIA PORTAL διαθέτει ένα πρωτοπόρο πλαίσιο βασισμένο στις ανάγκες των μηχανικών το οποίο συμβάλει στην βελτιστοποίηση όλων των διαδικασιών. Αναγκαία προϋπόθεση για την αποδοτική κατασκευή του συστήματος αυτοματισμού είναι η κοινή βάση δεδομένων και το κοινό Interface σε όλα τα στοιχεία του συστήματος, βασισμένα στον πρότυπο έλεγχο χειρισμού, σύμφωνα με την εκάστοτε εφαρμογή. Και τα δύο (2) είναι εφαρμοσμένα με αποδοτικό τρόπο στο TIA Portal, για τους ελεγκτές, τα panel χειρισμού, τις διανεμημένες εισόδους και εξόδους, τον έλεγχο κίνησης και τις εφαρμογές ασφαλείας. Αυτό επιτρέπει τους χρήστες να δουλεύουν αποδοτικά καθ' όλη την διαδικασία του συστήματος αυτοματισμού.

Το λογισμικό TIA Portal περιλαμβάνει βιβλιοθήκες, οι οποίες παρέχουν ανεξάρτητα Program Blocks και συνθέσεις Hardware, μεταξύ των οποίων, ανάθεση παραμέτρων, δήλωση μεταβλητών ακόμα και οθόνες για τις συσκευές HMI. Οι βιβλιοθήκες αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από όλη την ομάδα, υπεύθυνη για το σύστημα, σε μία εταιρία. Όλα τα περιεχόμενα των βιβλιοθηκών μπορούν να αναβαθμίζονται συνεχώς, έτσι ώστε οι χρήστες να δουλεύουν με την πιο καινούργια και αποδοτική version του λογισμικού. Το Hardware των ελεγκτών έχει ενσωματωμένη λειτουργία διάγνωσης συστήματος και το λογισμικό επιτρέπει την γρήγορη και αποδοτική αντιμετώπιση προβλημάτων κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος. Ο χρήστης έχει πρόσβαση στην πλήρη διάγνωση λειτουργίας όλων των στοιχείων του συστήματος αυτοματισμού, έτσι ώστε αν σε περίπτωση που, για παράδειγμα, σπάσει ένα καλώδιο, το σφάλμα θα αναγνωριστεί από τον ελεγκτή και θα εμφανιστεί στο HMI. Όλο αυτό μπορεί να υλοποιηθεί απλώς με λίγα click, χωρίς να χρειάζεται να γραφτεί ούτε μία γραμμή κώδικα. Αυτά τα χαρακτηριστικά του λογισμικού, συμβάλουν σημαντικά στην αυξανόμενη αποδοτικότητα των εργασιών.

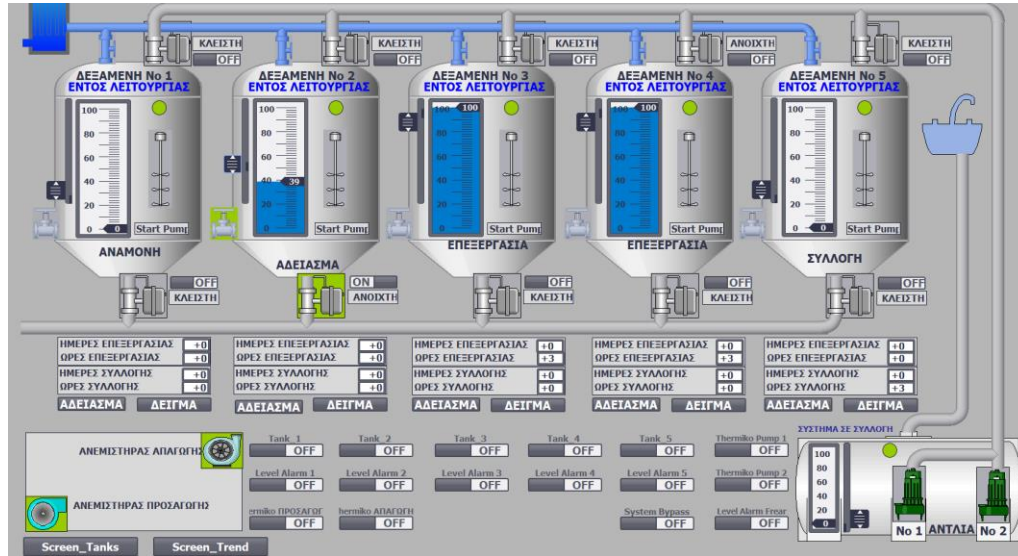
Η εταιρία Siemens διαθέτει ακόμα ένα λογισμικό, το οποίο αφορά αποκλειστικά τον προγραμματισμό των συσκευών HMI, το WinCC. Οι νεότερες εκδόσεις του WinCC προσφέρουν πολλά περισσότερα γραφικά και Interfaces από το TIA Portal και είναι πολύ πιο αποτελεσματικές σε εφαρμογές που είναι απαραίτητη η παρακολούθηση και ο έλεγχος πολλών εγκαταστάσεων, με πολλές παραμέτρους και διαδικασίες ελέγχου.

4.3.2 Τι είναι το WinCC

Το Simatic WinCC παρέχει στον χρήστη ένα ολοκληρωμένο σύστημα απεικόνισης διεργασιών το οποίο προσφέρει ολοκληρωμένες λειτουργίες παρακολούθησης και προγραμματισμού για όλη τη βιομηχανία μέσω του λειτουργικού συστήματος Windows [16]. Το WinCC μπορεί να αξιοποιηθεί σε απλά συστήματα ενός χρήστη, σε δομημένα συστήματα πολλαπλών χρηστών με πλεονάζοντες διακομιστές, μέχρι και σε πολύπλοκες λύσεις που συμπεριλαμβάνουν πελάτες του ιστού.

Ένα από τα επιπλέον χαρακτηριστικά του WinCC είναι η ανοικτή προσβασιμότητα. Το WinCC μπορεί εύκολα να συνδυαστεί με έτοιμα προγράμματα για τον χρήστη, δημιουργώντας λύσεις στις οθόνες σχεδίασης που καλύπτουν τις ανάγκες και των πιο απαιτητικών εφαρμογών αυτοματισμού. Το WinCC είναι ένα μοντέρνο σύστημα με ελκυστικό και προσιτό για τον χρήστη περιβάλλον για χρήση στο γραφείο ή στην βιομηχανία. Προσφέρει μια ολοκληρωμένη, αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία στην εγκατάσταση ή την εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθεί. Επίσης είναι επεκτάσιμο και μπορεί να αξιοποιηθεί από απλές μέχρι και πολύπλοκες διαδικασίες.

Σε συνδυασμό με την ενσωματωμένη βάση δεδομένων που διαθέτει το WinCC υποστηρίζει την ανταλλαγή πληροφοριών και χάρη στην κάθετη ενσωμάτωσή του σε έξυπνα εργοστάσια προσφέρει διαφάνεια στην παραγωγή. Στο WinCC μπορεί να προβληθεί με σχηματική απεικόνιση η λειτουργία του προγράμματος που εκτελεί το PLC δίνοντας έτσι στον χρήστη την εικόνα της εγκατάστασης σε πραγματικό χρόνο, Εικόνα 2.



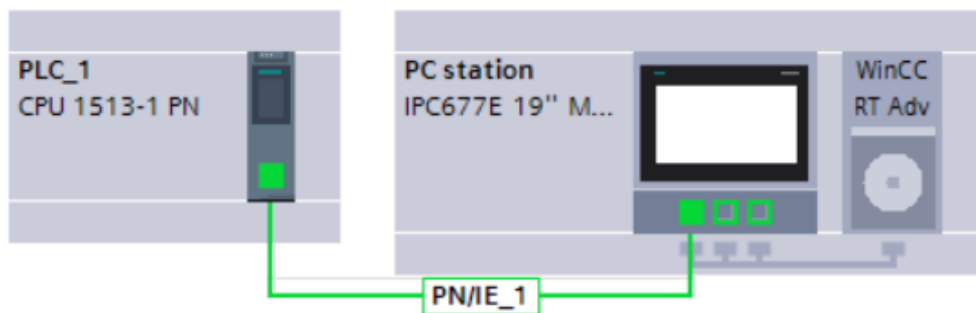
Εικόνα: 2. Απεικονιζόμενη η λειτουργία συστήματος αδρανιοποίησης ραδιενεργών λυμάτων στο WinCC

Από τι αποτελείται το WinCC

Το WinCC αποτελείται από πολλές λειτουργίες που όλες μαζί στο τέλος στην οθόνη HMI ή στην οθόνη του υπολογιστή σας δίνουν μια λεπτομερή ή απλή απεικόνιση της εγκατάστασης που χρησιμοποιείται. Ο χρήστης ανάλογα με την χρήση μπορεί να βλέπει τις τιμές που αναγράφονται στα διάφορα αντικείμενα όπως τα buttons, τους πίνακες μετρήσεων κλπ. Επίσης έχει την δυνατότητα να τροποποιεί κάποιες λειτουργίες ή δεδομένα.

Τα τμήματα που αποτελείται είναι:

Device Configuration: Εκεί απεικονίζεται σχηματικά η διασύνδεση της οθόνης HMI και του PLC ώστε να ενημερώσει τον χρήστη αν έχει γίνει σωστά η σύνδεση και αν επικοινωνούν μεταξύ τους. Παρουσιάζεται το παράθυρο Device Configuration, Εικόνα 3.



Εικόνα: 3. Η διασύνδεση του HMI με το PLC

Screens: Σε αυτό το παράθυρο ο χρήστης δημιουργεί τις οθόνες που επιθυμεί ανάλογα με το πώς λειτουργεί η κάθε μία και τι έχει τοποθετήσει μέσα. Εκεί μέσα μπορεί να διαμορφώσει τον χώρο ώστε να προβάλλονται τα αντικείμενα και οι μετρήσεις που θέλει να βλέπει και να επεξεργάζεται. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρατηρεί και να ελέγχει την λειτουργία της εφαρμογής, να παρατηρεί και να επεξεργάζεται τις μετρήσεις που επιθυμεί.

HMI tags: Σε αυτό παράθυρο πραγματοποιείται η αντιστοίχιση των ετικετών (tags) του HMI με τα tags του κώδικα που εκτελεί το PLC. Αρχικά δίνεται η ονομασία του tag και εισάγεται η διεύθυνση και ο τύπος δεδομένων του tag που υπάρχει στο PLC. Στη συνέχεια ο χρήστης τοποθετεί τις εντολές με τις διευθύνσεις τους πάνω στο αντικείμενο της οθόνης ώστε να λειτουργεί και να εμφανίζει τα ανάλογα επιθυμητά αποτελέσματα. Παρακάτω προβάλλεται το παράθυρο στο οποίο απεικονίζεται το μέρος και ο τρόπος που τοποθετούνται τα tags και τα δεδομένα που ορίζει ο χρήστης στο κάθε tag ξεχωριστά, Εικόνα 4.

Name	Data type	Address	Retain	Access...	Writa...	Visibl...	Supervis...	Comment
1 Level_Tank_No_1	Int	%I0.5						Στάθμη Δεξαμενής Νο 1
2 Level_Alarm_Tank_No_1	Bool	%I0.5						Ασφαλιστικό Στάθμης Δεξαμενής Νο 1
3 IN_Valve_Tank_No_1	Bool	%Q1.1						Βάνα Εισόδου Δεξαμενής Νο 1
4 OUT_Valve_Tank_No_1	Bool	%Q1.2						Βάνα Εξόδου Δεξαμενής Νο 1
5 Washing_Valve_Tank_No_1	Bool	%Q1.3						Βάνα Πλύσης Δεξαμενής Νο 1
6 Sample_Valve_Tank_No_1	Bool	%Q1.4						Βάνα Δείγματος Δεξαμενής Νο 1
7 TI_In_Valve	Bool	%M0.0						
8 TI_Out_Valve	Bool	%M0.1						
9 TI_Level	UInt	%M0.2						
10 TI_In_Open	Bool	%M0.2						
11 TI_In_Close	Bool	%M0.3						
12 TI_Out_Open	Bool	%M0.4						
13 TI_Out_Close	Bool	%M0.5						
14 TI_Sample_Valve	Bool	%M0.6						
15 TI_Sample_Open	Bool	%M0.7						
16 TI_Sample_Close	Bool	%M1.0						
17 TI_Evacuation	Bool	%M1.1						
18 TI_In_Operation	Bool	%M8.4						
19 Level_Alarm_Tank_1	Bool	%M4.0						
20 TI_Out_Operation	Bool	%M4.5						
21 <Add new>								

Εικόνα: 4. Τα tags της εφαρμογής

Στο δενδρόγραμμα του κάθε έργου δημιουργείται ένα αρχείο με όνομα “HMI tags” για κάθε συσκευή HMI. Οι παρακάτω πίνακες μπορούν να συμπεριληφθούν σε αυτό αρχείο.

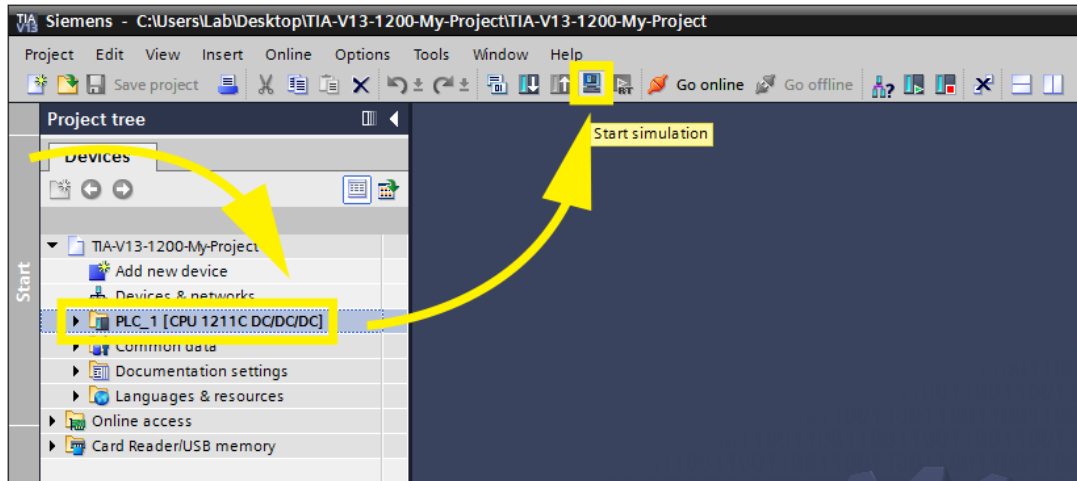
- Default tag table (Προκαθορισμένος πίνακας tags)
- User defined tag tables (Πίνακες tags καθορισμένοι από τον χρήστη)
- Tables of all tags (Πίνακες όλων των tags)

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει επιπρόσθετους πίνακες tags και να τους χρησιμοποιήσει για να κατηγοριοποιήσει τα tags και τις σταθερές του προγράμματος. Μπορεί επίσης να μετακινήσει tags σε διαφορετικό πίνακα ετικέτας χρησιμοποιώντας την drag-and-drop διαδικασία ή με την βοήθεια του Tag table το οποίο ενεργοποιείται από το μενού συντομεύσεων.

4.3.3 Τι είναι το PLCSIM

Το PLCSIM είναι ένα σύστημα προσομοίωσης [17] που παρέχει επαρκής υποστήριξη για την ανάπτυξη προγραμμάτων δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη να επαληθεύσει την σωστή λειτουργία της εφαρμογής του χωρίς να είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση hardware. Στο περιβάλλον αυτοματισμού, ένα περιβάλλον προσομοίωσης που υποστηρίζει τις δυνατότητες και τις λειτουργίες ενός πραγματικού PLC μειώνει, για παράδειγμα, τον χρόνο ανάπτυξης και κατά επέκταση το κόστος. Ο έγκαιρος εντοπισμός των σφαλμάτων και η βελτιστοποίηση του προγράμματος επιτρέπουν την χωρίς προβλήματα εφαρμογή των προγραμμάτων στο

πραγματικό σύστημα. Αν ένα πρόγραμμα τροποποιηθεί μπορεί να δοκιμαστεί πριν να ενσωματωθεί στο σύστημα που αναλαμβάνει τον έλεγχο ενός εργοστασίου ή μιας παραγωγικής διαδικασίας .



Εικόνα: 5. Προγραμματιστικό Περιβάλλον κατά το ξεκίνημα του PLCSIM [17].

Το PLCSIM έχει την ικανότητα να προσομοιώνει ταυτόχρονα πολλαπλούς σταθμούς PLC. Επομένως είναι εφικτή η ενεργοποίηση πολλών στιγμιότυπων του PLCSIM σε διαφορετικά παράθυρα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει τον κώδικα διαφορετικών σταθμών PLC ταυτόχρονα αξιοποιώντας τα εργαλεία ελέγχου του PLCSIM. Μετά το κατέβασμα του προγράμματος το στιγμιότυπο του PLCSIM υιοθετεί το όνομα του αντίστοιχου σταθμού PLC. Το PLCSIM εκτελεί το πρόγραμμα του χρήστη σαν ένα πραγματικό σύστημα αυτοματισμού. Κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί και να αλλάζει τις τιμές των δεδομένων σε όλες τις μνήμες του PLC μέσω ενός απλού περιβάλλοντος διεπαφής χρήστη.

5. Περιγραφή Εργαστηρίου Πυρηνικής Ιατρικής Θεαγενείου ως περίπτωση μελέτης.

Για την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας εγκατάστασης και χρήσης συστήματος δεξαμενών συλλογής εκκρινμάτων ασθενών, ο υπεύθυνος ακτινοπροστασίας του εργαστηρίου εκπονεί σχετική μελέτη, λαμβάνοντας υπόψη, τις τοπικές συνθήκες, το περιοριστικό επίπεδο δόσης των 10 μSv ανά έτος, για τα άτομα του πληθυσμού από το σύνολο των απελευθερώσεων των ραδιενεργών ουσιών στο περιβάλλον, καθώς και το περιοριστικό επίπεδο δόσης (ΠΕΔ) των 100 μSv ανά έτος για το αναφερόμενο προσωπικό. Η μελέτη προσωρινής αποθήκευσης ραδιενεργών αποβλήτων εγκρίνεται από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), λαμβανομένων υπόψη παραμέτρων όπως, ενδεικτικά, ο χρόνος ημίσειας ζωής τους, η φυσική τους κατάσταση, η μορφή τους, η δυνατότητα μορφοποίησής τους και η προέλευσή τους. Τα ραδιενεργά λύματα παραμένουν για ένα χρονικό διάστημα σύμφωνα με τους όρους της άδειας, με σκοπό είτε την εξαγωγή τους από την χώρα, είτε την απομείωση της ραδιενέργειάς τους, έτσι ώστε να είναι ασφαλέστερη η περαιτέρω διαχείρισή τους [18].

Παρακάτω παρατίθεται η μεθοδολογία υπολογισμού της ακτινοπροστασίας στο Εργαστήριο Πυρηνικής Ιατρικής κατηγορίας **A-3** του Νοσοκομείου Θεαγένειο ως περίπτωση μελέτης, στο οποίο γίνεται χρήση ραδιοϊσοτόπων για θεραπευτικές εφαρμογές καθώς και για διαγνωστικές *in vivo* και *in vitro* εξετάσεις και υπάρχει η αναγκαιότητα εγκατάστασης συστήματος δεξαμενών απόσβεσης ραδιενεργών αποβλήτων.

Τα γενικά στοιχεία του χώρου μελέτης είναι:

- *Εργαστήριο:* Πυρηνικής Ιατρικής
- *Κατηγορία :* A-3
- *Ισόγειο επίπεδο:* Θεραπευτικές Εφαρμογές Πυρηνικής Ιατρικής,
- *Ισόγειο επίπεδο:* *in vivo* και *in vitro* εξετάσεις

Γενικά, το πυρηνικό τμήμα έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε να εξυπηρετεί ένα μεγάλο πλήθος ασθενών σε ετήσια βάση διαθέτοντας δύο μονόκλινα δωμάτια ραδιοθεραπείας με ^{131}I καθώς και τις δεξαμενές συλλογής ραδιενεργών απεκκρινμάτων που προέρχονται από τους θαλάμους αυτούς.

5.1 Περιγραφή του Εργαστηρίου

Το τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής είναι εγκαταστημένο σε ιδιαίτερη πτέρυγα του ισογείου του νοσοκομείου και αποτελείται από τους εξής χώρους [18]:

- Το θερμό εργαστήριο
- Την αίθουσα χορήγησης ραδιοϊσοτόπων
- Την αίθουσα αναμονής ενεθέντων ασθενών
- Τις τρεις αίθουσες, όπου είναι εγκατεστημένες γ -camera
- Το εργαστήριο *in vitro*,
- Γραφεία και λοιποί χώροι για το προσωπικό
- Το θεραπευτικό τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής όπου περιλαμβάνονται δύο θάλαμοι νοσηλείας με δύο κλίνες, αλλά για λόγους ασφαλείας χρησιμοποιείται μόνο η μία κλίνη, και με ξεχωριστό W.C ο καθένας που να καταλήγει στην αποχέτευση του νοσοκομείου. Απέναντι από τους θαλάμους νοσηλείας βρίσκεται ένας θάλαμος εφαρμογής βραχυθεραπείας και ένας θάλαμος που χρησιμοποιείται ως χειρουργείο για τις γυναικολογικές εφαρμογές της βραχυθεραπείας.

5.2 Στοιχεία Ακτινοπροστασίας

- *Επαγγελματικά Εργαζόμενοι με ακτινοβολίες*
Τα όρια του ρυθμού ισοδύναμης δόσης H_m είναι 2 10^{-2}Sv το χρόνο, 4 10^{-4}Sv την εβδομάδα και 10^{-5} την ώρα.

- **Ευρύ κοινό**
Ο ρυθμός ισοδύναμης δόσης H_M για το ευρύ κοινό, πρέπει να είναι υποοικονομικός από ότι για τους επαγγελματικά εργαζόμενους, δηλαδή $10^{-3}Sv$ το χρόνο, $2 \cdot 10^{-5}Sv$ την εβδομάδα και $5 \cdot 10^{-6}Sv$ την ώρα. Για παρακείμενους χώρους που πιθανόν υπάρχουν παιδιά, λαμβάνεται $7 \cdot 10^{-6}Sv$ την εβδομάδα.
- **Χώροι μετρήσεων**
Στους χώρους μετρήσεων (γ -camera και εργαστήριο in vitro) ο ρυθμός έκθεσης δεν πρέπει να ξεπερνά $1,5 \cdot 10^{-7}Sv/h$ ή $5 \cdot 10^{-4}cSv/εβδομάδα$.

5.3 Χαρακτηρισμός των Χώρων και των Εργαζομένων

Οι αίθουσες προετοιμασίας (θερμό εργαστήριο) και χορήγησης ραδιοφαρμάκων, οι αίθουσες αναμονής και WC ενεθέντων ασθενών, οι θάλαμοι απομόνωσης του θεραπευτικού τμήματος και οι χώροι συλλογής καταλοίπων χαρακτηρίζονται ελεγχόμενες περιοχές και το προσωπικό που εργάζεται στις περιοχές αυτές είναι πιθανό να λάβει δόση μεγαλύτερη των $3/10$ της H_M που ισχύει για επαγγελματικά εργαζόμενους.

Οι αίθουσες των γ - camera και το εργαστήριο in vitro χαρακτηρίζονται επιβλεπόμενες περιοχές και το προσωπικό είναι πιθανό να λάβει δόση μεγαλύτερη του $1/10$ της H_M και μικρότερη των $3/10$ της H_M που ισχύει για επαγγελματικά εργαζόμενους.

Οι διάδρομοι, τα γραφεία, οι αίθουσες αναμονής και οι περιβάλλοντες χώροι χαρακτηρίζονται μη ελεγχόμενες περιοχές και το προσωπικό και το ευρύ κοινό είναι πιθανό να λάβει δόση μικρότερη του $1/10$ της H_M .

Οι εργαζόμενοι στο εργαστήριο, οι Πυρηνικοί Ιατροί, οι Παρασκευαστές και Τεχνολόγοι, οι Φυσικοί Ιατρικής, οι Βιοϊατρικοί Μηχανικοί, οι Νοσηλεύτες του θεραπευτικού τμήματος και οι καθαριστές των 'θερμών' χώρων κατατάσσονται στη κατηγορία Α είναι δηλαδή πιθανό να λάβουν δόση μεγαλύτερη των $3/10$ της H_M για τους επαγγελματικά εργαζόμενους. Η παρακολούθηση του προσωπικού κατηγορίας Α γίνεται με δοσίμετρα TLD, από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας.

5.4 Δεξαμενές Συλλογής Ραδιενεργών Απεκκριμάτων - Δεδομένα και υπολογισμοί για το πλήθος και τη χωρητικότητά τους

Αριθμός Θαλάμων Νοσηλείας

Υπάρχουν δύο θάλαμοι νοσηλείας – απομόνωσης στους οποίους νοσηλεύονται ασθενείς με καρκίνο του θυρεοειδούς, οι οποίοι υποβάλλονται σε θεραπεία με I-131. Σε κάθε θάλαμο υπάρχει WC ασθενούς με ξεχωριστές αποχετεύσεις οι οποίες συγκλίνουν σε κοινό αγωγό, που θα καταλήξει στις δεξαμενές.

Χωρητικότητα κάθε δεξαμενής

Θεωρείται ότι οι δεξαμενές έχουν μέγιστη χωρητικότητα 7000 lt η κάθε μια. Το μέγεθος αυτό των δεξαμενών καθορίστηκε μετά από έρευνα της αγοράς και για πρακτικούς λόγους μεταφοράς και εγκατάστασης. Η κάθε δεξαμενή θα έχει πληρότητα 95% του μέγιστου όγκου της δηλαδή τελική μέγιστη χωρητικότητα **6650 lt**.

Μέγιστος Ετήσιος Αριθμός Νοσηλευόμενων

Από στοιχεία της κίνησης ασθενών του τμήματος την τελευταία 5ετία, ο αριθμός των νοσηλευόμενων με καρκίνο του θυρεοειδούς, δεν υπερβαίνει τους 75 ετησίως. Για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι 90 ασθενείς ετησίως υποβάλλονται σε θεραπεία με I-131 και στους δύο θαλάμους.

Μέρες νοσηλείας ετησίως

Κάθε ασθενής νοσηλεύεται επί 7 ημέρες, επομένως : $90 \text{ ασθ/έτος} \times 7 \text{ ημ/ασθ} = 630 \text{ ημ/έτος}$.

Μέσος Ημερήσιος Όγκος Λυμάτων

Κατά μέσο όρο κάθε ασθενής χρησιμοποιεί 7 φορές την τουαλέτα και κάθε φορά καταναλώνονται 10 lt νερού και συνολικά αποβάλλονται 2 lt ούρων και κοπράνων, δηλαδή περίπου 75 lt λυμάτων από κάθε ασθενή. Ο μέσος ημερήσιος όγκος λυμάτων για 630 ημέρες νοσηλείας κατά έτος υπολογίζεται :

$$(75 \text{ lt/ημ} \times 630 \text{ ημ/έτος}) / 365 \text{ ημ/έτος} = 129 \text{ lt/ημ}$$

Μέσος Χρόνος Πλήρωσης της Δεξαμενής

Υπολογίζεται βάσει της χωρητικότητας της κάθε δεξαμενής και του μέσου ημερήσιου όγκου λυμάτων ως εξής:

$$6650 \text{ lt} / 129 \text{ lt/ημ} = 51.5 \text{ ημ.}$$

Μέση Ημερήσια Αποβαλλόμενη Ραδιενέργεια

Προκειμένου να υπολογιστεί η μέση ετήσια χορηγούμενη ραδιενέργεια :

- Υπολογίζεται αρχικά τη μέση ετήσια χορηγούμενη ραδιενέργεια. Από στοιχεία της κίνησης ασθενών του τμήματος την τελευταία 5ετία, η μέση χορηγούμενη ραδιενέργεια ανά ασθενή με καρκίνο του θυρεοειδούς, δεν υπερβαίνει τα 120mCi/ασθ. I-¹³¹.
Συνεπώς: 90 ασθ/έτος x 120 mCi/ασθ. = 10800 mCi/έτος.
- Στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση ετήσια αποβαλλόμενη ραδιενέργεια. Από μετρήσεις και βιβλιογραφικά δεδομένα θεωρείται ότι το 90% της χορηγούμενης ραδιενέργειας απεκκρίνεται από τον ασθενή στο σύστημα αποχέτευσης.
Συνεπώς: 10800 mCi/έτος x 90% = 9720 mCi/έτος.
- Η μέση ημερήσια αποβαλλόμενη ραδιενέργεια είναι :
 $(9720 \text{ mCi/έτος}) / (365 \text{ ημ/έτος}) = 26.6 \text{ mCi/ημ.}$

Μέση Συγκέντρωση Ραδιενέργειας στη Δεξαμενή την ημέρα της Πλήρωσης

Η ολική ραδιενέργεια A της δεξαμενής στο τέλος του χρόνου πλήρωσής της υπολογίζεται θεωρώντας ότι κάθε ημέρα έχει εμπλουτισμό της ραδιενέργειας κατά $A_0 = 26.6 \text{ mCi/ημ}$ και ταυτόχρονη μείωση της ραδιενέργειας λόγω ραδιενεργού διάσπασης. Άρα η συνολική ραδιενέργεια εκφράζεται με την παρακάτω σειρά :

$$A = A_0 e^{-\lambda t_1} + A_0 e^{-\lambda t_2} + A_0 e^{-\lambda t_3} + \dots + A_0 e^{-\lambda t}$$

η οποία μετασχηματίζεται σε ολοκλήρωμα με όρια $t=0$ έως $t=51.5 \text{ ημ.}$

$$A = \int_0^t A_0 e^{-\lambda t} dt = A_0 [(-1/\lambda) e^{-\lambda t} + c]$$

Για $t=0$ $A=0$ υπολογίζεται $c=1/\lambda$ όπου λ : η σταθερά διάσπασης του I-¹³¹ ισούται με 0.087 ημ^{-1} . Επομένως :

$$A = A_0 [(-1/\lambda) e^{-\lambda t} + 1/\lambda] = (A_0/\lambda) (1 - e^{-\lambda t}) = 302 \text{ mCi}$$

Η μέγιστη ραδιενεργός συγκέντρωση της δεξαμενής στο τέλος του χρόνου πλήρωσής της υπολογίζεται διαιρώντας την μέγιστη ραδιενέργεια με τον όγκο πληρότητας της δεξαμενής.

$$302 \text{ mCi} / 6650 \text{ lt} = 0.045 \text{ μCi/ml} = 4.5 \times 10^{-2} \text{ μCi/ml}$$

Χρόνος Παραμονής Λυμάτων στην Δεξαμενή

Τα λύματα που έχουν συγκεντρωθεί στην δεξαμενή πρέπει να παραμείνουν στην δεξαμενή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ώστε η ραδιενεργός συγκέντρωση να πέσει στο επιθυμητό των 10^{-5} μCi/ml , οπότε μπορούν να απορριφθούν στο δημόσιο αποχετευτικό σύστημα. Το χρονικό διάστημα απομόνωσης της δεξαμενής, υπολογίζεται από την εξίσωση της ραδιενεργού διάσπασης.

$$C = C_0 e^{-\lambda t} = (\ln C - \ln C_0) / \lambda = 90. \eta\mu.$$

Υπολογισμός του πλήθους των Δεξαμενών

Το πλήθος των δεξαμενών, όγκου 7000 lt η κάθε μία, υπολογίζεται συναρτήσει του χρόνου πλήρωσης της δεξαμενής και του χρόνου απομόνωσης της δεξαμενής.

$$N = (96.5 + 51.5) / 51.5 = 2.9 \text{ δηλαδή } 3 \text{ δεξαμενές}$$

5.5 Κατασκευή του χώρου εγκατάστασης δεξαμενών

Ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση των δεξαμενών του Νοσοκομείου είναι θωρακισμένος, επιτρέποντας την εύκολη πρόσβαση μόνο στο ειδικευμένο προσωπικό, που είναι επιφορτισμένο με τον έλεγχο και τη συντήρηση των δεξαμενών.

