Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας
Εργαστήριο Οργάνωσης Παράγωγης

«Εφαρμογές της προγνωστικής συντήρησης με τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων – Οι περιπτώσεις SAP καιMicrosoft»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Της

Πασχαλίνας Τριανταφύλλου

Εποπτεία : Ηλίας Τατσιόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Επίβλεψη: Σωτήρης Γκαγιαλής

Δρ.,Ε.ΔΙ.Π., Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος-2016

Περίληψη

Το θέμα που πραγματεύται η διπλωματική εργασία είναι αυτό της προγνωστικής συντήρησης και πως αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μέσα από τη χρήση πληροφοριακών συστημάτων. Η συντήρηση αποτελεί ένα φλέγον θέμα για τις επιχειρήσεις καθώς με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνικής συντήρησης, η κάθε επιχείρηση μπορεί να έχει μέγιστα οφέλη. Η προγνωστική συντήρηση, αποτελεί μια αναδυόμενη προσέγγιση για τη συντήρηση του εξοπλισμού, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να επωφεληθούν τα οφέλη της όπως αυτά της μείωσης του κόστους εργασιών συντήρησης και παράλληλα της μείωσης των σταματημάτων λόγω βλαβών. Εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες, από τις οποίες κάθε επιχείρηση μπορεί να επιλέξει με βάση τις ανάγκες της. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν συνδυαστούν με πληροφοριακά συστήματα για την βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών συντήρησης εξοπλισμού. Υπάρχουν πολλά πληροφοριακά συστήματα μέσω των οποίων μπορεί να εφαρμοστεί γενικά συντήρηση. Ωστόσο, ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είναι για τα πληροφοριακά συστήματα που έχουν διαμορφώσει οι εταιρείες SAP και Microsoft. Η λογική τους είναι αυτή του Internet of Things η οποία δίνει τι δυνατότητα επικοινωνίας χιλιάδων συσκευών ακόμη και αν βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές. Τα δύο αυτά συστήματα μελετήθηκαν και παρουσιάζονται εκτενώς όσον αφορά τη λειτουργικότητα τους και την αρχιτεκτονική τους, δίνονται μελέτες περίπτωσης από την εφαρμογή τους, ενώ παρουσιάζονται και δοκιμές λειτουργίας τους στην πράξη (demo) με αναλυτική περιγραφή και οθόνες των συστημάτων (print screens). Τέλος για την ολοκλήρωση της μελέτης πραγματοποιήθηκε ποιοτική σύγκριση μεταξύ των δύο αυτών πληροφοριακών συστημάτων καθορίζοντας έτσι ποιες ανάγκες μπορεί να καλύψει καθένα από αυτά.

Abstract

The issue that is analyzed in this assignment is the predictive maintenance and how it can be implemented through the use of computer based information systems. Maintenance is a burning issue for companies as, with the application of appropriate technic of maintenance, every business can have many benefits. The predictive maintenance, is an emerging service that allows users to take advantage of its benefits, such as the reduction of maintenance costs while reducing downtime due to faults. Applied using various technologies, from which each company may choose based on their needs. These technologies combined with information systems can improve the business processes. There are several computer based information systems through which can be generally applied any technic of maintenance. However, analysis is performed on computer systems which have been created by SAP and Microsoft. These two systems were studied and are presented in detail, in terms of their functionality and architecture, case studies of their implementation are given, and presented and functional tests in practice (demo) with a detailed description and system monitors (print screens). Their logic is that of the Internet of Things, which gives you the opportunity to combine data which come from thousands of devices even these in remote areas. Finally to complete the study, a qualitative comparison has been between these two information systems, thereby determining what needs can meet each of them.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Ηλία Τατσιόπουλο τόσο αλλά και τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σωτήρη Γκαγιαλή για την άριστη συνεργασία μας όσο και την καθοδήγηση που προσέφερε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχαν καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1 Αντικείμενο και Στόχοι Εργασίας 11
2 Εισαγωγή 12
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο 14
3.1 Στρατηγικές Συντήρησης 14
3.1.1 Διορθωτική Συντήρηση 14
3.1.2 Προληπτική ή Προγραμματισμένη Συντήρηση 15
3.1.3 Συντήρηση Επικεντρωμένη Στην Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance RCM) 16
3.2 Η Προγνωστική Συντήρηση 18
3.3 Η Αλλαγή στην Κουλτούρα 20
3.4 Τα Οφέλη της Προγνωστικής Συντήρησης 22
3.5 Συμπεριφορά του Εξοπλισμού Κατά τη Βλάβη 23
3.6 Οι Χρήσεις της Προγνωστικής Συντήρησης 24
3.6.1 Η Προγνωστική Συντήρηση ως εργαλείο διαχείρισης της συντήρησης 24
3.6.2 Η Προγνωστική Συντήρηση ως εργαλείο βελτιστοποίησης των διαδικασιών του εργοστασίου 24
3.6.3 Η Προγνωστική συντήρηση ως εργαλείο βελτίωσης της αξιοπιστίας 25
4. Τεχνολογίες Προγνωστικής Συντήρησης 26
4.1 Εισαγωγική Παράγραφος 26
4.2 Θερμογραφία ή Θερμική απεικόνιση 26
4.3 Ανάλυση Λαδιού 28
4.4 Ανάλυση Υπερήχων 30
4.5 Ανάλυση Δονήσεων 32
4.6 Ανάλυση Κινητήρα 36
4.7 Μέτρηση Επίδοσης 37
5. Πληροφοριακά Συστήματα Συντήρησης 39
5.1 Συστήματα Διαχείρισης Συντήρησης - CMMS (Computerized Maintenance Management System) 39
5.1.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης του CMMS 40
5.1.2 Ποιοι Μπορούν να Χρησιμοποιήσουν το CMMS 40
5.1.3 Διαθέσιμα Προϊόντα Πληροφοριακής υποστήριξης 41
5.2 Ανάλυση της Αγοράς 43

6. Συνδεσιμότητα Internet of Things (IoT) 48
6.1 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας 48
7. Microsoft Azure IoT Suite 51
7.1 Μεθοδολογία Υλοποίησης 51
7.2 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής 53
7.3 Λειτουργικότητα του Συστήματος 63
7.4 Δοκιμή Χρήσης του Συστήματος στη Διαδικασία Προγνωστικής Συντήρησης 65
7.5 Μελέτες Περίπτωσης (Case Study) 71
8. SAP Predictive Maintenance and Service 81
8.1 Μεθοδολογία Υλοποίησης 81
8.2 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής 83
8.3 Λειτουργικότητα του Συστήματος 90
8.4 Δοκιμή Χρήσης του Συστήματος στη Διαδικασία Προγνωστικής Συντήρησης 94
8.5 Μελέτες Περίπτωσης (Case Studies) 100
9. Συμπεράσματα 116
10. Βιβλιογραφία 119

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Καμπύλη P-F 23
Σχήμα 4.1: Θερμική Απεικόνιση Μηχανημάτων 26
Σχήμα 4.2: Υπέρυθρο Θερμόμετρο 27
Σχήμα 4.3: Εξοπλισμός Αναλύσεων 29
Σχήμα 4.4: Κυματομορφή Υπερήχων 30
Σχήμα 4.5: Τυπικός ανιχνευτής υπερήχων 31
Σχήμα 4.6: Ανιχνευτής με πιάτο 32
Σχήμα 4.7: Διάγραμμα Δονήσεων 34
Σχήμα 4.8: Τυπικό Επιταχυνσιόμετρο 35
Σχήμα 5.1: Magic Quadrant for ERP Systems 45
Σχήμα 7.1: Βήματα υλοποίησης του Microsoft Azure 51
Σχήμα 7.2: Υψηλού Επιπέδου Εννοιολογική Αρχιτεκτονική 53
Σχήμα 7.3: Ροή Δεδομένων στην Αρχιτεκτονική IoT 56
Σχήμα 7.4: Σύνδεση Συσκευών 59
Σχήμα 7.5: Stream Processors 62
Σχήμα 7.6: Βήματα Ανάπτυξης Μοντέλου 64
Σχήμα 7.7: Δείκτες Κατάστασης του Πραγματικού Συστήματος 66
Σχήμα 7.8: Χάρτης Τοποθεσίας και Κατάστασης Μηχανών 67
Σχήμα 7.9: Κατάλογος Ειδοποιήσεων 67
Σχήμα 7.10: Παρακολούθηση Κατάστασης Φορτηγού 68
Σχήμα 7.11: Αισθητήρας Θερμοκρασίας σε Κρίσιμη Τιμή 68
Σχήμα 7.12: Διάγραμμα Μετρήσεων Συστήματος ψήξης 69
Σχήμα 7.13: Λεπτομέρειες Ειδοποίησης και Αντίκτυπο Ανάλυσης 70
Σχήμα 7.14: Δημιουργία Φύλλου Ειδοποίησης 70
Σχήμα 7.15: Αποστολή Ειδοποίησης 71
Σχήμα 7.16: Αρχική Οθόνη 72
Σχήμα 7.17: Κατάσταση Μηχανών 73
Σχήμα 7.18: Μηχανές σε Συντήρηση 73
Σχήμα 7.19: Διαγράμματα παραμέτρων 74
Σχήμα 7.20: Σύγκριση Τιμών μέσω Διαγραμμάτων 75
Σχήμα 7.21: Κατάλογος Ειδοποιήσεων 75
Σχήμα 7.22: Πρόβλεψη Αστοχίας 76
Σχήμα 7.23: Ανάλυση Πραγματικών Δεδομένων 77
Σχήμα 7.24: Ανεμιστήρας σε Κρίσιμη Κατάσταση 77
Σχήμα 7.25: Λεπτομέρειες Κατάστασης Ανεμιστήρα 78
Σχήμα 7.26: Δημιουργία Εισητηρίου 78
Σχήμα 8.1: Μεθοδολογία Υλοποίησης 82
Σχήμα 8.2: Ειδικοί Δεδομένων 83
Σχήμα 8.3: Αρχιτεκτονική SAP PdMS 84

Σχήμα 8.4: Συνδεσιμότητα IoT 84
Σχήμα 8.5: Αποθήκευση Δεδομένων 85
Σχήμα 8.6: Ενσωμάτωση IT Δεδομένων 86
Σχήμα 8.7: Συγχώνευση Δεδομένων 87
Σχήμα 8.8: Αναλυτικό Μοντέλο 88
Σχήμα 8.9: Insight Provider 88
Σχήμα 8.10: Εφαρμογές 89
Σχήμα 8.11: Αρχιτεκτονική SAP HANA 89
Σχήμα 8.12: Διάγραμμα Διαδικασίας Λειτουργίας 90
Σχήμα 8.13: Σενάριο Εφαρμογής 93
Σχήμα 8.14: Αρχική Οθόνη 94
Σχήμα 8.15: Ειδοποιήσεις 95
Σχήμα 8.16: Φιλτράρισμα Ειδοποιήσεων 95
Σχήμα 8.17: Φιλτραρισμένη Λίστα 96
Σχήμα 8.18: Πληροφορίες Στρεφόμενης Μηχανής 96
Σχήμα 8.19: Πρόσθετες Πληροφορίες 97
Σχήμα 8.20: Σύγκριση Μετρήσεων 97
Σχήμα 8.21: Διάγραμμα Μετρήσεων 98
Σχήμα 8.22: Επιλογή Χρονοσειράς 98
Σχήμα 8.23: Απεικόνιση Παραβίασης 99
Σχήμα 8.24: Αλλαγή Φίλτρου 99
Σχήμα 8.25: Απεικόνιση Θερμοκρασίας Κινητήρα 100
Σχήμα 8.26: Αρχική Οθόνη 101
Σχήμα 8.27: Επιλογή Τύπου Ειδοποίησης 102
Σχήμα 8.28: Επιλογή Τύπου Ειδοποίησης 102
Σχήμα 8.29: Νέος Κατάλογος 103
Σχήμα 8.30: Επιλογή Κρίσιμων Ειδοποιήσεων 103
Σχήμα 8.31: Μειωμένες Ειδοποιήσεις 104
Σχήμα 8.32: Μηχανές που έχουν στείλει Ειδοποιήσεις 104
Σχήμα 8.33: Φιλτράρισμα Μηχανών 105
Σχήμα 8.34: Φιλτραρισμένη Λίστα 105
Σχήμα 8.35: Insight Providers 106
Σχήμα 8.36: Geospatial Visualization Insight Provider 107
Σχήμα 8.37: Λειτουργία Geo-Fence 107
Σχήμα 8.38: Επιλογή 3D Insight Provider 108
Σχήμα 8.39: Τρισδιάστατο Γράφημα 108
Σχήμα 8.40: Εισαγωγή Επιτρεπόμενων Ορίων 109
Σχήμα 8.41: Λίστα Συστατικών Μηχανής 110
Σχήμα 8.42: Δημιουργία Εργασίας 110
Σχήμα 8.43: Συμπλήρωση Λεπτομερειών 111
Σχήμα 8.44: Δημιουργημένη Εντολή 111
Σχήμα 8.45: Επιλογή Maintenance schedule 112
Σχήμα 8.46: Νέες Εργασίες Συντήρησης 112

Σχήμα 8.47: Δημιουργία Εργασίας Προγραμματισμένης Συντήρησης..... 113
Σχήμα 8.48: Αλλαγή Προγραμματισμένης εργασίας 113
Σχήμα 8.49: Λίστα Work activities..... 114

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 5.1: Αυτόνομα CMMS..... 41
Πίνακας 5.2: CMMS σε ERP Συστήματα..... 42
Πίνακας 7.1: Case Studies – Microsoft Azure IoT..... 79
Πίνακας 8.1: Case Studies – SAP PdMS..... 114

1 Αντικείμενο και Στόχοι Εργασίας

Το διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον επιχειρήσεων, καθιστά την αποτελεσματική την εφαρμογή διαδικασιών συντήρησης ανάλογα με την ανάγκη κάθε επιχείρησης γεγονός που βοηθά στην ανάπτυξη και βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται μια νέα μορφή συντήρησης, αυτή της προγνωστικής συντήρησης και πως αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση διαθέσιμων πληροφοριακών συστημάτων..

Πιο συγκεκριμένα, στο 1^0 Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι στόχοι της εργασίας

Στο 2^0 Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγική αναδρομή για την εμφάνιση της προγνωστικής συντήρησης

Στο 3^0 Κεφάλαιο δίνεται αναλυτική περιγραφή για τις τεχνικές συντήρησης που εφαρμόζονται μέχρι τώρα αλλά και για την προγνωστική συντήρηση. Επίσης, αναφέρονται οι χρήσεις τα οφέλη της αλλά και η λογική που πρέπει να αναπυξουν οι επιχειρήσεις για να αφομοιώσουν αυτή την τεχνική

Στο 4^0 Κεφάλαιο περιγράφονται οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή αυτής της συντήρησης.

Στο 5° Κεφάλαιο δίνεται αναλυτική περιγραφή για τα πληροφοριακά συστήματα που χρησιμοποιούνται γενικά για την εφαρμογή συντήρησης καταλήγοντας στα δύο επικρατετέρα, το SAP PdMS και το Microsoft Azure IoT.

Στο 6° κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην λογική Internet of Things και στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται.

Στο 7° Κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του SAP PdMS, αναλύοντας τη λειτουργία του την αρχιτεκτονική του αλλά δίνοντας μελέτες πραγματικών περιπτώσεων χρήσης του.

Στο 8° Κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του SAP το Microsoft Azure IoT, αναλύοντας τη λειτουργία του την αρχιτεκτονική του αλλά δίνοντας μελέτες πραγματικών περιπτώσεων χρήσης του.

Στο 9° Κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των δύο συστημάτων και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα.

Στο 10° και τελευταίο Κεφάλαιο δίνεται η βιβλιογραφία της εργασίας

2 Εισαγωγή

Για πολλά χρόνια η συντήρηση υπήρξε μια πολύ ακριβή και δύσκολα εφαρμόσιμη ενέργεια για την στήριξη του κύκλου ζωής ενός μηχανήματος οποιουδήποτε συστήματος. Διάφορες προσεγγίσεις έχουν διερευνηθεί για την ελαχιστοποίηση των αστοχιών ή την διόρθωση των ιστορικών αστοχιών του συστήματος. Αυτό πραγματοποιήθηκε κυρίως με την αύξηση των ενεργειών της συντήρησης.

Τυπικά, η συντήρηση χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: την προληπτική και την διορθωτική συντήρηση. Ωστόσο υπάρχει και μια Τρίτη άποψη για την συντήρηση, αυτής που βασίζεται στην κατάσταση του εξοπλισμού. Πολλοί επαγγελματίες και ερευνητές πλέον θεωρούν αυτή την τεχνική ως έναν νέο τρόπο συντήρησης.

Η έννοια της προγνωστικής συντήρησης εισήχθηκε πρώτη φορά από την Rio Grande Railway Company στα τέλη του 1940. Παλαιότερα ήταν γνωστή και ως συντήρηση που πραγματοποιείται μεβάση την παρακολούθηση της κατάστασης λειτουργίας του εξοπλισμού. Η εταιρεία αυτή χρησιμοποίησε διάφορες τεχνικές της προγνωστικής συντήρησης για την ανίχνευση διαρροών πετρελαίου, λαδιού και καυσίμου στον κινητήρα των τραίνων, πραγματοποιώντας αλλαγές στην θερμοκρασία και στην πίεση. Η εφαρμογή των τεχνικών αυτών είχε πολύ σημαντικό αποτέλεσμα στη μείωση των επιπτώσεων που παρατηρούνταν από μη προγραμματισμένες αστοχίες καθώς και στον χρονικό προσδιορισμό της επισκευής κάποιου εξαρτήματος. Ο στρατός των ΗΠΑ ενστερνίστηκε πολύ γρήγορα αυτή την ιδέα και υιοθέτησε τη στρατηγική της προγνωστικής συντήρησης στην υποστήριξη του στρατιωτικού εξοπλισμού.

Οι εφαρμογές της προγνωστικής συντήρησης άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες τις δεκαετίες του 1950,1960 και στις αρχές του 1970. Η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροδιαστημική, ο στρατός καθώς και η κατασκευαστική βιομηχανία είναι μερικές από αυτές, στις οποίες εφαρμόστηκε η προγνωστική συντήρηση και είχε θετικά αποτελέσματα τόσο στην αποδοτικότητα όσο και στη μείωση του κόστους. Τώρα, πολλές εταιρείες ερευνούν τις τεχνικές της προγνωστικής συντήρησης και που αυτές μπορούν να εφαρμοστούν. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν επιταχύνει την ανάπτυξη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην προγνωστική συντήρηση επιτρέποντας τη συλλογή και ανάκτηση δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων καθώς και την υποστήριξη της λήψης των αποφάσεων για μεγάλα αρχεία δεδομένων μέσω του διαδικτύου. Συγκεκριμένα δεδομένα τα οποία συλλέγονται σε οποιοδήποτε σύστημα μας δίνουν βαθύτερη γνώση σχετικά με την απόδοση του συστήματος, τη βασική αιτία των αστοχιών, σε συνδυασμό με την πρόβλεψη για την εναπομένουσα διάρκεια ζωής του συστήματος. Αυτό μας δίνει σημαντικό πλεονέκτημα για τη διατήρηση της λειτουργία κρίσιμων συστημάτων, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην αεροδιαστημική. Αυτές οι χρήσιμες εφαρμογές και τα οφέλη τους έχουν ωθήσει την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης σε πολλές εταιρείες που παράγουν προϊόντα όπως αυτοκίνητα, αεροπλάνα, όπλα ή οποιαδήποτε άλλα προϊόντα χρήζουν τακτικής συντήρησης.