Η ενεργότητα στον υπόγειο χώρο των δεξαμενών είναι μέγιστη όταν πληρωθούν όλες οι δεξαμενές δηλαδή σε 155 ημέρες.

Αυτή τη χρονική στιγμή η τελευταία πληρωθείσα δεξαμενή έχει ενεργότητα 300mCi, η προηγούμενη 3.4mCi και η πρώτη 0.05mCi. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, η έκθεση στους περιβάλλοντες χώρους εξαρτάται μόνο από την ενεργότητα της τελευταίας πληρωθείσας δεξαμενής.

Κατασκευαστικές απαιτήσεις για το χώρο

Οι κατασκευαστικές απαιτήσεις για το χώρο είναι:

- Οι αποχετεύσεις από τις τουαλέτες των δύο δωματίων και μόνο, να οδηγούνται απευθείας στις δεξαμενές μέσω κεντρικού φρεατίου.
- Η συλλογή των λυμάτων σε φρεάτιο (σε μία γωνία στο χώρο) από τυχαία διαρροή στο χώρο.
- Η δυνατότητα αλλαγής της αποχέτευσης των δωματίων και διοχέτευσης τους στο κοινό αποχετευτικό δίκτυο σε περίπτωση βλάβης.
- Το δάπεδο του χώρου των δεξαμενών να είναι επικλινές προς το κεντρικό φρεάτιο και με ειδική επίστρωση.
- Το σύστημα απαγωγής αερίων των δεξαμενών να πληροί όλους τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας που ισχύουν για τους χώρους, όπου φυλάσσονται ραδιενεργά υλικά.
- Οι τοίχοι του χώρου και η πόρτα να είναι θωρακισμένοι με το απαιτούμενο πάχος θωράκισης.

Απαιτήσεις για την Κατασκευή των Δεξαμενών

Οι δεξαμενές απαιτείται να έχουν 7m³ η κάθε μία και να είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα με τις λιγότερες δυνατές κολλήσεις και να διαθέτουν:

- Ανθρωποθυρίδα επίσκεψης
- Είσοδο ραδιενεργών λυμάτων
- Έξοδο λυμάτων
- Εξαερισμό
- Υποδοχή χημικών
- Αντλίες αναρρόφησης λυμάτων
- Ειδική θέση λήψης δείγματος

5.6 Οι Αυτοματισμοί της εγκατάστασης των δεξαμενών

Η εγκατάσταση των δεξαμενών πρέπει να διαθέτει τους εξής αυτοματισμούς:

- Αυτόματο σύστημα πλήρωσης και εκκένωσης των δεξαμενών από το κεντρικό φρεάτιο.
- Συστήματα ανάδευσης για την ομογενοποίηση του μίγματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα.
- Αυτόματο σύστημα για τον έλεγχο ύψους λυμάτων μέσα στην δεξαμενή με φωτεινά και ηχητικά σε κατάσταση συναγερμού σήματα.
- Αυτόματο σύστημα διακοπής της ροής των ραδιενεργών λυμάτων στην δεξαμενή, όταν γεμίσει και αυτόματη μεταγωγή τους στην επόμενη δεξαμενή.
- Αυτόματη μέτρηση του χρόνου απόσβεσης των λυμάτων όταν η δεξαμενή γεμίσει και βρίσκεται σε κατάσταση επεξεργασίας.
- Δυνατότητα δειγματοληψίας λυμάτων για τον έλεγχο της συγκέντρωσης της ραδιενέργειας.
- Σύστημα καθαρισμού των δεξαμενών.
- Σύστημα άντλησης των λυμάτων και παροχέτευσης στο δημόσιο δίκτυο αποχέτευσης.
- Αυτόματο σύστημα συλλογής και άντλησης των λυμάτων του κεντρικού φρεατίου.
- Σύστημα διαχείρισης λυμάτων σε περίπτωση υπερχειλίσης του κεντρικού φρεατίου.
- Σύστημα προσαγωγής και απαγωγής των αερίων των δεξαμενών.

Η Κονσόλα Ελέγχου

Η κονσόλα πρέπει να διαθέτει:

- Τηλεχειριζόμενο έλεγχο όλων των εργασιών διαχείρισης των δεξαμενών και να βρίσκεται εκτός του χώρου των δεξαμενών.
- Συνεχόμενο Έλεγχο της στάθμης των δεξαμενών, της ανάδευσης, της λειτουργίας των αντλιών του κεντρικού φρεατίου, της κεντρικής βάνας φρεατίου και του εξαερισμού του χώρου.
- Φωτεινά και ηχητικά σήματα συναγερμού σε περίπτωση υπερχειλίσης των δεξαμενών, μη καλής λειτουργίας αντλιών κεντρικού φρεατίου, προσαγωγής και απαγωγής αερίων.

6. Σύστημα Αυτοματισμού Αδρανοποίησης Ραδιενεργών λυμάτων με τη χρήση PLC

Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω μελέτη ακτινοπροστασίας για τις απαιτήσεις σε αυτοματισμούς και έλεγχο των δεξαμενών απομείωσης ραδιενεργών λυμάτων δημιουργήθηκε ένα αυτόματο σύστημα με PLC με δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης των δεξαμενών από 3 σε 5 δεξαμενές λόγω συνεχιζόμενης αύξησης των νοσηλευόμενων ασθενών.

6.1 Προγραμματισμός του PLC

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε αναλαμβάνει τον έλεγχο πέντε δεξαμενών

Η μονάδα PLC της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελείται από την CPU (CPU 1513-1), η οποία διαθέτει μια θύρα σύνδεσης με υπολογιστή ή άλλες συσκευές. Μέσω αυτής της σύνδεσης ο χρήστης αξιοποιώντας τις δυνατότητες του TIA PORTAL μπορεί να φορτώσει ένα νέο πρόγραμμα στο PLC ή να προβεί σε διορθώσεις στο είδη υπάρχον πρόγραμμα.

Η CPU 1513-1 είναι επεξεργαστής που διαθέτει μια μεσαίου μεγέθους μνήμη προγράμματος μπορεί να αξιοποιηθεί σε αρκετά απαιτητικές εφαρμογές.

Τα χαρακτηριστικά της CPU αυτής είναι:

- Η υψηλή απόδοση επεξεργασίας κατά την εκτέλεση δυαδικών αριθμητικών πράξεων και κατά την εκτέλεση πράξεων αριθμών κινητής υποδιαστολής.
- Χρησιμοποιείται σαν κεντρικός ελεγκτής σε γραμμές παραγωγής με κεντρικές και διανεμόμενες μονάδες εισόδων/εξόδων.
- Έχει ενσωματωμένο ένα περιεκτικό σύστημα διάγνωσης
- Υποστηρίζει ιδανικά την αξιοποίηση των διαθέσιμων SIMATIC Engineering tools.

Επίσης υπάρχουν 4 κάρτες εισόδων/εξόδων, δύο κάρτες ψηφιακών εισόδων (DI 16X24VDC) και δύο κάρτες ψηφιακών εξόδων (DQ 16X24VDC). Η Πέμπτη κάρτα είναι μια κάρτα 8 αναλογικών εισόδων (AI 8XU/I/R/RTD) η οποία χρησιμοποιείται για να είναι εφικτή η διασύνδεση και η λήψη πληροφοριών από κάποια αναλογικά αισθητήρια.



Εικόνα: 6. Η CPU 1513-1 με τις κάρτες Εισόδων και Εξόδων

Για τον προγραμματισμό του PLC χρησιμοποιήθηκε αντικειμενοστραφής προγραμματισμός, δημιουργήθηκε το αντικείμενο System_Tank το οποίο εισήχθη πέντε φορές στο κεντρικό πρόγραμμα main.

Για την δημιουργία του αντικειμένου System_Tank καθορίστηκαν αρχικά τα σήματα εισόδων και εξόδων της δεξαμενής και έπειτα μελετήθηκαν οι διαδικασίες τις οποίες πρέπει να εκτελεί η δεξαμενή σε κάθε φάση λειτουργίας του συστήματος.

6.2 Σήματα Εισόδων και Εξόδων Δεξαμενής

Στάθμη δεξαμενής

Βασικό σήμα εισόδου για το προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank είναι η στάθμη της δεξαμενής Unscale_Level_Tank, δηλαδή είναι το σήμα από τον αισθητήρα στάθμης σε μορφή word (0 – 27648). Λαμβάνοντας υπόψη τις διαδικασίες που πρέπει να εκτελεί η κάθε δεξαμενή καθορίστηκαν τέσσερα σήματα εξόδων που είναι σχετικά με την στάθμη :

Level_Tank	Κανονικοποιημένη στάθμη δεξαμενής σε ποσοστό επί τις εκατό
Level_High	Η στάθμη είναι υψηλή και η δεξαμενή δεν μπορεί να δεχθεί άλλα λύματα
Level_Low	Η δεξαμενή μπορεί να δεχθεί λύματα
Level_Wash	Η στάθμη της δεξαμενής είναι πάνω από το 30%

Βάνες

Η κάθε δεξαμενή πρέπει να διαθέτει τρεις βάνες:

Βάνα εισαγωγής, βάνα εξαγωγής και βάνα για λήψη δείγματος.

Για κάθε μία βάνα το προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank δέχεται τρία σήματα εισόδου :

Tank_In_Valve	Η βάνα εισόδου είναι σε λειτουργία
Tank_In_Open	Η βάνα εισόδου είναι ανοιχτή
Tank_In_Close	Η βάνα εισόδου είναι κλειστή
Tank_Out_Valve	Η βάνα εξόδου είναι σε λειτουργία
Tank_Out_Open	Η βάνα εξόδου είναι ανοιχτή
Tank_Out_Close	Η βάνα εξόδου είναι κλειστή
Tank_Sample_Valve	Η βάνα δείγματος είναι σε λειτουργία
Tank_Sample_Open	Η βάνα δείγματος είναι ανοιχτή
Tank_Sample_Close	Η βάνα δείγματος είναι κλειστή

Και βγάζει αντίστοιχα τρία σήματα εξόδου:

In_Valve	Η βάνα εισόδου είναι σε λειτουργία
In_Va_Open	Η βάνα εισόδου είναι ανοιχτή
In_Va_Close	Η βάνα εισόδου είναι κλειστή

Out_Valve	Η βάνα εξόδου είναι σε λειτουργία
Out_Va_Open	Η βάνα εξόδου είναι ανοιχτή
Out_Va_Close	Η βάνα εξόδου είναι κλειστή

Sample_Valve	Η βάνα δείγματος είναι σε λειτουργία
Sample_Va_Open	Η βάνα δείγματος είναι ανοιχτή
Sample_Va_Close	Η βάνα δείγματος είναι κλειστή

Σήματα Ελέγχου

Τρία ακόμη σήματα είναι απαραίτητα για την σωστή λειτουργία του αντικειμένου System_Tank:

Evacuation_Order	Εντολή εκκένωσης δεξαμενής
Level_Low_Frear	Χαμηλή στάθμη κεντρικού φρεατίου
Other_Tank_Collection	Άλλη δεξαμενή είναι σε διαδικασία Συλλογής

Καταστάσεις Λειτουργίας Δεξαμενής, Είσοδοι και Έξοδοι

Για κάθε δεξαμενή ορίστηκαν τέσσερις καταστάσεις λειτουργίας:

ANAMONH	Η δεξαμενή μπορεί να δεχθεί λύματα
ΣΥΛΛΟΓΗ	Η δεξαμενή είναι ενεργοποιημένη και δέχεται λύματα
ΑΔΕΙΑΣΜΑ	Η δεξαμενή είναι σε διαδικασία εκκένωσης
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	Η δεξαμενή είναι γεμάτη και δεν μπορεί να δεχθεί λύματα

Για κάθε μία από τις παραπάνω καταστάσεις το αντικείμενο System_Tank διαθέτει και μία αντίστοιχη έξοδο:

Stand by	Αναμονή
Collection	Συλλογή
Evacuation	Άδειασμα
Processing	Επεξεργασία

Η καταγραφή του χρόνου συλλογής και επεξεργασίας είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την διαχείριση του συστήματος των δεξαμενών, για τον λόγο αυτό στο προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank προγραμματίστηκαν οι παρακάτω έξοδοι:

Days_Collection	Ημέρες συλλογής
Hours_Collection	Ώρες συλλογής
Processing_Days	Ημέρες επεξεργασίας
Processing_Hours	Ώρες επεξεργασίας

Τέλος στο αντικείμενο προγραμματίστηκαν και οι έξοδοι:

Wash_Valve	Βαλβίδα πλυσίματος σε λειτουργία
------------	----------------------------------

Mix_Tank	Εντολή ανάδευσης
In_Operation	Δεξαμενή σε λειτουργία
Start_Frear_Pump	Εντολή εκκίνησης αντλίας φρεατίου

Για τις διάφορες λειτουργίες της κάθε δεξαμενής είναι απαραίτητο να υπάρχουν ξεχωριστοί timers και counters καθώς και δεδομένα που αφορούν την δεξαμενή, όπως η στάθμη της δεξαμενής, οι ημέρες και ώρες της δεξαμενής που βρίσκεται σε συλλογή ή επεξεργασία, ο χρόνος ανάδευσης της δεξαμενής και άλλα. Για όλες αυτές τις λειτουργίες το προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank ζητά τη δημιουργία των κατάλληλων βάσεων δεδομένων και την εισαγωγή τους ως παραμέτρους για την λειτουργία του.

Οι βάσεις δεδομένων που αφορούν την κάθε δεξαμενή δημιουργούνται είτε με γενικά προγραμματιστικά αντικείμενα του TIA Portal, όπως είναι οι timers και οι counters που διαθέτει, είτε με αντικείμενα που έχουν δημιουργηθεί και έχουν εισαχθεί στο κύριο προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank.

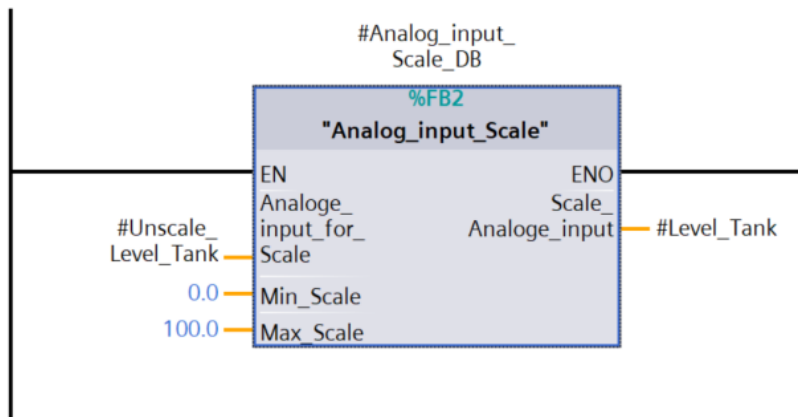
Για τις γενικές βάσεις δεδομένων υπάρχουν οι παρακάτω είσοδοι:

Counter_Mix	Μετρητής δευτερολέπτων για ανάδευση
Timer_Level_High ένδειξης)	Χρονοκαυστήρηση (5sec) για να γίνει το Level_Hightrue (αποφυγή λανθασμένης ένδειξης)
Timer_Mix	Χρονικό διάρκειας ανάδευσης
Timer_Sample	Χρονικό για το άνοιγμα της βάνας δείγματος
Timer_Wash	Χρονικό για πλύση δεξαμενής
Timer_Zero_Mix	Χρονικό για ρύθμιση των διαστημάτων ανάδευσης

6.3 Εισαγωγή Προγραμματιστικών Αντικειμένων

Για να επιτευχθούν οι απαιτούμενες λειτουργίες δημιουργήθηκαν τα παρακάτω αντικείμενα που εισήχθηκαν στο κυρίως προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank:

Analog_input_Scale: Πρόγραμμα για την κανονικοποίηση της τιμής στάθμης δεξαμενής



Εικόνα: 7. Προγραμματιστικό αντικείμενο Analog_input_Scale

Στο προγραμματιστικό αντικείμενο Analog_input_Scale δίνουμε ως είσοδο την ψηφιακή λέξη που βγάζει ο οποιοσδήποτε αισθητήρας (word 0-27648) καθώς και το ελάχιστο και μέγιστο όριο κανονικοποίησης και στην έξοδο βγάζει την τιμή μέτρησης του αισθητήρα περιορισμένη στο όριο που έχει τεθεί, Εικόνα 7.

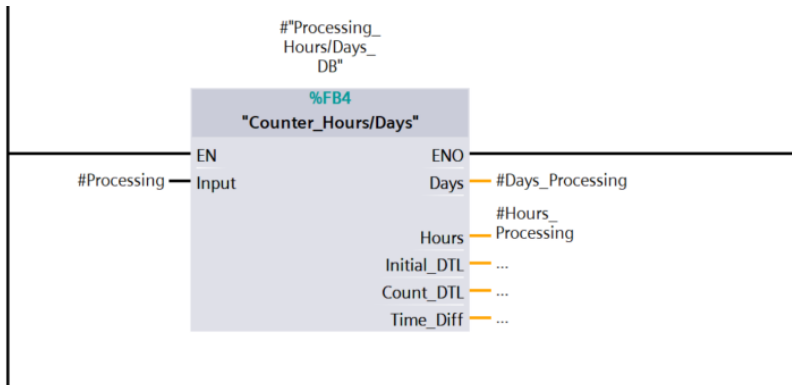
Το αντικείμεμο έχει ένα Network με δύο προγραμματιστικά μπλοκ.



Εικόνα: 8. Ανάλυση Προγραμματιστικού Αντικειμένου Analog_input_Scale

Στο πρώτο μπλοκ (NORM_X) γίνεται κανονικοποίηση των τιμών εισόδου μεταξύ 0 και 1 και στο δεύτερο μπλοκ (SCALE_X) οι τιμές οριοθετούνται στα δοσμένα όρια, Εικόνα 8.

Counter_Hours/Days: Πρόγραμμα μέτρησης ημερών και ωρών καταστάσεων δεξαμενής (Συλλογής, Επεξεργασίας)

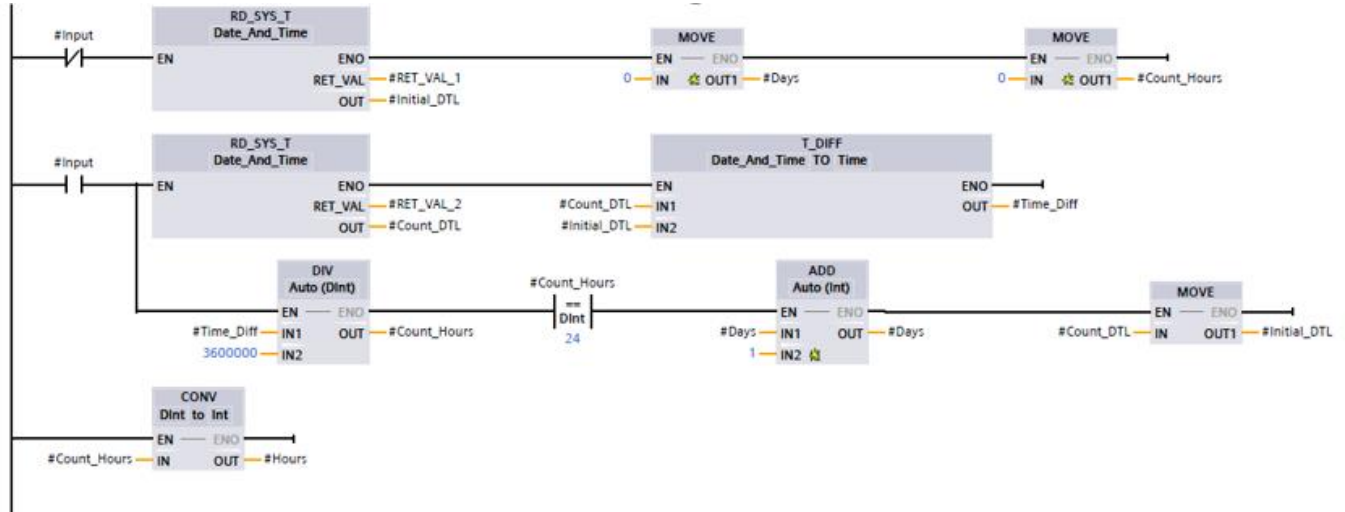


Εικόνα: 9. Προγραμματιστικό αντικείμενο Counter_Hours/Days

Το προγραμματιστικό αντικείμενο Counter_Hours/Days λαμβάνει ως είσοδο το σήμα (ή την κατάσταση) για την οποία πρέπει να καταγραφούν οι ημέρες και οι ώρες που η κατάσταση αυτή είναι αληθής (TRUE), Εικόνα 9.

Στην πρώτη γραμμή του Network του μπλοκ Counter_Hours/Days όταν η είσοδος δεν είναι ενεργοποιημένη το αντικείμενο RD_SYS_T αντιγράφει στην έξοδο initial_DTL την τρέχουσα ημερομηνία και ώρα και μηδενίζει τις εξόδους Days και Count_Hours, Εικόνα 10.

Μόλις η είσοδος γίνει αληθής (TRUE), γίνεται απομνημόνευση της ημερομηνίας και ώρας στην έξοδο initial_DTL. Ταυτόχρονα ενεργοποιείται το μπλοκ RD_SYS_T που βρίσκεται στην δεύτερη γραμμή του Network και στην έξοδο Count_DTL του μπλοκ αυτού αποτυπώνεται η τρέχουσα ημερομηνία και ώρα. Στην συνέχεια το μπλοκ T_DIFF αφαιρεί από την τρέχουσα ημερομηνία Count_DTL την απομνημονευμένη ημερομηνία και ώρα που καταγράφηκε στην έξοδο initial_DTL με αποτέλεσμα στην έξοδο Time_Diff να υπάρχουν τα δευτερόλεπτα της εισόδου του μπλοκ Counter_Hours/Days που έχει γίνει TRUE.

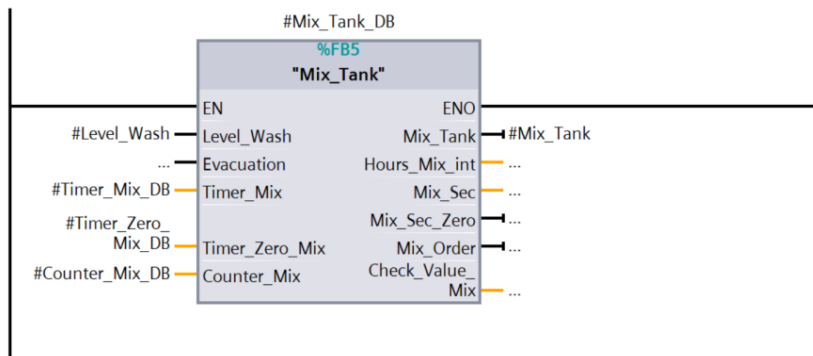


Εικόνα: 10. Ανάλυση Προγραμματιστικού Αντικείμενου Counter_Hours/Days

Στην τρίτη γραμμή του Network διαιρούνται τα δευτερόλεπτα Time_Diff δια 3.600.000 και αποθηκεύεται το αποτέλεσμα στην έξοδο Count_Hours. Κάθε φορά που η έξοδος Count_Hours γίνεται ίση με 24 αυξάνεται η έξοδος Days κατά ένα και αντικαθίσταται η τιμή του Initial_DLT με την τιμή του Count_DTL για να ξεκινήσει η μέτρηση των ωρών της επόμενης ημέρας.

Τέλος στην τελευταία γραμμή του μπλοκ μετατρέπεται το Count_Hours από Dint σε Int και το περνάμε στην έξοδο Hours

Mix_Tank: Πρόγραμμα ανάδευσης δεξαμενής



Εικόνα: 11. Προγραμματιστικό αντικείμενο Mix_Tank

Το προγραμματιστικό αντικείμενο Mix_Tank παίρνει ως εισόδους το σήμα Level_Wash της δεξαμενής, την εντολή αδειάσματος της δεξαμενής Evacuation (για να σταματήσει την ανάδευση) δύο timers Timer_Mix και Timer_Zero_Mix και έναν μετρητή Counter_Mix. Η κύρια έξοδος του μπλοκ είναι η εντολή Mix_Tank, Εικόνα 11.

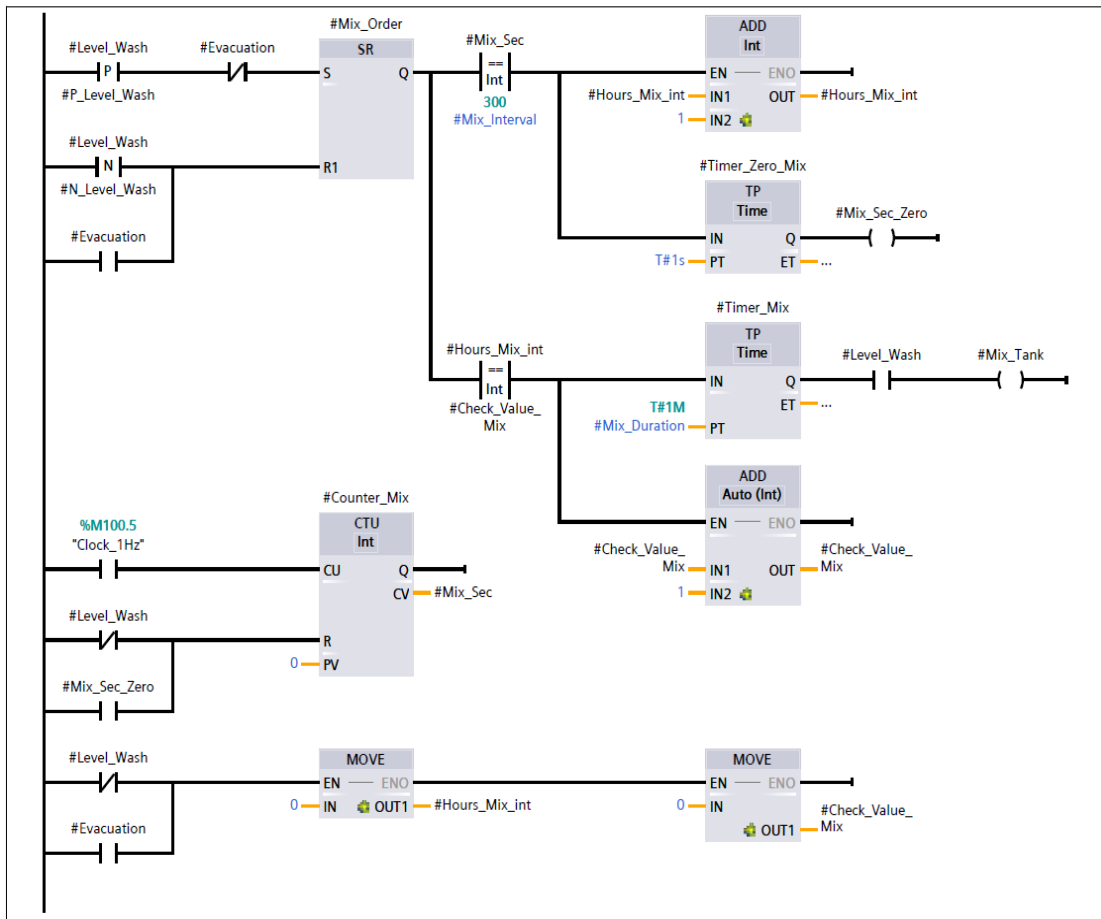
Όπως διακρίνεται από την Εικόνα 12 ο μετρητής Counter_Mix μετρά τα δευτερόλεπτα Mix_Sec μόλις η είσοδος Level_Wash γίνει αληθής και μηδενίζεται κάθε φορά που ενεργοποιείται ο timer Timer_Zero_Mix.