Όσο οι βιομηχανίες κινούνται προς το μέλλον, όπου τα μηχανήματα δε θα χρειάζεται να είναι επανδρωμένα και παρατηρούμενα από ανθρώπους όσο ήταν στο παρελθόν, η ανάγκη για εφαρμογή τεχνικών προγνωστικής συντήρησης θα αυξηθεί. Οι επιχειρήσεις θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν σημαντικό κεφάλαιο ή να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των συστημάτων τους εάν υιοθετούσαν την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Αυτό μπορεί να σημαίνει μείωση του προσωπικού, μείωση των αποθεμάτων, μείωση του κόστους, μείωση του χρόνου διακοπής της παραγωγής καθώς και βελτίωση άλλων παραμέτρων που ισχύουν στον τομέα που δραστηριοποιείται η κάθε επιχείρηση. (Prajapati, et al.,2012).

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Στρατηγικές Συντήρησης

3.1.1 Διορθωτική Συντήρηση

Η λογική της διορθωτικής συντήρησης είναι απλή: όταν ένα μηχάνημα χαλάει τότε το επιδιορθώνουμε. Η μέθοδος ''εάν δεν χαλάσει κάτι, δεν το επισκευάζουμε'', αποτελούσε μεγάλο κομμάτι των διαδικασιών συντήρησης που εφαρμόζονταν στα εργοστάσια, από το πρώτο εργοστάσιο που κατασκευάστηκε, και ως ένα σημείο είναι λογικό. Ένα εργοστάσιο που εφαρμόζει αυτή την τεχνική συντήρησης, δεν έχει κανένα κόστος συντήρησης μέχρι ένα μηχάνημα ή ένα σύστημα να αστοχήσει. Δηλαδή, η εκάστοτε επιχείρηση που εφαρμόζει αυτόν τον τύπο συντήρησης δεν επωμίζεται καμία δαπάνη μέχρι ένα εξάρτημα να αστοχήσει. Εφόσον παρατηρηθεί κάποια αστοχία οι συνέπειες προς την επιχείρηση μπορεί να είναι από μικρές μέχρι πολύ μεγάλες ανάλογα το μέγεθος της αστοχίας. Εάν η αστοχία δεν είναι μεγάλη, δηλαδή δεν χρειάζεται ούτε πολύ χρόνος ούτε μεγάλο κόστος τότε οι συνέπειες δεν θα επηρεάσουν κατά πολύ τη λειτουργία της επιχείρησης. Σε αντίθετη περίπτωση, θα υπάρχει μεγάλο κόστος επισκευής το οποίο μπορεί να έχει συνέπειες όπως διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας, δηλαδή μεγάλος χρόνος αδράνειας αλλά και καθυστέρηση παράδοσης των παραγγελιών προς τον πελάτη, γεγονός που μπορεί να κλονήσει και την εμπιστοσύνη του πελάτη.

Η διορθωτική συντήρηση είναι μία τεχνική που περιμένει τον εξοπλισμό να αστοχήσει χωρίς να έχει εφαρμοστεί μέχρι τότε καμιά διαδικασία συντήρησης. Αποτελεί την πιο ακριβή διαδικασία συντήρησης, αφού όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι συνέπειες της αστοχίας μπορούν να ποικίλες επιδράσεις στο κόστος που διαθέτει η επιχείρηση για την εφαρμοργή της διορθωτικής συντήρησης. Γι' αυτό λίγα εργοστάσια εφαρμόζουν την λογική της. Στα περισσότερα από αυτά τα εργοστάσια εφαρμόζονται προληπτικές εργασίες όπως λίπανση των μηχανών. Ωστόσο, όταν εφαρμόζεται τέτοια στρατηγική συντήρησης, τα μηχανήματα καθώς και άλλα εξαρτήματα του εργοστασίου δεν επισκευάζονται παρά μόνο στην περίπτωση που πραγματοποιούνται και άλλες μεγάλες επισκευές ή όταν το μηχάνημα αστοχήσει εντελώς. Τα μεγαλύτερα κόστη που πραγματοποιούνται κατά την εφαρμογή αυτής της στρατηγικής είναι τα ανταλλακτικά, το κόστος των αποθεμάτων, τα υψηλά κόστη για τις υπερωρίες εργασίας, ο μεγάλος χρόνος αργίας του μηχανήματος που έχει υποστεί βλάβη και η χαμηλή διαθεσιμότητα παραγωγής.

Επειδή κατά την εφαρμογή μιας τέτοιας στρατηγικής δεν γίνεται καμιά πρόβλεψη για τις ανάγκες που μπορεί να υπάρξουν σε περίπτωση βλάβης, το εργοστάσιο θα πρέπει να είναι σε θέση να την αντιμετωπίσει όποτε και αν αυτή εμφανιστεί. Αυτή η «αντιδραστική» μέθοδος αναγκάζει το τμήμα συντήρησης να διατηρεί υψηλό απόθεμα ανταλλακτικών που περιλαμβάνουν ανταλλακτικά μηχανών ή όλα εκείνα τα συστατικά που είναι απαραίτητα για τον κρίσιμο εξοπλισμό του εργοστασίου. Η εναλλακτική λύση είναι να στηρίζονται σε προμηθευτές οι οποίοι μπορούν να πραγματοποιούν άμεση παράδοση των ανταλλακτικών.

Ακόμη και αν είναι δυνατή η εφαρμογή της δεύτερης επιλογής, τα έξοδα για την ταχεία παράδοση αυξάνουν σημαντικά το κόστος των ανταλλακτικών καθώς και το χρόνο αργίας των μηχανών. Για να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στην παραγωγή οι οποίες έχουν δημιουργηθεί από απρόσμενες βλάβες μηχανών, το προσωπικό της συντήρησης θα πρέπει να είναι σε θέση να δράσει σε οποιαδήποτε βλάβη. Το καθαρό αποτέλεσμα της διορθωτικής συντήρησης, είναι τα υψηλότερα κόστη και η χαμηλότερη διαθεσιμότητα των μηχανημάτων. Ανάλυση του κόστους της διαδικασίας έδειξε ότι η εφαρμογή διορθωτικής συντήρησης αυξάνει το κόστος κατά τρεις φορές σε σχέση με την εφαρμογή προγραμματισμένης συντήρησης. Ο προγραμματισμός των επισκευών μειώνει το χρόνο επισκευής καθώς και τα σχετικά κόστη εργασίας. Επίσης, μειώνει το αρνητικό αποτέλεσμα των ταχέων αποστολών καθώς και της απώλειας παραγωγής(Prajapati, et al.,2012).

.

3.1.2 Προληπτική ή Προγραμματισμένη Συντήρηση

Η προγραμματισμένη συντήρηση ή αλλιώς προληπτική συντήρηση, είναι μία φιλοσοφία η οποία βασίζεται στη λογική ότι, ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιείται συντήρηση είτε χρειάζεται πραγματικά είτε όχι. Για παράδειγμα μία τέτοια μορφή συντήρησης είναι αυτή που πραγματοποιείται στο αυτοκίνητο, με την αλλαγή λαδιών ανάλογα με τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει ή με το χρονικό διάστημα που έχει περάσει από την προηγούμενη αλλαγή.

Η πραγματική εφαρμογή της προληπτικής συντήρησης ποικίλει. Ορισμένα προγράμματα έχουν περιορισμένες εφαρμογές όπως μόνο λίπανση ή εξαιρετικά μικρές προσαρμογές. Ολοκληρωμένα προγράμματα προληπτικής συντήρησης δημιουργούν πρόγραμμα επισκευών, λίπανσης, ρυθμίσεων καθώς και ανακατασκευής μηχανών για όλο τον κρίσιμο εξοπλισμό του εργοστασίου. Το κοινό σε όλα αυτά τα προγράμματα προληπτικής συντήρησης είναι ο χρονικός προγραμματισμός.

Όλα τα προγράμματα προληπτικής συντήρησης λαμβάνουν ως δεδομένο ότι η λειτουργία της εκάστοτε μηχανής θα υποβαθμιστεί εντός ενός χρονικού πλαισίου σύμφωνα με την κανονική της λειτουργία. Για παράδειγμα μια φυγόκεντρη αντλία μπορεί να λειτουργεί κανονικά 18 μήνες μέχρι να χρειαστεί ανακατασκευή. Χρησιμοποιώντας την προληπτική συντήρηση, η αντλία θα επισκευαζόταν προγραμματισμένα στους 17 μήνες. Το πρόβλημα με αυτή την προσέγγιση είναι ότι ο τρόπος λειτουργίας και το σύστημα ή συγκεκριμένες μεταβλητές του εργοστασίου επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του μηχανήματος. Ο χρόνος μεταξύ των αστοχιών είναι διαφορετικός για δύο διαφορετικού τύπου αντλίες.

Το φυσιολογικό αποτέλεσμα της προληπτικής συντήρησης που χρησιμοποιεί στατιστικά δεδομένα για να προγραμματίσει τις εργασίες είναι είτε η μη αναγκαία επισκευή ή η καταστροφική αποτυχία. Στο παράδειγμα με την αντλία, υπήρχε περίπτωση η αντλία να μην χρειαζόταν επισκευή μετά από 17 μήνες. Ωστόσο, η εργασία πραγματοποιήθηκε και υλικά χρησιμοποιήθηκαν για μια επισκευή που μπορεί στην πραγματικότητα να μην χρειαζόταν. Η δεύτερη λογική είναι ότι χρησιμοποιώντας προληπτική συντήρηση μπορεί τελικά να

έχουμε αύξηση του κόστους. Εάν η αντλία αστοχήσει πριν τους 17 μήνες τότε θα πρέπει να επισκευαστεί χρησιμοποιώντας διορθωτική συντήρηση.

3.1.3 Συντήρηση Επικεντρωμένη Στην Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance RCM)

Η τεχνική αυτή δίνει τη δυνατότητα για τη διαμόρφωση της στρατηγικής συντήρησης, επιλέγοντας το σωστό συνδυασμό της διορθωτικής , της προληπτικής και της προγνωστικής συντήρησης ώστε να μπορεί να υποστηρίξει πλήρως την αξιοπιστία του συστήματος σε οποιοδήποτε δεδομένο επιχειρησιακό περιβάλλον. Η συντήρηση επικεντρωμένη στην αξιοπιστία είναι μια δομημένη μεθοδολογία η οποία απαντά σε κάποια βασικά ερωτήματα: Ποιος τρόπος συντήρησης θα πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση και σε ποιο βαθμό; Ποιοι είναι οι λόγοι για του οποίους εφαρμόζεται στρατηγική της συντήρησης; Υπάρχει τρόπος έτσι ώστε να μειωθούν τα κόστη συντήρησης; Γίνεται η στρατηγική της συντήρησης να υποστηριχθεί (από λειτουργική και οικονομική άποψη).

Ο ορισμός της συντήρησης επικεντρωμένης στην αξιοπιστία δόθηκε από τον Moubary το1997 και υποστηρίζει ότι είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τι πρέπει να γίνει για να διασφαλιστεί ότι οποιοδήποτε μηχάνημα συνεχίζει να κάνει ότι οι χρήστες του επιθυμούν στη παρούσα κατάσταση λειτουργίας. Κατά τη φάση σχεδιασμού ενός συστήματος υποστήριξης, όταν λαμβάνεται υπόψη ο όρος της RCM δίνεται η δυνατότητα να βελτιωθεί η στρατηγική της συντήρησης, τόσο καθ' όλη τη μηχανική διαδικασία του συστήματος όσο και στην αρχική κατηγοριοποίηση του συστήματος. Η δοκιμή του συστήματος και η ανάδραση των αστοχιών σε κάθε τομέα του συστήματος βοηθά στην εφαρμογή της RCM. Αυτός ο βρόγχος ανάδρασης, είναι εκεί όπου μπορούν αν εφαρμοστούν οι τεχνολογίες της προγνωστικής συντήρησης και να έχουν το μέγιστο θετικό αποτέλεσμα στην επίδοση του συστήματος σε όλη τη διάρκεια ζωής του. Έτσι, επιτρέπεται η εφαρμογή μιας διαδικασίας συνεχούς βελτίωσης του συστήματος την οποία μπορεί να αξιοποιήσουν οι διάφορες εταιρείες για να κερδίσουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

Μια αυστηρά διορθωτική ή προληπτική προσέγγιση οδηγεί σε αναποτελεσματικότητα στην διαχείριση των δυνατοτήτων των ανθρώπων, του χρόνου αργίας των συστημάτων, της απώλειας των εσόδων καθώς και άλλες σπατάλες. Για παράδειγμα η αλλαγή των λαδιών στα αυτοκίνητα γίνεται περιοδικά και δε βασίζεται στην πραγματική κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Στα περισσότερα εργοστάσια εφαρμόζεται προληπτική συντήρηση έτσι ώστε να αποφευχθεί η απρόβλεπτη αστοχία, άρα, και η απρόβλεπτη αργία του εργοστασίου. Κατά κάποιο τρόπο αυτή η λογική εξασφαλίζει την επιτυχή και συνεχή λειτουργία του εργοστασίου, από την άλλη πλευρά όμως επηρεάζει σημαντικά άλλους παράγοντες όπως είναι τα κόστη συντήρησης. Αυτός ο τρόπος συντήρησης είναι δημοφιλής και εφαρμόζεται από πολλές βιομηχανίες αν και είναι δαπανηρός και πολλές φορές αναποτελεσματικός.

Από την άλλη πλευρά η προγνωστική συντήρηση βασίζεται στην τρέχουσα κατάσταση του συστήματος ή του υποσυστήματος. Η υποκείμενη διαδικασία πυροδοτεί τελικά μία επιχειρησιακή διαδικασία για τον περιορισμό του χρόνου αργίας (downtime) και τη μετατροπή του σε χρόνο λειτουργίας των μηχανών. Αυτό σημαίνει ότι τα μηχανήματα ενός συστήματος χρησιμοποιούνται όσο περισσότερο καιρό γίνεται για να εκτελέσουν τις διαδικασίες που απαιτούνται, εντός των ορίων ζωής του. Στη συνέχεια επισκευάζονται ή αντικαθίστανται τα σημεία εκείνα που πρέπει, προτού αρχίσουν να λειτουργούν κάτω των προκαθορισμένων ορίων παραγωγής του.

Αποτέλεσμα αυτού είναι να παρέχεται η δυνατότητα στο σύστημα να συνεχίσει να λειτουργεί όσο παράγει εντός των προκαθορισμένων ορίων απόδοσης. Ο στρατός η αυτοκινητοβιομηχανία, η αεροδιαστημική και άλλες βιομηχανίες μελετούν τη χρήση της προγνωστικής συντήρησης για να βελτιώσουν τις διαδικασίες συντήρησης. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι περισσότερο χρήσιμη και αποτελεσματική από τις ήδη υπάρχουσες. Ωστόσο κάθε σύστημα ή υποσύστημα δεν είναι δυνατό να παρακολουθεί και να ανιχνεύει τιε επικείμενες αστοχίες. Έτσι, η προγνωστική συντήρηση σε συνδυασμό με την ανάλυση RCM μπορούν να δημιουργήσουν την κατάλληλη στρατηγική συντήρησης για κάθε σύστημα(Prajapati, et al.,2012).

.

3.2 Η Προγνωστική Συντήρηση

Η προγνωστική συντήρηση είναι μια εναλλακτική προσέγγιση συντήρησης που συνδυάζει οφέλη από την προληπτική και την κατασταλτική(διορθωτική) συντήρηση. Εμπεριέχει ένα σύνολο νέων τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση πιθανών αστοχιών που μπορεί να μην είναι εμφανής μέσα από ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης. Εάν είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που παθαίνουν βλάβη, η προγνωστική συντήρηση μπορεί να ανιχνεύσει εγκαίρως την επερχόμενη αστοχία και έτσι να γίνουν κατάλληλες ενέργειες με προγραμματισμένο τρόπο προκειμένου να μην εκδηλωθεί. Έτσι, πραγματοποιείται συντήρηση όταν αυτό είναι αναγκαίο, αποφεύγοντας ζημιές που μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες στο σύστημα.

Ουσιαστικά δηλαδή η κοινή παραδοχή της προγνωστικής συντήρησης είναι η τακτική παρακολούθηση της πραγματικής μηχανικής κατάστασης, της λειτουργικότητας και της αποτελεσματικότητας ενός μηχανήματος εντός ενός συστήματος παρέχοντας μας έτσι τα δεδομένα που χρειαζόμαστε έτσι ώστε να εκμεταλλευτούμε όσο περισσότερο τον εξοπλισμό μας , ελαχιστοποιώντας έτσι το κόστος και μεγιστοποιώντας το διάστημα μεταξύ των επισκευών.

Ωστόσο, όμως η προγνωστική συντήρηση είναι πολλά περισσότερα από τα παραπάνω. Σημαίνει βελτίωση της παραγωγικότητας, της ποιότητας των προϊόντων και γενική βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής. Αποτελεί μια φιλοσοφία, η οποία χρησιμοποιεί την πραγματική κατάσταση λειτουργίας του εξοπλισμού του εργοστασίου ή του συστήματος για τη βελτίωση της συνολικής λειτουργίας του εξοπλισμού. Ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προγνωστικής συντήρησης χρησιμοποιεί αποδοτικά εργαλεία (π.χ. ανάλυση δονήσεων), ώστε να ληφθεί υπόψη η πραγματική κατάσταση λειτουργίας των κρίσιμων συστημάτων του εργοστασίου και βασισμένοι σε αυτά τα δεδομένα να προγραμματιστούν οι δραστηριότητες συντήρησης βάσει των αναγκών του συστήματος. Συμπεριλαμβάνοντας την προγνωστική συντήρηση σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης συντήρησης αυξάνεται η διαθεσιμότητα των μηχανημάτων στην παραγωγή και μειώνεται σημαντικά το κόστος της συντήρησης. Επίσης βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων, την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα της παραγωγής στα εργοστάσια που εφαρμόζεται.

Ουσιαστικά η προγνωστική συντήρηση είναι ένα πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης βασισμένο στην κατάσταση του εξοπλισμού. Αντί να χρησιμοποιεί στατιστικά δεδομένα για το μέσο όρο ζωής των εξαρτημάτων προκειμένου να δημιουργήσει το χρονοδιάγραμμα για τις δραστηριότητες συντήρησης, χρησιμοποιεί την άμεση παρακολούθηση της μηχανικής κατάστασης, της αποδοτικότητας του συστήματος, καθώς και άλλων δεικτών για να προσδιορίσει το διάστημα μέχρι την αστοχία ή την μείωση της απόδοσης για κάθε μηχάνημα του εργοστασίου. Αντίθετα στην περίπτωση των προγραμμάτων προληπτικής συντήρησης , η τελική απόφαση για το χρονοδιάγραμμα της επισκευής ή αντικατάστασης

κάποιου εξαρτήματος, λαμβάνεται με βάση τη διαίσθηση και την προσωπική εμπειρία του διαχειριστή συντήρησης.