Η έξοδος του Flip Flop SR (Mix_Order) ενεργοποιείται στο θετικό μέτωπο του σήματος Level_Wash (και όταν το σήμα Evacuation είναι False) και γίνεται reset στο αρνητικό μέτωπο του Level_Wash ή όταν το Evacuation είναι TRUE.

Στο αρνητικό μέτωπο του Level_Wash ή όταν το Evacuation είναι TRUE μηδενίζονται και οι έξοδοι Hours_Mix_int και Check_Value_Mix.

Όταν η έξοδος του Mix_Order είναι TRUE και η τιμή του Mix_Sec γίνει ίση με την τιμή που ορίσαμε στην σταθερά Mix_Interval (3.600) αυξάνουμε κατά ένα την τιμή της εξόδου Hours_Mix_Int.

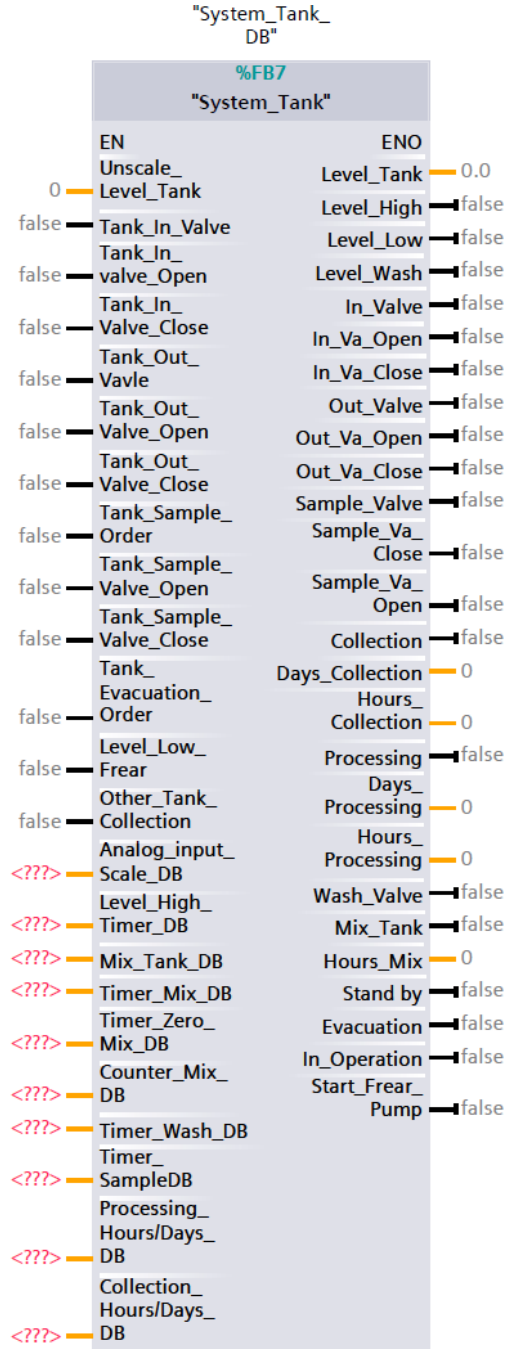
Όταν η τιμή του Hours_Mix_int είναι ίση με την τιμή του Check_Value_Mix τότε αυξάνουμε κατά ένα την τιμή του Check_Value_Mix (για να πάει στην επόμενη ώρα για ανάδευση) και ενεργοποιούμε τον timer Timer_Mix (για όσο χρόνο έχουμε ορίσει στην σταθερά Mix_Duration) το οποίο δίνει εντολή ανάδευσης στην έξοδο Mix_Tank μόνο όταν η στάθμη της δεξαμενής είναι πάνω από το Level_Wash, Εικόνα 12.



Εικόνα: 12. Ανάλυση Προγραμματιστικού Αντικειμένου Mix_Tank

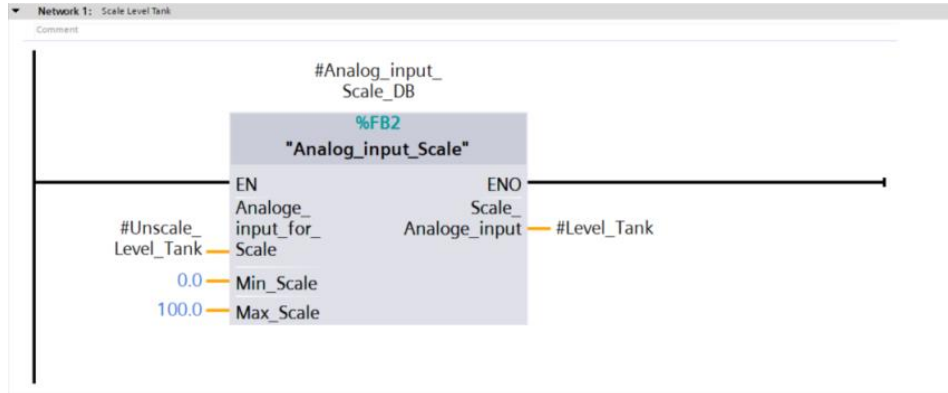
System_Tank : Κυρίως Προγραμματιστικό Αντικείμενο

Το προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank με όλες τις εισόδους και εξόδους που διαθέτει, Εικόνα 13.



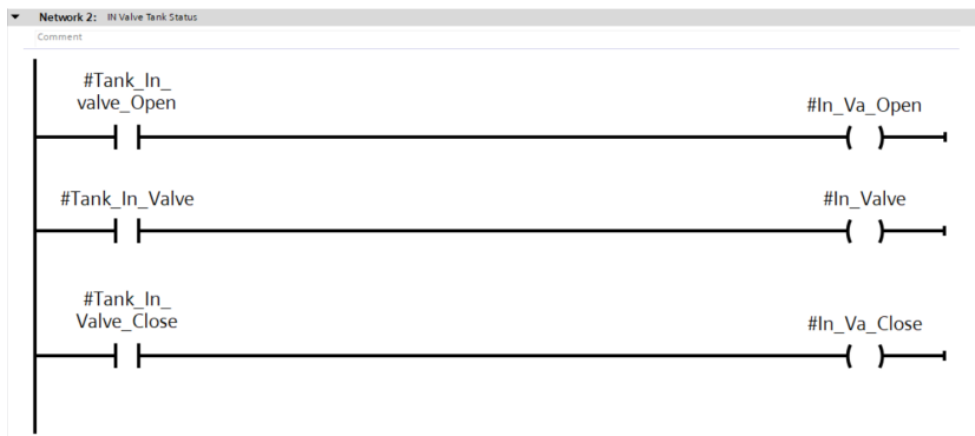
Εικόνα: 13. Προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank

Το αντικείμενο System_Tank διαθέτει 15 προγραμματιστικά δίκτυα Network:

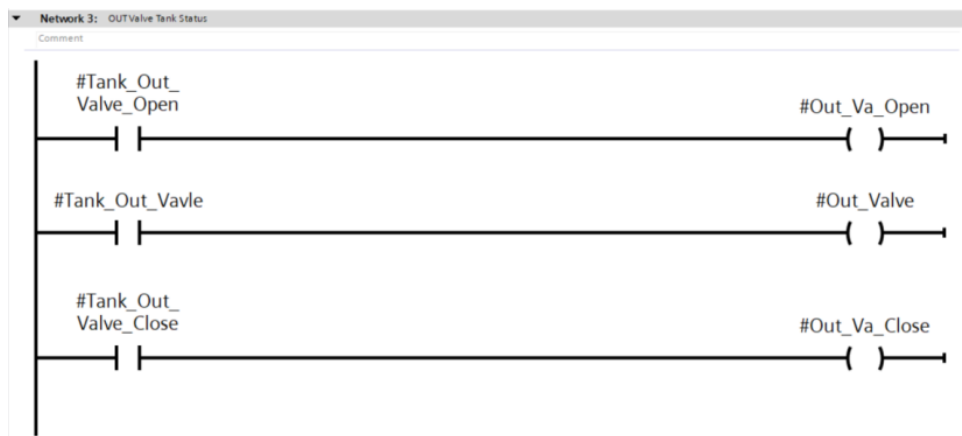


Εικόνα: 14. Εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Analog_Input_Scale

Στο Network 1: Scale Level Tank όπως ειπώθηκε και παραπάνω γίνεται η εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Analog_Input_Scale για την ανάγνωση και κανονικοποίηση της στάθμης, Εικόνα 14.

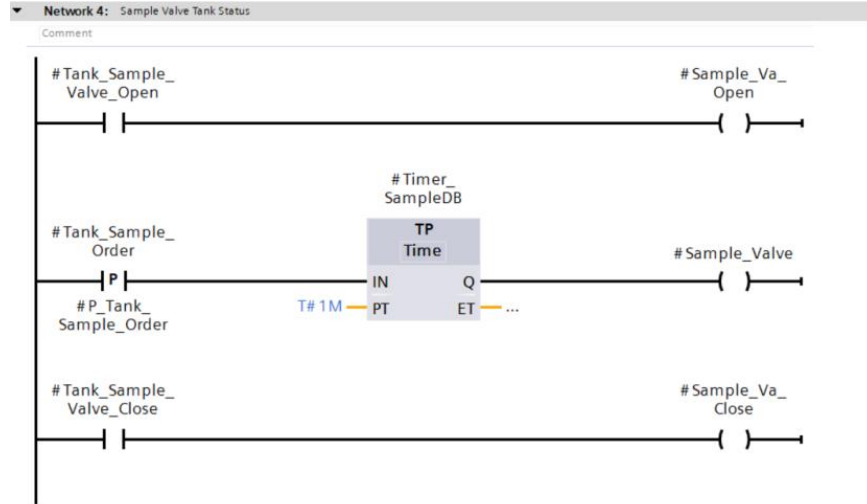


Εικόνα: 15. Αναγνώριση Κατάστασης Βανών Εισόδου της δεξαμενής - IN Valve Tank Status



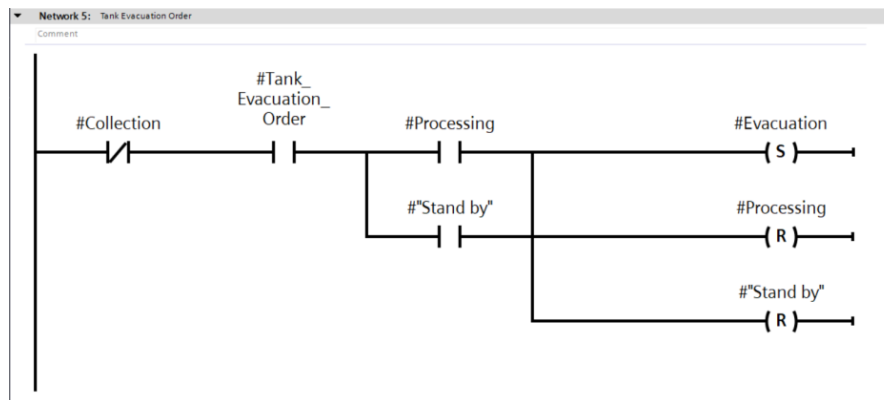
Εικόνα: 16. Αναγνώριση Κατάστασης Βανών Εξόδου της δεξαμενής - OUT Valve Tank Status

Στα Network 2: IN Valve Tank Status και Network 3: OUT Valve Tank Status το σύστημα διαβάζει και αναγνωρίζει την κατάσταση των βανών εισόδου και εξόδου της δεξαμενής, Εικόνα 15 και 16.



Εικόνα: 17. Αναγνώριση Βάνας Δειγματοληψίας-Sample Valve Tank Status

Στο Network 4: Sample Valve Tank Status εκτός από την αναγνώριση της βάνας δείγματος έχει και τον timer (Timer_Sample) που ενεργοποιείται από το θετικό μέτωπο του σήματος που θα προγραμματιστεί στην αντίστοιχη είσοδο του αντικειμένου System Tank και δίνει εντολή στην βάνα δείγματος να ανοίξει για ένα λεπτό, Εικόνα 17.



Εικόνα: 18. Διαδικασία αδειάματος της δεξαμενής με την είσοδο Tank Evacuation Order

Στο Network 5: Tank Evacuation Order δίνεται η εντολή να ξεκινήσει η διαδικασία αδειάματος της δεξαμενής όταν ενεργοποιηθεί η είσοδος Tank_Evacuation_Order, Εικόνα 18.

Στο Network 6: Definition Level Status γράφτηκε πρόγραμμα σε γλώσσα SCL (Structured Control Language) για να τον καθορισμό των τριών βασικών επιπέδων (level) στάθμης της δεξαμενής Low_Level, High_Level, Wash_Level.

Για τον έλεγχο της στάθμης ορίστηκαν τρία επίπεδα, Πρόγραμμα 1:

- Level_High : Η στάθμη της δεξαμενής είναι πάνω από 90% και δεν επιτρέπεται να δεχθεί άλλα λύματα. Η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ και ξεκινά ο αντίστοιχος μετρητής (ημέρες και ώρες που η δεξαμενή θα βρίσκεται σε επεξεργασία). Για να αποφευχθεί η λανθασμένη ένδειξη, λόγω αναταράξεων, το επίπεδο της στάθμης θα πρέπει να διατηρηθεί πάνω από 90% για τουλάχιστον 5 sec και τότε μόνο γίνεται true η έξοδος Level_High.
- Level_Low : Η στάθμη της δεξαμενής είναι κάτω 90% και μπορεί να δεχθεί λύματα. Όταν η έξοδος level_Low είναι true η δεξαμενή μπορεί να είναι σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ ή ΣΥΛΛΟΓΗΣ.
- Level_Wash : Η έξοδος Level_Wash γίνεται true μόνο όταν η στάθμη είναι πάνω από το 30%.

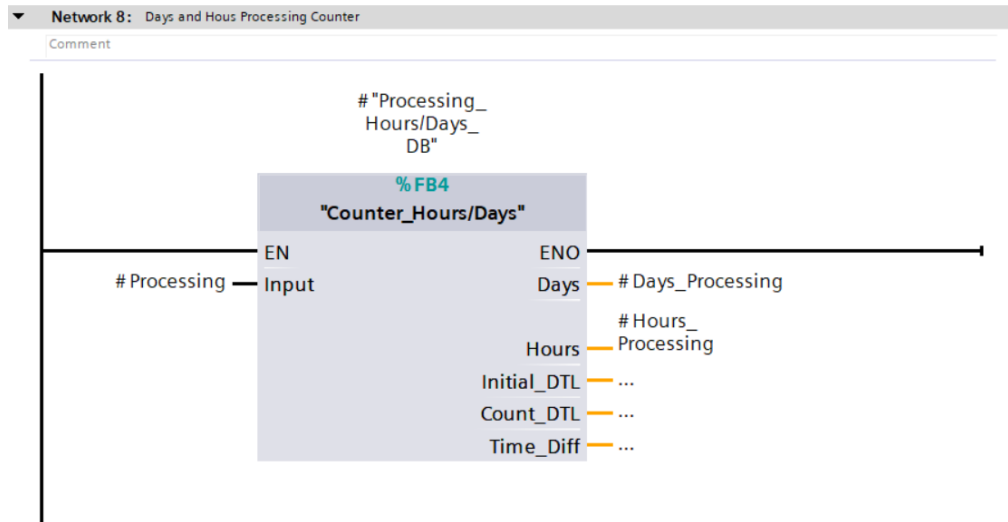
Πρόγραμμα: 1. Σε γλώσσα SCL για τον έλεγχο της στάθμης της δεξαμενής

```
IF #Level_Tank < #Level_Low_Limit THEN
    #Level_Low := TRUE ;
ELSIF #Level_Tank < #Level_High_limit THEN
    #Level_Low := TRUE ;
ELSE
    #Level_Low := FALSE ;
END_IF;
IF #Level_Tank > #Level_Wash_Limit THEN
    #Level_Wash := TRUE ;
ELSE
    #Level_Wash := FALSE ;
END_IF;
IF #Level_Tank > #Level_High_limit THEN
    #Level_High_Status := TRUE;
END_IF;
#Level_High_Timer_DB.TON(IN := #Level_High_Status,
    PT := #Time_Delay_High,
    Q => #Timer_Level_High,
    ET => #ET_Timer);
IF #Timer_Level_High = TRUE THEN
    #Level_High := TRUE;
ELSE
    #Level_High := FALSE
;
END_IF;
```

Πρόγραμμα: 2. Θέτει τη Δεξαμενή σε Επεξεργασία

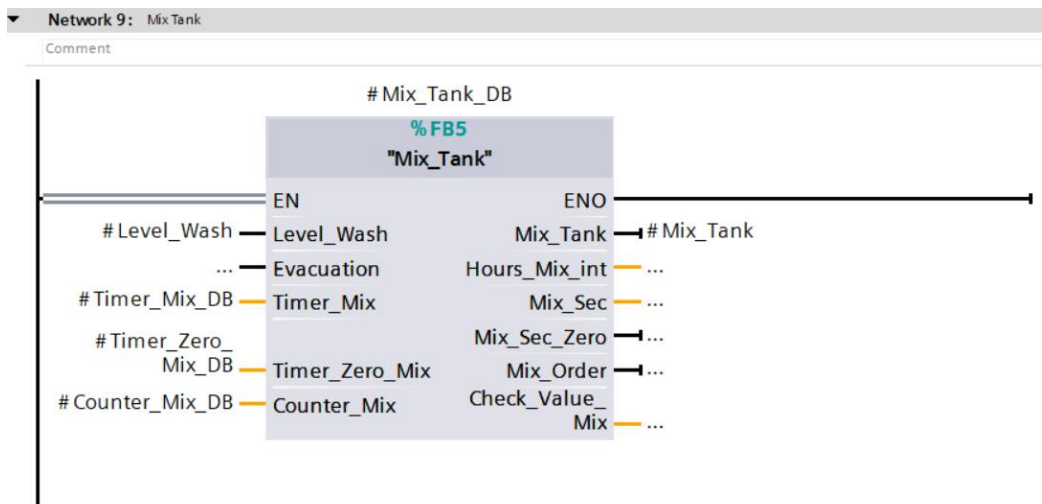
```
IF (#Level_High = TRUE AND NOT #Evacuation) THEN
    #Processing := TRUE;
    #Collection := FALSE;
    #"Stand by" := FALSE;
    #In_Valve := FALSE;
;
ELSE
    #Processing := FALSE;
END_IF;
```

Το Network 7: Processing Status θέτει την δεξαμενή σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ όταν η στάθμη της δεξαμενής είναι υψηλή δηλαδή Level_High, Πρόγραμμα 2.



Εικόνα: 19. Εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Counter_Hours/Days της Επεξεργασίας

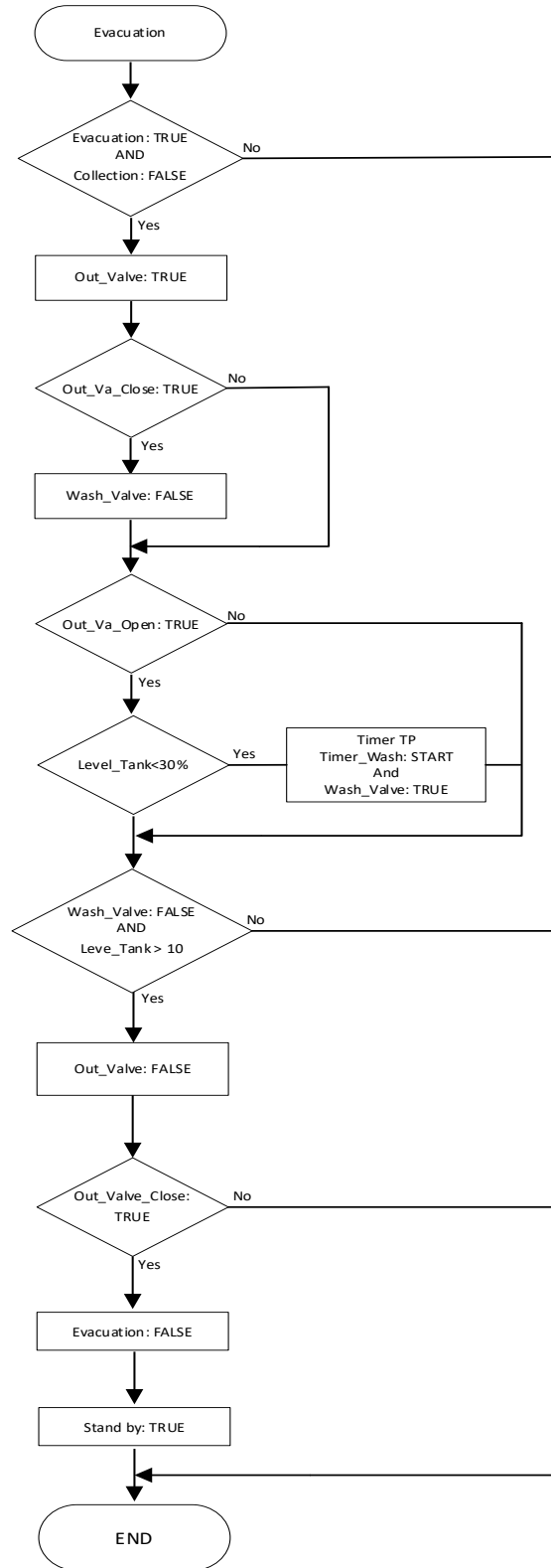
Στο Network 8: Days and Hours Processing Counter γίνεται η εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Counter_Hours/Days για τη μέτρηση των ημερών και ωρών που η δεξαμενή βρίσκεται σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ, Εικόνα 19.



Εικόνα: 20. Εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Mix_Tank για την ανάδευση της δεξαμενής

Στο Network 9: Mix_Tank έγινε εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Mix_Tank για την ανάδευση της δεξαμενής όταν η στάθμη ξεπεράσει το Level_Wash, Εικόνα 20.

Στο Network 10: Evacuation γράφτηκε πρόγραμμα σε γλώσσα SCL το οποίο όταν ενεργοποιηθεί η είσοδος Evacuation αδειάζει και ξεπλένει την δεξαμενή. Μετά το πέρας του χρόνου πλύσης και εάν η στάθμη της δεξαμενής πέσει κάτω από το 10% η βάνα εξόδου κλείνει και η δεξαμενή πάει σε κατάσταση ANAMONΗΣ, Εικόνα 21 και Πρόγραμμα 3.



Εικόνα: 21. Διάγραμμα Ροής Προγράμματος Evacuation το οποίο αδειάζει και ξεπλένει την δεξαμενή

Πρόγραμμα: 3. Το Evacuation σε γλώσσα SCL

```

IF (#Evacuation AND (NOT #Collection)) THEN
    #Out_Valve := TRUE;

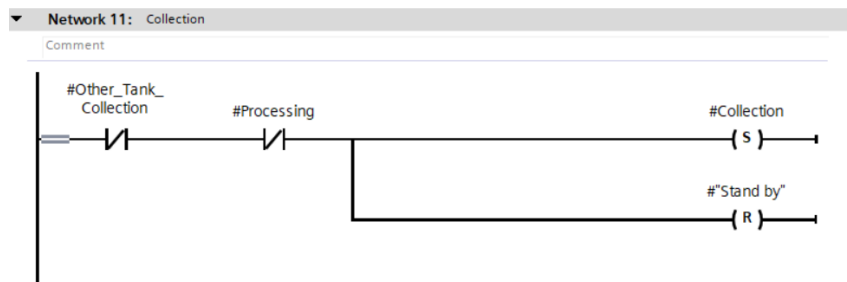
    #Out_Va_Close THEN

        #Wash_Valve := FALSE;
    END_IF;

    #Out_Va_Open THEN
        #Timer_Wash_DB.TP(IN := (#Level_Tank < 30),
            PT := #Time_Wash_Tank,
            Q => #Wash_Valve,
            ET => #ET_Timer_Wash);

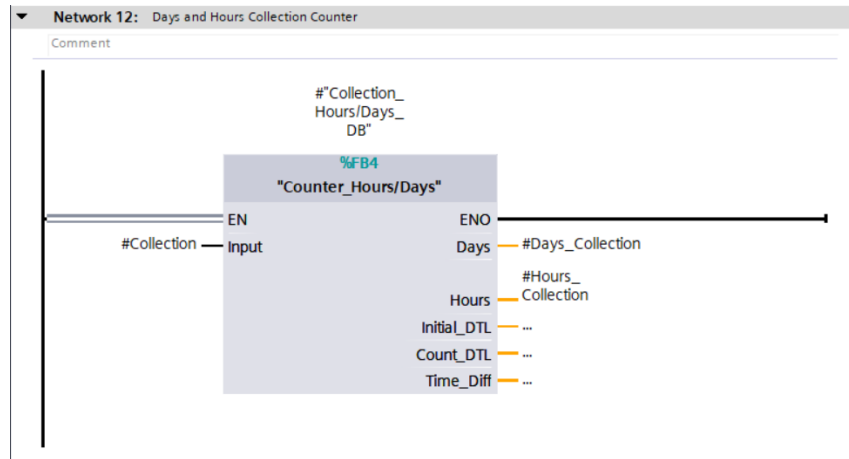
        END_IF;
    END_IF;
    IF ((NOT #Wash_Valve) AND #Level_Tank < 10) THEN
        #Out_Valve := FALSE;
        IF #Out_Va_Close = TRUE THEN
            #Evacuation := FALSE;
            #"Stand by" := TRUE;
        END_IF;
    END_IF;
END_IF;

```



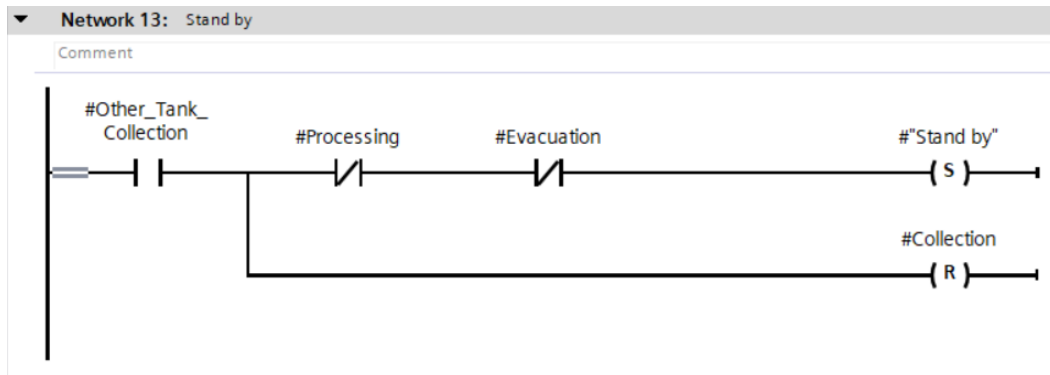
Εικόνα: 22. Θέτει τη δεξαμενή σε κατάσταση Συλλογής

Το Network 11: Collection θέτει την δεξαμενή σε κατάσταση ΣΥΛΛΟΓΗΣ όταν καμία άλλη δεξαμενή δεν είναι σε Συλλογή, Εικόνα 22.



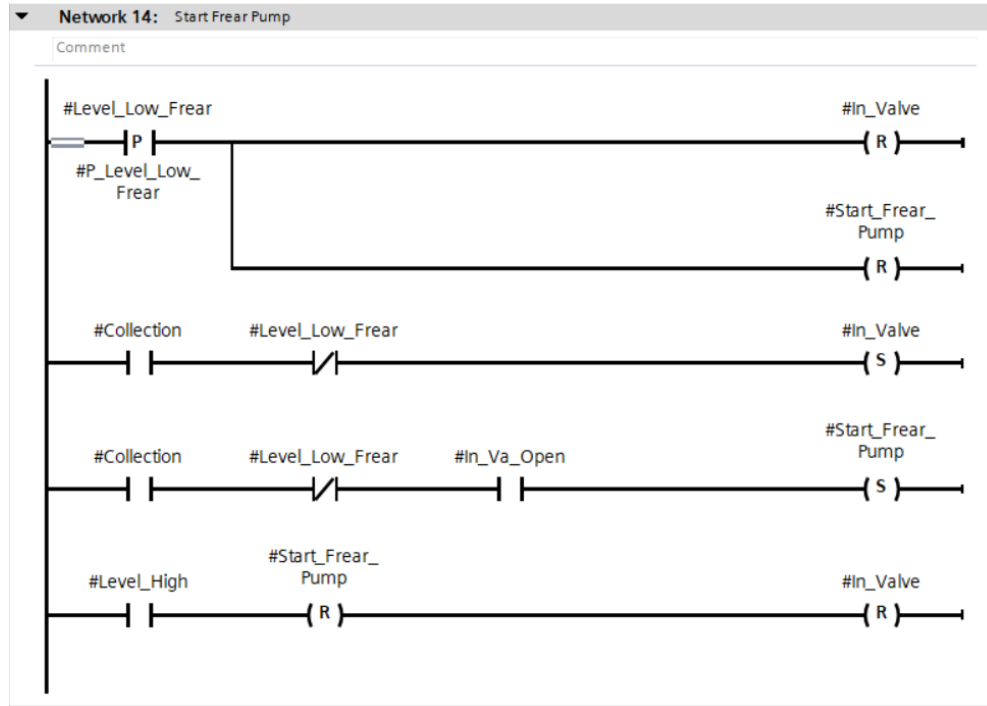
Εικόνα: 23. Εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Counter_Hours/Days της Επεξεργασίας

Στο Network 12: Days and Hours Collection Counter γίνεται η εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου Counter_Hours/Days για τη μέτρηση των ημερών και ωρών που η δεξαμενή βρίσκεται σε κατάσταση ΣΥΛΛΟΓΗΣ, Εικόνα 23.



Εικόνα: 24. Θέτει την δεξαμενή σε κατάσταση Αναμονής

Το Network 13: Stand by θέτει την δεξαμενή σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ όταν η ίδια δεν είναι σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ και ΑΔΕΙΑΣΜΑΤΟΣ και κάποια άλλη δεξαμενή βρίσκεται ήδη σε κατάσταση ΣΥΛΛΟΓΗΣ, Εικόνα 24.



Εικόνα: 25. Ενεργοποίηση ξεκινήματος μιας από τις δύο αντλίες κεντρικού φρεατίου

Το Network 14: Start Frear Pump δίνει εντολή να ξεκινήσει μία από τις δύο αντλίες του κεντρικού φρεατίου κάνοντας TRUE την έξοδο Start_Frear_Pump όταν η δεξαμενή είναι σε ΣΥΛΛΟΓΗ, Εικόνα 25.

Απαραίτητες προϋποθέσεις αποτελούν:

- Η στάθμη του κεντρικού φρεατίου να είναι High και
- Η βάνα εισόδου της δεξαμενής να έχει ανοίξει.



Εικόνα: 26. Ενεργοποίηση της εξόδου in Operation

Τέλος το δίκτυο 15 ενεργοποιεί την έξοδο in Operation όταν το προγραμματιστικό αντικείμενο System_Tank είναι ενεργό Εικόνα 26.

6.4 Περιγραφή Λειτουργιών Δεξαμενής

Αρχικά όλες οι βάνες των δεξαμενών είναι κλειστές, δηλαδή οι είσοδοι Tank_In_Valve_Close, Tank_Out_Valve_Close και Tank_Sample_Valve_Close και οι έξοδοι αντίστοιχα In_Valve_Close, Out_Valve_Close και Sample_Valve_Close είναι true.

Η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση ΣΥΛΛΟΓΗΣ όταν :

- Το Level_Low (χαμηλή στάθμη) είναι true.
- Η είσοδος Other_Tank_Collection είναι false δηλαδή καμία άλλη δεξαμενή δεν πρέπει να είναι σε κατάσταση συλλογής.
- Η δεξαμενή δεν πρέπει να είναι σε κατάσταση αδειάσματος.
- Η έξοδος Collection γίνεται true και
- Οι μετρητές ημερών (Days_Collection) και ωρών (Hours_Collection) συλλογής ξεκινούν.

Όταν το κεντρικό φρεάτιο έχει γεμίσει και πρέπει να αδειάσει τότε η είσοδος Level_Low_Frear γίνεται false. Η βάνα εισόδου της δεξαμενής συλλογής ενεργοποιείται με την έξοδο In_Valve και το άνοιγμα της επιβεβαιώνεται όταν η είσοδος Tank_In_Open γίνει true. Τότε επιτρέπεται να ξεκινήσει μία από τις δύο αντλίες του κεντρικού φρεατίου με εντολή που δίνεται με το σήμα Start_Frear_Pump.

Η βάνα εισόδου της δεξαμενής παίρνει εντολή να κλείσει όταν το κεντρικό φρεάτιο έχει αδειάσει δηλαδή το Level_Low (χαμηλή στάθμη) είναι true και τότε απενεργοποιείται η είσοδος Tank_In_Open και η έξοδος Start_Frear_Pump.

Η στάθμη της δεξαμενής ανεβαίνει σταδιακά και όταν ξεπεράσει το 30% ξεκινά η διαδικασία ανάδευσης των λυμάτων Mix_Tank. Η έξοδος Mix_Tank ενεργοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η δεξαμενή μπαίνει σε διαδικασία ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ όταν:

- Όταν η στάθμη ξεπεράσει το 90% δηλαδή το Level_High είναι true.
- Η έξοδος Processing γίνεται true και
- Οι μετρητές ημερών (Days_Processing) και ωρών (Hours_Processing) επεξεργασίας ξεκινούν.

Στην κατάσταση αυτή η διαδικασία ανάδευσης συνεχίζεται και δεν επιτρέπεται να ανοίξει η βάνα εισόδου και η βάνα εξόδου της δεξαμενής για 90 ημέρες.

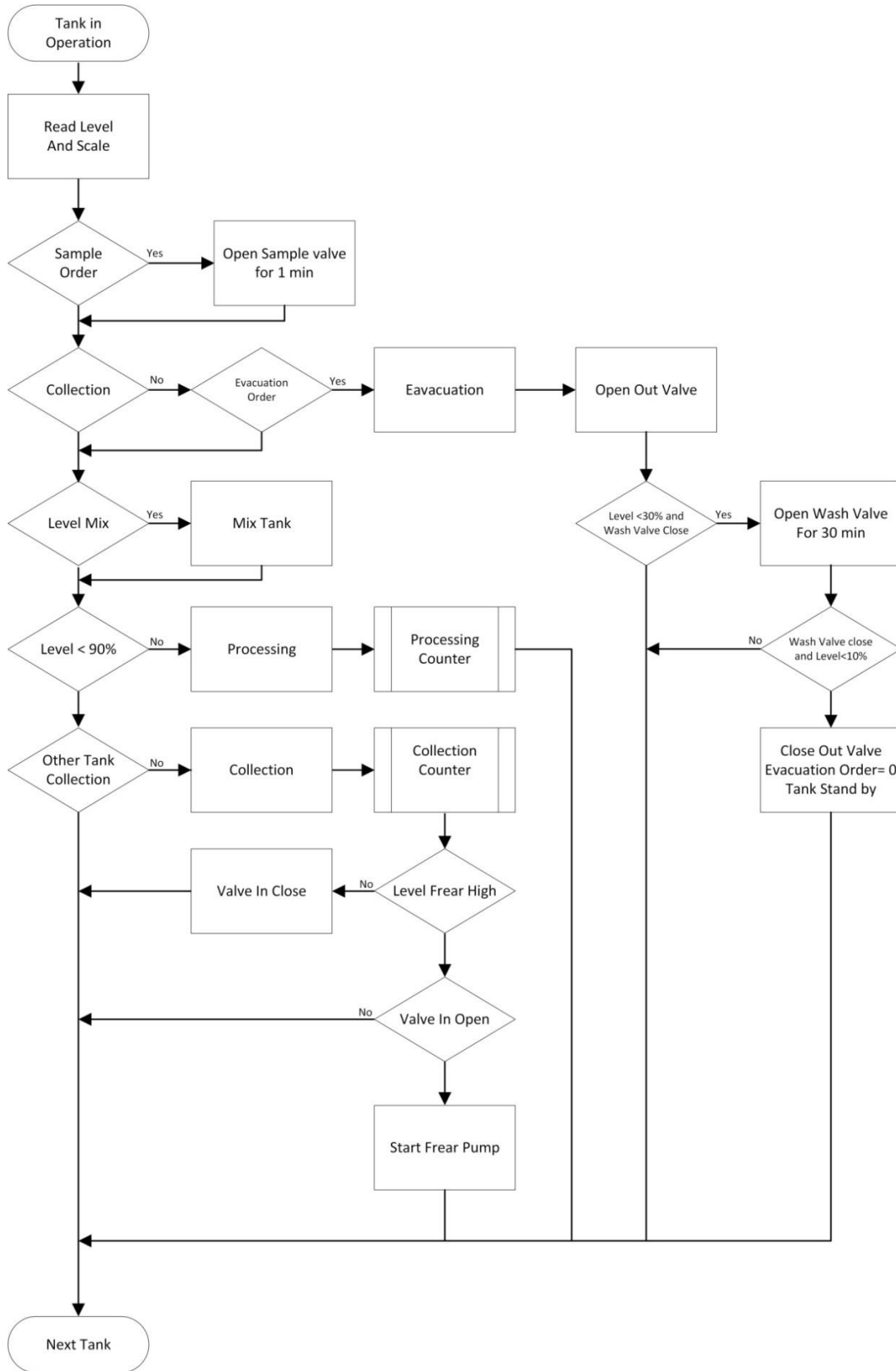
Η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση ΑΔΕΙΑΣΜΑΤΟΣ όταν:

- Η δεξαμενή δεν είναι σε κατάσταση συλλογής και η είσοδος Tank_Evacuation ενεργοποιηθεί.
- Η βάνα εξόδου της δεξαμενής ανοίγει.
- Η ανάδευση σταματά και
- Η στάθμη αρχίζει να πέφτει.

Όταν η στάθμη φτάσει στο 30% ανοίγει η βάνα πλυσίματος της δεξαμενής για καθορισμένο χρόνο. Εάν για κάποιο λόγο η είσοδος Tank_Out_Valve_Open απενεργοποιηθεί δηλαδή κλείσει η βάνα εξόδου της δεξαμενής τότε η βάνα πλυσίματος κλείνει. Τέλος αφού έχει περάσει το χρονικό διάστημα πλύσης της δεξαμενής και η στάθμη πέσει στο 10% η δεξαμενή πάει σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ.

Σε όλες τις καταστάσεις μπορεί να ενεργοποιηθεί η διαδικασία λήψης δείγματος η οποία ανοίγει την βάνα δείγματος για καθορισμένο χρόνο.

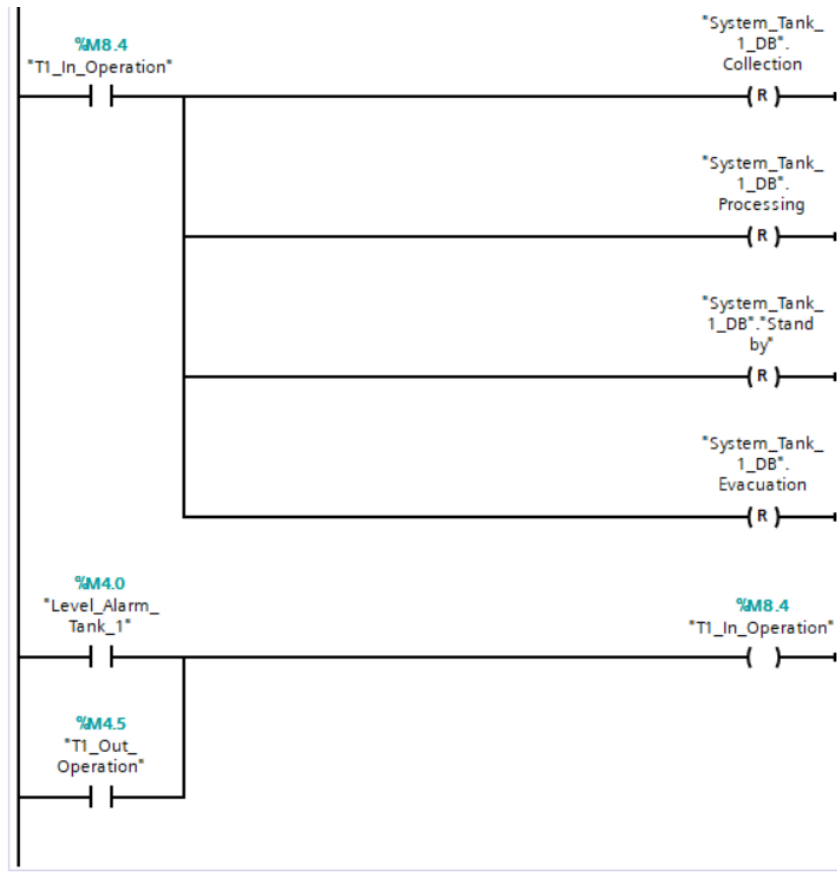
Στο παρακάτω διάγραμμα ροής μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαδικασίες λειτουργίας της δεξαμενής, Εικόνα 27.



Εικόνα: 27. Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών Λειτουργίας Δεξαμενής

6.5 Προγραμματισμός των πέντε δεξαμενών και του κεντρικού φρεατίου

Η μελέτη του συστήματος έγινε για πέντε δεξαμενές συλλογής λυμάτων και ενός κεντρικού φρεατίου. Τα λύματα αρχικά συλλέγονται στο κεντρικό φρεάτιο όταν η στάθμη του φτάσει το 90% τα λύματα προωθούνται με την βοήθεια δύο αντλιών στην δεξαμενή συλλογής.

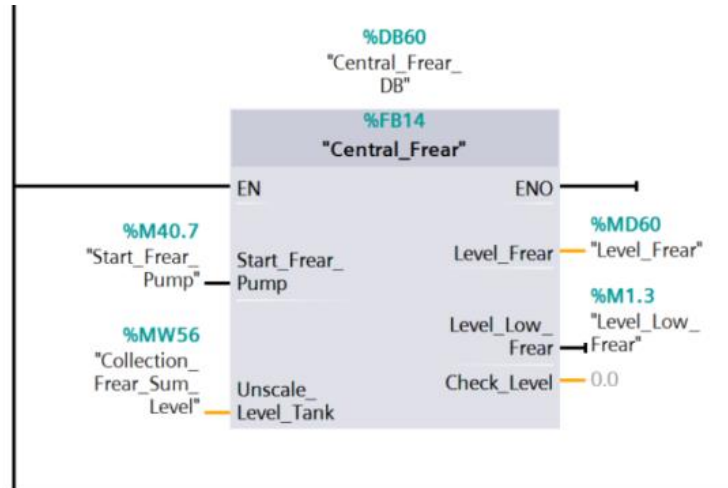


Εικόνα: 28. Εισαγωγή του προγραμματιστικού αντικείμενου System_Tank στο Main

Για τον προγραμματισμό του συστήματος έγινε εισαγωγή στο κυρίως πρόγραμμα Main του προγραμματιστικού αντικείμενου System_Tank πέντε φορές με τις κατάλληλες παραμετροποιήσεις των εισόδων και εξόδων. Η κάθε εισαγωγή συμπληρώθηκε και με προγραμματιστικό κώδικα για το ασφαλιστικό στάθμης της κάθε δεξαμενής καθώς και με την δυνατότητα ενεργοποίησης και απενεργοποίησης της δεξαμενής, Εικόνα 28.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα μπλοκ προγράμματος Central_Frear για τον έλεγχο της στάθμης του κεντρικού φρεατίου και τον καθορισμό των καταστάσεων του σήματος Level_Low_Frear δηλαδή πότε θα είναι true και πότε false.

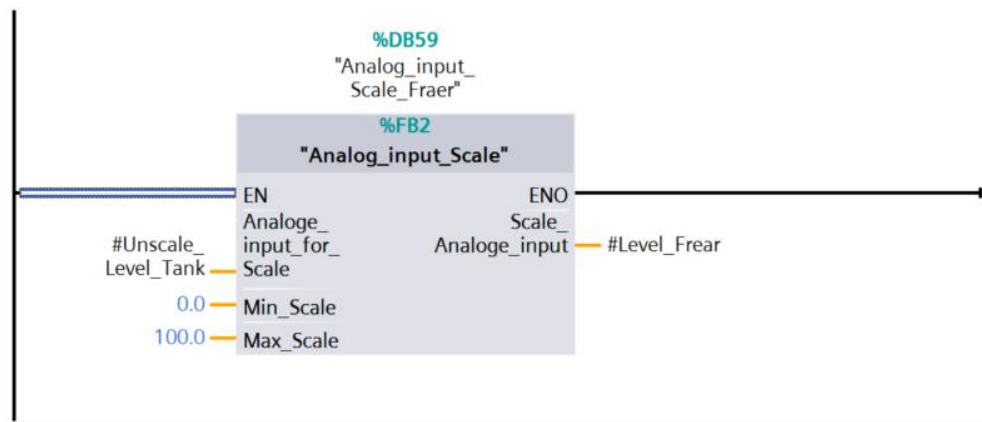
Στο ίδιο μπλοκ Central_Frear γράφτηκε και το πρόγραμμα ελέγχου των δύο αντλιών του κεντρικού φρεατίου. Οι δύο αντλίες δουλεύουν εναλλάξ κάθε φορά που πρέπει να αδειάσει το κεντρικό φρεάτιο, εκτός βέβαια από την περίπτωση που μία από τις δύο αντλίες παρουσιάζει πρόβλημα, Εικόνα 29.



Εικόνα: 29. Έλεγχος της στάθμης και των αντλιών του κεντρικού φρεατίου

Το μπλοκ Central_Frear παίρνει ως είσοδο την στάθμη της δεξαμενής που διαβάζει ο αισθητήρας στάθμης (σε μορφή ψηφιακής λέξης) και την εντολή εκκίνησης αντλίας Start_Frear_Pump από την δεξαμενή ΣΥΛΛΟΓΗΣ και δίνει τις εξόδους Level_Frear (κανονικοποιημένη στάθμη φρεατίου) και Level_Low_Frear.

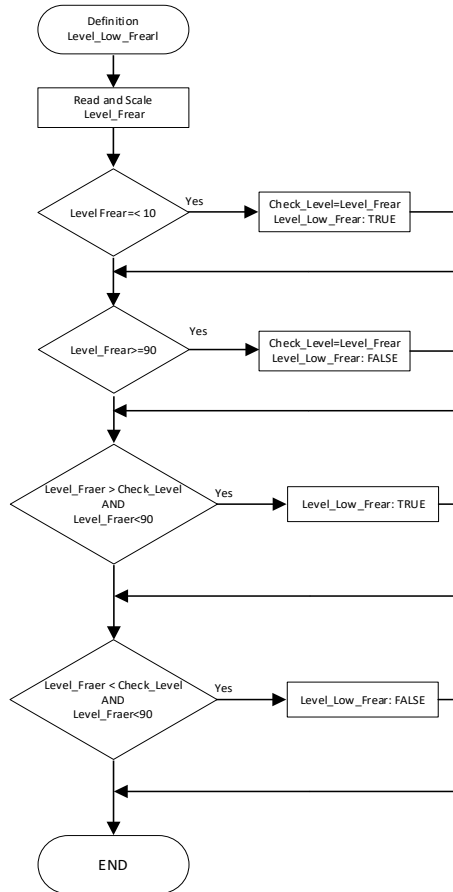
Το αντικείμενο Central_Frear διαθέτει 5 προγραμματιστικά δίκτυα Network:



Εικόνα: 30. Εισαγωγή του Προγραμματιστικού Αντικείμενου Analog_inpur_Scale_Frear

Στο Network 1: Analog_inpur_Scale με εισόδους το σήμα Unscale_Level_Tank και τα όρια κανονικοποίησης (0-100) και έξοδο την κανονικοποιημένη στάθμη του φρεατίου Level_Frear, Εικόνα 30.

Στο Network 2 του προγραμματιστικού μπλοκ Central_Frear γράφτηκε πρόγραμμα σε γλώσσα SCL για το έλεγχο του σήματος Level_Low_Frear δηλαδή για τον έλεγχο της στάθμης του φρεατίου Εικόνα 31 και Πρόγραμμα 4.

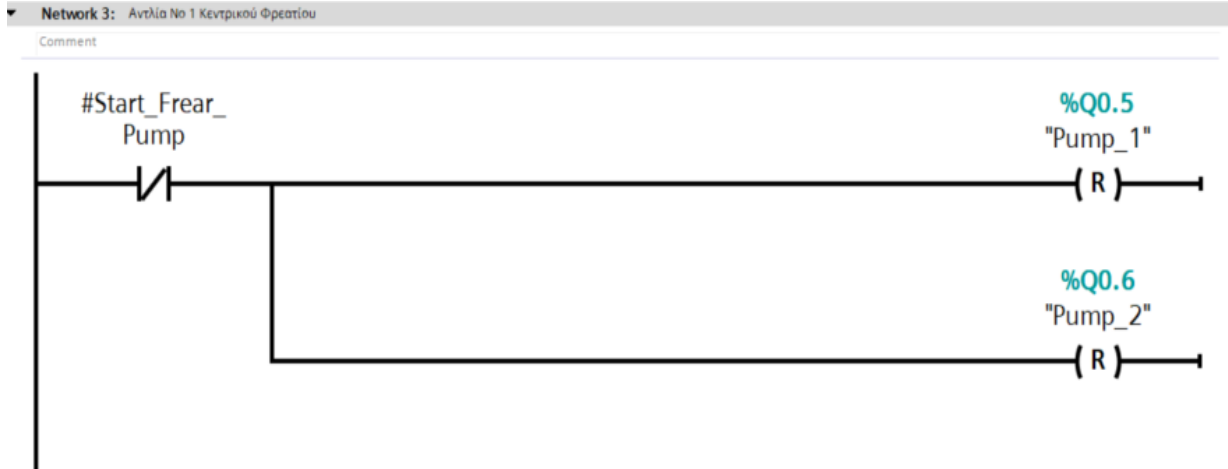


Εικόνα: 31. Διάγραμμα Ροής για τον έλεγχο της στάθμης του φρεατίου

Πρόγραμμα: 4. Σε γλώσσα SCL για τον έλεγχο της στάθμης του φρεατίου

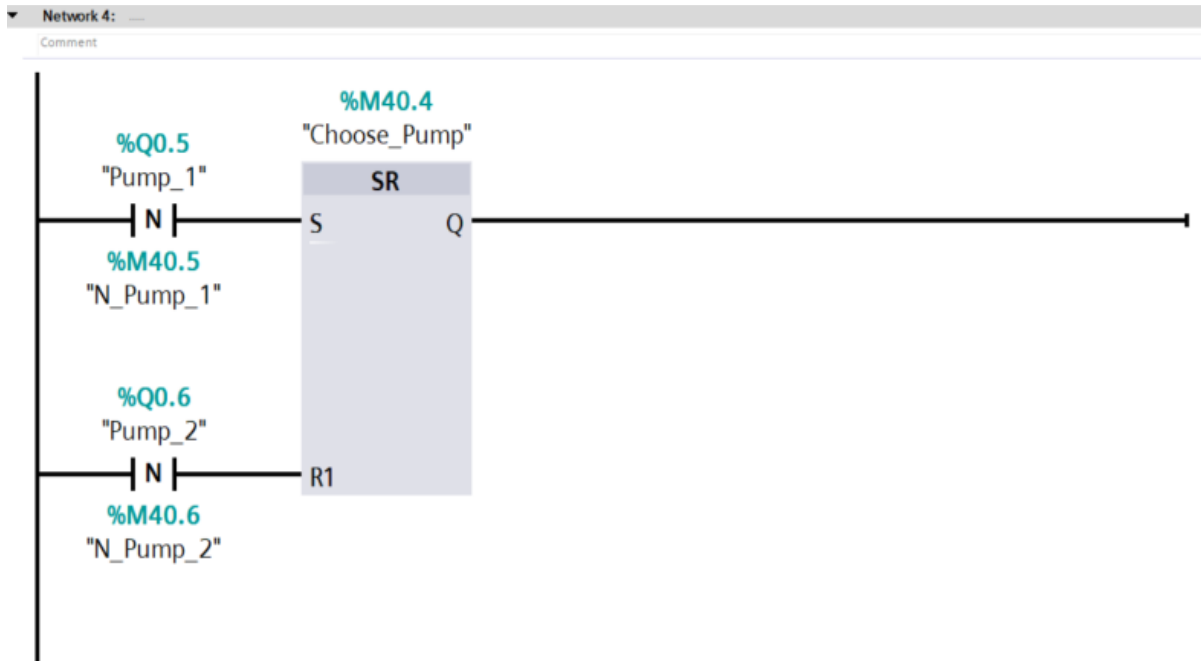
```

IF #Level_Frear =10 OR #Level_Frear < 10 THEN
    #Check_Level := #Level_Frear ;
    #Level_Low_Frear := TRUE;
END_IF;
IF #Level_Frear = 90 OR #Level_Frear > 90 THEN
    #Check_Level := #Level_Frear ;
    #Level_Low_Frear := FALSE;
END_IF;
IF #Level_Frear > #Check_Level AND #Level_Frear < 90 THEN
    #Level_Low_Frear := TRUE;
END_IF;
IF #Level_Frear < #Check_Level AND #Level_Frear < 90 THEN
    #Level_Low_Frear := FALSE;
END_IF;
  
```



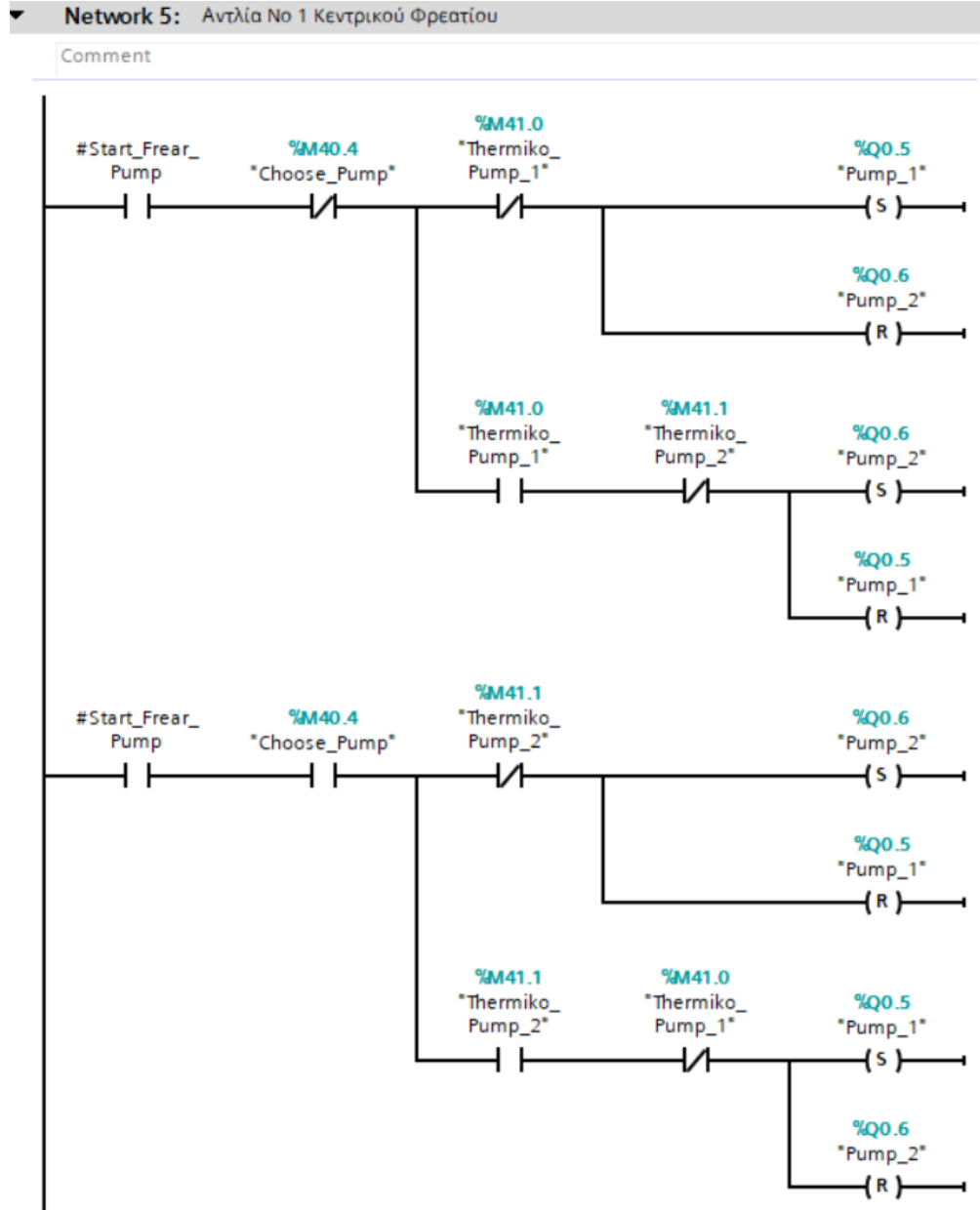
Εικόνα: 32. Ενεργοποίηση Αντλιών με το Start_Frear_Pump της δεξαμενής

Στο Network 3: 1^η Αντλία Κεντρικού Φρεατίου το πρόγραμμα δεν επιτρέπει τις αντλίες του φρεατίου να λειτουργήσουν εάν δεν ενεργοποιηθεί το σήμα Start_Frear_Pump από την δεξαμενή συλλογής, Εικόνα 32.



Εικόνα: 33. Επιλογή Αντλιών Κεντρικού Φρεατίου

Το Network 4: Chose_Pump κάνει set την έξοδο του Flip_Flop Chose_Pump όταν σταματήσει να δουλεύει η 1^η αντλία (Pump_1) ενώ η έξοδος γίνεται reset όταν σταματήσει να δουλεύει η 2^η αντλία (Pump_2), Εικόνα 33.

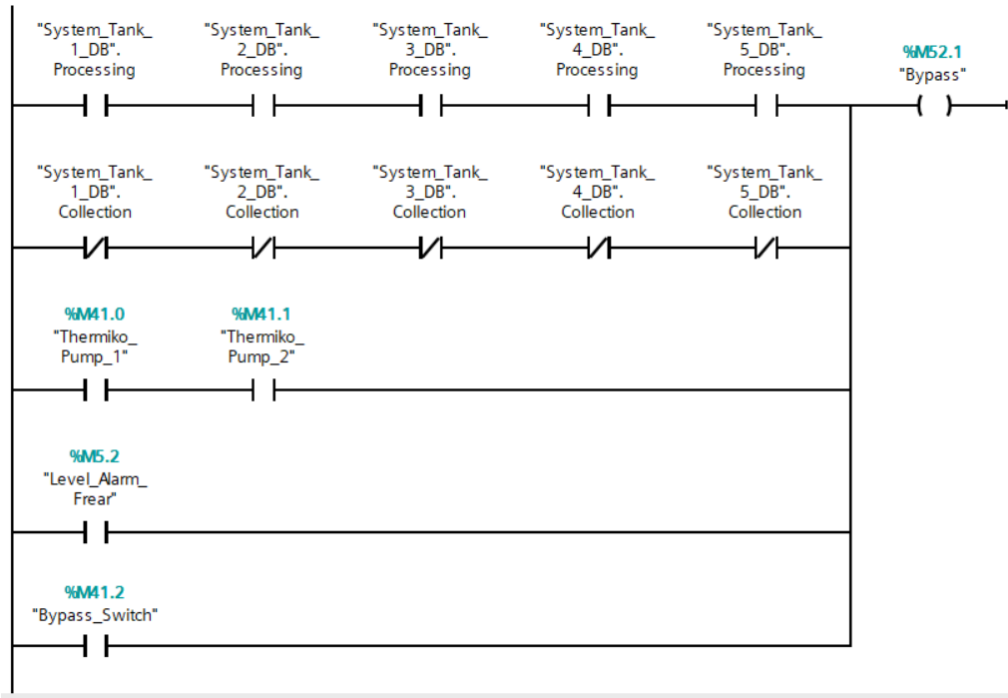


Εικόνα: 34. Ξεκίνηση Αντλιών Κεντρικού Φρεατίου

Τέλος στο Network 5 γίνεται το ξεκίνημα της κατάλληλης αντλίας κάθε φορά που το σήμα Start_Frear_Pump γίνεται TRUE και δεν έχει ενεργοποιηθεί κανένα από τα θερμικά των αντλιών αντίστοιχα. Σε περίπτωση ενεργοποίησης κάποιου θερμικού τότε δουλεύει η αντίθετη αντλία κάθε φορά, Εικόνα 34.