Συνεπώς, ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προγνωστικής συντήρησης μπορεί να μειώσει την εμφάνιση απρογραμμάτιστων αστοχιών στον μηχανικό εξοπλισμό του εργοστασίου και να διαβεβαιώσει ότι ο συντηρημένος εξοπλισμό βρίσκεται σε αποδεκτή μηχανική κατάσταση. Ακόμη το πρόγραμμα, μπορεί να εντοπίσει προβλήματα κατά τη δοκιμή του εξοπλισμού και πριν αυτά γίνουν σοβαρά. Τα περισσότερα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα εάν ανιχνευτούν εγκαίρως χωρίς σημαντικές συνέπειες στην παραγωγικότητα του εργοστασίου.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης είναι:

- Θερμογραφία ή Θερμική απεικόνιση
- Ανάλυση δονήσεων
- Ανάλυση λαδιού
- Ανάλυση υπερήχων
- Ανάλυση κινητήρα
- Μέτρηση επίδοσης

3.3 Η Αλλαγή στην Κουλτούρα

Έχουν υλοποιηθεί πολλά προγράμματα προγνωστικής συντήρησης τα οποία όπως απέτυχαν να παράγουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτές οι αποτυχίες δεν οφείλονταν στην έλλειψη της τεχνολογίας, αλλά στην αποτυχία δημιουργίας πραγματικών αλλαγών στο χώρο εργασίας ώστε οι τεχνολογίες αυτές να αξιοποιηθούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Για να έχουμε το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα από αυτά τα προγράμματα θα πρέπει να γίνουν αλλαγές σε αυτά που εφαρμόζονται ήδη στα εργοστάσια για την συντήρηση.

Η πρώτη και κύρια αλλαγή η οποία πρέπει να γίνει είναι αυτή της νοοτροπίας, ότι οι τεχνολογίες προγνωστικής συντήρησης είναι αποκλειστικά ένα εργαλείο πρόληψης βλαβών ή διαχείρισης συστημάτων συντήρησης. Αυτή η αλλαγή πρέπει να γίνει σε εταιρικό επίπεδο και να εφαρμοστεί σε όλη οργάνωση του εργοστασίου. Μπορεί να ακούγεται απλό αλλά δεν είναι εύκολο μία ολόκληρη εταιρεία να αλλάξει στάση απέναντι στη λογική που εφαρμόζει για τη συντήρηση. Κι αυτό επειδή οι αυτοί που χειρίζονται την συντήρηση στις διάφορες εταιρείες δεν έχουν καλή γνώση ή κατανόηση της ανάγκης για συντήρηση καθιστώντας έτσι εξαιρετικά δύσκολο να κατανοήσουν την ανάγκη για τη χρήση τεχνολογιών προγνωστικής συντήρησης. Κατά την άποψη τους οι αστοχίες και οι απρογραμμάτιστες καθυστερήσεις είναι μόνο θέμα συντήρησης. Δεν μπορούν να κατανοήσουν ότι οι περισσότερες από αυτές τις αστοχίες είναι αποτέλεσμα της κακής εφαρμογής δραστηριοτήτων συντήρησης.

Από μελέτες που έχουν γίνει για τα προβλήματα αξιοπιστίας που παρουσιάζει ο εκάστοτε εξοπλισμός τα τελευταία τριάντα χρόνια, η συντήρηση είναι υπεύθυνη για το 17% των διακοπών της παραγωγής και των προβλημάτων ποιότητας. Το υπόλοιπο 83% είναι εκτός της ευθύνης της παραδοσιακής συντήρησης. Ακατάλληλες πρακτικές λειτουργίας, κακός σχεδιασμός και άλλοι λόγοι , που δεν είναι σχετικοί με τη συντήρηση, συνεισφέρουν στα προβλήματα που παρουσιάζονται.

Οι τεχνολογίες προγνωστικής συντήρησης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως εργαλείο για την βελτίωση των διαδικασιών του εργοστασίου. Από μια ευρύτερη σκοπιά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση, την απομόνωση και την εύρεση λύσεων για όλα εκείνα τα στοιχεία που προκαλούν κακή ποιότητα, ογκώδη κόστη ή ακόμη και απειλή για την ασφάλεια των εργαζομένων. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν τη δύναμη να «προλάβουν» αυτά τα προβλήματα αλλά παρόλα αυτά δεν χρησιμοποιούνται ευρέως. Για να επιτευχθεί αυτό δεν αρκεί να ασχοληθεί με αυτές μόνο το τμήμα της συντήρησης στην εκάστοτε εταιρεία αλλά και μια ομάδα η οποία είναι υπεύθυνη για βελτίωση των διαδικασιών του εργοστασίου. Αυτή η ομάδα, θα έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει όλα εκείνα τα όρια και να κάνει όλες εκείνες τις αλλαγές που διορθώνουν τα προβλήματα.

Η δεύτερη προσέγγιση είναι η εταιρεία να προσλάβει επαγγελματίες μηχανικούς που ασχολούνται μόνο με τις τεχνολογίες προγνωστικής συντήρησης. Αυτός ο τρόπος μπορεί να ακούγεται πιο εύκολος αλλά μπορεί να είναι πολύ πιο ακριβός διότι αυτού οι μηχανικοί

σπανίζουν αλλά και προτιμούν να εργάζονται περιστασιακά παρέχοντας τις υπηρεσίες τους σε διάφορες εταιρείες.

3.4 Τα Οφέλη της Προγνωστικής Συντήρησης

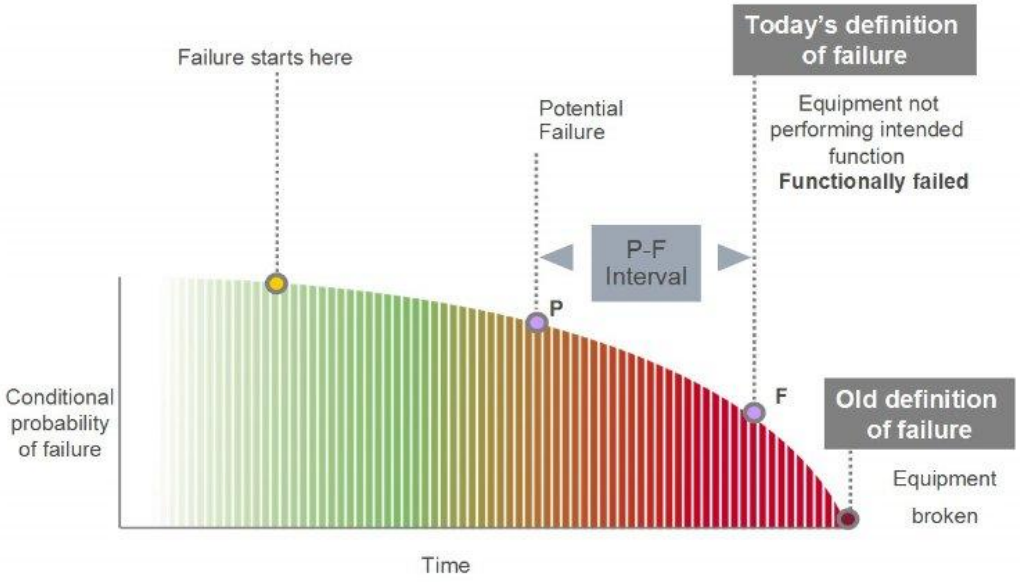
Η προληπτική συντήρηση δεν αποτελεί υποκατάστατο για τις παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης συντήρησης. Αποτελεί ωστόσο, μια πολύτιμη προσθήκη σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα συντήρησης ενώ εργοστασίου. Εκεί που όλα τα προγράμματα συντήρησης βασίζονται σε προγραμματισμένη επισκευή κάποιου μηχανήματος ή στη γρήγορη αντιμετώπιση κάποια βλάβης, τα προγράμματα προγνωστικής συντήρησης προγραμματίζουν συγκεκριμένες εργασίες συντήρησης όποτε αυτές χρειάζονται για τον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι δε μπορεί να εξαλείψει την ανάγκη για εφαρμογή των παραδοσιακών μεθόδων συντήρησης (π.χ. προληπτική συντήρηση). Ωστόσο, μπορεί να αποφέρει σημαντικά αποτελέσματα για τη λειτουργία του εργοστασίου καθώς, μπορεί να μειώσει τον αριθμό των απρόσμενων αστοχιών και έτσι να προσφέρει ένα πιο αξιόπιστο εργαλείο προγραμματισμού.

Η παραδοχή της προγνωστικής συντήρησης , όπως ήδη έχουμε αναφέρει, είναι η τακτική παρακολούθηση της πραγματικής μηχανικής κατάστασης των μηχανημάτων και της αποδοτικότητας των παραγωγικών συστημάτων. Αυτή, μας δίνει τη δυνατότητα να εξασφαλίσουμε το μέγιστο διάστημα μεταξύ των επισκευών, την ελαχιστοποίηση του αριθμού και του κόστους των απρογραμμάτιστων αστοχιών και τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης των παραγωγικών εγκαταστάσεων. Εντάσσοντας την προγνωστική συντήρηση σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα συντήρησης κάποιου εργοστασίου, βελτιώνεται η διαθεσιμότητα των μηχανημάτων στην παραγωγή και μειώνονται σημαντικά τα κόστη συντήρησης.

Τα οφέλη από την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης εξαρτώνται από τον τρόπο που εφαρμόζεται. Εάν το πρόγραμμα της προγνωστικής συντήρησης περιορίζεται μόνο στην πρόβλεψη καταστροφικών για την παραγωγή αστοχιών τότε αυτό θα είναι και το αποτέλεσμα που παράγεται. Αντίστοιχα, αν υπάρχει αποκλειστική εστίαση στην πρόληψη αστοχιών (προληπτική συντήρηση) , τότε αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα ένα πρόσθετο κόστος στη λειτουργία του εργοστασίου. Για παράδειγμα, ένα μεγάλο χαλυβουργείο ήταν ικανό μειώσει τις απρογραμμάτιστες αστοχίες σε ποσοστό μεγαλύτερο του 30% αλλά να αυξήσει τα κόστη τη συντήρησης κατά 60%. Άρα κατανοούμε ότι ανάλογα με την εταιρεία που έχουμε να αντιμετωπίσουμε κάθε φορά, θα πρέπει να προσαρμόζουμε το πρόγραμμα της συντήρησης (Mobley, 2002).

3.5 Συμπεριφορά του Εξοπλισμού Κατά τη Βλάβη

Για τη εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης είναι επιτακτική η ανάγκη για κατανόηση της συμπεριφοράς του εξοπλισμού κατά την πορεία του προς τη βλάβη. Σ' αυτό μας βοηθά η γνωστή καμπύλη P-F, η οποία μας δείχνει την πορεία προς τη βλάβη, ενός εξαρτήματος ή μιας μηχανής, συνδυαστικά με μια παράμετρο. Η βασική υπόθεση είναι πως η παράμετρος που έχουμε ορίσει και μελετάμε έχει την τάση να αυξάνεται. Έτσι, σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα, στο σημείο P ξεκινά η αστοχία, χωρίς ακόμα να είναι ανιχνεύσιμη. Στο σημείο P1 η βλάβη είναι ανιχνεύσιμη αλλά γενικά θεωρείται πιθανή βλάβη, ενώ στο σημείο στο οποίο έχουμε αστοχία είναι το σημείο F. Υπάρχουν πολλά σημεία ενδιάμεσα στο P1 και το F στα οποία, στα οποία εάν αναπτυχθεί ο κατάλληλος αλγόριθμος, μπορεί να ανιχνεύσει την πορεία της βλάβης. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των σημείων P-F είναι αυτός που απαιτείται για την εμφάνιση της λειτουργικής βλάβης. Όλες οι αναλύσεις και οι εφαρμογές συντήρησης μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός αυτού του διαστήματος. Το πόσο μεγάλο χρονικά μπορεί να είναι αυτό το διάστημα εξαρτάται αυτό το δεδομένο κάθε φορά σύστημα.



Σχήμα 3.1: Καμπύλη P-F

3.6 Οι Χρήσεις της Προγνωστικής Συντήρησης

Όταν χρησιμοποιείται σωστά, η προγνωστική συντήρηση μπορεί να προσφέρει πολλά προνόμια. Ωστόσο όταν το πρόγραμμα περιορίζεται σε μια μόνο σκοπιά ή σε συγκεκριμένους περιορισμούς επιβαλλόμενους από το εργοστάσιο τότε τα οφέλη μπορούν μειωθούν δραστικά. Τυπικά, η προγνωστική συντήρηση εφαρμόζεται σύμφωνα με τους παρακάτω τρόπους:

- Ως εργαλείο διαχείρισης της συντήρησης
- Ως εργαλείο βελτιστοποίησης διαδικασιών εργοστασίου
- Ως εργαλείο βελτίωσης της αξιοπιστίας

3.6.1 Η Προγνωστική Συντήρηση ως εργαλείο διαχείρισης της συντήρησης

Παραδοσιακά, η προγνωστική συντήρηση χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως εργαλείο διαχείρισης συντήρησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτή η χρήση περιορίζεται στην πρόγνωση απρογραμμάτιστων διακοπών παραγωγής και λειτουργίας ή καταστροφικών αστοχιών. Παρά το γεγονός ότι αυτός ο στόχος είναι σημαντικός, η προγνωστική συντήρηση μπορεί να φέρει περισσότερα οφέλη επεκτείνοντας το πεδίο εφαρμογής της ή την αποστολή του προγράμματος που χρησιμοποιείται. Ως μέσο διαχείρισης, η προγνωστική συντήρηση μπορεί και πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο βελτιστοποίησης. Το πρόγραμμα πρέπει να εστιάζει στην εξάλειψη, τόσο των προγραμματισμένων όσο και των απρογραμμάτιστων, διακοπών λειτουργίας, στην εξάλειψη των εργασιών προληπτικής και διορθωτικής συντήρησης, στην επέκταση της διάρκειας ζωής των κρίσιμων συστημάτων και στην μείωση σου συνολικού κόστους της διάρκειας ζωής αυτών των συστημάτων.

3.6.2 Η Προγνωστική Συντήρηση ως εργαλείο βελτιστοποίησης των διαδικασιών του εργοστασίου

Οι τεχνολογίες της προγνωστικής συντήρησης μπορούν να προσφέρουν ακόμη περισσότερα οφέλη όταν χρησιμοποιούνται ως εργαλείο βελτιστοποίησης των διαδικασιών του εργοστασίου. Για παράδειγμα, αυτές οι διαδικασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εγκαθίδρυση των καλύτερων παραγωγικών διαδικασιών και πρακτικών για όλα τα κρίσιμα παραγωγικά συστήματα που υπάρχουν μέσα στο εργοστάσιο. Λίγα από τα σημερινά εργοστάσια λειτουργούν εντός των ορίων που έχουν θέσει για τα παραγωγικά τους συστήματα. Με την πάροδο του χρόνου, τα προϊόντα τα οποία παράγονται από αυτές τις γραμμές παραγωγής έχουν αλλάξει. Ο ανταγωνισμός αλλά και η πίεση της αγοράς απαιτούν ολοένα και υψηλότερα ποσοστά παραγωγής. Ως αποτέλεσμα αυτού έχουμε ότι οι διαδικασίες λειτουργίας οι οποίες ήταν κατάλληλες για τα συστήματα, όπως αυτά είχαν σχεδιαστεί, δεν ισχύουν πλέον. Οι τεχνολογίες πρόγνωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να χαρτογραφήσουν όλες τις πραγματικές καταστάσεις λειτουργίας αυτών των κρίσιμων συστημάτων και να παρέχουν όλα εκείνα τα δεδομένα που χρειάζονται για τη δημιουργία όλων εκείνων των έγκυρων διαδικασιών που θα καλύψουν τη ζήτηση για υψηλότερα

ποσοστά παραγωγής χωρίς όμως την αύξηση του κόστους συντήρησης και τη μείωση της διάρκειας ζωής. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν στο προσωπικό του εργοστασίου να ποσοτικοποιήσει τη σχέση αιτίου- αποτελέσματος για τους διάφορους τρόπους λειτουργίας. Αυτή η ικανότητα να μπορούν να μετρήσουν την πραγματική επίδραση που μπορεί να έχουν οι διάφοροι τρόποι λειτουργίας στην αξιοπιστία και στα κόστη συντήρησης θα πρέπει να προβάλουν τα μέσα για να παρθούν επιχειρηματικές αποφάσεις.

3.6.3 Η Προγνωστική συντήρηση ως εργαλείο βελτίωσης της αξιοπιστίας

Ως ένα εργαλείο βελτίωσης της αξιοπιστίας, οι τεχνολογίες προγνωστικής συντήρησης δίνουν τη δυνατότητα για τη μέτρηση ακόμη και των πιο μικρών αποκλίσεων των παραμέτρων από την κανονική κατάσταση λειτουργίας. Αυτό, επιτρέπει σε κατάλληλο προσωπικό (π.χ. μηχανικοί αξιοπιστίας, προγραμματιστές συντήρησης), να σχεδιάσει και να κάνει εκείνες τις προσαρμογές που πρέπει να γίνουν για την πρόληψη της υποβάθμισης μιας μηχανής ή ενός συστήματος, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για μεγάλες ανακατασκευές.

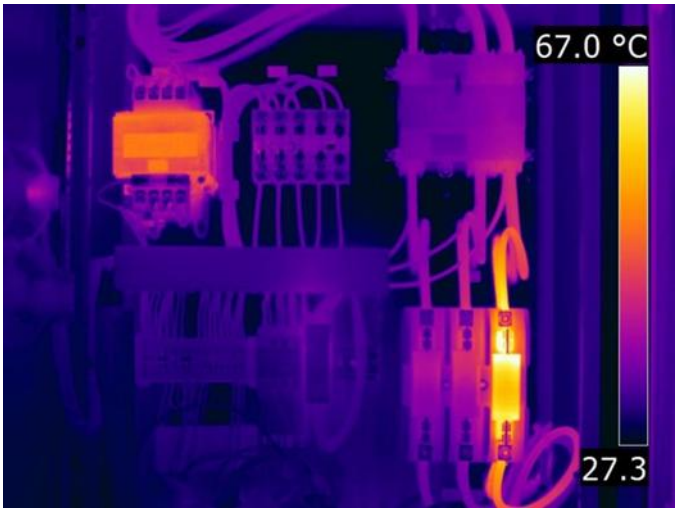
Οι τεχνολογίες προγνωστικής συντήρησης δε χρησιμοποιούνται μόνο σε απλά ηλεκτρομηχανικά προβλήματα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε κάθε κρίσιμο σύστημα ή εξάρτημα μέσα σε ένα τυπικό εργοστάσιο. Για παράδειγμα, για τη μέτρηση των δονήσεων στο πεδίο του χρόνου σε βαλβίδες, κυλίνδρους, μηχανήματα που εκτελούν γραμμική κίνηση και σε πολύπλοκα συστήματα. Στην πραγματικότητα αυτός ο τρόπος προγνωστικής συντήρησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανήματα που ο χρόνος είναι κρίσιμος.

4. Τεχνολογίες Προγνωστικής Συντήρησης

4.1 Εισαγωγική Παράγραφος

4.2 Θερμογραφία ή Θερμική απεικόνιση

Η θερμογραφία είναι μια υπέρυθρη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να εντοπίσουμε τις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εξοπλισμού. Με τη διαδικασία αυτά έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε οπτικές εικόνες οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις παραλλαγές στην υπέρυθρη ακτινοβολία που παράγεται στην επιφάνεια των αντικειμένων που εξετάζουμε. Παρόμοια με τον τρόπο που τα διάφορα αντικείμενα, από διαφορετικά υλικά, απορροφούν και αντανακλούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο ορατό φάσμα φωτός (0,4-0,7 μm), έτσι και οποιοδήποτε αντικείμενο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από το απόλυτο μηδέ να εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία ανάλογα με την υπάρχουσα θερμοκρασία. Το φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι αποδεκτό μεταξύ 2 και 5 μm. Με τη χρήση οργάνου, το οποίο περιέχει ανιχνευτές ευαίσθητους στην υπέρυθρη ακτινοβολία, είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια δισδιάστατη οπτική εικόνα που να απεικονίζει την κατανομή της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην επιφάνεια του αντικειμένου που εξετάζουμε. Αν και οι αισθητήρες είναι διαφορετικοί, η διαδικασία είναι ίδια με αυτή που πραγματοποιεί μία βιντεοκάμερα για να ανιχνεύσει η οποία συλλέγει πληροφορίες τις οποίες απεικονίζει σε μία οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD), και στη συνέχεια αυτές διαβάζονται από τον χρήστη της.