6.6 Προγραμματισμός Κεντρικής Βάνας και Ανεμιστήρων

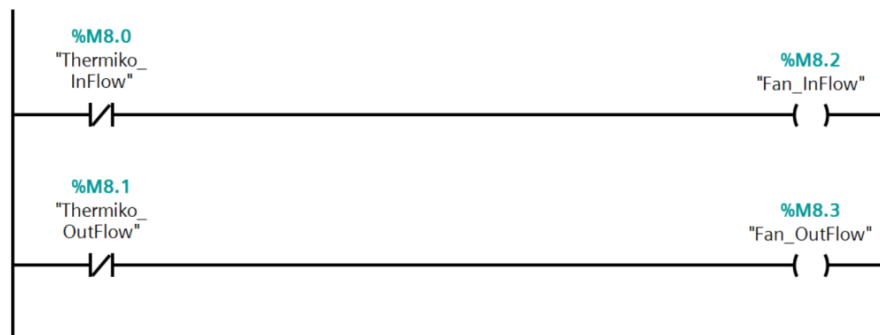
Το σύστημα διαθέτει και μία κεντρική βάνα λειτουργίας Bypass, η οποία οδηγεί τα λύματα είτε στις δεξαμενές σε κανονική λειτουργία είτε στο κεντρικό αποχετευτικό σύστημα σε περίπτωση κάποιου προβλήματος. Η βάνα αυτή πρέπει να διαθέτει χειροκίνητη αλλά και αυτόματη λειτουργία για λόγους ασφαλείας.



Εικόνα: 35. Λειτουργία Κεντρικής Βάνας BYPASS

Η κεντρική βάνα Bypass οδηγεί τα λύματα στην αποχέτευση όταν, Εικόνα 35:

- Όλες οι δεξαμενές είναι σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.
- Καμία δεξαμενή δεν είναι σε κατάσταση ΣΥΛΛΟΓΗΣ.
- Παρουσίασαν πρόβλημα και οι δύο αντλίες του κεντρικού φρεατίου.
- Η στάθμη του κεντρικού φρεατίου είναι πολύ υψηλή.
- Χειροκίνητη λειτουργία.

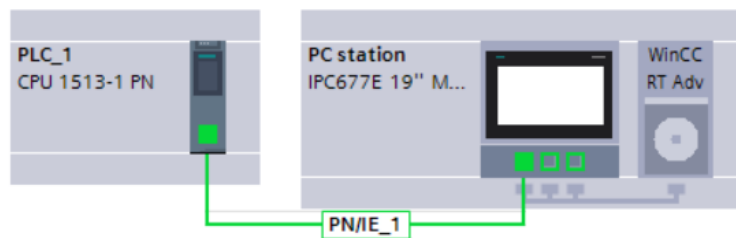


Εικόνα: 36. Σύστημα Προσαγωγής και Απαγωγής Αέρα

Τέλος το πρόγραμμα ελέγχει και θέτει σε λειτουργία τους δύο ανεμιστήρες προσαγωγής και απαγωγής αέρα του χώρου των δεξαμενών, Εικόνα 36.

7. Προσομοίωση Συστήματος

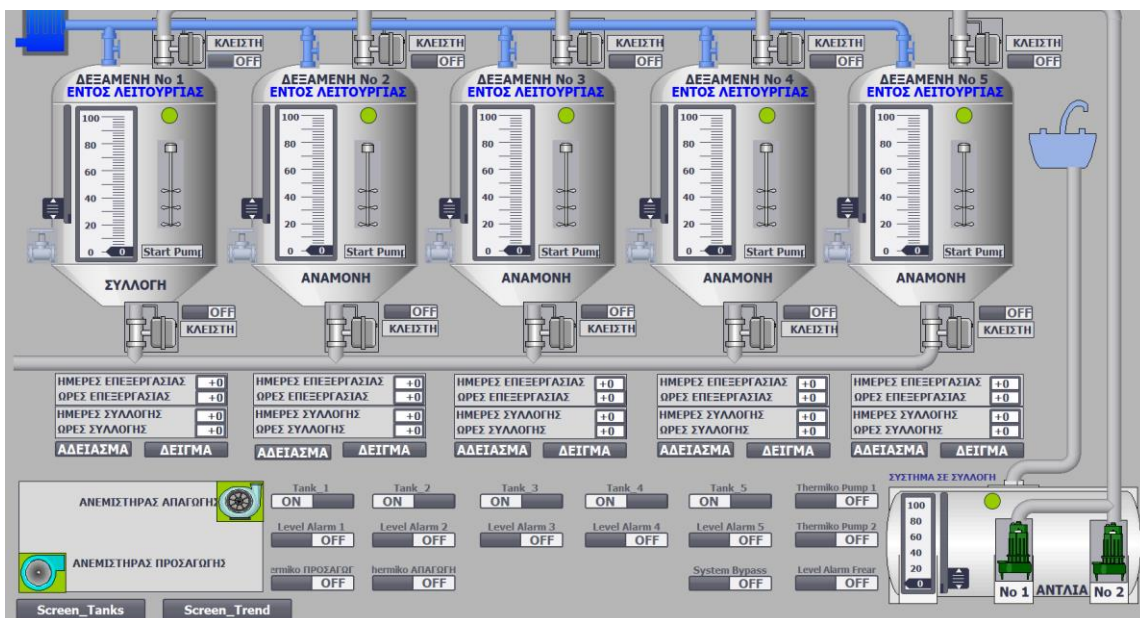
Στο παράθυρο Device Configuration θα πρέπει να οριστεί ο τρόπος με τον οποίο θα διασυνδεθεί οθόνη με το υπάρχον PLC. Έχοντας πλέον προγραμματίσει όλα τα επιμέρους τμήματα του συστήματος και έχοντας ελέγξει την λειτουργία τους με το πρόγραμμα PLC_SIM (πρόγραμμα προσομοίωσης του PLC) που αποτελεί τμήμα του TIA PORTAL, για την οπτικοποίηση του συστήματος συνδέθηκε (προγραμματιστικά) το PLC με έναν προσωπικό υπολογιστή στον οποίο εγκαταστάθηκε το πρόγραμμα WinCC. Παρουσιάζεται αυτή η σύνδεση στο Network View (δίκτυο προβολής) ενώ στο connections φαίνεται αν είναι σωστά συνδεδεμένα μεταξύ τους έτσι ώστε να μπορέσουν να επικοινωνήσουν, Εικόνα 37.



Εικόνα: 37. Διασύνδεση της CPU 1513-1 με το PC Station

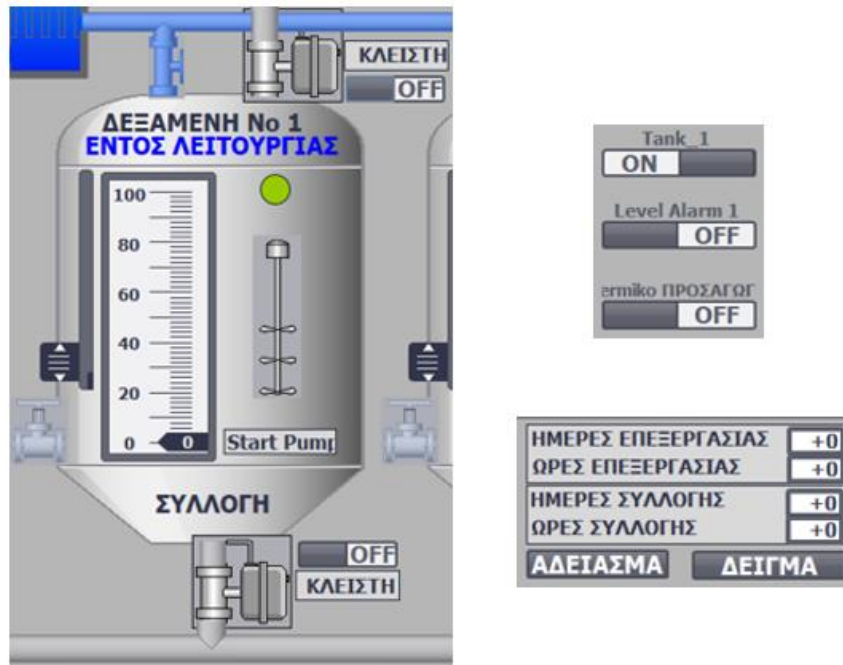
Στην συνέχεια προγραμματίστηκαν στο WinCC δύο οθόνες Screen_Tank και Screen_Trend με κατάλληλες παραμέτρους οι οποίες συνδέθηκαν με τις αντίστοιχες παραμέτρους του PLC.

Η οθόνη Screen_Tank είναι η οθόνη χειρισμού και παρακολούθησης του συστήματος ενώ στην οθόνη Screen_Trend γίνεται η καταγραφή της στάθμης των δεξαμενών.



Εικόνα: 38. Οθόνη Screen_Tank – Σύστημα Δεξαμενών & Κεντρικού Φρεατίου

Η οθόνη με το όνομα Screen_Tank αφορά την συγκεντρωτική εικόνα της εγκατάστασης με τις πέντε δεξαμενές και το κεντρικό φρεάτιο συλλογής λυμάτων και σε γενικές γραμμές πώς συνδέονται όλα τα εξαρτήματα μεταξύ τους. Αναλυτικότερα η οθόνη αυτή περιέχει ολόκληρη την λειτουργία του αυτοματισμού της διπλωματικής εργασίας που αποτελείται από 5 δεξαμενές αποθήκευσης ραδιενεργού υλικού, 2 αντλίες στο κεντρικό φρεάτιο, 1 βάνα εισόδου, 1 βάνα εξόδου, 1 βάνα δειγματοληψίας και 1 βάνα πλύσης σε κάθε δεξαμενή, 1 αναδευτήρα για κάθε δεξαμενή και 2 ανεμιστήρες απαγωγής και προσαγωγής, Εικόνα 38.



Εικόνα: 39. Οθόνη Screen_Tank-Δεξαμενή Νο1 και διακόπτες λειτουργίας

Στο επάνω μέρος της κάθε δεξαμενής υπάρχει ένδειξη (μπλε γράμματα) για το εάν είναι ΕΝΤΟΣ ή ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ και στο κάτω μέρος αν η δεξαμενή είναι σε ΣΥΛΛΟΓΗ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ, ΑΝΑΜΟΝΗ Ή ΑΔΕΙΑΣΜΑ. Η κάθε δεξαμενή έχει βάνα εισόδου και εξόδου με ενδείξεις για το εάν είναι κλειστή ή ανοιχτή. Ο συρόμενος διακόπτης δίπλα από τη βάνα μπορεί να θέτει τη βάνα σε θέση κλειστή ή ανοιχτή για λόγους προσομοίωσης και όταν η βάνα πάρει εντολή να ανοίξει τότε αναβοσβήνει σε πράσινο φόντο, Εικόνα 39.

Στο μέσο κάθε δεξαμενής υπάρχει ένδειξη στάθμης και συρόμενη μπάρα για την προσομοίωση της. Διαθέτει έναν ανεξάρτητο αισθητήρα υψηλής στάθμης (κυκλικό ενδεικτικό) ο οποίος είναι πράσινος όταν η στάθμη είναι σε κανονικό επίπεδο και γίνεται κόκκινος όταν η στάθμη ξεπεράσει το επιτρεπόμενο όριο. Υπάρχει αναδευτήρας με ενδεικτικό κατά την ανάδευση της δεξαμενής και η ένδειξη Start Pump, η οποία ενεργοποιείται με την εντολή εκκίνησης της αντλίας του κεντρικού φρεατίου.

Στο κάτω μέρος από κάθε δεξαμενή βρίσκονται οι μετρητές για τις ημέρες και ώρες συλλογής και επεξεργασίας, κάτω από τους μετρητές υπάρχουν κουμπιά για το άδειασμα της δεξαμενής και την λήψη δείγματος. Επίσης υπάρχουν το συρόμενο κουμπί επιλογής Tank_1 για τον χειρισμό της δεξαμενής και το κουμπί προσομοίωσης για τον αισθητήρα στάθμης LevelAlarm 1.

Όταν τα λύματα οδηγούνται στην είσοδο του κεντρικού φρεατίου πάνω από το φρεάτιο υπάρχει ένδειξη ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕ ΣΥΛΛΟΓΗ. Σε αντίθετη περίπτωση τα λύματα μέσω των σωληνώσεων του νιπτήρα συνδέονται στην κεντρική αποχέτευση και το σύστημα έχει την ένδειξη ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕ BYPASS.



Εικόνα: 40. Οθόνη Screen_Tank-Κεντρικό Φρεάτιο και διακόπτες λειτουργίας

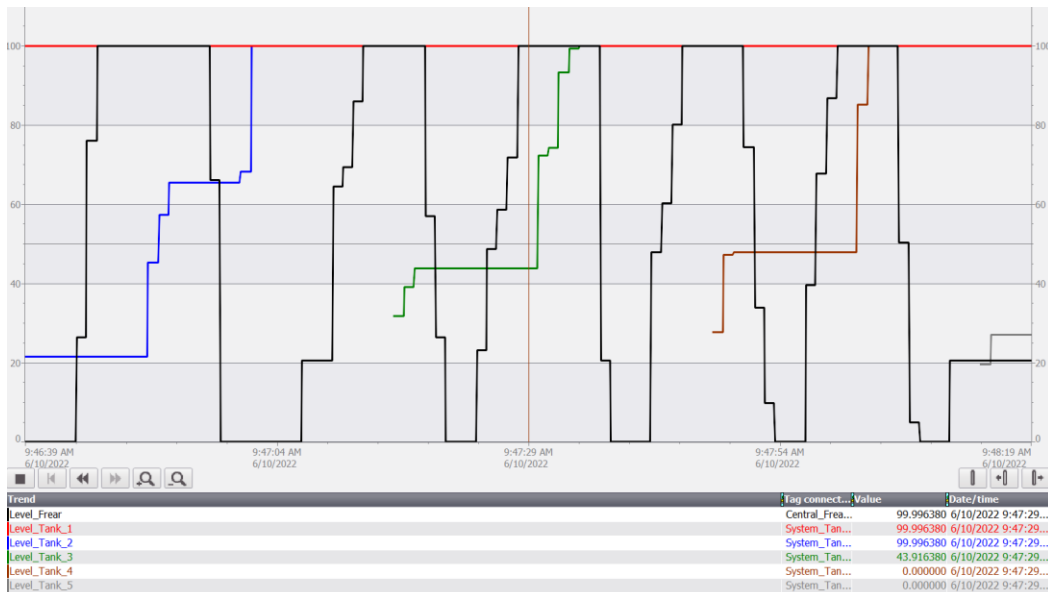
Στο κεντρικό φρεάτιο υπάρχει ένδειξη στάθμης και συρόμενη μπάρα για την προσομοίωση της με ενδεικτικό υψηλής στάθμης το οποίο είναι πράσινο όταν η στάθμη είναι σε κανονικό επίπεδο. Υπάρχουν συρόμενα κουμπιά επιλογής Thermiko Pump 1, Thermiko Pump 2 και κουμπί για τον αισθητήρα στάθμης LevelAlarm Freat για προσομοίωση, Εικόνα 40.



Εικόνα: 41. Οθόνη Screen_Tank- Σύστημα Απαγωγής και Προσαγωγής Αερίων

Τέλος στο κάτω αριστερό τμήμα της οθόνης έχουμε ενδεικτικά για την λειτουργία των ανεμιστήρων προσαγωγή και απαγωγής αέρα και αντίστοιχους διακόπτες χειρισμού των θερμικών, Εικόνα 41.

Στην οθόνη Screen_Trend έχουμε την γραφική παράσταση της διακύμανσης της στάθμης των δεξαμενών. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στην εικόνα η στάθμη του κεντρικού φρεατίου φαίνεται με την μαύρη χαρακτηριστική καμπύλη ενώ οι στάθμες των δεξαμενών (1-5) με την κόκκινη, μπλε, πράσινη, καφέ και γκρι αντίστοιχα, Εικόνα 42.



Εικόνα: 42. Οθόνη Screen_Trend - Γραφική Παράσταση στάθμης των Δεξαμενών

7.1 Σενάρια Προσομοίωσης

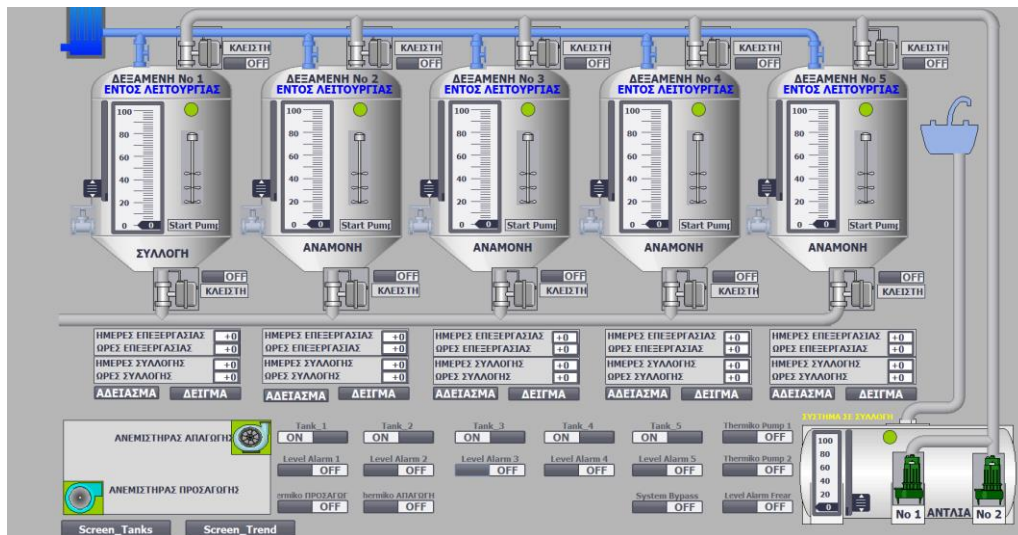
Για την σωστή υλοποίηση του συστήματος αλλά και για τις ανάγκες αυτής της διπλωματικής, είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί μια προσομοίωση του συστήματος αυτοματισμού.

Αυτό είναι απαραίτητο για την παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας αλλά και για την πιστοποίηση της πλήρους ανταπόκρισης του συστήματος τόσο σε κανονική λειτουργία όσο και σε έκτακτες καταστάσεις.

Ακολουθούν σενάρια με την προσομοίωση του συστήματος υπό συνθήκες λειτουργίας.

Σενάριο: Έναρξη λειτουργίας του συστήματος

Όταν ξεκινήσει το σύστημα για πρώτη φορά, ελέγχει και εκτελεί όλες τις λειτουργίες του προγραμματιστικού αντικειμένου System_Tank ξεκινώντας από τη δεξαμενή No1 και καταλήγοντας στη δεξαμενή No5.

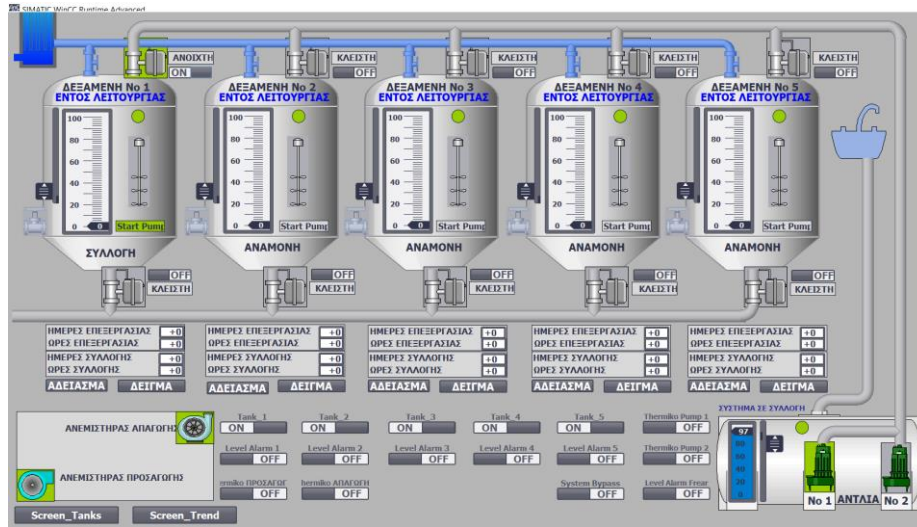


Εικόνα: 43. Οθόνη Έναρξης λειτουργίας του συστήματος

Διαπιστώνοντας το πρόγραμμα ότι καμία άλλη δεξαμενή δεν είναι σε ΣΥΛΛΟΓΗ θέτει την No1 δεξαμενή σε ΣΥΛΛΟΓΗ. Στην κατάσταση αυτή ξεκινά ο μετρητής ωρών και ημερών συλλογής για την No1 δεξαμενή ενώ οι υπόλοιπες δεξαμενές μπαίνουν σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ, Εικόνα 43.

Οι βάνες εισόδου, εξόδου, δειγματοληψίας και πλύσης των δεξαμενών είναι σε θέση κλειστή. Οι αναδευτήρες θα λειτουργήσουν όταν η στάθμη της δεξαμενής συλλογής φτάσει στο 30%. Στο Κεντρικό φρεάτιο το σύστημα βρίσκεται σε συλλογή και καμία αντλία δεν λειτουργεί εφόσον η στάθμη του είναι κάτω του 90%.

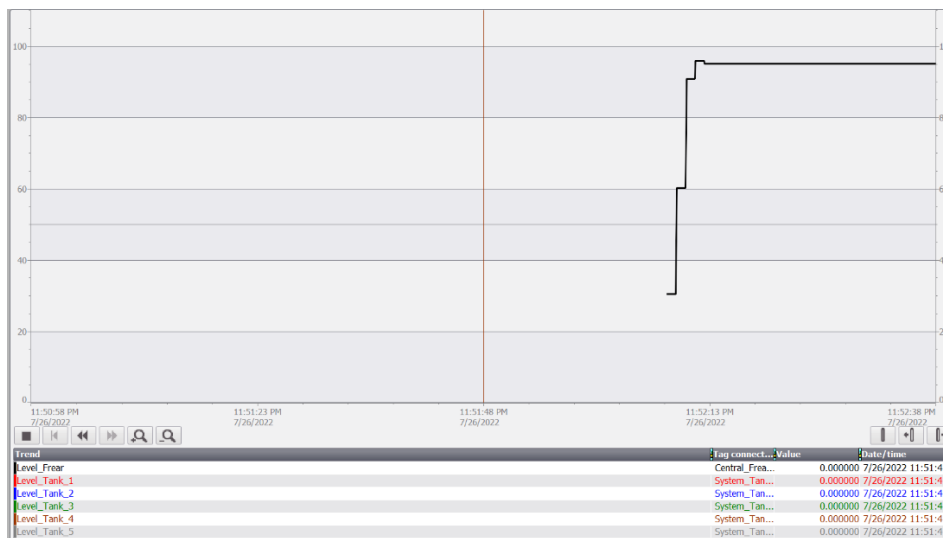
Σενάριο: Έλεγχος στάθμης κεντρικού φρεατίου-Αντλία No1



Εικόνα: 44. Οθόνη Λειτουργίας Αντλίας Νο1 Κεντρικού Φρεατίου

Γίνεται έλεγχος της στάθμης του κεντρικού φρεατίου και όσο το σύστημα των δεξαμενών είναι σε λειτουργία ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕ ΣΥΛΛΟΓΗ η στάθμη του κεντρικού φρεατίου αυξάνει σταδιακά. Όταν ξεπεράσει το 90% θα δώσει εντολή να ανοίξει η βάνα εισόδου της δεξαμενής Νο1 που είναι σε ΣΥΛΛΟΓΗ.

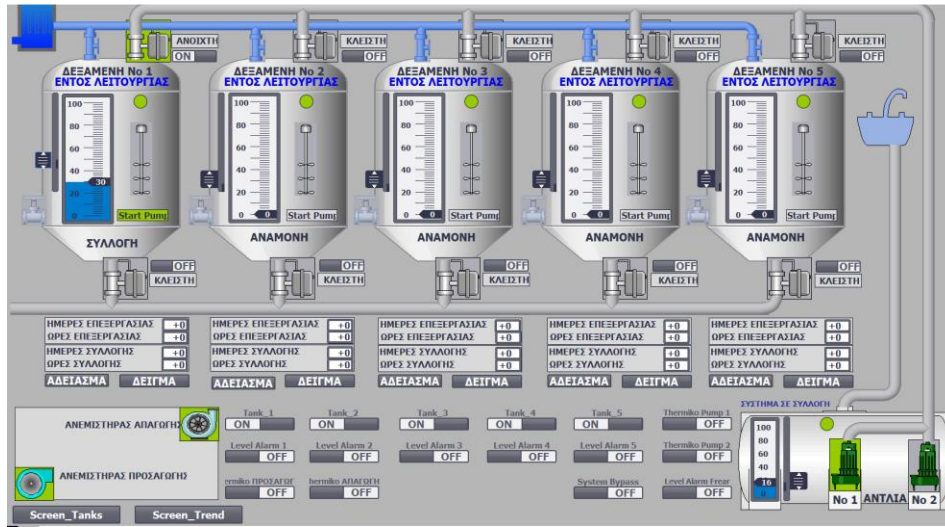
Μόλις επιβεβαιωθεί ότι έχει ανοίξει η βάνα εισόδου της δεξαμενής ενεργοποιείται το Start Pump και παίρνει εντολή η μία από τις δύο αντλίες του κεντρικού φρεατίου (π.χ. ΑΝΤΛΙΑ No1) ώστε τα λύματα να μεταφερθούν από το κεντρικό φρεάτιο την πρώτη διαθέσιμη δεξαμενή (π.χ. ΔΕΞΑΜΕΝΗ No1) , Εικόνα 44.



Εικόνα: 45. Οθόνη Screen_Trend- Στάθμη στο Κεντρικό Φρεάτιο

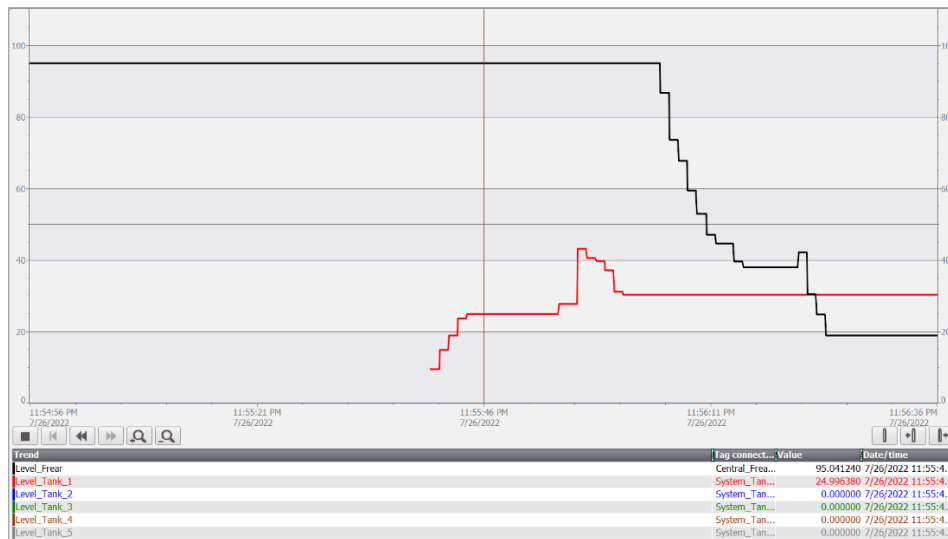
Στην οθόνη Screen_Trend είναι η γραφική παράσταση της διακύμανσης της στάθμης του κεντρικού φρεατίου. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί με την μαύρη χαρακτηριστική καμπύλη, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου βρίσκεται στο 97%, Εικόνα 45.

Σενάριο: Κατάσταση Συλλογής Ραδιενεργών Λυμάτων – Δεξαμενή Νο1



Εικόνα: 46. Οθόνη σε Κατάσταση Συλλογής η Δεξαμενή Νο1

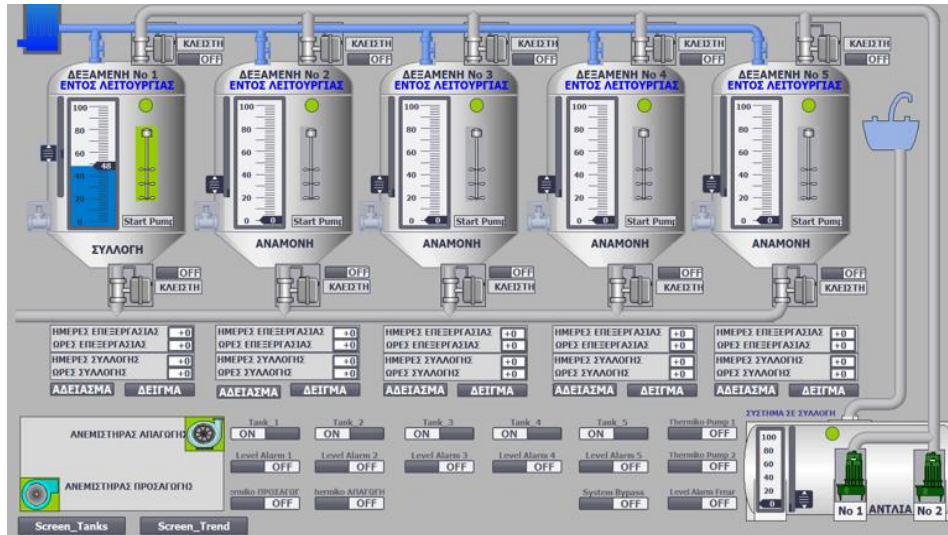
Η συλλογή των ραδιενεργών λυμάτων που έχει ξεκινήσει στη δεξαμενή Νο1 αυξάνει τη στάθμη της δεξαμενής συλλογής και μειώνει τη στάθμη κεντρικού φρεατίου, Εικόνα 46 & 47.