Σχήμα 4.1: Θερμική Απεικόνιση Μηχανημάτων

Επειδή η υπέρυθρη ακτινοβολία πέφτει έξω από το φάσμα το οποίο μπορεί να γίνει ορατό από τα μάτια μας, χρησιμοποιούμε μία υπέρυθρη φωτογραφική μηχανή ή κάποια παρόμοια συσκευή, η οποία μας επιτρέπει να δούμε το αντικείμενο ου μελετάμε με βάσει τη θερμοκρασία του και την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπει. Όπως όλες οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την προγνωστική συντήρηση, έτσι και αυτή,

προσπαθεί να εντοπίσει όλους εκείνους τους παράγοντες που δρουν έτσι ώστε να μειώσουν την διάρκεια ζωής του αντικειμένου(Mobley, 2002).

Όσον αφορά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί η τεχνολογία αυτή, ποικίλει σε σχέδια και κόστος. Συνήθως χρησιμοποιείται το υπέρυθρο θερμόμετρο ή η υπέρυθρη κάμερα. Η χρήση της κάμερας αυτής χρειάζεται εκπαίδευση και η ανάλυση των αποτελεσμάτων που παράγει απαιτεί υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης.

Σχήμα 4.2: Υπέρυθρο Θερμόμετρο

Εφαρμογές της μεθόδου αυτής μπορούν να γίνουν στα ακόλουθα συστήματα(Sullivan, et al.,2010).:

1. Ηλεκτρικά συστήματα

   Η παρακάτω λίστα μας δείχνει μερικές από τις εφαρμογές που μπορεί να έχει η θερμική απεικόνιση σε ένα ηλεκτρικό σύστημα:

   - Συστήματα διανομής (π.χ. συναρμογές, σφικτήρες γραμμής, αποσυνδέσεις, πυκνωτές, ανισορροπίες)
   - Υποσταθμοί (π.χ. αποσυνδέσεις, αποκόμματα, μετασχηματιστές)
   - Γεννήτριες (π.χ. ρουλεμάν, τυλίγματα, γραμμές ψυκτικού υγρού/λαδιού)
   - Κινητήρες (π.χ. συνδέσεις, ρουλεμάν, μοτίβα ψύξης, ανισορροπίες)
   - Γραμμές μεταφοράς (π.χ. γραμμές μεταφοράς, επαγωγικά προβλήματα θέρμανσης)
   - Ηλεκτρικά συστήματα εντός εργοστασίου (π.χ. μπαταρίες και κυκλώματα φόρτισης, πίνακες δύναμης ρεύματος/φωτός)

2. Μηχανικά συστήματα

Οι εφαρμογές της θερμογραφίας σε ένα μηχανικό σύστημα μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

- Συστήματα ατμού (π.χ. λέβητες, ρουλεμάν βαλβίδες)
- Ρευστά (π.χ. αποφράξεις αγωγών)
- Περιβαλλοντικές (π.χ. μοτίβα εκκένωσης νερού, μοτίβα εκκένωσης αέρα)
- Κινητήρες και εξοπλισμός που περιστρέφεται (π.χ. ακατάλληλη λίπανση, προβλήματα ευθυγράμμισης, ηλεκτρικές συνδέσεις στους κινητήρες, ψύξη του κινητήρα.

4.3 Ανάλυση Λαδιού

Η ανάλυση λαδιού είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Χρησιμοποιείται για να εντοπίζει τρεις βασικές καταστάσεις των μηχανημάτων σχετικές με τη λίπανσή τους ή το λιπαντικό σύστημα. Πρώτα εξετάζεται η κατάσταση του λαδιού. Αυτό πραγματοποιείται έτσι ώστε να προσδιοριστεί το λιπαντικό ιξώδες, η οξύτητα κλπ, και στη συνέχεια να ποσοτικοποιηθούν οι παράγοντες εκείνοι που οδηγούν στη διάβρωσή του. Έπειτα, εξετάζεται η κατάσταση του συστήματος λίπανσης, ερευνώντας εάν έχουν ξεπεραστεί τα επιτρεπόμενα όρια που θέτει το σύστημα, μολύνοντας έτσι το λιπαντικό. Πραγματοποιώντας δοκιμές για τη μέτρηση της περιεκτικότητας του λιπαντικού σε νερό, πυρίτιο ή άλλες μολυσματικές ουσίες (ανάλογα με το σύστημα που εξετάζουμε κάθε φορά), είναι δυνατόν να αξιολογηθεί η ακεραιότητα του συστήματος λίπανσης. Τέλος, εξετάζεται η κατάσταση της μηχανής που παρακολουθούμε. Εντοπίζοντας και αναλύοντας τα σωματίδια εκείνα που προκαλούν φθορά και υπάρχουν στο λιπαντικό είναι δυνατόν να αξιολογηθεί και φθορά της μηχανής.

Με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στο πέρασμα του χρόνου, συγκρίνοντας τις μετρήσεις που παίρνουμε με αυτές παλαιότερων ετών, μπορούμε να εντοπίσουμε την εφαρμογή λανθασμένης τεχνικής συντήρησης ή λανθασμένων επιχειρησιακών διαδικασιών. Η εισαγωγή κάποιου μολυσματικού στοιχείου κατά την αλλαγή των λιπαντικών, η προσθήκη ακατάλληλου λιπαντικού και η κακή λειτουργία του εξοπλισμού είναι κάποιες λανθασμένες λειτουργίες που έχουν βρεθεί κατά την αξιολόγηση των δεδομένων που έχουν ληφθεί από την τεχνολογία αυτή.

Υπάρχουν πολλές εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες για αναλύσεις λαδιού. Οι υπηρεσίες αυτές είναι ιδιαίτερα φθηνές και κάποια εργαστήρια μπορούν να δώσουν αποτελέσματα εντός 24 ωρών. Κάποιες από αυτές χρησιμοποιούν το διαδίκτυο ώστε να παρέχουν γρήγορη και εύκολη πρόσβαση στις εκθέσεις της ανάλυσης. Για την έκδοση σωστών αποτελεσμάτων μέσω της τεχνολογίας αυτής, απαιτείται σωστή δειγματοληψία, είτε αυτή εφαρμόζεται σε εσωτερικό εργαστήριο του εργοστασίου είτε σε εξωτερικό. Τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται από μία ενεργή γραμμή παραγωγής, μπροστά από κάθε συσκευή διήθησης. Για καλύτερα και πιο ακριβή αποτελέσματα, τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται κάθε φορά από το ίδιο σημείο. Ιδανικά, θα πρέπει να είναι μόνιμα τοποθετημένη μία βαλβίδα δειγματοληψίας. Εάν η ανάλυση πρέπει να πραγματοποιηθεί από εξωτερικό εργαστήριο τότε τα στοιχεία που απαιτούνται είναι , φυσικά το δείγμα, ο αριθμός και ο τύπος της μηχανής που εξετάζουμε καθώς και η ημερομηνία λήψης του δείγματος. Ωστόσο, εάν η ανάλυση πραγματοποιηθεί εκείνη τη στιγμή τότε θα πρέπει να αγοραστεί, να τοποθετηθεί και να τυποποιηθεί κατάλληλος εξοπλισμός(Sullivan, et al.,2010).

Σχήμα 4.3: Εξοπλισμός Αναλύσεων

Οι πιο κοινές δοκιμές που πραγματοποιούνται κατά την ανάλυση του λαδιού είναι για τον προσδιορισμό της κατάστασης του λιπαντικού, την υπερβολική φθορά εξαρτημάτων που διαβρέχονται από λάδι-πετρέλαιο καθώς και τον εντοπισμό κάποιας μόλυνσης. Πραγματοποιώντας συμπληρωματικές δοκιμές, μπορούμε να διαπιστώσουμε την αποτελεσματικότητα προσθέτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά της φθοράς όπως αντιοξειδωτικά και ανασταλτικά διάβρωσης. Η φθορά σε κάποιο εξάρτημα μπορεί να προσδιοριστεί παρατηρώντας τις μετρήσεις για μέταλλα όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, ο χρώμιο, το αλουμίνιο, το μόλυβδο, τον κασσίτερο και το νικέλιο. Εάν παρατηρηθούν αυξήσεις σε κάποια από αυτά τα μέταλλα, τότε μπορεί να προσδιοριστεί το εξάρτημα που έχει υποστεί φθορά μέσα σε μία μηχανή. Η μόλυνση μπορεί να προσδιοριστεί με μέτρηση της περιεκτικότητας σε νερό, του ειδικού βάρους καθώς και του επιπέδου του πυριτίου. Πολλές φορές, αλλαγές στο ειδικό βάρος μπορεί να σημαίνουν ότι λιπαντικό έχει μολυνθεί από κάποιο άλλο τύπο λαδιού ή καυσίμου.

Πέρα από τα ανεξάρτητα εργαστήρια που πραγματοποιούν την ανάλυση λαδιού, υπάρχουν προμηθευτές οι οποίοι παρέχουν εξοπλισμό για την άμεση εκτέλεση της ανάλυσης. Ο εξοπλισμός αυτός αποτελείται από πολλές και διαφορετικές συσκευές όπως, ιξωδόμετρα, φασματόμετρα, αναλυτές πετρελαίου, μετρητές σωματιδίων και μικροσκόπια. Για τον εντοπισμό κάποιου προβλήματος αρκεί μία απλή μέτρηση για την περιεκτικότητα σε νερό. Ωστόσο για ακριβή αποτελέσματα θα πρέπει οι εταιρείες να απευθύνονται σε εργαστήρια τα οποία διαθέτουν εξοπλισμό ανάλυσης.

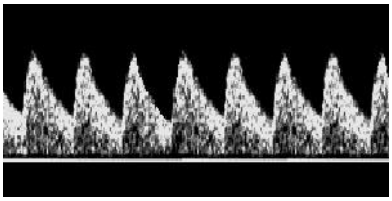
Η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής μπορεί να γίνει σε μηχανήματα με κινητήρες από 7,5 ίππους και πάνω και σε κρίσιμες ή υψηλού κόστους μηχανές. Όλα τα υδραυλικά συστήματα εκτός από τα κινητά συστήματα, θα πρέπει να αναλύονται τουλάχιστον σε τριμηνιαία βάση. Στα κινητά συστήματα θα πρέπει να γίνεται ανάλυση βασισμένη στο μέγεθος της μηχανής και στο κόστος της αποτελεσματικότητας της δημιουργίας μιας τέτοιας ανάλυσης. Ωστόσο, σε μικρά συστήματα, το κόστος για την αντικατάσταση του υδραυλικού ρευστού σε συγκεκριμένο χρόνο μπορεί να είναι μικρότερο από αυτό για την ανάλυση ου ρευστού σε καθημερινή βάση. Οι εφαρμογές της τεχνολογίας ανάλυσης λαδιού μπορεί να γίνει στο ακόλουθο εξοπλισμό(Liggan and Lyons,2011):

- Στρόβιλοι

- Αντλίες τροφοδοσίας
- Ηλεκτρουδραυλικά συστήματα
- Βαλβίδες σερβό
- Κιβώτια ταχυτήτων
- Ρουλεμάν
- Οποιοδήποτε σύστημα όπου η καθαριότητα του ελαίου είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του, με τη μειωμένη φθορά του εξοπλισμού ή βελτιωμένη απόδοση του εξοπλισμού.

4.4 Ανάλυση Υπερήχων

Οι υπέρηχοι ορίζονται σαν ηχητικά κύματα που έχουν επίπεδο συχνότητας πάνω από 20kHz. Ηχητικά κύματα σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων είναι υψηλότερα από αυτά που μπορεί να ακούσει ο άνθρωπος. Ανιχνευτές υπερήχων χωρίς επαφή χρησιμοποιούνται στην προγνωστική συντήρηση για να εντοπίσουν αερομεταφερόμενους υπερήχους. Το φάσμα συχνοτήτων αυτών των υπερήχων κυμαίνεται από 20 έως 100kHz. Σε αντίθεση με τις υπέρυθρες εκπομπές, οι υπέρηχοι ταξιδεύουν σε μικρές αποστάσεις από την πηγή από την οποία εκπέμπονται. Οι υπέρηχοι ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και δεν διεισδύουν σε στερεές επιφάνειες. Εξοπλισμός που περιστρέφεται μπορεί να εκπέμψει μοτίβα ήχου τα οποία βρίσκονται εντός των συχνοτήτων του φάσματος των υπερήχων. Αλλαγές στη συχνότητα αυτών υποδηλώνουν την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο εξοπλισμός. Οι ανιχνευτές υπερήχων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εντοπίσουν προβλήματα που σχετίζονται με διαρροή υγρού, διαρροή κενού .



Σχήμα 4.4: Κυματομορφή Υπερήχων

Οι υπέρηχοι που παράγονται σε συστήματα κενού, δημιουργούνται εντός αυτών. Μικρό ποσοστό των υπερηχητικών κυμάτων, ξεφεύγουν από τη διαρροή κενού και έτσι γίνονται ανιχνεύσιμα, υπό την προϋπόθεση ότι ο έλεγχος γίνεται κοντά στην πηγή ή το κέρδος του ανιχνευτή έχει ρυθμιστεί ώστε να αυξηθεί η απόδοση της ανίχνευσης. Επίσης η τεχνολογία αυτή είναι χρήσιμη για τον καθορισμό των μη φυσιολογικών καταστάσεων που μπορεί να εντοπιστούν σε ένα σύστημα ή μια μηχανή. Ωστόσο υπάρχουν και κάποια εξαρτήματα τα οποία παράγουν υπερήχους εντός των ορίων του συστήματος και δεν μπορούν να γίνουν ανιχνεύσιμοι με αυτόν τον τρόπο. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν συσκευές με επαφή για την ανίχνευση του προβλήματος(Sullivan, et al.,2010)..

Οι ανιχνευτές υπερήχων έχουν τη δυνατότητα τόσο να τους μετατρέπουν σε ηχητικά κύματα που μπορούν να ακουστούν από τον άνθρωπο αλλά και αποθηκεύουν το αποτέλεσμα που αυτοί παράγουν. Χρησιμοποιώντας μία οθόνη και πραγματοποιώντας μία ανάλυση χρησιμοποιώντας κάποιο λογισμικό μπορούμε να απεικονίσουμε τη χρονική κυματομορφή των υπερήχων που εντοπίσαμε. Αυτή η λειτουργία δίνει τη δυνατότητα για αποθήκευση ποσοτικών δεδομένων για τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν αργότερα να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την εύρεση της κατάστασης του εξοπλισμού. Σε αντίθεση με την ανάλυση που θα κάνει ένα τεχνικός για να εξετάσει την κατάσταση του εξοπλισμού, η χρήση ανιχνευτών υπερήχων μπορεί να δώσει αποτελέσματα περισσότερο αντικειμενικά.

Αυτή η μέθοδος είναι από τις λιγότερο περίπλοκες και ακριβές για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι ένας τυπικός ανιχνευτής υπερήχων, μικρός , ελαφρύς και εύκολος στη χρήση. Τα δεδομένα των μετρήσεων παρουσιάζονται σε μέτρα ή σε ψηφιακές ενδείξεις. Το κόστος του εξοπλισμού είναι μέτριο και η εκπαίδευση που χρειάζεται κάποιος για να τον χρησιμοποιήσει είναι ελάχιστη εάν συγκριθεί με αυτή που χρειάζεται κάποιος για κάποια άλλη τεχνολογία που εφαρμόζεται για προγνωστική συντήρηση(Liggan and Lyons,2011).

Σχήμα 4.5: Τυπικός ανιχνευτής υπερήχων

Σκεφτόμενοι το γεγονός ότι οι υπέρηχοι ταξιδεύουν για μικρή απόσταση, υπάρχει κίνδυνος για την εγκυρότητα των μετρήσεων που λαμβάνουμε, ιδιαίτερα αν η περιοχή από την οποία θέλουμε να πάρουμε μέτρηση δεν είναι εύκολα προσβάσιμη από άνθρωπο. Σε αυτή τν περίπτωση ο εξοπλισμός προσαρμόζεται στην κατάσταση αυτή, αυξάνοντας την ευαισθησία του, αυξάνοντας έτσι την δυνατότητα του να ανιχνεύσει τους υπερήχους σε μεγαλύτερη απόσταση από το κανονικό. Μερικοί ανιχνευτές μπορούν να συνδεθούν με μια συσκευή που ονομάζεται πιάτο, δίνοντάς τους έτσι τη δυνατότητα να ανιχνεύουν υπερήχους σε αρκετά μεγάλη απόσταση.

Σχήμα 4.6: Ανιχνευτής με πιάτο

Η τεχνολογία ανάλυσης υπερήχων έχει τις ακόλουθες εφαρμογές :

- Μηχανικές εφαρμογές (π.χ. ρουλεμάν, αντλίες, κινητήρες, κιβώτια ταχυτήτων, συμπιεστές)
- Ηλεκτρικές εφαρμογές (π.χ. μετασχηματιστές, μονωτές, κυκλώματα)

4.5 Ανάλυση Δονήσεων

Όλοι όσοι οδηγούν μπορούν να καταλάβουν ότι ορισμένα συμπτώματα για κάποια βλάβη του αυτοκινήτου μπορούν να εντοπιστούν με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Δονήσεις που μπορεί να γίνονται αντιληπτές στο τιμόνι μπορεί να υποδηλώνουν την χαλαρότητα ενός τροχού ή κάποιο άλλο πρόβλημα στο σύστημα διεύθυνσης. Ουσιαστικά δηλαδή παρατηρείται η παραγωγή κάποιων δονήσεων, πέραν του επιτρεπτού ορίου και έτσι διαπιστώνεται η ύπαρξη κάποιου προβλήματος. Τι είναι όμως η δόνηση και πως ορίζονται τα όριά της; το λεξικό ορίζει ως δόνηση τη περιοδική κίνηση των σωματιδίων ενός ελαστικού σώματος σε αντίθετες κατευθύνσεις όταν έχει διαταραχθεί η θέση ισορροπίας του.

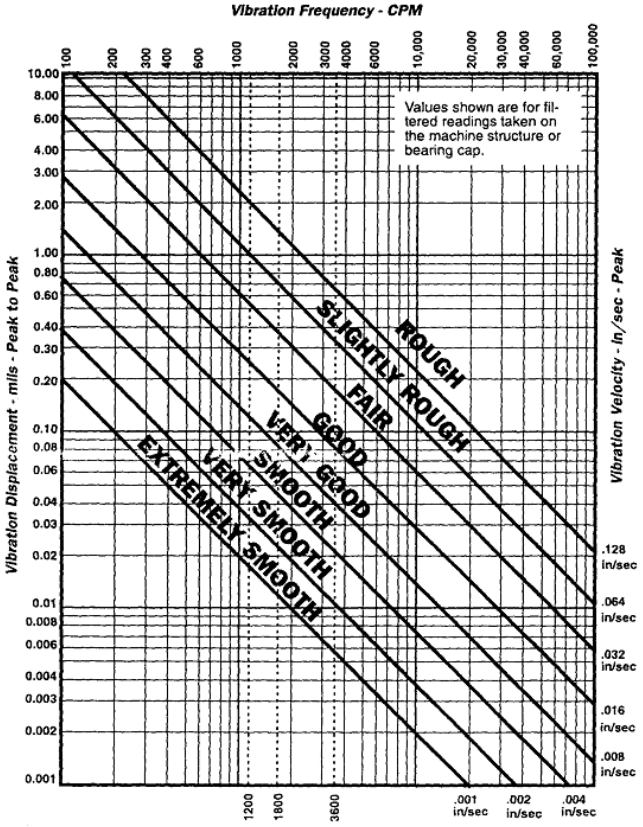
Ένας άνθρωπος είναι ικανός να διαπιστώσει εάν ένας κινητήρας λειτουργεί απλά ακουμπώντας τον επειδή αντιλαμβάνεται τη δόνηση που αυτός παράγει μέσω της περιστροφικής κίνησης των εξαρτημάτων του κινητήρα. Όλα αυτά τα εξαρτήματα περιστρέφονται και κάθε ένα από αυτά έχει διαφορικό μοτίβο και επίπεδο δονήσεων. Το επίπεδο και η συχνότητα των δονήσεων αυτών είναι διαφορετικά και η αφή του ανθρώπου δεν είναι ικανή να διαπιστώσει την κανονική λειτουργία τους. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται οι ανιχνευτές δονήσεων οι οποίοι παρέχουν την ευαισθησία και τη λεπτομέρεια που χρειαζόμαστε. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για να ποσοτικοποιήσουν το μέγεθος των κραδασμών ή την ομαλή λειτουργία του κινητήρα. Το μέγεθος της δόνησης εκφράζεται από τους ακόλουθους όρους(Sullivan, et al.,2010).:

• Μετατόπιση: Η συνολική απόσταση που διανύεται από το δονούμενο εξάρτημα από το ένα άκρο της διαδρομής στο άλλο.

• Ταχύτητα: Ο ρυθμός μεταβολής της μετατόπισης. Η μέτρηση της ταχύτητας με την οποία κινείται μία μηχανή ή ένα εξάρτημά της όταν αυτή εκτελεί παλινδρομική κίνηση.

• Επιτάχυνση: Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας. Αναγνωρίζοντας ότι οι δονητικές δυνάμεις είναι κυκλικές, τόσο το μέγεθος της μετατόπισης όσο και της ταχύτητας αλλάζουν από την κανονική ή ελάχιστη τιμή τους στην μέγιστη. Η επιτάχυνση είναι το μέγεθος που εκφράζει το μέγιστο ποσοστό αύξησης της ταχύτητας.

Η μονάδα που θα χρησιμοποιείται έτσι ώστε να διαπιστώσουμε εάν είναι καλή ή όχι η κατάσταση ενός μηχανήματος θα βασίζεται στην ταχύτητα και το σχεδιασμό του. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα γράφημα το οποίο μας βοηθά να αξιολογήσουμε εάν η κατάσταση ενός εξαρτήματος είναι καλή. Υπάρχουν και άλλες τέτοιες δημοσιεύσεις που μας βοηθούν αξιολογήσουμε την κατάσταση ενός μηχανήματος. Ωστόσο, σε τέτοια γραφήματα τα όρια της σωστής ή μη σωστής λειτουργίας δεν είναι απόλυτα διότι κάθε φορά μπορεί να μην εξετάζουμε την ίδια μηχανή αλλά και επειδή είναι απίθανο να καθοριστούν απόλυτα όρια. Όμως για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης είναι απαραίτητο να ορίζονται κάποια όρια πάνω ή κάτω από τα οποία θα πρέπει να λαμβάνεται δράση. Τέτοια διαγράμματα δε χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των κριτηρίων αποδοχής για μία πρόσφατα εγκατεστημένη μηχανή. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της γενικής κατάστασης των μηχανημάτων που έχουν ήδη εγκατασταθεί. Για αυτούς που τώρα εγκαθιστούν κάποιο πρόγραμμα προγνωστικής συντήρησης και δεν έχουν εμπειρία αλλά και ιστορικά δεδομένα διαθέσιμα, τέτοια διαγράμματα αποτελούν έναν πολύ καλό οδηγό.



Σχήμα 4.7: Διάγραμμα Δονήσεων

Είναι κατανοητό λοιπόν, ότι από μια μηχανή εκπέμπονται πολλά σήματα δόνησης μια δεδομένη στιγμή. Μόλις ένα μέγεθος ξεπερνά τα επιτρεπτά όρια, η ανάλυση της δόνησης εφαρμόζεται έτσι ώστε να εντοπισθεί η τοποθεσία στην οποία παρουσιάζεται το πρόβλημα και στη συνέχεια να προβούμε στην επισκευή του. Με τη χρήση εξοπλισμού και λογισμικού ανάλυσης, τα επιμέρους σήματα δόνησης διαχωρίζονται και εμφανίζονται με ένα τρόπο που καθορίζει το μέγεθος της δόνησης και των συχνοτήτων. Με την κατανόηση του σχεδιασμού και της λειτουργίας μιας μηχανής, ένα άτομο εκπαιδευμένο στην ανάλυση δονήσεων μπορεί να ερμηνεύσει τις παραπάνω πληροφορίες για να καθορίσει το πρόβλημα σε ένα σημαντικό επίπεδο.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την τεχνολογία αυτή, ποικίλει ανάλογα με την περίπτωση. Αν και δεν υπάρχει περίπλοκος εξοπλισμός, οι πραγματικές απαιτήσεις κάθε συστήματος καθορίζουν ποιος είναι ο κατάλληλος. Η ταχύτητα της μηχανής, η ανάλυση των πραγματικών αναγκών, οι απαιτήσεις που έχει το σύστημα για την έξοδο που θα παρέχει ο εξοπλισμός, είναι μερικά από τα στοιχεία που θα μας οδηγήσουν στην κατάλληλη επιλογή. Ανεξάρτητα από την προσέγγιση, όλα τα συστήματα χρειάζονται μία συσκευή (μετατροπέα), η οποία θα μετρά τους κραδασμούς και θα τους μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα. Οι μετατροπείς είναι σχετικά μικροί σε μέγεθος και μπορούν να τοποθετηθούν σε θέση παρακολούθησης εντός του συστήματος, ακόμη και μόνιμα, για την συλλογή των δεδομένων. Ορισμένες φορές, η μετάφραση της δόνησης σε ηλεκτρικό σήμα γίνεται και με φορητή συσκευή παρακολούθησης. Ένα μεταλλικός ανιχνευτής συνδέεται με

το φορητό όργανο, τοποθετείται απέναντι από το σημείο παρακολούθησης λαμβάνοντας έτσι τα δεδομένα που θέλουμε και μεταφράζοντάς τα σε ηλεκτρικό σήμα. Το μέγεθος του εξοπλισμού ποικίλει, αλλά σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι φορητός(Liggan and Lyons,2011).

Εκτός από μέσα που έχουν σχεδιαστεί για τη μέτρηση του μεγέθους των κραδασμών, πολλοί κατασκευαστές παρέχουν όργανα που πραγματοποιούν πολύ καλά την ανάλυση σήματος. Ορισμένα είδη εξοπλισμού είναι ικανά να πραγματοποιούν την ανάλυση που απαιτείται χωρίς να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό υπολογιστή ενώ άλλα, είναι άμεσα συνδεδεμένα με υπολογιστή ώστε να παρέχουν το αποτέλεσμα που επιθυμούμε.

Σχήμα 4.8: Τυπικό Επιταχυνσιόμετρο

Το συνηθέστερο εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι το επιταχυνσιόμετρο, το οποίο μπορεί να συλλέξει τα απαιτούμενα δεδομένα με τους ακόλουθους τρόπους:

- Τοποθετημένο μηχανικά πάνω σε στον εξοπλισμό που θέλουμε να εξετάσουμε. Τα δεδομένα συλλέγονται σε μια συσκευή αποθήκευσης και για περαιτέρω ανάλυση χρησιμοποιείται λογισμικό σε υπολογιστή.

- Τοποθετείται μόνιμα στον εξοπλισμό προς εξέταση . οι μετρήσεις λαμβάνονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια αναλύονται. Αυτός ο τρόπος συλλογής δεδομένων χρησιμοποιείται για εξοπλισμό που είναι δύσκολα προσβάσιμος , όπως τα κλειστά συστήματα μετάδοσης κίνησης.

- Τοποθετημένο πάνω σε στον εξοπλισμό που θέλουμε να εξετάσουμε και συνδεδεμένο απευθείας με το λογισμικό διαχείρισης του συστήματος. Αυτά τα επιταχυσιόμετρα μπορούν να είναι συνδεδεμένα μέσω του διαδικτύου με τις

συσκευές που αναλύουν τα δεδομένα έτσι ώστε να επιτρέπεται η εξ αποστάσεως παρακολούθηση του εξοπλισμού.

Η ανάλυση δονήσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί να ανακαλύψει και να διαγνώσει μεγάλη ποικιλία προβλημάτων σε εξοπλισμό που περιστρέφεται. Η ακόλουθη λίστα περιέχει προβλήματα εξοπλισμού στον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία προγνωστικής συντήρησης:

- Ανισορροπία
- Λανθασμένη ευθυγράμμιση
- Μηχανική αδυναμία
- Προβλήματα συντονισμού
- Ηλεκτρικά προβλήματα
- Προβλήματα μετάδοσης κίνησης

Ωστόσο, η εφαρμογή της ανάλυσης δονήσεων, για τη διάγνωση των παραπάνω προβλημάτων δεν είναι εύκολη υπόθεση. Η ορθή εκτέλεσή της απαιτεί υψηλά εκπαιδευμένους και εξειδικευμένους επαγγελματίες. Για τον προσδιορισμό των ανωτέρω προβλημάτων μπορεί να χρειαστούν πολλές ώρες .

4.6 Ανάλυση Κινητήρα

Σχετικά με την ανάλυση της κατάστασης του κινητήρα, η ανάλυση υπερύθρων και δονήσεων, δεν μπορούν να δώσουν ικανοποιητικό χαρακτηρισμό για την ανάλυση του κινητήρα. Με το πέρασμα των χρόνων έχουν εφαρμοσθεί πολλές τεχνικές για την εύρεση της κατάστασης του κινητήρα, από απλές δοκιμές μέχρι συγκεκριμένες τεχνικές, οι οποίες δίνουν αποτελέσματα περισσότερο ακριβή. Βλάβες του κινητήρα όπως, βραχυκυκλώματα, λανθασμένες ρυθμίσεις ροπών και άλλες, μπορούν να βρεθούν με την χρήση τεχνικών ανάλυσης του κινητήρα. Αυτή η τεχνική συντήρησης δεν έχει χρησιμοποιηθεί και αναπτυχθεί όσο οι προηγούμενες που αναφέρθηκαν. Ο εξοπλισμός για αυτή την τεχνική παραμένει εξαιρετικά ακριβός και η εφαρμογή της προϋποθέτει υψηλό βαθμό δεξιότητας και γνώσης. Οι πρόσφατες εξελίξεις στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται καθώς και η δυνατότητα που δίνουν οι προμηθευτές του για δοκιμή έχουν αυξήσει την προώθηση της τεχνολογίας αυτής για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης. Προς το παρόν υπάρχουν διαθέσιμα περισσότερα από είκοσι τεστ για διαφορετικούς τύπους κινητήρων(Sullivan, et al.,2010)..

Προβλήματα τα οποία μπορεί να προσδιοριστούν μέσω της ανάλυσης του κινητήρα είναι τα εξής:

- Ακατάλληλο ρουλεμάν
- Λανθασμένη ρύθμιση ροπής
- Ανακριβής ευθυγράμμιση άξονα
- Έκρυθμη λίπανση κιβωτίου ταχυτήτων
- Φθαρμένο δόντι ρουλεμάν
- Περιορισμένη μετακίνηση βαλβίδας στελέχους
- Πρόβλημα σε πηνίο κινητήρα

4.7 Μέτρηση Επίδοσης

Εκτός από την προληπτική συντήρηση που εφαρμόζουμε στο αυτοκίνητό μας, έχουμε την τάση να συλλέγουμε και άλλες παραμετρικές πληροφορίες σχετικές με την κατάστασή του, τις οποίες μπορούμε να καταλάβουμε τις ανάγκες για συντήρηση. Παρακολουθούμε την κατανάλωση καυσίμου, τη θερμοκρασία του κινητήρα, τη στάθμη του λαδιού, τα διανυθέντα χιλιόμετρα και έτσι μπορούμε να καθορίσουμε πότε είναι αναγκαία η εφαρμογή συντήρησης. Μέσω των πληροφοριών που έχουν συλλεχθεί μπορεί να προκύψουν συγκεκριμένες δραστηριότητες συντήρησης όπως η αντικατάσταση θερμοστάτη, η αντικατάσταση αντλίας καυσίμου, η αντικατάσταση ζώνης ασφαλείας κλπ.

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της μέτρησης της επίδοσης, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για την διατήρηση των λειτουργικών επιδόσεων των εξαρτημάτων στα εργοστάσια. Για παράδειγμα εναλλάσσοντας τη διαφορική πίεση ενός φίλτρου μπορούμε να διαπιστώσουμε εάν αυτό χρειάζεται αλλαγή παρατηρώντας την αλλαγή της επίδοσής του, αντί να γίνει αντικατάστασή του σε προκαθορισμένο χρόνο. Με την καταγραφή των δεδομένων θερμοκρασίας μπορούμε επίσης να παρακολουθούμε την απόδοση πολλών εναλλακτών θερμότητας. Αυτές οι καταγραφές μπορούν να χρησιμεύσουν ως ένδειξη ότι οι βαλβίδες ελέγχου ροής δε λειτουργούν σωστά. Ίσως μια μείωση στην επίδοση του εναλλάκτη θερμότητας μπορεί επίσης να αποτελεί ένδειξη για τη ρύπανση μιας αντλίας αναρρόφησης. Δηλαδή μέσω των ανωτέρω παραδειγμάτων μπορούμε να κατανοήσουμε , ότι παρατηρώντας τις καταγραφές των επιδόσεων των μηχανημάτων του συστήματος που θέλουμε να εφαρμόσουμε προγνωστική συντήρηση, μπορούμε να διαπιστώσουμε την ανάγκη για εφαρμογή εργασιών συντήρησης και όχι σε προκαθορισμένο χρόνο.

Η ιδέα που χαρακτηρίζει την τεχνική της μέτρησης της επίδοσης είναι ότι τα εξαρτήματα που εγκαθίστανται στο σύστημά μας παρέχονται με εξοπλισμό που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της κατάστασης του σχετικού εξαρτήματος. Όταν ο εξοπλισμός δεν είναι διαθέσιμος τότε, η εγκατάσταση της πίεσης, της θερμοκρασίας ή των καταγραφέων δεδομένων είναι σχετικά απλή και φθηνή.

Ωστόσο, για την ανάπτυξη προγράμματος για προγνωστική συντήρηση πρέπει πρώτα από όλα να γνωρίζουμε τα μηχανήματα που έχουμε στην υπηρεσία μας. Αρχικά, δημιουργούμε

μια λίστα με τον εξοπλισμό που διαθέτουμε και στη συνέχεια δίνουμε μεγαλύτερη σημασία σε εκείνα τα εξαρτήματα που είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του εργοστασίου μας, είναι σημαντικά για την ασφάλεια του προσωπικού μας ή έχουν σημαντική οικονομική επίπτωση είτε λόγω αστοχίας είτε λόγω αναποτελεσματικής λειτουργίας. Έπειτα, αξιολογούμε ποιες είναι εκείνες οι παραμετρικές πληροφορίες που θα μπορούν να συλλέγονται εύκολα είτε μέσω φορητού είτε μέσω εγκατεστημένου εξοπλισμού τα οποία θα μας δείχνουν την κατάσταση ή την απόδοση του εξοπλισμού ανάλογα βέβαια με την ιεράρχηση που έχει γίνει στον κατάλογο. Επιπλέον πρέπει να καθορίσουμε ποια είναι εκείνα τα στοιχεία που έχουν ήδη συλλεχθεί. Τέλος, πρέπει να αξιολογήσουμε εάν ορισμένες από αυτές τις παραμετρικές πληροφορίες παρακολουθούνται ήδη και εάν παρέχουν πληροφορίες με την κατάσταση ή την απόδοση του εξοπλισμού ή του συστήματος(Sullivan, et al.,2010)..

Εφαρμογές αυτής της μεθόδου για τη συλλογή των πληροφοριών που χρειάζονται για την δημιουργία ενός προγράμματος μπορεί να γίνει σε συσκευές όπως:

- Εναλλάκτες θερμότητας
- Φίλτρα
- Αντλίες
- Συμπιεστές
- Κινητήρες ντίζελ/βενζίνης
- Λέβητες

5. Πληροφοριακά Συστήματα Συντήρησης

5.1 Συστήματα Διαχείρισης Συντήρησης - CMMS (Computerized Maintenance Management System)

Το CMMS είναι ένα λογισμικό υπολογιστή το οποίο βοηθάει όλες τις ομάδες συντήρησης να διατηρούν αρχείο σχετικά με όλες τις διαδικασίες συντήρησης που έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν σε ένα περιβάλλον. Οι κύριοι τομείς με τους οποίους ασχολείται το CMMS είναι οι ακόλουθοι:

- **Παρακολούθηση εντολών εργασίας**: Οι διαχειριστές της συντήρησης μπορούν επιλέξουν τον εξοπλισμό με κάποιο πρόβλημα, να το περιγράψουν και να ορίσουν ένα συγκεκριμένο τεχνικό ώστε να το αντιμετωπίσει εκτελώντας τις απαραίτητες εργασίες. Όταν το μηχάνημα επισκευαστεί, ο υπεύθυνος τεχνικός σηματοδοτεί ότι η εντολή εργασίας έχει εκτελεστεί και έτσι ενημερώνεται ο διαχειριστής για την ολοκλήρωση της εργασίας.
- **Προγραμματισμός εργασιών:** Όταν μια ομάδα αρχίζει να εφαρμόζει πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης τότε χρειάζεται ένα αξιόπιστο πρόγραμμα εργασιών. Τα συστήματα που εφαρμόζονται μέσω του CMMS είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τον προγραμματισμό επαναλαμβανόμενων εργασιών και για την αποστολή υπενθυμίσεων στους κατάλληλους ανθρώπους. Ο οργανωμένος προγραμματισμός βοηθά στη διαχειριστή του φόρτου εργασίας ιδιαίτερα στις ομάδες συντήρησης έτσι ώστε εργασίες να μην ξεχνιούνται.
- **Εξωτερικές αιτήσεις εργασίας**: Πολλές φορές οι ομάδες συντήρησης πρέπει να φέρουν εις πέρας μια αίτηση εργασίας , η οποία μπορεί να προέρχεται από άτομα όπου βρίσκονται εκτός της ομάδας. Αυτή η αίτηση, μπορεί να προέρχεται από έναν χειριστή στην γραμμή της συναρμολόγησης, ο οποίος μπορεί να εντοπίζει κάποιον περίεργο ήχο εργαλείο που χρησιμοποιεί. Το CMMS είναι κατάλληλο για την αναφορά και έκθεση τέτοιων αιτήσεων καθώς και για την παρακολούθηση της ολοκλήρωσης των εργασιών.
- **Καταγραφή και αρχειοθέτηση της ιστορίας του εξοπλισμού**: Οι ομάδες συντήρησης είναι υπεύθυνες για εξοπλισμό που μπορεί να χρησιμοποιείται για 10,20 ή ακόμη και για περισσότερα χρόνια. Αυτά τα μηχανήματα έχουν μια μεγάλη ιστορία εργασιών επισκευών. Όταν κάποιο πρόβλημα εμφανίζεται τότε είναι χρήσιμο να δούμε πως αντιμετωπίστηκε στο παρελθόν, εφόσον έχει ξαναεμφανιστεί. Στο CMMS , οι επισκευές που έχουν ολοκληρωθεί για κάποιο μηχάνημα σημειώνονται ιστορικά στο ημερολόγιο για κάθε μηχάνημα έτσι ώστε να μπορούν να προβληθούν ξανά από τους εργαζόμενους.
- **Διαχείριση αποθεμάτων**: Οι ομάδες συντήρησης πρέπει να αποθηκεύουν και να διαχειρίζονται πολλά αποθέματα τα οποία μπορεί να αναφέρονται σε ανταλλακτικά για τα μηχανήματα και σε προμήθειες όπως λιπαντικά. Το λογισμικό που μελετάμε αφήνει την ομάδα να παρατηρεί το απόθεμα που υπάρχει, πόσα από αυτά θα

χρησιμοποιηθούν σε επισκευές και πότε είναι αναγκαίο να δοθεί παραγγελία για νέες προμήθειες.