Εικόνα: 47. Οθόνη Screen_Trend- Στάθμη της Δεξαμενής Νο1 & Κεντρικού Φρεατίου

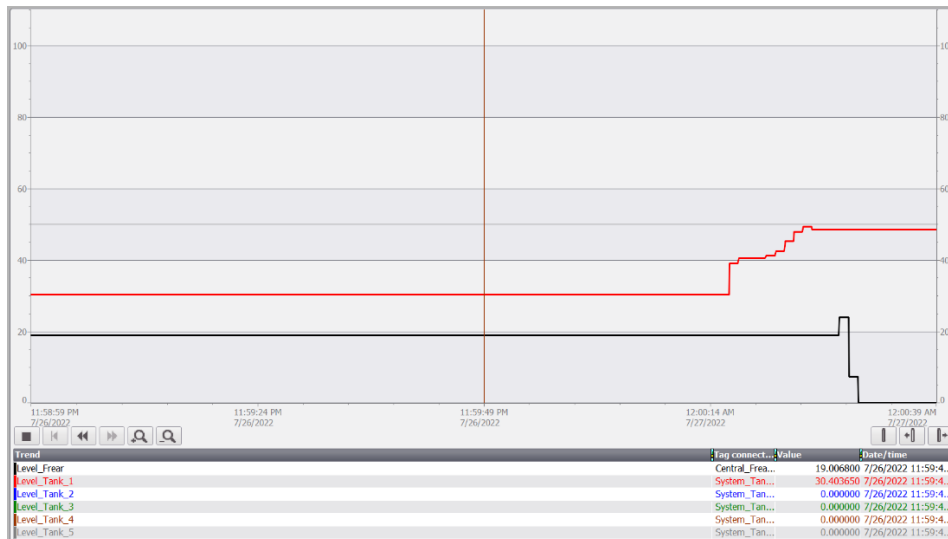
Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η γραφική παράσταση της διακύμανσης της στάθμης της δεξαμενής Νο1 συλλογής με την κόκκινη χαρακτηριστική καμπύλη (περίπου 30%) και του κεντρικού φρεατίου (περίπου 20%), Εικόνα 47.

Σενάριο: Ανάδευση Δεξαμενής Νο1



Εικόνα: 48. Οθόνη Ανάδευσης της Δεξαμενής Νο1

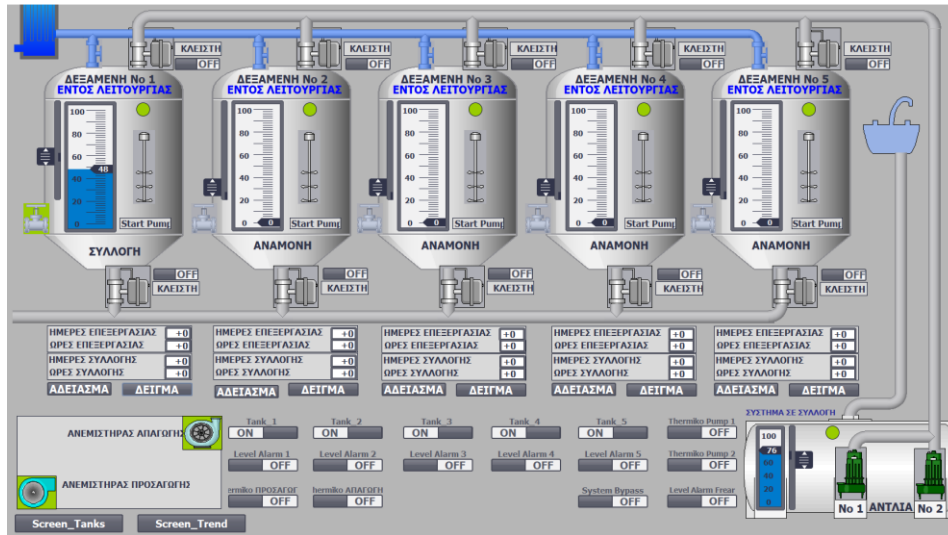
Όταν η στάθμη του κεντρικού φρεατίου πέσει κάτω από το 10% η αντλία Νο1 που λειτουργεί σταματά και η βάνα εισόδου της δεξαμενής κλείνει. Εάν η στάθμη της δεξαμενής συλλογής ξεπεράσει το 30% ξεκινά η διαδικασία ανάδευσης (πράσινο χρώμα ο αναδευτήρας) για συγκεκριμένο χρόνο ανά τακτά χρονικά διαστήματα, Εικόνα 48.



Εικόνα: 49. Οθόνη Screen_Trend- Στάθμη της Δεξαμενής Νο1 & Κεντρικού Φρεατίου

Στην οθόνη Screen_Trend είναι η γραφική παράσταση της διακύμανσης της στάθμης της δεξαμενής Νο1 συλλογής (περίπου 50%) και του κεντρικού φρεατίου (περίπου 0%), Εικόνα 49.

Σενάριο: Ενεργοποίηση Βάνας δειγματοληψίας

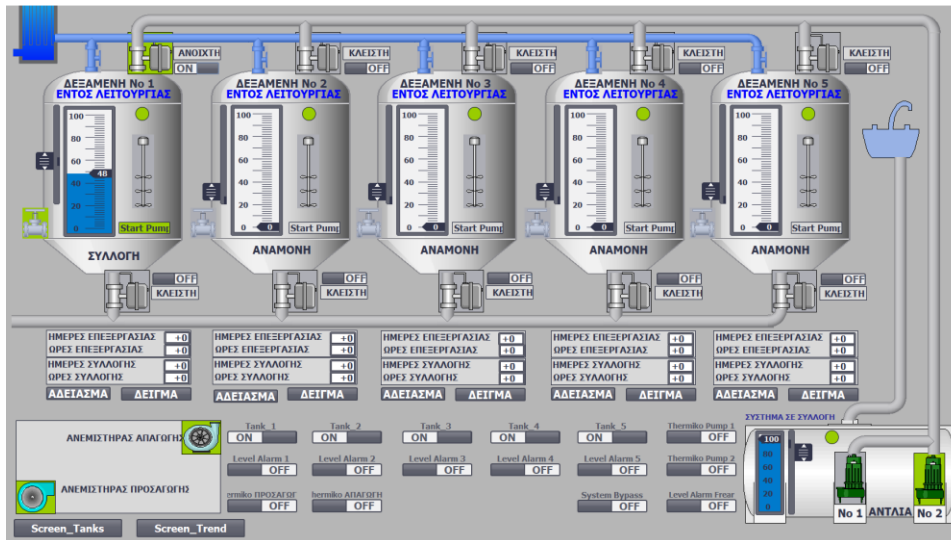


Εικόνα: 50. Οθόνη Ενεργοποίησης της Βάνας δειγματοληψίας στη Δεξαμενή Νο1

Οποιαδήποτε στιγμή μπορεί να ενεργοποιηθεί για 1min η βάνα λήψης δείγματος (π.χ. δεξαμενή Νο1 πράσινο χρώμα κάτω αριστερά) με την αντίστοιχη επιλογή που υπάρχει στην οθόνη χειρισμού.

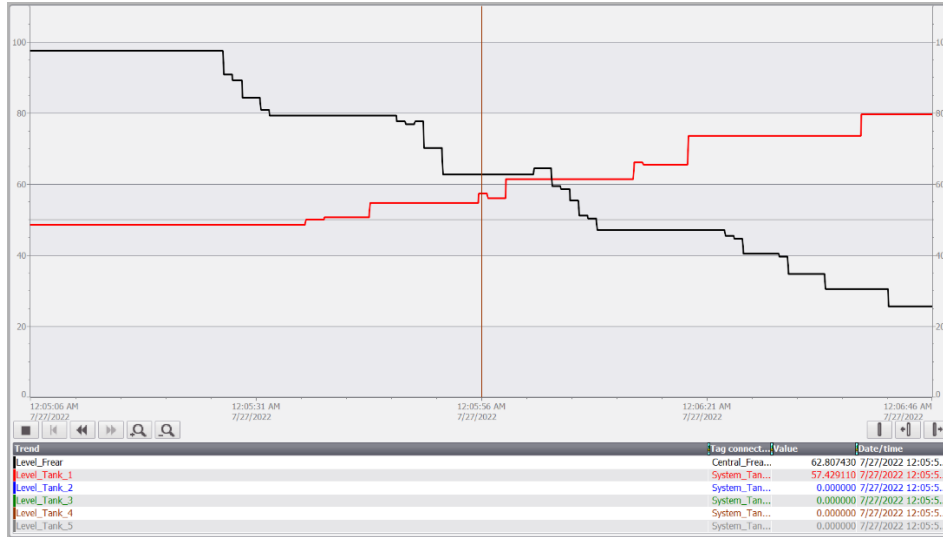
Η συλλογή των λυμάτων στο κεντρικό φρεάτιο συνεχίζεται αυξάνοντας την στάθμη του, Εικόνα 50.

Σενάριο: Έλεγχος Στάθμης Κεντρικού Φρεατίου-Αντλία Νο2



Εικόνα: 51. Οθόνη Λειτουργίας Αντλίας Νο2 Κεντρικού Φρεατίου

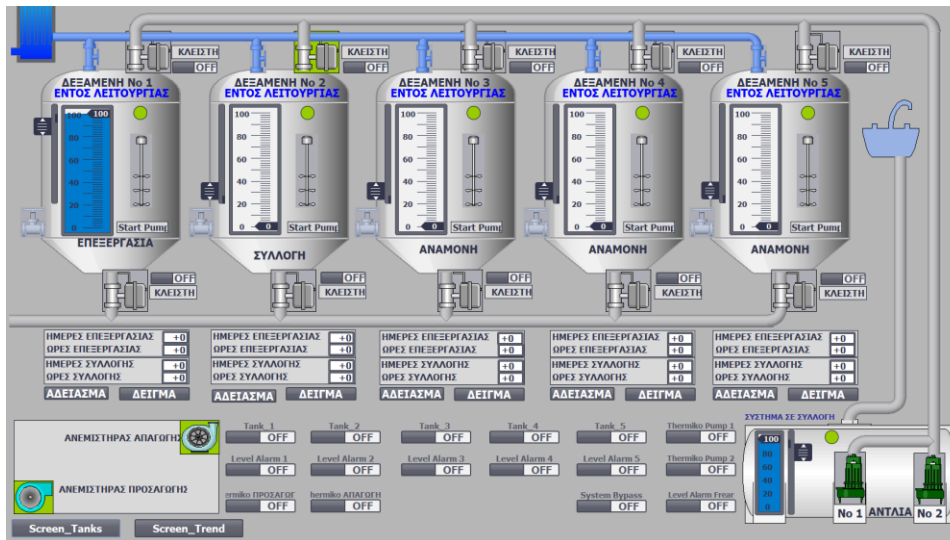
Μόλις η στάθμη του κεντρικού φρεατίου ξεπεράσει πάλι το 90% η διαδικασία επαναλαμβάνεται με την μόνη διαφορά ότι τώρα θα δοθεί εντολή να δουλέψει η αντλία Νο2 του φρεατίου. Αυτό γίνεται για τον διαμοιρασμό του φόρτου εργασίας των δύο αντλιών, Εικόνα 51.



Εικόνα: 52. Οθόνη Screen_Trend- Στάθμη της Δεξαμενής Νο1 & Κεντρικού Φρεατίου

Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η αύξηση της στάθμης της δεξαμενής Νο1 συλλογής (περίπου 80%) και η μείωση της στάθμης του κεντρικού φρεατίου (περίπου 25%), Εικόνα 52.

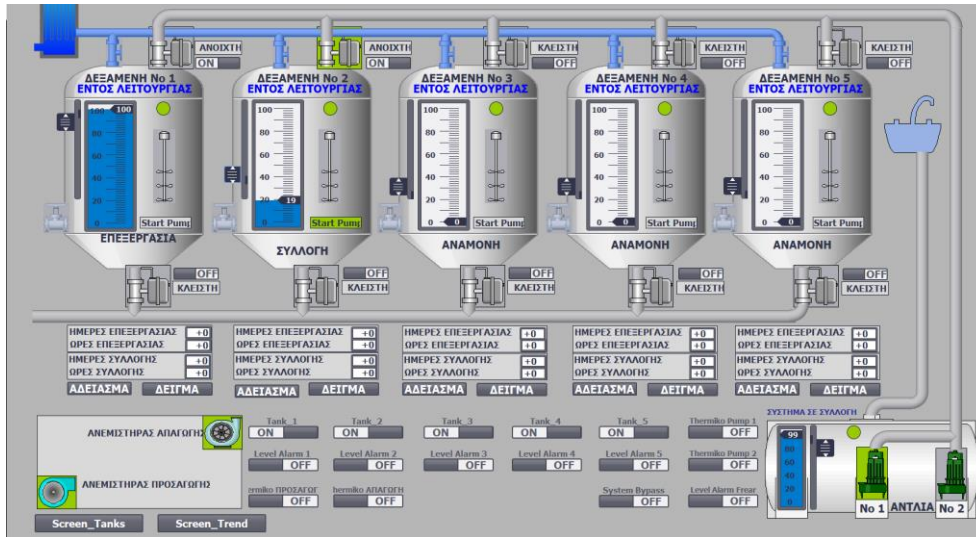
Σενάριο: Κατάσταση Επεξεργασίας Ραδιενεργών Λυμάτων– Δεξαμενή Νο1



Εικόνα: 53. Οθόνη σε Κατάσταση Επεξεργασίας η Δεξαμενή Νο1

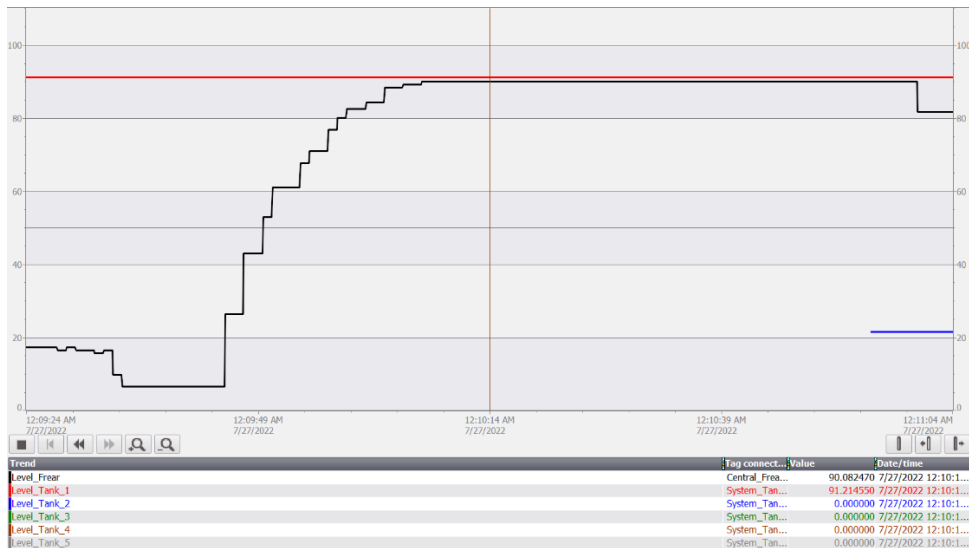
Εάν κατά την διάρκεια αδειάσματος του φρεατίου η στάθμη της δεξαμενής ΣΥΛΛΟΣΗΣ (π.χ. Νο1) ξεπεράσει το 90% η διαδικασία διακόπτεται και η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ και ταυτόχρονα μηδενίζεται ο μετρητής ωρών και ημερών συλλογής και ξεκινά ο μετρητής επεξεργασίας για 90 ημέρες. Σε ΣΥΛΛΟΓΗ μπαίνει η αμέσως επόμενη διαθέσιμη δεξαμενή ΣΕ ΑΝΑΜΟΝΗ (π.χ. δεξαμενή Νο2) και συνεχίζεται η διαδικασία αδειάσματος του κεντρικού φρεατίου, Εικόνα 53.

Σενάριο: Κατάσταση Συλλογής Ραδιενεργών Λυμάτων – Δεξαμενή Νο2



Εικόνα: 54. Οθόνη σε Κατάσταση Συλλογής η Δεξαμενή Νο2

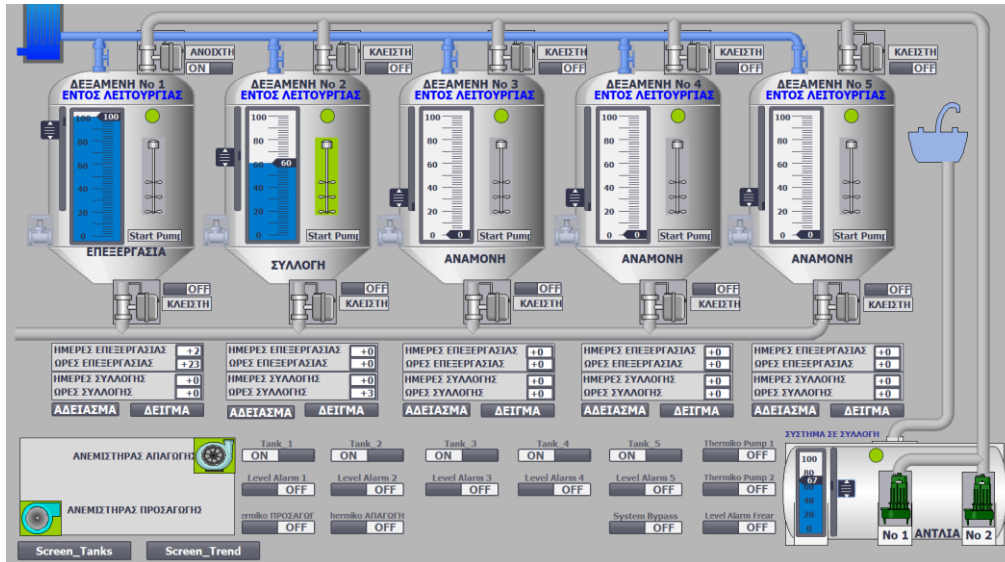
Η δεξαμενή Νο1 είναι σε ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ και σφραγίζει για 90 ημέρες, χρόνος που απαιτείται για την αδρανοποίηση των ραδιενεργών λυμάτων της. Η δεξαμενή Νο2 είναι σε ΣΥΛΛΟΓΗ (ανοιχτή βάνα εισόδου, ενεργοποίηση Start Pump) και η διαδικασία αδειάσματος του φρεατίου συνεχίζεται με εναλλαγή της αντλία Νο1, Εικόνα 54 & 55.



Εικόνα: 55. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο1 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο2 σε Συλλογή & Κεντρικού Φρεατίου

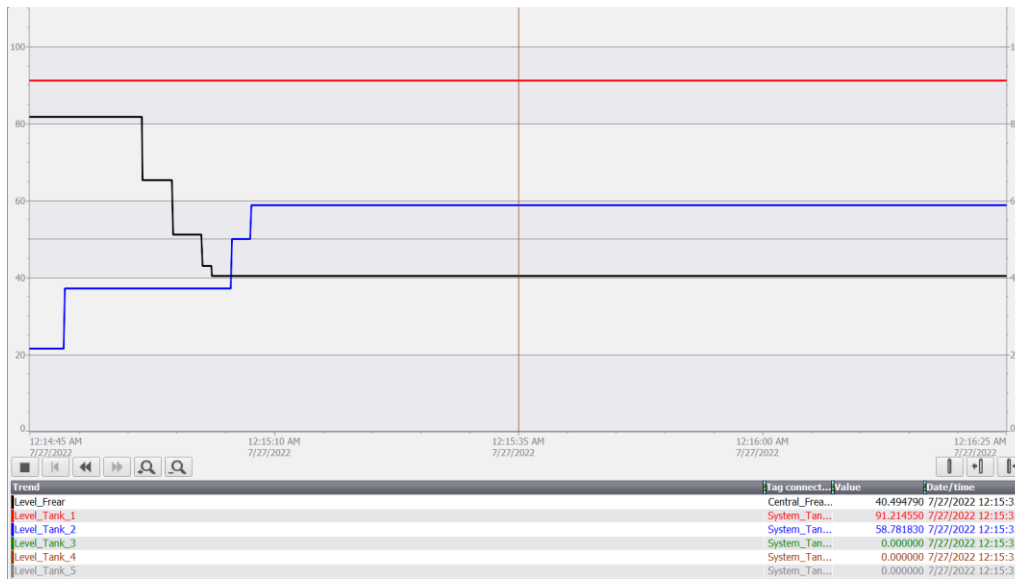
Στην οθόνη Screen_Trend είναι η στάθμη της δεξαμενής Νο1 πάνω από 90% (κόκκινη) και η δεξαμενή μπαίνει σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου (μαύρη περίπου 80%) και η στάθμη της δεξαμενής Νο2 σε συλλογή (μπλε περίπου 23%), Εικόνα 52.

Σενάριο: Ανάδευση Δεξαμενής Νο2



Εικόνα: 56. Οθόνη Ανάδευσης της Δεξαμενής Νο1

Η δεξαμενή μπαίνει σε διαδικασία ανάδευσης όταν η στάθμη είναι πάνω από 30% και συνεχίζεται η συλλογή λυμάτων, Εικόνα 56.

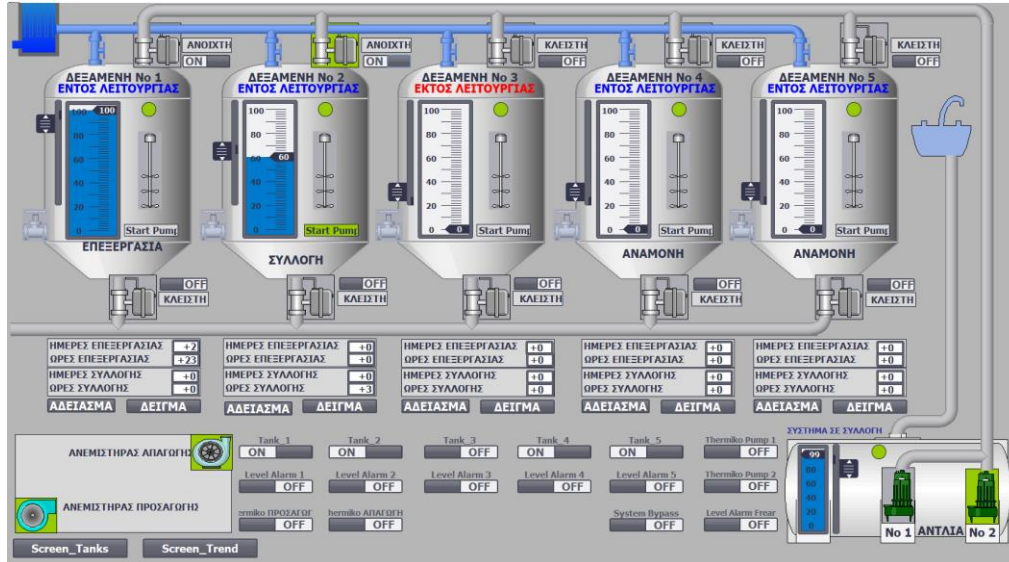


Εικόνα: 57. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο1 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο2 σε Συλλογή & Κεντρικού Φρεατίου

Στην οθόνη Screen_Trend είναι η στάθμη της δεξαμενής Νο1 πάνω από 90% (κόκκινη) σταθερά σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου έχει μειωθεί (περίπου 40%) και η στάθμη της δεξαμενής Νο2 σε συλλογή έχει αυξηθεί (μπλε περίπου 60%), Εικόνα 57.

Σενάριο: Εκτός λειτουργίας η Δεξαμενή No 3

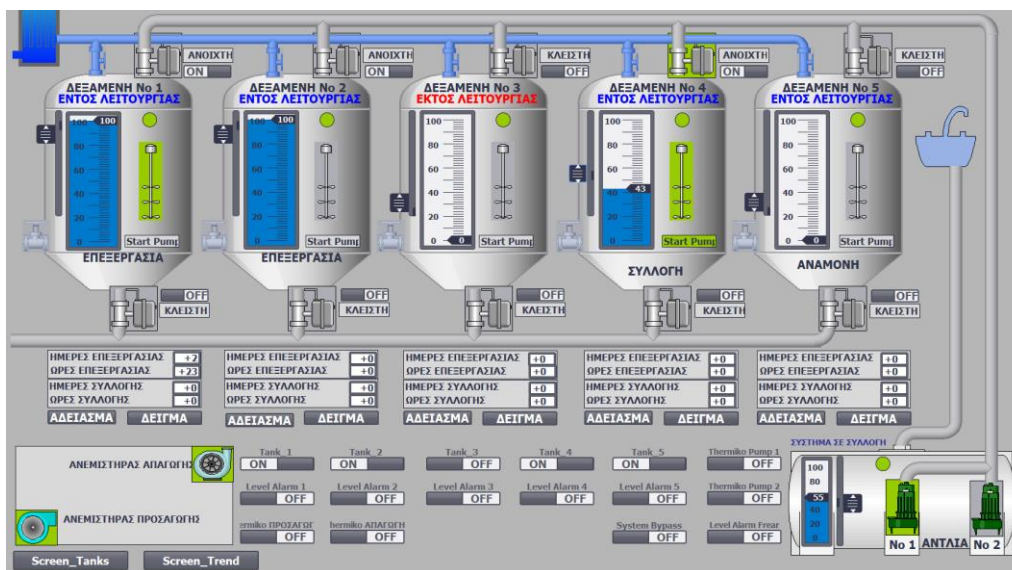
Εκτός λειτουργίας τίθεται μία δεξαμενή όταν παρουσιαστεί κάποια βλάβη ή όταν βρίσκεται σε προγραμματισμένη συντήρηση.



Εικόνα: 58. Οθόνη σε Κατάσταση Εκτός λειτουργίας η Δεξαμενή No 3

Υποθετικά ότι η δεξαμενή No3 βρίσκεται σε συντήρηση (για λόγους προσομοίωσης τέθηκε εκτός λειτουργίας η δεξαμενή No 3 ενεργοποιώντας τον συρταρωτό διακόπτη Tank_3 από ON σε OFF στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού).

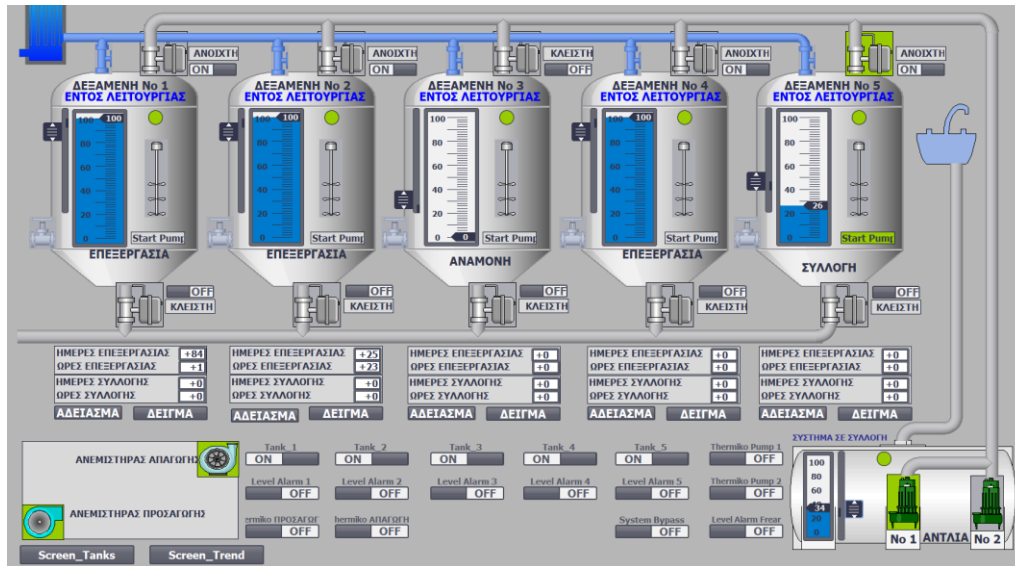
Η διαδικασία αδειάσματος του κεντρικού φρεατίου επαναλαμβάνεται όταν φτάσουν τα λύματα στο 90% και προωθούνται με εναλλαγή των αντλιών (No2 στην παρούσα φάση) στη δεξαμενή συλλογής No2, Εικόνα 58.