- **Έλεγχος και πιστοποίηση**: Πολλά συστήματα του λογισμικού CMMS κρατούν αναλλοίωτο αρχείο για κάθε δράση, οπότε μπορεί να εκδοθεί το ιστορικό συντήρησης για κάθε μηχάνημα. Αυτό είναι χρήσιμο στην περίπτωση κάποιου ατυχήματος(π.χ. ο ελεγκτής της ασφαλιστικής μπορεί να χρειαστεί να διαπιστώσει αν όλες οι εργασίες συντήρησης έχουν εκτελεστεί για κάθε μηχάνημα). Το CMMS μπορεί επίσης να κρατάει δεδομένα σε ένα κεντρικό σύστημα, το οποίο βοηθάει στην διατήρηση πραγματικών στοιχείων για την πιστοποίηση ISO.

5.1.1 Πλεονεκτήματα Χρήσης του CMMS

Τα πλεονεκτήματα χρήσης ενός λογισμικού CMMS είναι τα ακόλουθα:

- **Λιγότερες διακοπές εργασίας:** Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η προγνωστική ή η προληπτική συντήρηση ή οποιαδήποτε άλλη μέθοδος συντήρησης η οποία αποτρέπει τις απρόσμενες διακοπές λειτουργίας των μηχανών.
- **Καλύτερη απόδοση ευθυνών**: Μέσω αυτού του συστήματος μπορούμε να γνωρίζουμε ποιος τεχνικός έκανε την εργασία συντήρησης που αφορά κάποιο μηχάνημα και εάν αυτή συναίβει στο σωστό χρόνο.
- **Λιγότερες υπερωρίες:** Καλύτερος προγραμματισμός των εργασιών σημαίνει ότι τα μέλη της ομάδας δεν κάθονται ούτε αδρανείς αλλά και ούτε δουλεύουν σε υπερωρίες αλλά οι εργασίες έχουν κατανεμηθεί ομοιόμορφα.
- **Καλύτερη ροή πληροφορίας:** Οι τεχνικοί καταγράφουν το πρόβλημα αλλά και την επίλυσή του έτσι ώστε άλλοι συνάδελφοι να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτή την πληροφορία.
- **Οικονομία στις δαπάνες:** Πραγματοποιώντας απογραφή αλλά και σύμφωνα με το πρόγραμμα προγνωστικής συντήρησης μπορούμε να πραγματοποιήσουμε έρευνα στις τιμές της αγοράς για τα ανταλλακτικά και τα αναλώσιμα που χρειαζόμαστε, πετυχαίνοντας έτσι την καλύτερη τιμή.
- **Πιστοποίηση και ανάλυση**: Με την καταγραφή όλων των μηχανημάτων αλλά και της λειτουργίας τους μέσα στο χρόνο, οι υπεύθυνη της συντήρησης μπορούν να αναλύσουν τη χρήση της ενέργειας και μπορούν να προγραμματίσουν το πρόγραμμα της συντήρησης.

5.1.2 Ποιοι Μπορούν να Χρησιμοποιήσουν το CMMS

Κάθε είδος βιομηχανίας μπορεί να χρησιμοποιήσει το CMMS ώστε να καταγράφει και να προγραμματίζει τις εργασίες συντήρησης. Ωστόσο υπάρχουν τέσσερις τύποι αυτών που μπορούν αδιαμφισβήτητα να χρησιμοποιήσουν συστήματα του λογισμικού CMMS και είναι οι ακόλουθες:

- **Συντήρηση παραγωγής**: Αυτές είναι εταιρείες που παράγουν απτά προϊόντα. Έχουν στην κατοχή τους μηχανήματα, γραμμές συναρμολόγησης, περονοφόρα και ανυψωτικά μηχανήματα καθώς και βαρύ εξοπλισμό που χρειάζεται τακτική παρακολούθηση ώστε να ορίζεται το πλάνο συντήρησης.
- **Συντήρηση εγκαταστάσεων**: Αυτές είναι εταιρείες που αναλαμβάνουν τη φροντίδα κτιρίων. Πολυκατοικίες, θέατρα, δημόσια κτίρια μπορούν να χρησιμοποιήσουν συστήματα του CMMS για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως αυτών της διάβρωσης και της ύδρευσης.
- **Συντήρηση στόλου:** Αυτές είναι εταιρείες που φροντίζουν οχήματα και γενικότερα μέσα μεταφοράς. Ενοικιάσεις αυτοκινήτων, αστικά λεωφορεία, επιβατικά πλοία καθώς και στόλοι φορτηγών ρυμούλκησης χρειάζονται επισκευές οι οποίες μπορούν να προγραμματίζονται μέσω του CMMS.
- **Γραμμική συντήρηση του ενεργητικού εξοπλισμού**: Αυτή είναι μια ειδική κατηγορία η οποία αποτελείται από μηχανήματα που παράγουν γραμμικά, δηλαδή το ένα μετά το άλλο. Μέσω του CMMS μπορεί να προγραμματιστεί έγκαιρη συντήρηση ώστε να μην υπάρχουν απρόσμενες δυσλειτουργίες οι οποίες μπορεί και να διακόψουν ολόκληρη την παραγωγή.

5.1.3 Διαθέσιμα Προϊόντα Πληροφοριακής υποστήριξης

Στην αγορά διατίθεται μεγάλος αριθμός διαθέσιμων προϊόντων. Διατίθενται σε δύο μορφές, είτε ως αυτόνομα συστήματα σχεδιασμένα συνήθως για μικρότερες επιχειρήσεις, είτε ως συστήματα ενταγμένα σε ευρύτερα πακέτα λογισμικού της κατηγορίας διαχείρισης εταιρικών πόρων – Enterprise Resource Planning (ERP), που συνήθως χρησιμοποιούν οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις.

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα δεκαεννέα καλύτερα αυτόνομα προγράμματα CMMS σύμφωνα με τους χρήστες τους.

Ακολούθως στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα προιόντα CMMS που είναι ενταγμένα σε ERP συστήματα.

Πίνακας 5.1: Αυτόνομα CMMS

	Εταιρεία	CMMS
1.	Dude Solutions	Maintenance EDGE
2.	ManagerPlus Software	MangerPlus
3.	DPSI	iMaint
4.	eMaint Enterprises	eMaint CMMS
5.	CyberMetrics	FaciliWorks CMMS Software

6.	Maintenance Connection	Maintenance Connection
7.	Corrigo	Corrigo Enterprise CMMS
8.	MicroMain	MicroMain Maintenance Software
9.	MPulse Maintenace Management	MPulse Maintenace Management
10.	Information Professionals	eWorkOrders CMMS
11.	C&S Companies, Q Ware Group	Q Ware CMMS
12.	Eagle Technology	Proteus CMMS
13.	Landport Systems	Landport
14.	Maintenance Assistant	Maintenance Assistant
15.	Megamation Systems	DirectLine
16.	Smartware Group	Bigfoot CMMS
17.	TMA Systems	TMA
18.	NetFacilities	NetFacilities
19.	Maxpanda Software	Maxpanda CMMS

Πίνακας 5.2: CMMS σε ERP Συστήματα

	Εταιρεία	CMMS
1.	SAP R/3	Plant Maintenance (PM) Module
2.	J.D. Edwards One World	Plant & Equipment Maintenance Management
3.	Oracle E-Business Suite	Enterprise Asset Management (EAM)

5.2 Ανάλυση της Αγοράς

Όσον αφορά συγκεκριμένα την προγνωστική συντήρηση, στην αγορά υπάρχουν διάφορες εταιρείες οι οποίες παρέχουν λογισμικό για την εφαρμογή της. Δύο από αυτές είναι η IBM και η Bosch.

5.2.1 Λογισμικό της IBM

Οι λύσεις λογισμικού για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης που διατίθενται από την IBM, προσφέρουν την πρόσβαση σε πηγές δεδομένων πραγματικού χρόνου για την πρόβλεψη της αστοχίας του εξοπλισμού της επιχείρησης. Αυτό το γεγονός, δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να οργανώσουν καλύτερα τη λειτουργία της επιχείρησης τους αποφεύγοντας έτσι τις απρόσμενες διακοπές λειτουργίας, οι οποίες μπορεί να αποβούν πολύ δαπανηρές για την εταιρεία, καθώς και να μειώσουν το κόστος της συντήρησης. Αυτές οι λύσεις δίνουν την δυνατότητα ανίχνευσης ακόμη και των πιο μικρών ανωμαλιών στη λειτουργία των μηχανημάτων καθώς και τον προσδιορισμό επαναλαμβανόμενων μοντέλων αστοχίας. Αυτή η έγκαιρη αναγνώριση των πιθανών αστοχιών βοηθά στην καλύτερη αξιοποίηση των πόρων, τη μεγιστοποίηση της συνεχούς λειτουργίας του εξοπλισμού καθώς και την ενίσχυση της ποιότητας και της καλής λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας.
Συγκεκριμένα μέσα από τις λύσεις που προσφέρει η IBM για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης δίνει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις να :

- Προβλέψουν που, πότε και γιατί κάποια αστοχία είναι πιθανό να συμβεί.
- Μειώσουν τα προβλήματα σε θέματα ποιότητας και αξιοπιστίας του εξοπλισμού ώστε να είναι συνεπής στο πρόγραμμα παράδοσης προς τον πελάτη.
- Βελτιώσουν τις δαπάνες που σχετίζεται με την έλλειψη αποθέματος αλλά την υπερβολική αποθήκευση αποθέματος.
- Ενισχύσουν τις πωλήσεις και τον προγραμματισμό των διαδικασιών για τη μείωση του κόστους των εργασιών.

Ενημερώνει για τις επερχόμενες δραστηριότητες τις συσχετιζόμενες ομάδες εργασίας ώστε να προληφθούν απρόσμενες αστοχίες του εξοπλισμού.

Συγκεκριμένα το πακέτο που προσφέρεται από την IBM για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης είναι το IBM SPSS predictive analytics software το οποίο δίνει τις ακόλουθες δυνατότητες:

- **Στατιστική ανάλυση και έκδοση εκθέσεων:** Παρέχει το σύνολο της αναλυτικής διαδικασίας , δηλαδή, το σχεδιασμό , τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση, την έκδοση εκθέσεων και την ανάπτυξη.

- **Δημιουργία μοντέλου πρόγνωσης με τη χρήση δεδομένων:** Χρησιμοποιεί ένα ισχυρό μοντέλο το οποίο συλλέγει και αξιολογεί τα δεδομένα το οποίο στη συνέχεια δίνει τη δυνατότητα αυτοματοποίησης των διαδικασιών.
- **Έκδοση αποφάσεων και εφαρμογή αυτών:** Οι αποφάσεις είναι καθοδηγούμενες από τα δεδομένα και μπορούν να βελτιώσουν τα επιχειρησιακά αποτελέσματα και να επιτύχουν την καλύτερη διαχείριση του ρίσκου.
- **Ανάλυση «μεγάλων» δεδομένων:** Η ανάλυση αυτών δίνει τη δυνατότητα καλύτερης εφαρμογής της προγνωστικής συντήρησης και ακόμη μπορεί να βοηθήσει στη οικοδόμηση αποτελεσματικών επιχειρησιακών διαδικασιών.

5.2.2 Λογισμικό της Bosch

Η Bosch Software Innovations, μέλος του ομίλου Bosch, σχεδιάζει, αναπτύσσει και θέτει σε λειτουργία καινοτόμο λογισμικό το οποίο βοηθά τους χρήστες του τόσο στην εφαρμογή της λογικής Internet of Things (IoT) όσο και στην παραδοσιακή λειτουργία της επιχείρησης. Η Bosch IoT Suite είναι μια πλατφόρμα της Bosch Software Innovations εγκατεστημένη στο cloud. Το λογισμικό επιτρέπει την αλληλεπίδραση του εξοπλισμού, των χρηστών, των εταιρειών και των συνεργατών σε μια κεντρική πλατφόρμα. Αυτή η λογική, επιτρέπει την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων για τα διάφορα νέα επιχειρησιακά μοντέλα.
Συγκεκριμένα για τα έργα που αφορούν την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης η προσέγγιση γίνεται σε συνεργασία με τους μελλοντικούς χρήστες. Η προσέγγιση αυτή καλύπτει όλα τα στάδια της διαδικασίας, ξεκινώντας με την αυτοματοποιημένη και έγκαιρη ανίχνευση των αποκλίσεων που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία του εξοπλισμού. Στόχος είναι η εγκατάσταση ενός λογισμικού το οποίο θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της εκάστοτε εταιρείας καθώς και θα είναι συμβατό με τις υποδομές της πληροφορικής που αυτή διαθέτει. Η Bosch Software Innovations διαθέτει λύσεις οι οποίες μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των μελλοντικών χρηστών και μπορούν να επεκταθούν οποιαδήποτε στιγμή. Συγκεκριμένα οι λύσεις αυτές είναι οι εξής:

1. **Manufacturing Analytics:** Αυτό το λογισμικό αναπτύσσει μοντέλα προγνωστικής συντήρησης τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν στην υπάρχουσα υποδομή. Ακόμη και μετά την εγκατάσταση η Bosch δίνει τη δυνατότητα τεχνικής υποστήριξης για την τελειοποίηση των αυτοματοποιημένων αλγορίθμων , ώστε να ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες της επιχείρησης.
2. **Production Performance Manager:** Αποτελεί ένα πιο γενικευμένο μοντέλο διαχείρισης της συντήρησης. Βασισμένο στις σε δεδομένα που εκδίδονται από τις μηχανές, ένα κεντρικό σύστημα εκδίδει εντολές για

την εφαρμογή επισκευών και τις αναθέτει στον κατάλληλο φορέα ώστε να πραγματοποιηθούν.

5.2.3 Σύγκριση Επιχειρησιακού Λογισμικού ERP

Η Gartner πραγματοποιεί έρευνα σχετικά με την παροχή λογισμού για ERP συστήματα. Σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε το 2015 η εικόνα για τα διαθέσιμα ERP συστήματα είναι αυτή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1 (Donnovan,2016).

Σχήμα 5.1: Magic Quadrant for ERP Systems

Το σύστημα Microsoft Dynamix AX, παρατηρείται πως κινείται προς τους ηγέτες . Οι ερευνητές δηλώνουν πως έχει βελτιωθεί αρκετά τα τελευταία τέσσερα χρόνια και είναι

διαθέσιμο σε πολλές εγκαταστάσεις ή εγκαθίσταται από συνεργάτες στη δικιά τους υποδομή ή βρίσκεται στο Azure.

Επίσης, η SAP βρίσκεται στους ηγέτες και αποτελεί το προϊόν για περίπου 700 συγκεκριμένες διαφορετικές βιομηχανικές λύσεις το οποίο είναι χτισμένο στη βασική γραμμή της εταιρείας ERP Central Control (ECC). Το SAP All-in-One αποτελείται από λύσεις με ισχυρή παρουσία στο χώρο αφού χρησιμοποιεί και την πλατφόρμα HANA η οποία αποτελεί δύναμη για την διάθεσή της στον παγκόσμια, την πληρότητά της και την σύγχρονη τεχνολογία που εφαρμόζεται στη μνήμη της.

Με αυτό το κριτήριο αλλά και με τις διαθέσιμές πληροφορίες, που συγκεντρώθηκαν θα αναλυθούν παρακάτω τα πακέτα που προσφέρει η Microsoft και η SAP για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης.

5.2.4 Λογισμικό της Microsoft και της SAP για την Προγνωστική Συντήρηση

5.2.4.1 Λογισμικό Microsoft Azure

Το Microsoft Azure αποτελεί μια υπολογιστική πλατφόρμα της Microsoft. Παρέχει ένα ευρύ φάσμα cloud υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων για την υπολογιστική, την ανάλυση την αποθήκευση και τη δικτύωση. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν από αυτές τις υπηρεσίες και έτσι να δημιουργήσουν νέες εφαρμογές ή να «τρέξουν» τις ήδη υπάρχουσες στο δημόσιο cloud.
Το Microsoft Azure θεωρείται , τόσο μια πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών (Platform as a Service /Paas), αλλά και η υποδομή για τη εφαρμογή υπηρεσιών (Infrastructure as a Service /IaaS).
Η Microsoft κατηγοριοποιεί τις υπηρεσίες του Azure σε έντεκα τύπους προϊόντων:

1. Υπολογιστικό (Compute)
2. Κινητών και Δικτύου (Web and Mobile)
3. Αποθήκευσης δεδομένων (Data storage)
4. Ανάλυσης (Analytics)
5. Δικτύωσης (Networking)
6. Μέσου επικοινωνίας (Media)
7. Υβριδικής Ολοκλήρωσης(Hybrid integration)
8. Διαχείριση Ταυτότητας και πρόσβασης (Identity and access management (IAM))
9. Σύνδεσης Αντικειμένων (Internet of Things (IoT))
10. Ανάπτυξης (Development)
11. Διοίκησης και Ασφάλειας (Management and security)

Όπως και άλλες δημόσιες cloud πλατφόρμες, το Azure χρησιμοποιείται από εταιρείες για τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας αλλά και για την αποκατάσταση πιθανών καταστροφών. Επιπλέον, κάποιες επιχειρήσεις το χρησιμοποιούν ως μια εναλλακτική λύση για την δημιουργία δικού τους κέντρου δεδομένων. Αντί να επενδύουν σε τοπικού δίσκους αποθήκευσης, κάποιοι οργανισμοί επιλέγουν να τρέξουν μερικές ή και όλες τις δυνατές επιχειρησιακές εφαρμογές του Microsoft Azure.

Το Microsoft Azure έγινε πρώτη φορά γνωστό τον Οκτώβριο του 2008. Η πλατφόρμα cloud, αρχικά, ονομάστηκε Windows Azure ενώ από τον Απρίλιο του 2014 μετονομάστηκε σε Microsoft Azure.
Το προϊόν που αξιοποιείται στην προγνωστική συντήρηση είναι το IoT Suite και αυτό θα παρουσιαστεί στη συνέχεια.