Εικόνα: 59. Οθόνη σε Κατάσταση Εκτός λειτουργίας η Δεξαμενή No 3

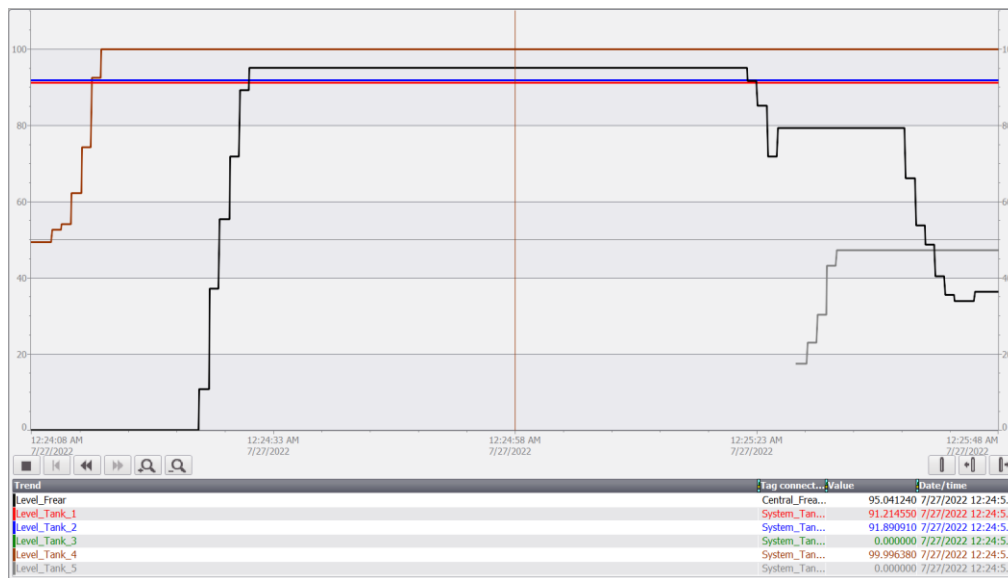
Η δεξαμενή No2 γεμίζει σιγά σιγά και όταν η στάθμη φτάσει πάνω από 90% τότε μπαίνει σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ. Το σύστημα αφού διαπιστώσει ότι η δεξαμενή No3 δεν είναι διαθέσιμη θέτει σε ΣΥΛΛΟΓΗ την δεξαμενή No4 και συνεχίζει κανονικά το άδειασμα του κεντρικού φρεατίου με εναλλαγή της αντλίας π.χ. No1, Εικόνα 59.

Σενάριο: Εντός λειτουργίας η δεξαμενή Νο3



Εικόνα: 60. Οθόνη σε Κατάσταση Εντός λειτουργίας η Δεξαμενή Νο3

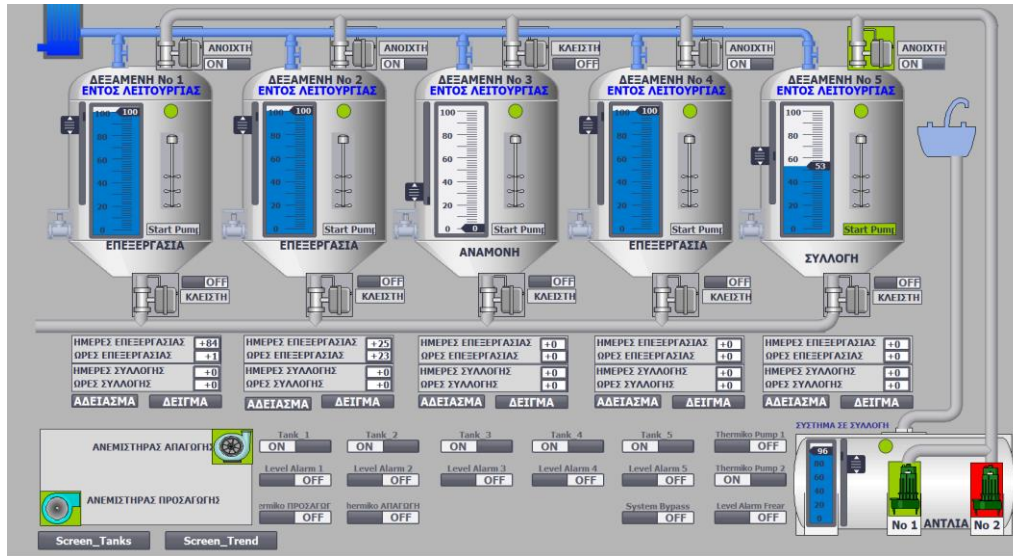
Μετά το τέλος της συντήρησης της δεξαμενής Νο3, η δεξαμενή προστίθεται στο σύστημα και βρίσκεται σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ. Η διαδικασία πλήρωσης των δεξαμενών συνεχίζεται και σε ΣΥΛΛΟΓΗ πλέον είναι η δεξαμενή Νο5 με την αντλία Νο1 σε λειτουργία, Εικόνα 60.



Εικόνα: 61. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο1, Νο2 & Νο4 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο5 σε Συλλογή & Κεντρικού Φρεατίου

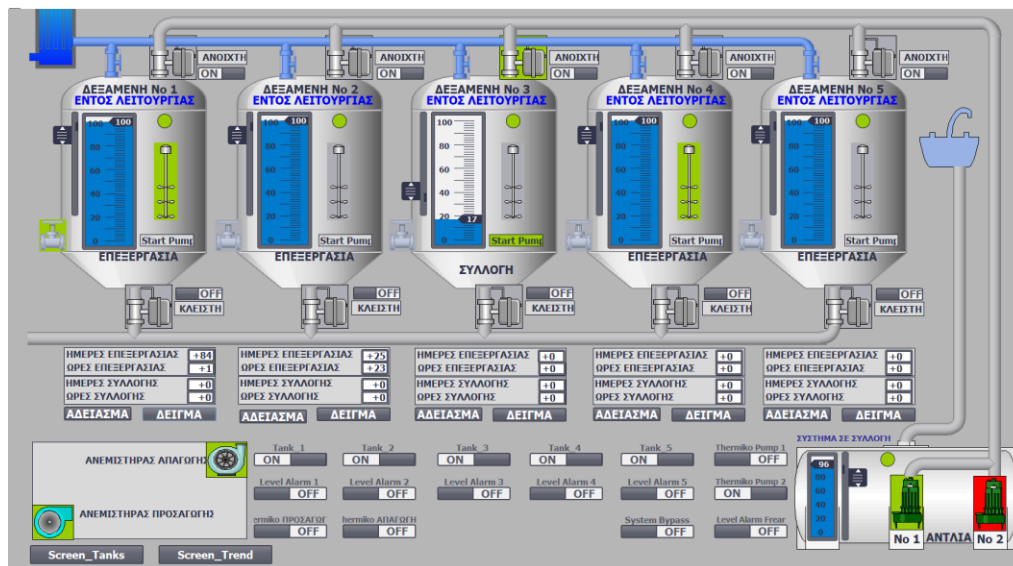
Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η στάθμη των δεξαμενών Νο1, Νο2 & Νο4 πάνω από 90% σταθερά σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου έχει μειωθεί (περίπου 35%) και η στάθμη της δεξαμενής Νο5 σε συλλογή έχει αυξηθεί (γκρι περίπου 50%), Εικόνα 61.

Σενάριο: Αστοχία Αντλίας No2 Κεντρικού Φρεατίου



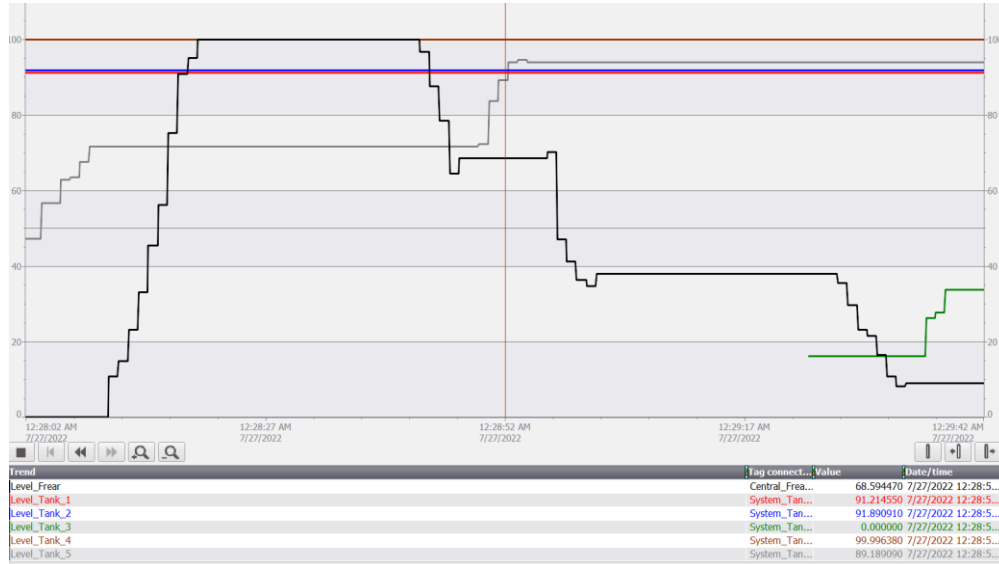
Εικόνα: 62. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας η Αντλία No2 του Κεντρικού Φρεατίου

Το κεντρικό φρεάτιο έχει γεμίσει στο 90 % και αφού έχει ανοίξει η βάνα εισόδου της δεξαμενής Νο5 δίνεται εντολή να λειτουργήσει η αντλία Νο2. Η αντλία παρουσιάζει πρόβλημα και δεν ξεκινά (για λόγους προσομοίωσης τέθηκε εκτός λειτουργίας η αντλία Νο2 ενεργοποιώντας τον συρταρωτό διακόπτη Thermal Pump 2 από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού). Το σύστημα αναγνωρίζει το πρόβλημα και δίνει εκ' νέου εντολή να λειτουργήσει η δεύτερη αντλία Νο1, Εικόνα 62.



Εικόνα: 63. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας η Αντλία No2 του Κεντρικού Φρεατίου

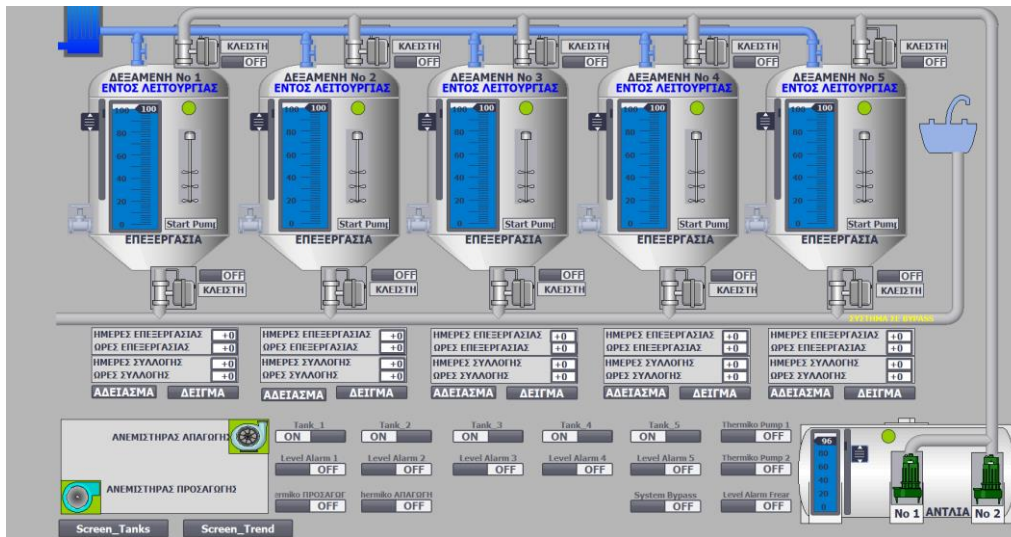
Στην συνέχεια το σύστημα λειτουργεί κανονικά με την μία αντλία μέχρι την επίλυση του προβλήματος λόγω των επικινδυνων λυμάτων που διαχειρίζεται. Η δεξαμενή Νο5 μπαίνει σε Επεξεργασία και η δεξαμενή Νο3 που είναι και η τελευταία διαθέσιμη ξεκινά να γεμίζει. Στις δεξαμενές Νο1 και Νο4 γίνεται ανάδευση σε τακτά χρονικά διαστήματα για καλύτερη ομογενοποίηση των ραδιενεργών λυμάτων με ταυτόχρονη δυνατότητα λήψη δείγματος για τον έλεγχο της ενεργότητας π.χ. της δεξαμενής Νο1, Εικόνα 63.



Εικόνα: 64. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο1, Νο2, Νο4 & Νο5 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο3 σε Συλλογή & Κεντρικού Φρεατίου

Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η στάθμη των δεξαμενών Νο1, Νο2, Νο4 & Νο5 πάνω από 90% σταθερά σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου έχει μειωθεί (περίπου 10%) και η στάθμη της δεξαμενής Νο3 σε συλλογή έχει αυξηθεί (πράσινο περίπου 35%), Εικόνα 64.

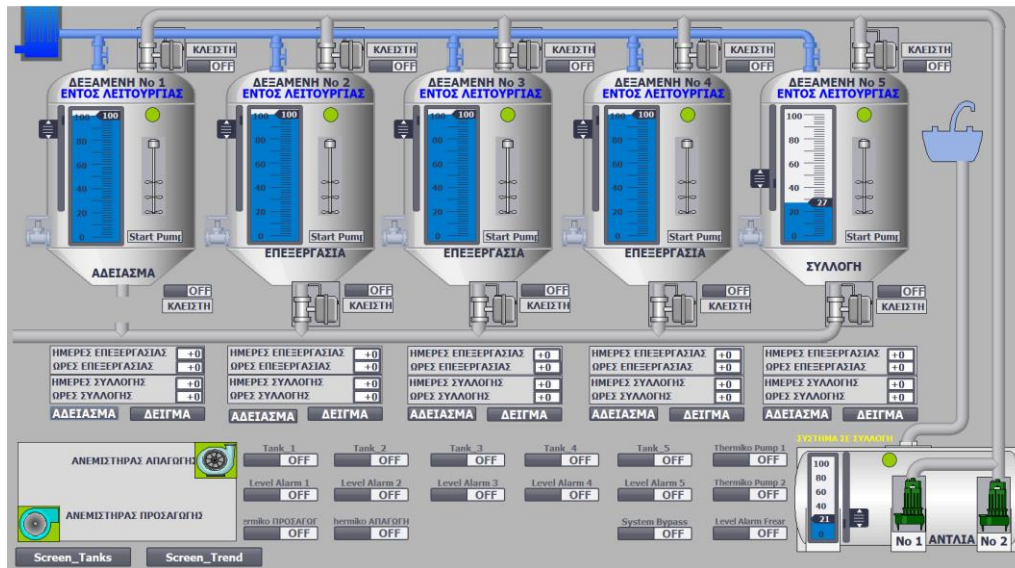
Σενάριο: Το Σύστημα Δεξαμενών σε BYPASS



Εικόνα: 65. Οθόνη Σε Κατάσταση BYPASS το Σύστημα των Δεξαμενών

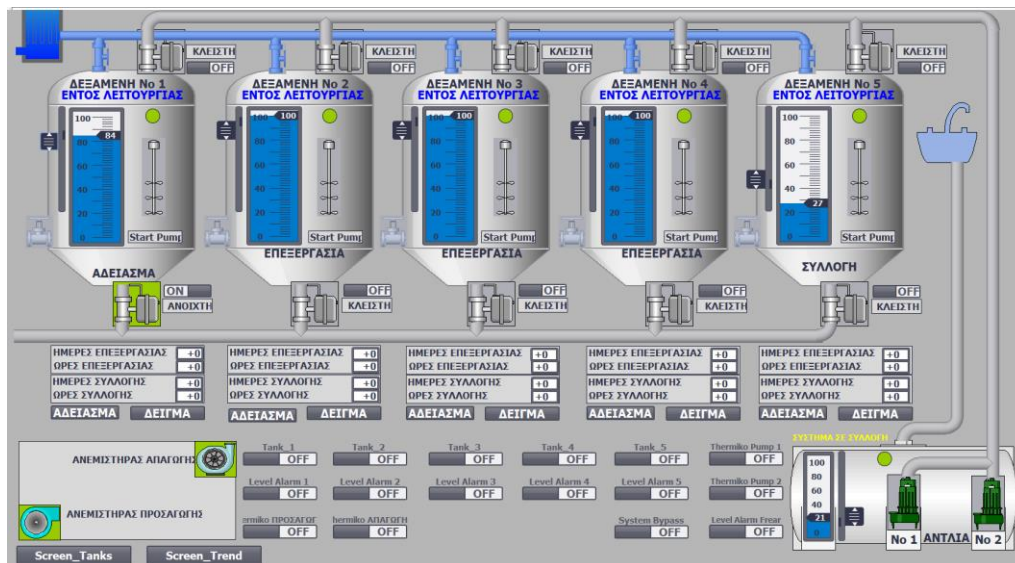
Σε αυτό το σημείο λειτουργίας όλες οι δεξαμενές έχουν γεμίσει και το κεντρικό φρεάτιο έχει φτάσει πάνω από 90%, το σύστημα σφραγίζει και δεν δέχεται άλλα λύματα θέτοντας το σε «ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕ BYPASS» όπου όλα τα λύματα οδηγούνται την κοινή κεντρική αποχέτευση. Ο διαχειριστής του συστήματος θα πρέπει να παρέμβει και να αδειάσει την δεξαμενή με τις περισσότερες ημέρες σε ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ δηλαδή γύρω στις 90 ημέρες και άρα με την λιγότερη ραδιενέργεια. Σύμφωνα με τη μελέτη ακτινοπροστασίας σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν είναι δυνατόν να γεμίσουν όλες οι δεξαμενές ταυτόχρονα χωρίς να έχει ήδη γίνει απόσβεση ραδιενέργειας έστω και μιας δεξαμενής. Το παρόν σενάριο δόθηκε σαν παράδειγμα ώστε να γίνει κατανοητό ότι το σύστημα τίθεται σε θέση ασφαλείας μόνο σε περίπτωση κάποιας έκτακτης βλάβης, Εικόνα 65.

Σενάριο: Άδειασμα Δεξαμενής Νο1



Εικόνα: 66. Οθόνη σε Κατάσταση Αδειάματος η Δεξαμενή Νο1

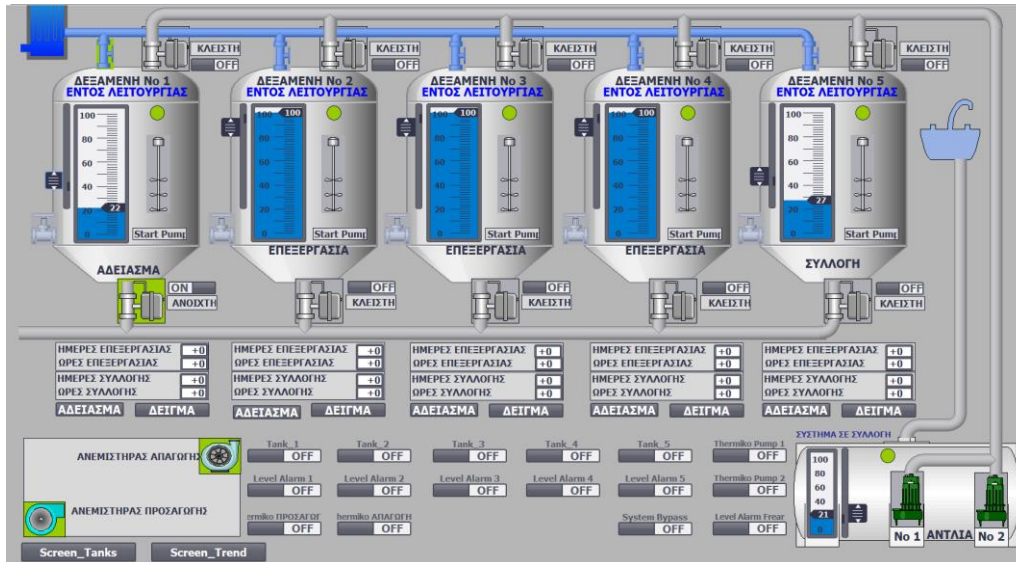
Όταν ο διαχειριστής του συστήματος δίνει εντολή αδειάματος στη δεξαμενή Νο1 τότε παίρνει εντολή να ανοίξει η βάνα εξόδου (η βάνα αναβοσβήνει πράσινη), Εικόνα 66.



Εικόνα: 67. Οθόνη σε Κατάσταση Αδειάματος η Δεξαμενή Νο1

Στην συνέχεια ανοίγει η βάνα εξόδου και η στάθμη της δεξαμενής αρχίζει να κατεβαίνει σιγά σιγά, Εικόνα 68.

Σενάριο: Πλύσιμο Δεξαμενής Νο1



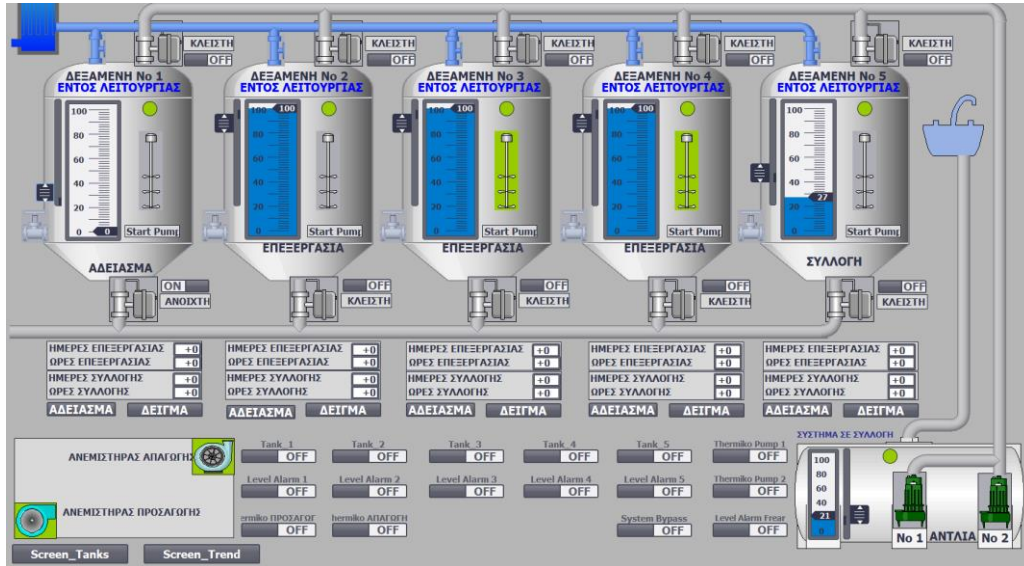
Εικόνα: 68. Οθόνη σε Κατάσταση Πλύσιματος η Δεξαμενή Νο1

Όταν η στάθμη της δεξαμενής Νο1 πέσει κάτω από το 30% ανοίγει η βάνα πλύσης και η δεξαμενή ξεπλένεται για το χρόνο των 30 min (αναβοσβήνει πράσινο η βάνα πλύσης πάνω αριστερά της δεξαμενής), Εικόνα 68.



Εικόνα: 69. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο2, Νο4 & Νο5 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο3 σε Συλλογή, Δεξαμενής Νο1 σε άδειασμα & Κεντρικού Φρεατίου

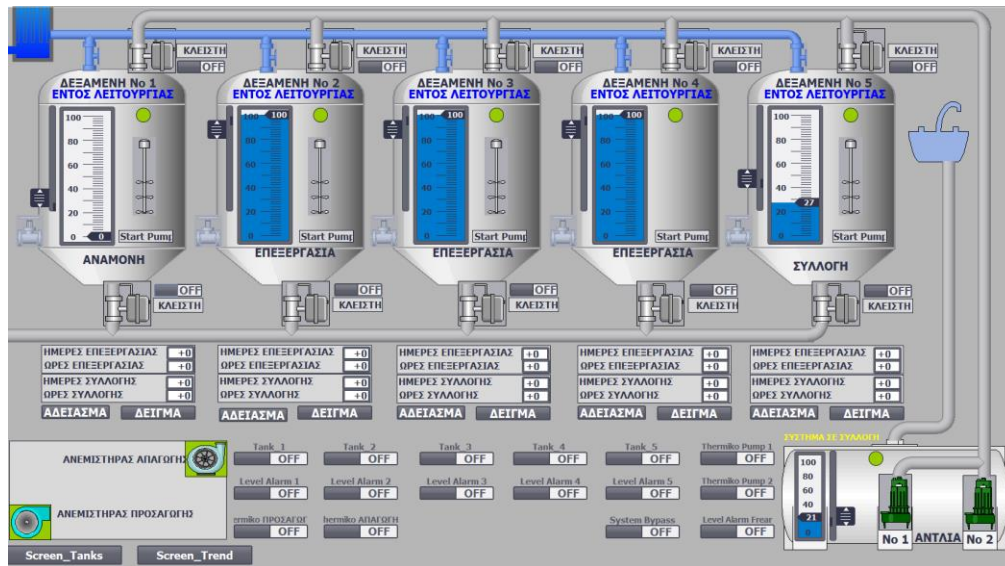
Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η στάθμη των δεξαμενών Νο2, Νο4, & Νο5 πάνω από 90% σταθερά σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου έχει μειωθεί (περίπου 10%), η στάθμη της δεξαμενής Νο3 σε συλλογή (πράσινο περίπου 35%) και η δεξαμενή Νο1 σε διαδικασία αδειάσματος, Εικόνα 69.



Εικόνα: 70. Οθόνη σε Κατάσταση Αδειάσματος η Δεξαμενή Νο1 με στάθμη κάτω του 10%

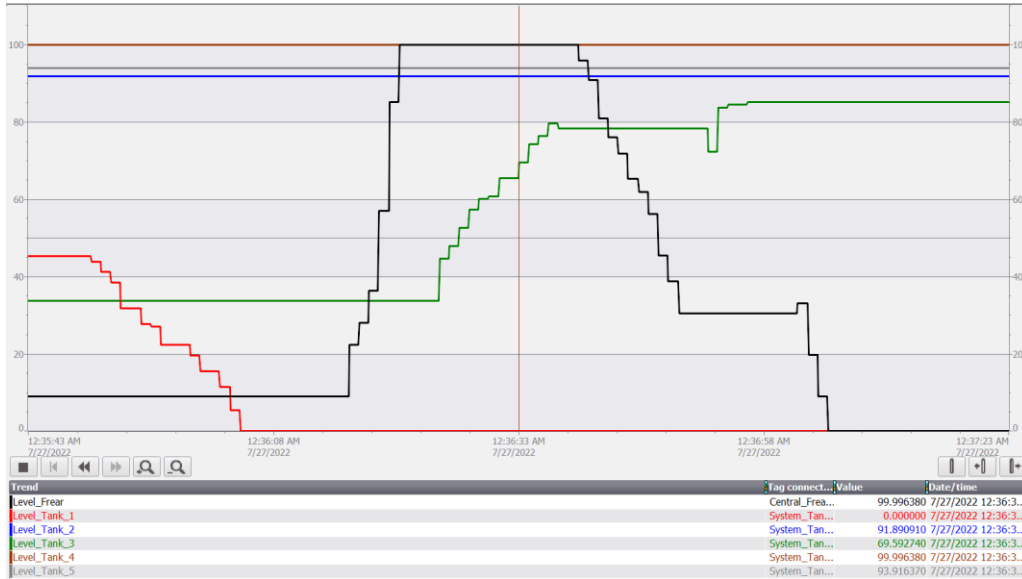
Μετά το πέρας του χρόνου πλήσης και όταν η στάθμη της δεξαμενής πέσει κάτω από το 10% η βάνα εξόδου παίρνει εντολή να κλείσει, Εικόνα 70.

Σενάριο: Κατάσταση Αναμονής της Δεξαμενής Νο1



Εικόνα: 71. Οθόνη σε Κατάσταση Αναμονής η Δεξαμενή Νο1

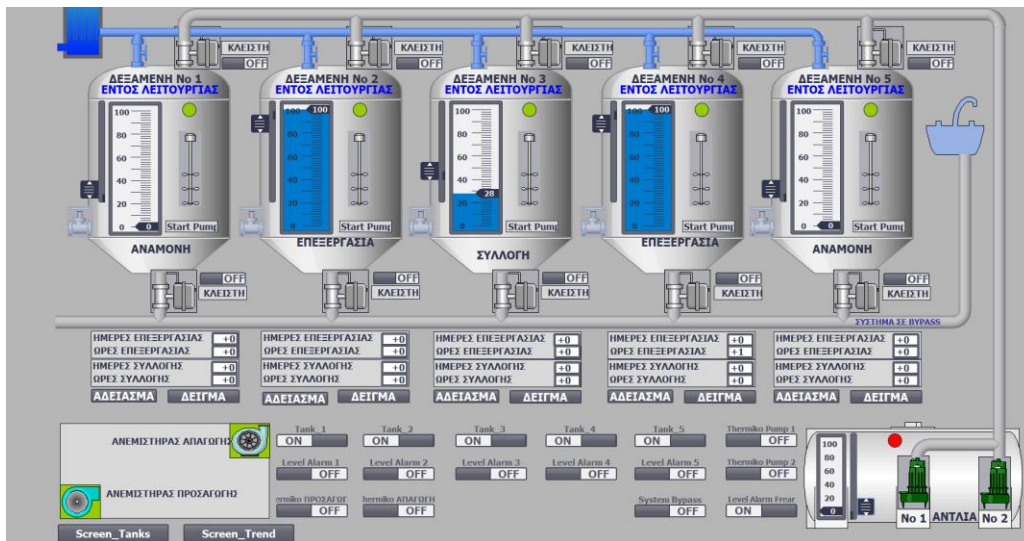
Μόλις επιβεβαιωθεί το κλείσιμο της βάνας εξόδου, η δεξαμενή έχει αδειάσει, έχει πλυθεί και είναι έτοιμη να βρεθεί σε διαθεσιμότητα, τότε το σύστημα δίνει εντολή να πάει σε κατάσταση ΑΝΑΜΟΝΗΣ, Εικόνα 71.



Εικόνα: 72. Οθόνη Screen_Trend- Δεξαμενής Νο2, Νο4 & Νο5 σε Επεξεργασία, Δεξαμενής Νο3 σε Συλλογή, Δεξαμενής Νο1 σε Αναμονή & Κεντρικού Φρεατίου

Στην οθόνη Screen_Trend φαίνεται η στάθμη των δεξαμενών Νο2, Νο4, & Νο5 πάνω από 90% σταθερά σε επεξεργασία, η στάθμη του κεντρικού φρεατίου έχει μειωθεί (περίπου 0%), η στάθμη της δεξαμενής Νο3 σε συλλογή (πράσινο περίπου 85%) και η δεξαμενή Νο1 σε διαδικασία αναμονής, Εικόνα 72.