5.2.4.2 Λογισμικό SAP

Η SAP διαθέτει ένα προϊόν το οποίο χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης, το οποίο ονομάζεται SAP Predictive Maintenance and Service (PdMS). Αποτελεί μια νέα επιχειρησιακή εφαρμογή η οποία επικεντρώνεται στην λειτουργία των μηχανών και δίνει τη δυνατότητα στους υπεύθυνους συντήρησης , στους μηχανικούς αλλά και στους ειδικούς δεδομένων να λαμβάνουν ειδοποιήσεις, να διερευνούν τα βαθύτερα αίτια αστοχίας, να οπτικοποιούν τα δεδομένα και λαμβάνουν άμεσα δράση.
Προκειμένου ο χρήστης να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα συνεργάζεται με την ομάδα δημιουργία εφαρμογής, ώστε πρωταρχικό στόχο να έχουν οι προκλήσεις, ο ορισμός περιπτώσεων και η οικοδόμηση τεχνικής βάσης η οποία συνδυάζει και αναλύει επιχειρησιακά δεδομένα και δεδομένα αισθητήρων. Μόλις η εφαρμογή εγκατασταθεί στον τελικό χρήστη μπορεί αμέσως να δει τα πρώτα αποτελέσματα. Για παράδειγμα το σύστημα αντιλαμβάνεται ένα εισερχόμενο σήμα, σύμφωνα με το οποίο ένα προϊόν στην παραγωγή δεν πληροί τις προϋποθέσεις ποιότητας. Εκείνη τη στιγμή μπορεί κατευθείαν να ληφθεί δράση ώστε να αντιμετωπιστεί η μη επιθυμητή κατάσταση. Επιπλέον, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις οι οποίες για τη δημιουργία εργασιακών δραστηριοτήτων και τη βελτίωση των προγραμμάτων συντήρησης, τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων ή ακόμη και που είναι κατάλληλη η επισκευή και η αντικατάσταση των εξαρτημάτων. Το οφέλη μπορεί να είναι πολλά μέσα από τη χρήση αυτού του συστήματος όπως λιγότερος χρόνος αργίας των μηχανών, βελτίωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας καθώς και επίτευξη του στόχου να βρίσκεται το κατάλληλο ανταλλακτικό στην κατάλληλη λη θέση στην κατάλληλη στιγμή.
Γενικά, αποτελεί ένα προϊόν το οποίο δίνει πολλές δυνατότητες σχετικά με την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης, του οποίο ανάλυση πραγματοποιείται σε επόμενα κεφάλαια.

6. Συνδεσιμότητα Internet of Things (IoT)

Και τα δύο συστήματα τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια, χρησιμοποιούν τη συνδεσιμότητα IoT. Έτσι, προκειμένου να κατανοήσουμε τη λειτουργία της αρχιτεκτονικής τους θα πρέπει να γίνει κατανοητή η λογική του IoT.

Η συνδεσιμότητα των συσκευών μέσω της χρήσης της λογικής του IoT δίνει τη δυνατότητα για επικοινωνία μεταξύ συσκευών, συστημάτων και τη ροή πληροφορίας μεταξύ αυτών. Αυτή η εφεύρεση, δηλαδή η χρήση του διαδικτύου έχει διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται εντός των επιχειρήσεων που διαχειρίζονται μεγάλο όγκο πληροφοριών.

Συγκεκριμένα, η Cisco αναφέρει ότι "η τεχνολογία αυτή είναι το τελευταίο κύμα του διαδικτύου το οποίο συνδέει φυσικά αντικείμενα και παρέχει την καλύτερη ασφάλεια, άνεση και αποτελεσματικότητα". Η IBM το περιγράφει ως " το διαδίκτυο του κόσμου, το οποίο αποτελείται από ψηφιακά μηνύματα τα οποία μεταδίδονται μεταξύ των συσκευών.

Όλες οι εταιρείες περιγράφουν τη λογική αυτή με διαφορετικό τρόπο αλλά όλες συμφωνούν ότι το IoT σε συνδυασμό με τα διάφορα συστήματα που χρησιμοποιούν θα αλλάξουν ριζικά τον κόσμο των επιχειρήσεων.

6.1 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Αρχικά, οι συσκευές θα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους (Device to Device/D2D). Ύστερα τα δεδομένα της κάθε συσκευής, πρέπει να συλλέγονται και να αποστέλλονται στον διακομιστή – υποδομή(Device to Server/D2s). Ο διακομιστής στη συνέχεια πρέπει να μοιράσει τα δεδομένα αυτά είτε σε προγράμματα ανάλυσης είτε σε ανθρώπους (System to System/S2S). Σε αυτό το πλαίσιο τα πρωτόκολλα είναι τα εξής:

- **MQTT (Message Queue Telemetry):** Είναι πρωτόκολλο για τη συλλογή δεδομένων από συσκευές και τη διαμοίραση τους στους διακομιστές. Όπως δηλώνει και το όνομά του κύριος σκοπός του είναι η τηλεμετρία ή η εξ αποστάσεως παρακολούθηση. Στόχος αυτού του πρωτοκόλλου είναι να συλλέγει δεδομένα από πολλές συσκευές και να τα μεταφέρει στην υποδομή IT (Information Technology). Απευθύνεται σε μεγάλα δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν μικρές συσκευές οι οποίες χρειάζεται να παρακολουθούνται ή να ελέγχονται από το cloud. Μια αρχιτεκτονική που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι η hub-and-spoke, η οποία αποτελεί ένα σύστημα εναέριας κυκλοφορίας στο οποίο τοπικά αεροδρόμια προσφέρουν μετακίνηση μέσω του αέρα σε κεντρικά αεροδρόμια όπου πτήσης μεγάλης απόστασης είναι διαθέσιμες (Thesaurus). Όλες οι συσκευές συνδέονται σε ένα συγκεντρωτή δεδομένων. Από τότε που η υποδομή IT χρησιμοποιεί δεδομένα ολόκληρο το σύστημα σχεδιάζεται για να μεταφέρει δεδομένα σε τεχνολογίες της επιχείρησης. Μια τέτοια τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί για την παρακολούθηση των διαρροών ενός τεράστιου αγωγού πετρελαίου. Χιλιάδες αισθητήρες θα πρέπει να ενώσουν τα δεδομένα τους σε ένα σημείο για ανάλυση. Όταν το σύστημα

εντοπίσει κάποιο πρόβλημα, μπορεί να λάβει δράση για να το λύσει. Αλλές εφαρμογές που ενσωματώνουν ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι για την παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας αλλά και τον έλεγχο του φωτισμού. Όλες αυτές έχουν το κοινό ότι συλλέγουν δεδομένα από πολλούς αισθητήρες τα οποία μετά είναι διαθέσιμα στην υποδομή IT.

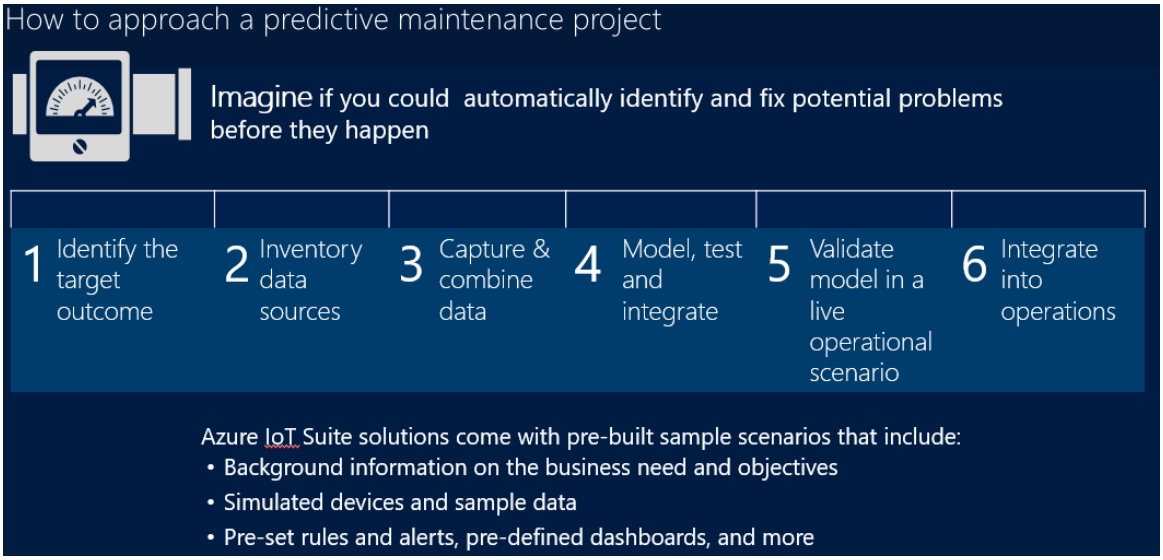
- **XMPP(Extensible Messaging and Presence Protocol)**: Αποτελεί ένα πρωτόκολλο καλύτερο για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και των ανθρώπων, μια ειδική περίπτωση του D2S, δεδομένου ότι οι άνθρωποι συνδέονται με διακομιστές. Δημιουργήθηκε προκειμένου να συνδέει ανθρώπους με άλλους μέσω της αποστολής μηνυμάτων κειμένου. Χρησιμοποιεί τη μορφοποίηση XMLκαθιστώντας έτσι την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων φυσική. Το κύριο πλεονέκτημα της είναι όρι χρησιμοποιεί μια διεύθυνση name@domain.com η οποία αφορά κάποιον άνθρωπο και έτσι καθιστά την επικοινωνία πιο εύκολη στον τεράστιο κόσμο του Internet. Στο πλαίσιο του IoT, αυτό το πλεονέκτημα χρησιμοποιείται για την δημιουργία διεύθυνσης για κάθε συσκευή. Αυτό είναι ιδιαίτερα βολικό ειδικά εάν οι συσκευές βρίσκονται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Η ταχύτητά της για πραγματικό χρόνο μετριέται σε δευτερόλεπτα. Για παράδειγμα, αποτελεί εάν εξαιρετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας εάν συνδεθεί ο θερμοστάτης του σπιτιού σε έναν διακομιστή διαδικτύου ώστε στη συνέχεια ο άνθρωπος να έχει πρόσβαση από το κινητό του. Η δύναμή του στην ασφάλεια και στην επεκτασιμότητα το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές IoT προσανατολισμένες προς τον καταναλωτή.
- **DDS(Data Distribution Service)**: Είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών (D2D). Αποτελεί ένα πρωτόκολλο επικεντρωμένο στα δεδομένα με βιομηχανικές εφαρμογές. Μπορεί να μεταφέρει εκατομμύρια μηνύματα ανά δευτερόλεπτο σε πολλούς αποδέκτες. Οι συσκευές δέχονται τα δεδομένα με πολύ διαφορετικό τρόπο από ότι οι υποδομές IT. Ο χρόνος μετάδοσης πολλές φορές είναι μετριέται σε μικροδευτερόλεπτα. Το πρωτόκολλο αυτό προσφέρει υψηλή ποιότητα αλλά και μεγάλη αξιοπιστία. Επίσης, προσφέρει τρόπους για φιλτράρισμα των δεδομένων πριν μεταφερθούν στην επιθυμητή τοποθεσία. Μπορεί ακόμη να γίνει διαχωρισμός τους και να μεταφερθούν σε διαφορετικές συσκευές. Είναι η μόνη τεχνολογία επικοινωνίας που προσφέρει ευελιξία, αξιοπιστία και εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Εφαρμογές της έχουν πραγματοποιηθεί σε στρατιωτικά συστήματα, σε αιολικά πάρκα, στην ιατρικά ακόμη και στην δοκιμή των αυτοκινήτων. Η DDS συνδέει συσκευές ώστε να δουλεύουν παράλληλα, για διάφορες εφαρμογές σε φυσικές ταχύτητες.
- **AMQP(Advanced Message Queuing Protocol):** Αποτελεί ένα σύστημα αναμονής για τη σύνδεση μεταξύ διάφορων διακομιστών (S2S). Σε αυτό το πρωτόκολλο πραγματοποιείται συναλλαγή μηνυμάτων μέσω διακομιστών. Προέκυψε από τον τραπεζικό κλάδο μιας και μπορεί να επεξεργαστεί με αξιόπιστο τρόπο χιλιάδες συναλλαγές που βρίσκονται σε αναμονή. Τα τελικά σημεία στα οποία αποστέλλεται το μήνυα θα πρέπει να το γνωρίζουν ώστε να το παραλάβουν. Αυτό το πρωτόκολλο, λόγων της ρίζας του επικεντρώνεται στην παρακολούθηση όλων των μηνυμάτων

και διαβεβαιώνει για τη επιβεβαιώνει την παράδοσή του στο επιθυμητό τελικό σημείο. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μηνύματα μεταξύ επιχειρήσεων. Συνήθως ως συσκευές ορίζονται τα κινητά τηλέφωνα επικοινωνίας τα οποία επικοινωνούν με τα κέντρα δεδομένων. Για την τεχνολογία IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο για λειτουργίες ανάλυσης που βασίζονται στον διακομιστή.

Και τα τέσσερα πρωτόκολλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τεχνολογία IoT αλλά για κάθε περίπτωση εφαρμογής θα πρέπει να επιλεχθεί το σωστό, ανάλογα με τις ανάγκες του τελικού χρήστη. Κάθε πρωτόκολλο εξυπηρετεί διαφορετικές διαδικασίες. Για παράδειγμα, το άνοιγμα του διακόπτη φώτων (XMPP), διαφέρει πάρα πολύ από την παραγωγή ενέργειας (DDS), την παρακολούθηση των γραμμών μεταφοράς (MQTT) ή την ανάλυση της χρήσης ενέργειας πίσω στο κέντρο δεδομένων (AMQP).

7. Microsoft Azure IoT Suite

7.1 Μεθοδολογία Υλοποίησης



Σχήμα 7.1: Βήματα υλοποίησης του Microsoft Azure

Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθείται για την εφαρμογή ενός σεναρίου προγνωστικής συντήρησης μέσω της χρήσης του Microsoft Azure. Συγκεκριμένα ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. **Προσδιορισμός του αναμενόμενου αποτελέσματος (Identify the target outcome)**
   Η πρόβλεψη που πρέπει να πραγματοποιήσουμε δε έχει καμιά αξία εάν δεν μπορεί να ληφθεί δράση. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη ότι μια μονάδα θέρμανσης και ψύξης πρόκειται να αποτύχει την επόμενη μένα δεν είναι χρήσιμη διότι δεν μπορεί να γίνει καμιά ενέργεια ώστε να προληφθεί η ενέργεια αυτή. Έτσι, καταλαβαίνουμε ότι η πρόβλεψη πρέπει να γίνεται συγκεκριμένα και όχι αφηρημένα.
2. **Καταγραφή πηγών δεδομένων (Inventory data sources)**
   Στο δεύτερο στάδιο πρέπει να γίνει προσδιορισμός όλων των πιθανών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των τύπων δεδομένων καθώς της ποσότητας των διαθέσιμων. Το αποτέλεσμα που επιδιώκουμε μέσω αυτού του βήματος είναι να διαπιστώσουμε ποια από αυτά τα δεδομένα είναι σημαντικά και ποια όχι. Αυτά μπορεί να είναι δομημένα ή αδόμητα και είτε από εσωτερικά είτε από εξωτερικά μέρη του συστήματος.
3. **Σύγκέντρωση και Συνδυασμός δεδομένων (Capture and combine data)**
   - Σε αυτό το στάδιο οδηγούμε όλα τα δεδομένα σε ένα σημείο στο οποίο γίνεται η προετοιμασία για την ανάλυσή τους. Από το γεγονός ότι τα δεδομένα μπορούν να τοποθετηθούν σε πολλά μέρη, η σύνδεση ους σε ένα μόνο, συνεκτικό σύστημα είναι ένα πολύ βασικό βήμα της διαδικασίας. Επειδή είναι πιθανή η ενασχόληση με μεγάλο όγκο δεδομένων, είναι

σημαντικό να χρησιμοποιηθεί ένα εργαλείο ανάλυσης που να μπορεί να χειριστεί αυτά τα «μεγάλα» δεδομένα.

- Η ομαλοποίηση των δεδομένων μπορεί να πάρει χρόνο αλλά είναι κρίσιμα σημαντική, ειδικά αν στηρίζονται, ακόμη και εν μέρει, σε ανέκδοτες πληροφορίες από τις ομάδες επισκευών. Επίσης, βοηθά στη βελτίωση της ακρίβειας και της εγκυρότητας της ανάλυσης.

4. **Μοντελοποίηση, Δοκιμή και Επανάληψη (Model, test, and iterate)**

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιούνται τα ακόλουθα βήματα:

- Η πρόβλεψη απροσδόκητων μοτίβων μέσω της ανάπτυξης στατιστικών μοντέλων χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές ανάλυσης. Χρησιμοποιούνται κατάλληλα μοντέλα για την πρόγνωση των επερχόμενων βλαβών των εξαρτημάτων.(Stack-rank models to determine which model is best at forecasting the timing of AC unit failures).
- Ο τύπος του μοντέλου είναι σημαντικός έτσι ώστε να είναι χρήσιμο, έτσι ώστε τα προνόμια της ανάλυσης να στηρίζονται αυστηρά στην επιχείρηση. Για παράδειγμα , εάν η ομάδα συντήρησης χρειάζεται 48 ώρες πριν προειδοποίησε ώστε να λάβει δράση, τότε χρήσιμο μοντέλο είναι αυτό που πληροί αυτή τη μια προϋπόθεση, εκτός φυσικά εάν υπάρχουν και άλλες ανάλογα την επιχείρηση.

5. **Επικύρωση του μοντέλο με χρήση πραγματικών δεδομένων (Validate models using your latest data)**

Στο πέμπτο στάδιο ακολουθούμε τα εξής βήματα:

- Αρχικά γίνεται εφαρμογή του μοντέλου σε συνεχή ροή δεδομένων και παρατηρείται πως αυτό λειτουργεί σε πραγματικές συνθήκες.
- Χρειάζεται η ικανότητα ανάγνωσης των μηχανών ώστε το μοντέλο να βελτιωθεί και να είναι έτοιμο για πλήρη εφαρμογή.
- Για το τρέξιμο ενός προγράμματος προγνωστικής συντήρησης IoT, ο εξοπλισμός χρειάζεται να είναι συνδεδεμένος και να στέλνει τα πιο πρόσφατα λειτουργικά δεδομένα στο κατάλληλο σύστημα. Αυτές οι ροές πραγματικών δεδομένων είναι αυτό που μοντέλο μας αναλύει για να διαγνώσει κάποιο πρόβλημα, να εκδώσει ειδοποιήσεις για τη λήψη ενεργειών.