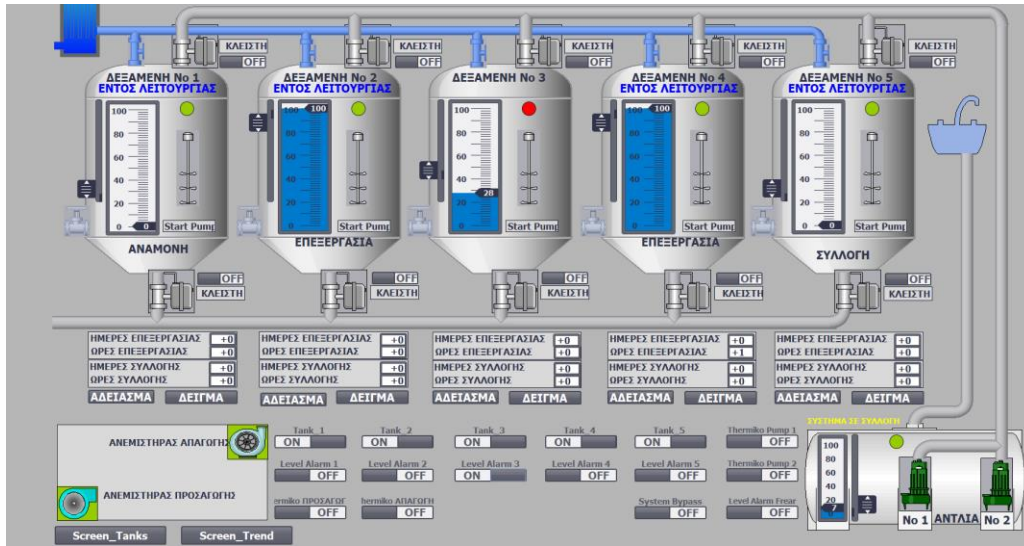
Σενάριο: Αστοχία του Ενδεικτικού Στάθμης του Κεντρικού Φρεατίου



Εικόνα: 73. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας του Ενδεικτικού Στάθμης του Κεντρικού Φρεατίου

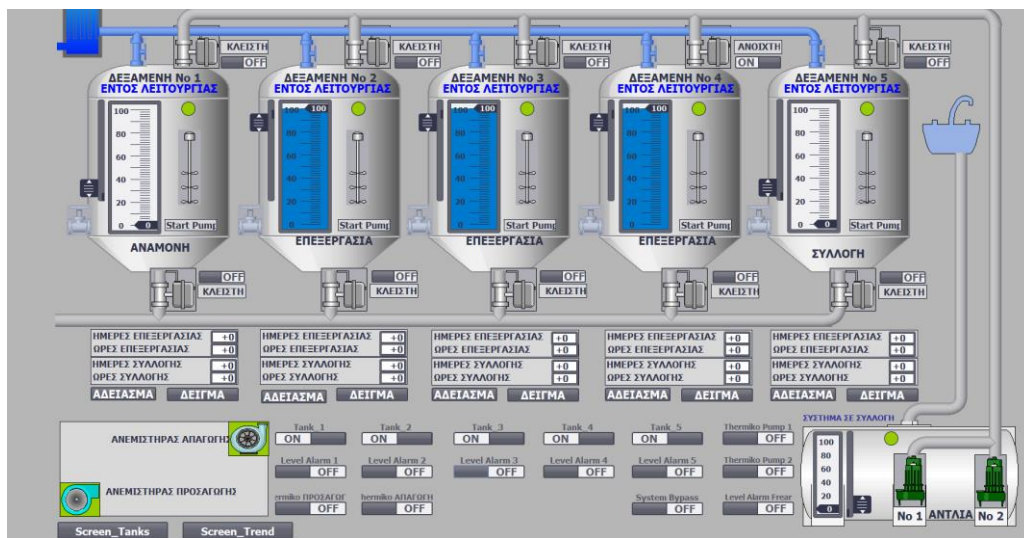
Η ένδειξη της στάθμης είναι λάθος λόγω βλάβης, το κεντρικό φρεάτιο έχει υπερχειλίσει και ο ανεξάρτητος αισθητήρας υψηλής στάθμης (φλοτέρ) έχει ενεργοποιηθεί και είναι κόκκινος (για λόγους προσομοίωσης ενεργοποιήθηκε ο συρταρωτός διακόπτης Level Alarm Frear από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού). Το σύστημα για λόγους ασφαλείας θέτει προσωρινά την αποχέτευση σε BYPASS μέχρι να κατέβει η στάθμη τόσο ώστε να σβήσει το κόκκινο alarm, Εικόνα 73.

Σενάριο: Αστοχία του Ενδεικτικού Στάθμης της Δεξαμενής Νο3



Εικόνα: 74. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας του Ενδεικτικού Στάθμης της Δεξαμενής Νο3

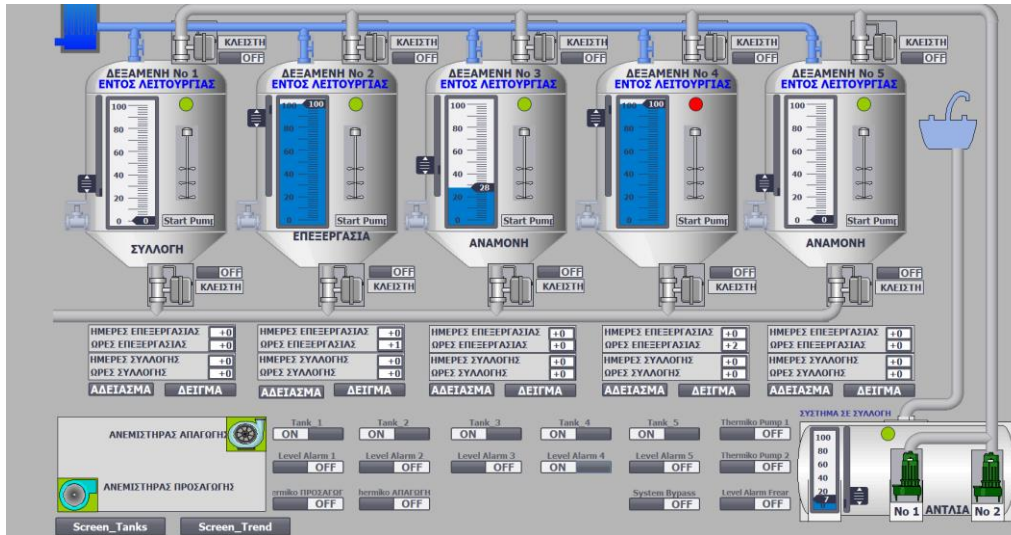
Η ένδειξη της στάθμης της δεξαμενής Νο3 είναι λάθος λόγω βλάβης, η δεξαμενή ενώ βρισκόταν σε συλλογή υπερχειλίσε, ο αισθητήρας υψηλής στάθμης (φλοτέρ) έχει ενεργοποιηθεί και είναι κόκκινος (για λόγους προσομοίωσης ενεργοποιήθηκε ο συρταρωτός διακόπτης Level Alarm 3 από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού). Το σύστημα αυτοματισμού θέτει σε ΣΥΛΛΟΓΗ τη δεξαμενή Νο5 για να συνεχιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία του και δίνει εντολή τη δεξαμενή Νο3 να μείνει σε αδράνεια μέχρι την αποκατάσταση της βλάβης, Εικόνα 70.



Εικόνα: 75. Οθόνη σε Κανονική Λειτουργία του Συστήματος μετά την Αποκατάσταση Βλάβης του Ενδεικτικού Στάθμης

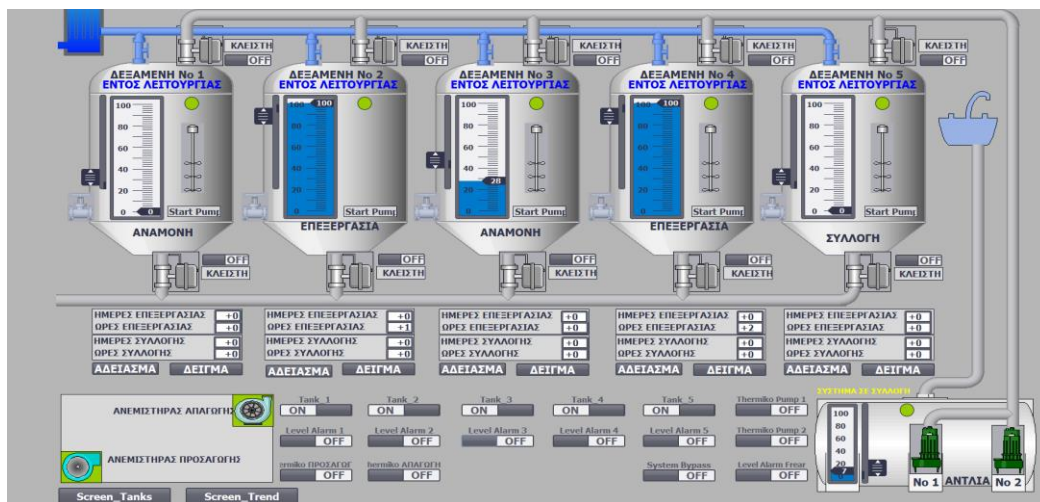
Μετά την επισκευή του ενδεικτικού στάθμης, η στάθμη βρίσκεται πάνω από 90% (αφού έχει ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας υψηλής στάθμης) τότε η δεξαμενή μπαίνει σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ, Εικόνα 75

Σενάριο: Αστοχία του Αισθητήρα Υψηλής Στάθμης της δεξαμενής Νο4



Εικόνα: 76. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας του Αισθητήρα Υψηλής Στάθμης της δεξαμενής Νο4

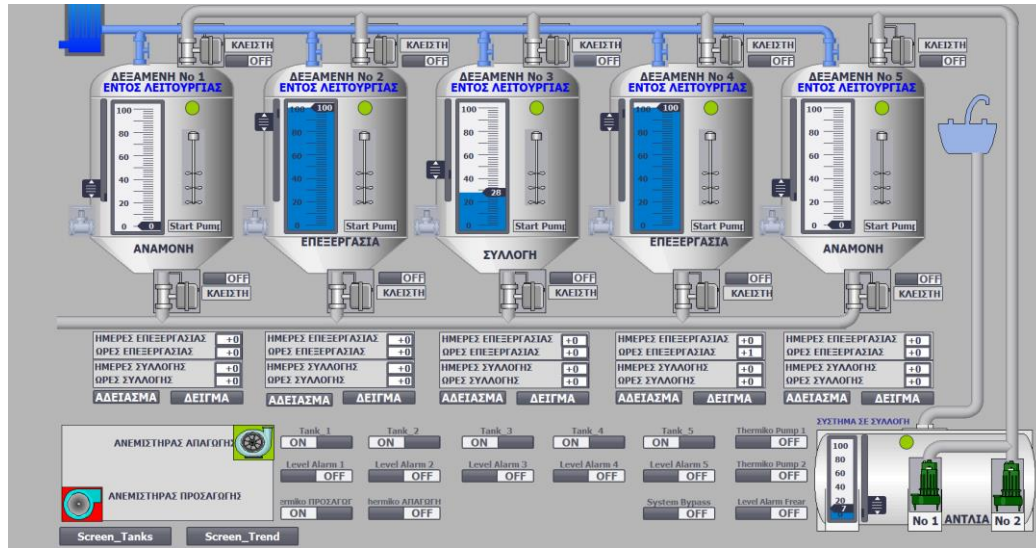
Η δεξαμενή Νο4 βρίσκεται σε κατάσταση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ και ενεργοποιείται από βλάβη ο αισθητήρας υψηλής στάθμης (κόκκινη ένδειξη- για λόγους προσομοίωσης ενεργοποιήθηκε ο συρταρωτός διακόπτης Level Alarm 4 από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού). Η δεξαμενή Νο4 μένει σε αδράνεια για όση ώρα απαιτείται η αποκατάσταση της βλάβης, Εικόνα 76.



Εικόνα: 77. Οθόνη σε Κανονική Λειτουργία του Συστήματος μετά την Αποκατάσταση Βλάβης του Αισθητήρα Υψηλής Στάθμης

Μόλις αποκατασταθεί η βλάβη του αισθητήρα υψηλής στάθμης της δεξαμενής Νο4, η δεξαμενή επιστρέφει στην πρότερη κατάσταση δηλαδή της ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ, Εικόνα 77.

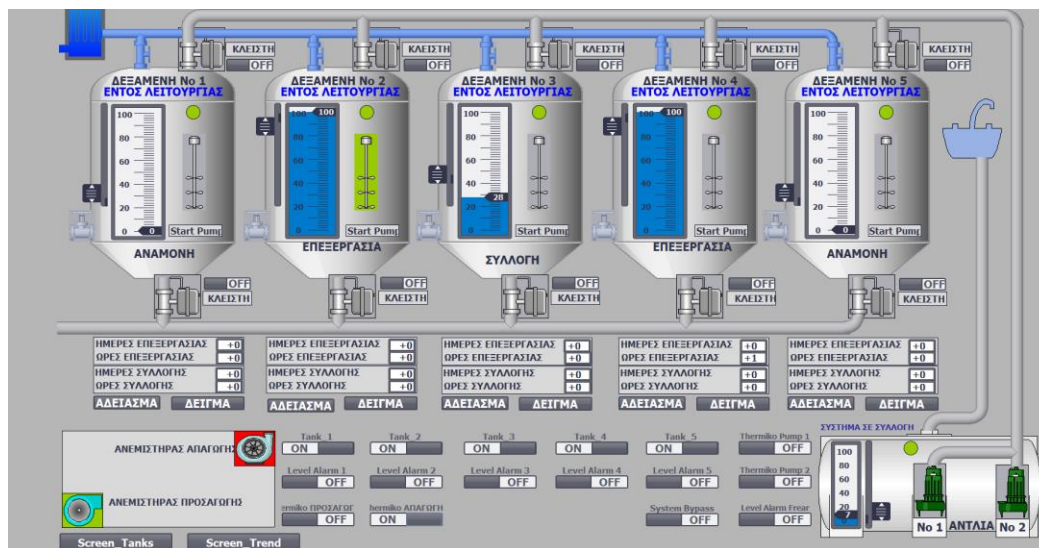
Σενάριο: Αστοχία του Ανεμιστήρα Προσαγωγής



Εικόνα: 78. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας του Ανεμιστήρα Προσαγωγής

Κατά την ενεργοποίηση του Alarm Ανεμιστήρα Προσαγωγής (με τον συρταρωτό διακόπτη Thermico Προσαγωγής από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού για λόγους προσομοίωσης) λόγω βλάβης το σύστημα δεξαμενών παραμένει σε κανονική λειτουργία απομείωσης των ραδιενεργών λυμάτων, Εικόνα 78.

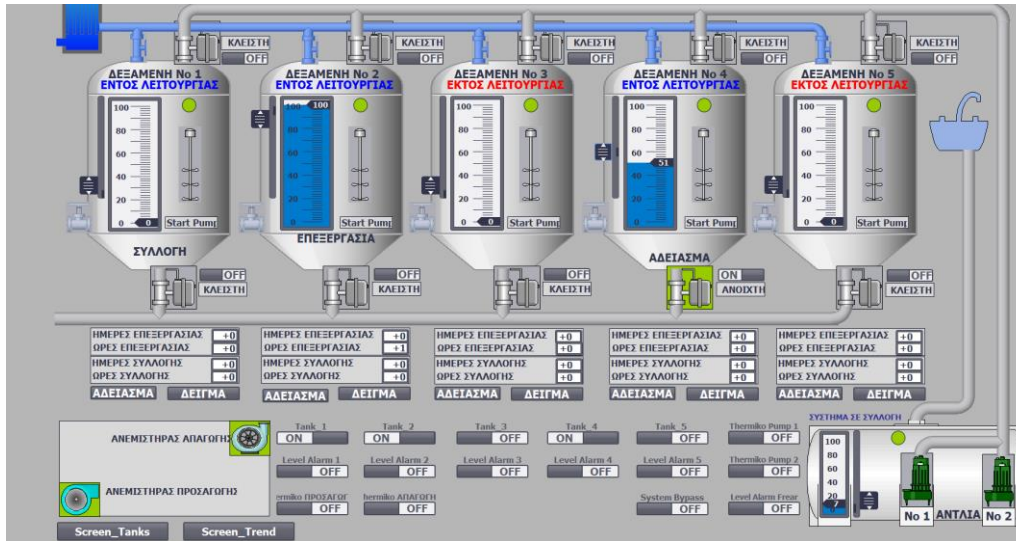
Σενάριο: Αστοχία του Ανεμιστήρα Απαγωγής



Εικόνα: 79. Οθόνη σε Κατάσταση Αστοχίας του Ανεμιστήρα Απαγωγής

Υπάρχει η ενεργοποίηση του Alarm Ανεμιστήρα Απαγωγής λόγω βλάβης όπου για λόγους προσομοίωσης γίνεται με τον συρταρωτό διακόπτη Thermico Απαγωγής από OFF σε ON στο αντίστοιχο πεδίο χειρισμού, Εικόνα 79.

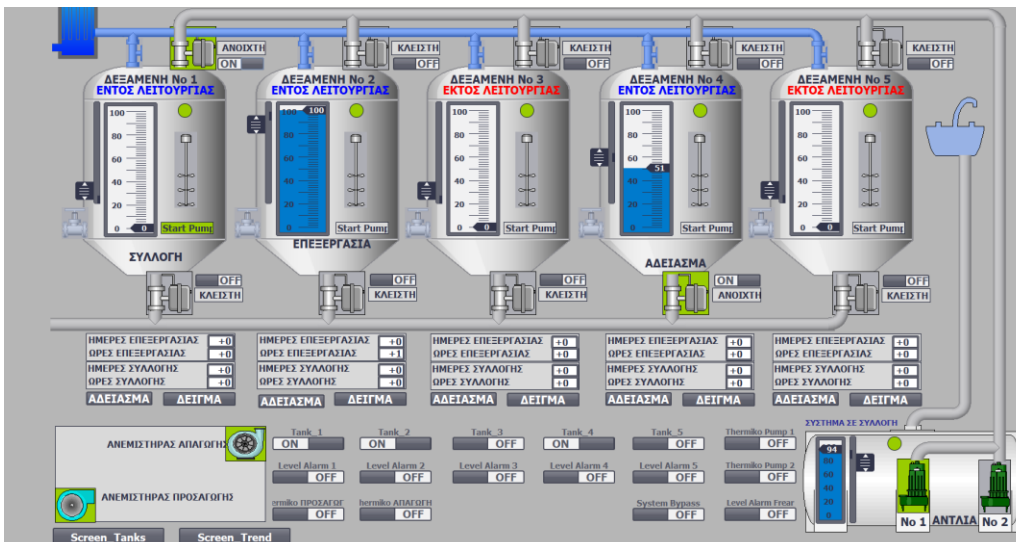
Σενάριο: Εκτός Λειτουργίας Δεξαμενές Νο3 και Νο5 και Άδειασμα Δεξαμενής Νο4



Εικόνα: 80. Οθόνη σε Κατάσταση Εκτός λειτουργίας οι Δεξαμενές Νο3 και Νο5 και Αδειάσματος η δεξαμενή Νο4

Οι δεξαμενές Νο3 και Νο5 λόγω συντήρησης βρίσκονται εκτός λειτουργίας, η δεξαμενή Νο1 σε συλλογή, η δεξαμενή Νο2 σε επεξεργασία και η δεξαμενή Νο4 αδειάζει και μόλις κατέβει η στάθμη της κάτω από 30% θα πλυθεί, Εικόνα 80.

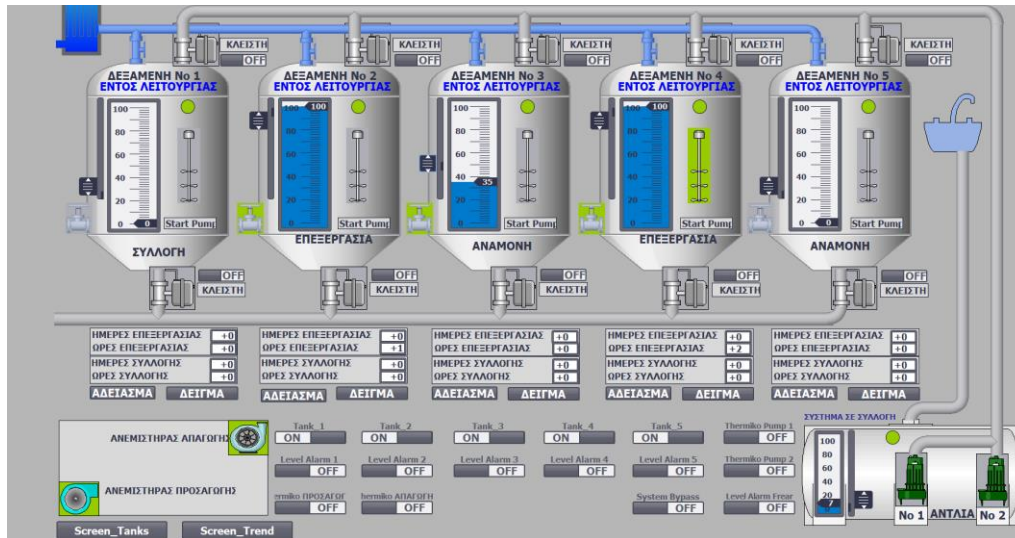
Σενάριο: Εκτός Λειτουργίας Δεξαμενές Νο3 και Νο5, Άδειασμα Δεξαμενής Νο4 και Ενεργοποίηση Αντλίας Κεντρικού Φρεατίου



Εικόνα: 81. Οθόνη σε Κατάσταση Εκτός λειτουργίας οι Δεξαμενές Νο3 και Νο5, Αδειάσματος η δεξαμενή Νο4 και Ενεργοποίησης της Αντλίας Κεντρικού Φρεατίου

Οι δεξαμενές Νο3 και Νο5 λόγω συντήρησης βρίσκονται εκτός λειτουργίας, η δεξαμενή Νο1 σε συλλογή, η δεξαμενή Νο2 σε επεξεργασία, η δεξαμενή Νο4 αδειάζει και επιπλέον η στάθμη στο κεντρικό φρεάτιο έχει ανέβει πάνω 90% με αποτέλεσμα να γίνει προώθηση των λυμάτων στην αμέσως επόμενη δεξαμενή που βρίσκεται σε συλλογή, Εικόνα 81.

Σενάριο: Ταυτόχρονη δειγματοληψία από 2 δεξαμενές σε επεξεργασία και 1 σε αναμονή



Εικόνα: 82. Οθόνη Ενεργοποίησης της Βάνας δειγματοληψίας ταυτόχρονα στη Δεξαμενή Νο2, Νο3 & Νο4

Ο διαχειριστής του συστήματος δίνει εντολή ανοίγματος στις βάνες δειγματοληψίας από το κουμπί ΔΕΙΓΜΑ για τη συλλογή δείγματος, η διάρκεια δειγματοληψίας είναι 1min και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιαδήποτε κατάσταση βρίσκεται η κάθε δεξαμενή (η βάνα αναβοσβήνει πράσινη), Εικόνα 82.

8. Συμπεράσματα

Η κατανόηση της σημασίας της ορθής διαχείρισης των ραδιενεργών αποβλήτων στην σύγχρονη εποχή τόσο από τους εμπλεκόμενους στον τομέα της υγείας όσο και από μέρους της διοίκησης αλλά και των πολιτών, συνιστά ζήτημα επιτακτικό, καθώς τα τελευταία χρόνια η διαχείριση της περιβαλλοντικής ποιότητας προσεγγίζεται με αγωνία και όπως προκύπτει η χρήση της τεχνολογίας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την επίτευξη του στόχου αυτού.

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά την μελέτη και υλοποίηση του συστήματος δεξαμενών αδρανοποίησης ραδιενεργών λυμάτων, καθώς και τις βελτιώσεις που θα προκύψουν στο άμεσο μέλλον με την εξέλιξη των σχετικών τεχνολογιών.

Για την υλοποίηση του συστήματος της παρούσας διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν η μονάδα PLC, που αποτελείται από την CPU (CPU 1513-1) και για λογισμικό το TIA PROTAL. Η επιλογή του τελευταίου, ήταν μία από τις αποφάσεις οι οποίες οδήγησαν στην επιτυχή υλοποίηση της εφαρμογής. Η λειτουργία του συγκεκριμένου λογισμικού ως μία ενιαία πλατφόρμα προγραμματισμού και παρακολούθησης όλων των επιμέρους συστημάτων ήταν εξαιρετικά αποτελεσματική. Η κοινή βάση δεδομένων μεταξύ PLC και HMI ήταν αυτή που αύξησε την λειτουργικότητα της εφαρμογής. Αξίζει να σημειωθεί πως με την χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας προγραμματισμού, δεν υπήρξε η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί κανένα άλλο βοηθητικό λειτουργικό πρόγραμμα για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος αυτού.

Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι η επιλογή να δημιουργηθεί ένα προγραμματιστικό αντικείμενο System Tank για όλες τις λειτουργικές καταστάσεις της δεξαμενής έδωσε τη δυνατότητα εύκολης επέκτασης του συστήματος. Επειδή επί του παρόντος τα ραδιενεργά μολυσμένα νοσοκομειακά λύματα πρέπει να αποθηκεύονται έως ότου τα ραδιονουκλίδια πρέπει να αποσυντεθούν επαρκώς και δεν υπάρχουν διαθέσιμες οικονομικά και αποδοτικές τεχνολογίες απομάκρυνσης, η επεκτασιμότητα του συστήματος διαχείρισης ραδιενεργών λυμάτων αποτελεί πρωταρχικό σκοπό στις μέρες μας με την συνεχιζόμενη αύξηση ασθενών που κάνουν χρήση ραδιοφαρμακευτικών σκευασμάτων.

Μετά από προσομοίωση που έγινε φάνηκε ότι εκτελέστηκαν όλες οι σχεδιαζόμενες απαιτήσεις για ένα σύστημα πέντε δεξαμενών τόσο σε κανονικές όσο και έκτακτες συνθήκες λειτουργίας με δυνατότητα καταγραφής όλων των συμβάντων για διερεύνηση και αξιολόγηση τους σε βάθος χρόνου.

Στο άμεσο μέλλον το ενδιαφέρον θα μπορούσε να στραφεί στην έρευνα για συστήματα φιλτραρίσματος και μείωσης του όγκου των ραδιενεργών αποβλήτων με τη χρήση ειδικών μεμβρανών και σε συνδυασμό με το σύστημα αδρανοποίησης δεξαμενών να αποτελεί πιθανός παράγοντας αλλαγής του παιχνιδιού στην επεξεργασία των ραδιενεργών λυμάτων.

Βιβλιογραφία

- [1] "www.eydap.gr," ΕΥΔΑΠ, [Online]. Available: <https://www.eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/>. [Accessed April 2022].
- [2] J.Rifkin, *The Third Industrial Revolution*, P.Macmillan, 2011.
- [3] Χ. Μαργώνης, "Διαχείριση ραδιενεργών αποβλήτων σε νοσοκομειακό περιβάλλον," Πάτρα, 2018.
- [4] F.D.Petruzella, *Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές*, Τζιόλας, 2018.
- [5] Sangrok Kim, Taeyoon Kim and Hyungjin Yang, "Design of a Low-Resolution Gamma-ray Spectrometer for Monitoring Radioactive Levels of Wastewater," *Applied Science*, vol. 5613, no. <https://doi.org/10.3390/>, p. 11, June 2022.
- [6] Sreenath Bolisetty, Nastasia M. Coray, Archana Palika, George A. Prenosilc and Raffaele Mezzenga, "Amyloid hybrid membranes for removal of clinical and nuclear radioactive wastewater," *Environmental Science Water Research & Technology*, vol. 6, no. DOI: 10.1039/d0ew00693a, pp. 3249-3254, December 2020.
- [7] Songbok Leea, Youngjin Kima, Jungmi Parkc, Ho Kyong Shond, Seungkwon Honga, "Treatment of medical radioactive liquid waste using Forward Osmosis (FO) membrane process," *Journal of Membrane Science*, vol. 556, no. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.04.008>, pp. 238-247, 2018.
- [8] Κ.Φ.Παπαστεφάνου, *Ραδιενέργεια Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Ζήτη, 2010.
- [9] "www.ispatras.gr," Ιατρικός Σύλλογος Πατρών, [Online]. Available: <https://www.ispatras.gr/%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7/%CE%B9%CF%83%CF%80/%CE%B5%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%AD%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BF%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%>. [Accessed March 2022].
- [10] Γ. Άρσος, Α.Γκοτζαμάνη-Ψαρράκου, Κ.Γ.Καρατσάνης, Ν.Δ.Καρατζάς, *Πυρηνική Ιατρική*, Εκδόσεις Ζήτη, 2003.
- [11] Φ.Α.Αννίνος, *Ιατρική Φυσική και Ακτινοφυσική*, Παρισιάνου Α.Ε., 2010.
- [12] "www.eeae.gr," Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, [Online]. Available: <https://eeae.gr/%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%AF%CE%B1>. [Accessed April 2022].
- [13] "www.Elinyae.gr," Ελληνική Νομοθεσία - ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., [Online]. Available: <https://www.elinyae.gr/arhiki>. [Accessed march 2022].
- [14] Ι.Μαρινάκης, "Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές," [Online]. Available: <http://users.sch.gr/imarinakis/automatizomoi/modern.htm>. [Accessed May 2022].
- [15] "Siemens.com," Siemens, [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>. [Accessed April 2022].

- [16] Μ. Φανουριάδης, "Έλεγχος και Λειτουργία Αντλιοστασίου με την χρήση Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή," Χανιά, 2019.
- [17] "tutorials/siemens," Siemens, [Online]. Available: <https://docs.factoryio.com/tutorials/siemens/setting-up-s7-plcsim-v5/#setting-up-s7-plcsim-with-tia-portal>. [Accessed March 2022].
- [18] Π. Κωστάκη, Α. Μακρίδου, Μελέτη Ακτινοπροστασίας του Θεραπευτικού Τμήματος Πυρινικής Ιατρικής Θεαγενείου, Θεσσαλονίκη, 1999.