6. **Ενσωμάτωση στις λειτουργίες (Integrate into operations)**

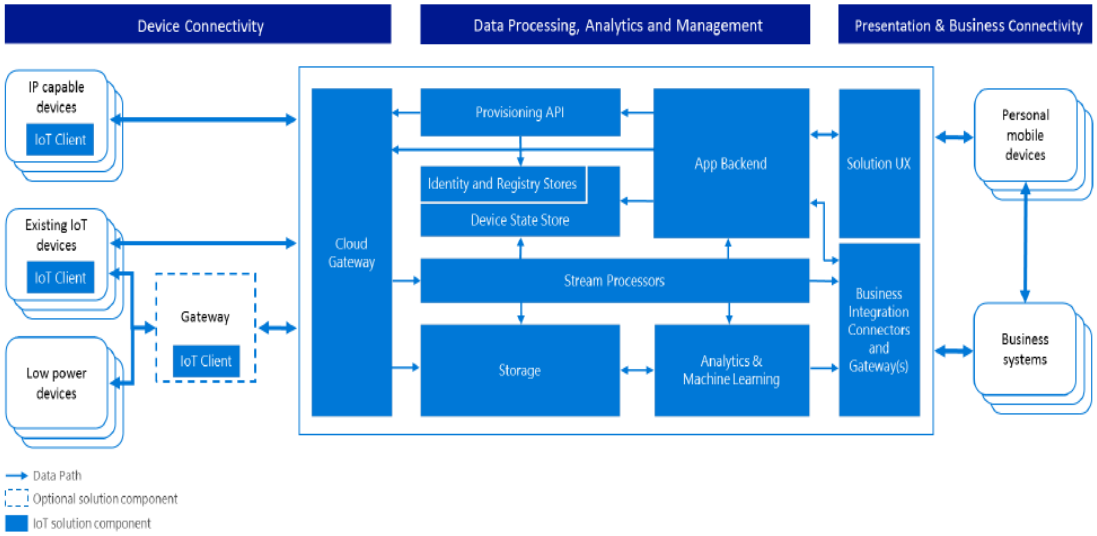
- Το μοντέλο γίνεται λειτουργικό μέσω της αναπροσαρμογής των διαδικασιών, των συστημάτων και των πόρων ώστε να ενεργεί σε πραγματικό χρόνο. Συνεχιζόμενες βελτιώσεις πρέπει να πραγματοποιούνται από το εσωτερικό των μηχανών και της προηγμένης ανάλυσης.
- Η επιχειρησιακή αλλαγή μπορεί να γίνει μακροπρόθεσμα, έτσι, μια σταδιακή προσέγγιση συνίσταται για να γίνουν κατανοητά τα στοιχειώδη οφέλη. Οι λειτουργικές βελτιώσεις που μπορεί να γίνουν μέσω της εφαρμογή ενός συστήματος προγνωστικής συντήρησης είναι εκτεταμένες.

7.2 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής

Το Σχήμα 7.2 παρουσιάζει την υψηλού επιπέδου εννοιολογική αρχιτεκτονική. Η αρχιτεκτονική του συστήματος αυτού αποτελείται από βασικές υπηρεσίες πλατφόρμας καθώς και εφαρμογές οι οποίες διευκολύνουν τις ανάγκες επεξεργασίας απέναντι στους τρεις βασικούς τομείς της τυπικής λύσης IoT. Οι τομείς αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Συνδεσιμότητα Συσκευών(Device Connectivity)
- Επεξεργασία, Ανάλυση και Διαχείριση Δεδομένων(Data processing, analytics and management)
- Παρουσίαση και Σύνδεση με επιχειρησιακά συστήματα(Presentation and business connectivity)

Συγκεκριμένα στο Σχήμα 7.2, αριστερά παρουσιάζονται οι τρόποι σύνδεσης των συσκευών, δεξιά η σύνδεση με τα επιχειρησιακά συστήματα και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων ενώ στο κέντρο πραγματοποιείται η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων.



Σχήμα 7.2: Υψηλού Επιπέδου Εννοιολογική Αρχιτεκτονική

Οι συσκευές μπορούν να συνδεθούν άμεσα ή έμμεσα μέσω μιας πύλης (gateway), και έτσι να εφαρμοστούν διαφορετικά επίπεδα δυνατοτήτων επεξεργασίας. Μια πύλη cloud προβάλει τελικά σημεία σύνδεσης των συσκευών διευκολύνοντας έτσι την αμφίδρομη επικοινωνία του συστήματος. Το τελικό άκρο περιέχει πολλά συστατικά ώστε να είναι δυνατή η καταχώρηση και ανίχνευση πολλών συσκευών, η συλλογή δεδομένων, ο μετασχηματισμός και η ανάλυση καθώς και η επιχειρηματική λογική και οι απεικονίσεις.

Το τμήμα της παρουσίασης και ένταξης στις επιχειρήσεις είναι υπεύθυνο για την ένταξη του περιβάλλοντος Iota στις επιχειρηματικές διαδικασίες ενός οργανισμού. Η λύση Iota εφαρμόζεται σε ήδη υπάρχουσες line-of-business εφαρμογές και σε τυπικές λύσεις

λογισμικού. Οι τελικοί χρήστες σε σενάρια business-to-business και business-to-customer, θα αλληλεπιδρούν με τη λύση Iota και τις ειδικού σκοπού Iota συσκευές μέσω αυτού του σταδίου. Θα μπορούν να χρησιμοποιούν τη λύση IoT χρησιμοποιώντας εφαρμογές σε προσωπικές κινητές συσκευές, όπως σε κινητά τηλέφωνα.

Οι λύσεις της Microsoft για IoT μπορεί είτε να δημιουργούνται εξαρχής είτε να είναι προδιαμορφωμένες και να προσφέρουν σύνδεση στοιχείων για κοινά σενάρια IoT.

7.2.1 Κατευθυντήριες Αρχές της Αρχιτεκτονικής

Η βασική αρχιτεκτονική του συστήματος προσφέρει οικεία στοιχεία τα οποία επιτρέπουν την ασφάλεια των συνδέσεων, υποστηρίζουν πολύπλοκες λύσεις σε υψηλή κλίμακα και επιτρέπουν τη μέγιστη ευελιξία σε διάφορες πιθανές λύσεις σεναρίων. Αυτό κινητοποιεί τις κατευθυντήριες γραμμές της αρχιτεκτονικής αυτής απέναντι σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Οι κατευθυντήριες γραμμές της αρχιτεκτονικής αυτής, για την προσαρμογή των λύσεων στα διάφορα σενάρια είναι οι ακόλουθες:

- **Ανομοιογένεια:** Το προτεινόμενο μοντέλο πρέπει να μπορεί να προσαρμοστεί σε μια τεράστια ποικιλία σεναρίων, περιβαλλόντων, συσκευών, μοτίβων επεξεργασίας και προτύπων. Θα πρέπει να είναι ικανό να διαχειριστεί τεράστιο υλικό καθώς και ανομοιογενή λογισμικά.
- **Ασφάλεια:** Επειδή οι λύσεις IoT αντιπροσωπεύουν μια ισχυρή σύνδεση μεταξύ ψηφιακού και φυσικού περιβάλλοντος, η δημιουργία ασφαλών συστημάτων αποτελεί βασικό θεμέλιο. Αυτό το μοντέλο αρχιτεκτονικής μελετά τα μέτρα ασφάλειας και ιδιωτικότητας απέναντι σε όλα τα περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένου των συσκευών και της ταυτότητας του χρήστη, της αυθεντικότητας και της εξουσιοδότησης, της προστασίας των δεδομένων καθώς και όλες τις στρατηγικές για τη βεβαίωση των δεδομένων.
- **Αναπτύξεις υπέρ-κλίμακας:** Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική θα πρέπει να υποστηρίζει τη σύνδεση εκατομμυρίων συσκευών. Θα πρέπει να επιτρέπει σε έργα να ξεκινούν από μικρό αριθμό σύνδεσης συσκευών να κλιμακώνονται σε μεγαλύτερες διαστάσεις.
- **Ευελιξία**: Οι ετερογενείς ανάγκες της αγοράς IoT απαιτούν την ανοιχτή σύνθεση διαφόρων υπηρεσιών και εξαρτημάτων του. Το μοντέλο αναφοράς είναι δημιουργημένο πάνω στην αρχή της συνδεσιμότητας επιτρέποντας έτσι την επεκτασιμότητα ορισμένων σημείων και τη χρήση διαφόρων τύπου τεχνολογιών. Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος που οδηγείται με βάση τα γεγονότα που πραγματοποιούνται, είναι η ραχοκοκαλιά για χαλαρά συνδεδεμένες υπηρεσίες και μοντέλα επεξεργασίας.

7.2.2 Συσκευές και Μοντέλα Δεδομένων

Η κατανόηση των δεδομένων αποτελεί ένα βασικό κομμάτι για την κατασκευή ενός συστήματος επικεντρωμένο στην συλλογή, την ανάλυση και διαχείριση δεδομένων που προκύπτουν από τις συσκευές που χρησιμοποιούμε. Ο ρόλος των συσκευών, τα μοντέλα δεδομένων, οι ροές δεδομένων και η κωδικοποίηση δεδομένων αποτελούν πολύ βασικά στοιχεία αυτής της διαδικασίας.

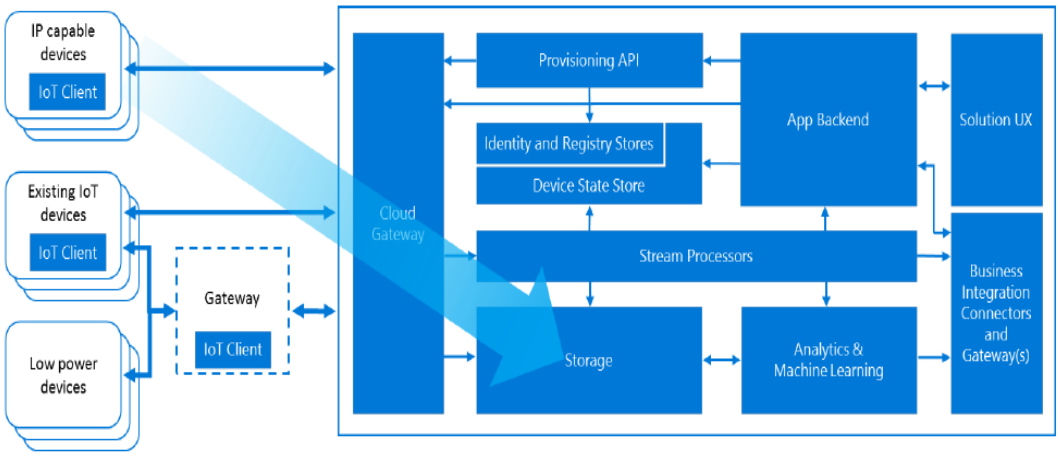
Τα μοντέλα δεδομένων συχνά περιγράφουν το σήμα για τα περιγραφικά μεταδεδομένα μιας συσκευής όπως το σειριακό της αριθμό, σήματα που εκπέμπονται από τη συσκευή για τη διαμόρφωση παραμέτρων για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των δεδομένων καθώς και δραστηριότητες και παραμέτρους για τις δράσεις ελέγχου που μπορεί να πραγματοποιήσει μια συσκευή ή ακόμη και τι διαδικασίες μπορεί να παρακολουθήσει.

Υπάρχουν πολλά οφέλη από διαφορετικές προσεγγίσεις μοντελοποίησης των δεδομένων που συλλέγονται από διάφορες συσκευές, σε διαφορετικές βιομηχανίες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση μιας βιομηχανίας αυτοματισμού, η σημασιολογία και η δομή των δεδομένων θα είναι εντελώς διαφορετική από την εφαρμογή που μπορεί να προκύψει για μια αυτοκινητοβιομηχανία διότι το μοντέλο που δημιουργείται βασίζεται σε διαφορετικά στοιχεία της κάθε βιομηχανίας καθώς και σε διαφορετικά σήματα δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική αυτή, υιοθετεί μια θεμελιώδη αρχή αφαίρεσης των ροών δεδομένων σύμφωνα με την οποία οι συσκευές και τα μοντέλα δεδομένων δεν είναι δεν είναι απαραίτητο να ρέουν και να αποθηκεύουν πληροφορίες σε βασικά στοιχεία της πλατφόρμας. Στο επίπεδο της δημιουργίας λύσης, δομημένα δεδομένα περιφρουρούνται από μοντέλα δεδομένων όταν αυτά παράγονται από τα διάφορα συστατικά του συστήματος. Οι προγραμματιστές έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τα σήματα για την ανάπτυξη λύσεων για τους πελάτες.

Η αρχιτεκτονική IoT υιοθετεί την θεμελιώδη έννοια της ροής δεδομένων τα οποία αποτελούνται από αρχεία δεδομένων και αντιπροσωπεύουν τη ροή πληροφορίας εντός ενός συστήματος. Οι ροές δεδομένων δεν έχουν προκαθορισμένη μορφή για τα αρχεία επειδή κάθε δομή θα εξαρτάται από τον τύπο δεδομένων που μεταφέρονται. Η αρχιτεκτονική αυτή είναι απολύτων ουδέτερη όσον αφορά τη δομή των αρχείων και τη σημασιολογία τους. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη συνταγή στην ονοματολογία, στη σημασία ή στον τύπο δεδομένων για τη θεμελιώδη λειτουργία της πλατφόρμας.

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει τη ροή δεδομένων από μια συσκευή μέσω μιας πύλης και ενός επεξεργαστή ροών δεδομένων σε μια θέση αποθήκευσης. Συγκεκριμένα παρακάτων περιγράφεται αναλυτικά πως τα δεδομένα συλλέγονται, επεξεργάζονται ώστε να είναι κατανοητά από το σύστημα και αποθηκεύονται.



Σχήμα 7.3: Ροή Δεδομένων στην Αρχιτεκτονική IoT

- **Συσκευή Τηλεμετρίας**: Τα δεδομένα των αισθητήρων των συσκευών αποτελούνται από ψηφιακά σήματα – ακολουθίες παρατηρήσεων που έγιναν σε συγκεκριμένο χρόνο, για μια συγκεκριμένη περίοδο η οποία έχει οριστεί κατάλληλη για τη συλλογή σήματος. Αυτά τα σήματα μπορεί να απαιτούν ένα επίπεδο προεπεξεργασίας πάνω στη συσκευή, στην οποία περίπτωση το αποτέλεσμα της επεξεργασίας είναι σχετικό με σύστημα. Είναι επίσης σημαντικό να σημειώσουμε ότι τα προεπεξεργασμένα σήματα μπορούν να κωδικοποιηθούν και να μεταφερθούν σε διάφορους τύπους κωδικοποίησης. Παραδείγματα σημάτων είναι ήχοι και φώτα τα οποία απαιτούν επιτόπια ανάλυση σε πολλά σενάρια.

- **Κατάσταση (state), Ειδοποιήσεις (alerts) και Δράσεις (actions):** Η αρχιτεκτονική αυτή δεν προδιαγράφει ένα συγκεκριμένο τρόπο για την κατάσταση, την ειδοποίηση και τη λήψη δράσης όσον αφορά ένα συγκεκριμένο ροής πληροφορίας. Η κατάσταση μιας παραμέτρου γίνεται γνωστή από την τελευταία εγγραφή που περιέχει αυτή την παράμετρο. Οι συσκευές μπορεί να στέλνουν εγγραφές οι οποίες να περιέχουν όλες τις προκαθορισμένες παραμέτρους, σε μια συγκεκριμένη εγγραφή, ή σε πολλές περιπτώσεις μόνο τιμές οι οποίες έχουν αλλάξει από την τελευταία εγγραφή που είχε σταλεί. Στην τελευταία περίπτωση, οι συσκευές θα μπορούσαν να στέλνουν από στιγμή σε στιγμή ένα πλήρες στιγμιότυπο όλων των παραμέτρων ανάμεσα σε διαφορετικές εγγραφές. Η ειδοποίηση είναι ένας κανόνα επεξεργασίας οποίος ενεργοποιείται όταν ορισμένες προϋποθέσεις παρουσιάζονται σε μια εγγραφή. Η δράση είναι η απάντηση στην ειδοποίηση. Οι δράσεις μπορούν να οριστούν με διαφορετικό τρόπο, οποίος εξαρτάται από το εκάστοτε σενάριο. Ανακεφαλαιώνοντας, οι ροές πληροφορίας οι οποίες αποτελούνται από εγγραφές μεταφέρονται στο Azure μέσω των συσκευών. Αυτές οι εγγραφές είτε αναφέρουν την κατάσταση μιας συσκευής σε ένα συγκεκριμένο σημείο, είτε δρουν ως ειδοποιήσεις που προκαλούν τη λήψη δράσης.

- **Χρονικές σημάνσεις**: Κάθε δομή θα εξαρτάται από το είδος των δεδομένων που μεταφέρονται και έτσι δεν θα υπάρχει προκαθορισμένο μοντέλο για το περιεχόμενο των εγγραφών. Επειδή κοινή σύμβαση για την ώρα ή τις χρονικές σημάνσεις , μια συγκεκριμένη λύση μπορεί να επιλέξει ένα συγκεκριμένο μοντέλο για την έκφραση του χρόνου. Παραδείγματα τέτοιων μοντέλων είναι χρονικά μοντέλα τα οποία παρέχονται από προμηθευτές.

- **Ροή Δεδομένων**: Καθώς τα δεδομένα εισέρχονται στο Azure, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πως η διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων μπορεί να ποικίλει. Μπορεί να πραγματοποιηθεί ενδιάμεση επεξεργασία των δεδομένων,έτσι ώστε να μετατραπούν σε νέο τύπο ο οποίος μπορεί να αξιοποιηθεί από το σύστημα. Επίσης, οι ροές δεδομένων μπορούν να εμφανίζονται σε διαφορετικά σημεία του συστήματος βασισμένα στον τύπο των δεδομένων που εμφανίζονται. Αυτή η ενδιάμεση επεξεργασία μπορεί να γίνει ‘’ on the fly’’ ως μέρος των επεξεργαστών ροών πληροφορίας ή αγωγών μεταφοράς δεδομένων στο σημεία όπου χρειάζεται η πληροφορία. Εάν πρέπει να γίνει ταυτόχρονη ροή πολλών διαφορετικών δεδομένων, η πρόταση είναι να γίνει διαχωρισμός μέσω του συστήματος ανάλογα με τη σημαντικότητά τους. Οι ροές αυτές μπορούν επίσης να διαχωριστούν χρησιμοποιώντας μια σύμβαση γύρω από ένα συγκεκριμένο τομέα χρησιμοποιώντας έναν μεμονωμένο τύπο κωδικοποίησης δεδομένων. Η κοινή παραδοχή για όλες τις ροές δεδομένων είναι ότι όλα τα αρχεία πρέπει να έχουν συμβατή δομή και σημασιολογία. Πεδία δεδομένων με συγκεκριμένο όνομα σε μια εγγραφή θα πρέπει να ταιριάζουν με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο της ίδιας εγγραφής τόσο στον τύπο όσο και στη σημασιολογία. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί οι υπηρεσίες της πλατφόρμας δεν έχουν την απαίτηση σε αυτό το επίπεδο να υπάρχουν συγκεκριμένα στοιχεία σε ένα μόνο μήνυμα. Η πληρότητα και η συμβατότητα είναι ευθύνη της εκάστοτε λύσης που δημιουργείται από τους προγραμματιστές.

7.2.3 Αλληλεπίδραση Συσκευών

Το μοντέλο διαχείρισης δεδομένων που χρησιμοποιεί η Microsoft, υιοθετεί τις αρχές της υπηρεσίας υποβοηθούμενης επικοινωνίας (Service Assisted Communication) για την δημιουργία μιας αξιόπιστης αμφίδρομης επικοινωνίας με συσκευές οι οποίες ενδεχομένως έχουν αναπτυχθεί σε μη αξιόπιστο χώρο. Οι αρχές που ισχύουν είναι οι εξής:

- Όλες οι συνδέσεις των συσκευών καθορίζονται σε εξωτερικό δίκτυο.
- Οι συσκευές, γενικά, μπορούν μόνο να συνδεθούν ή να καθιερώσουν διαδρομές σε γνωστές πύλες υπηρεσιών με τις οποίες είναι ισάξιες. Σε περίπτωση που χρειάζονται να τροφοδοτηθούν με πληροφορίες ή να δεχθούν εντολές από μια πληθώρα υπηρεσιών, οι συσκευές συνδέονται με πύλες οι οποίες μπορούν να αναλάβουν τη δρομολόγηση πληροφοριών και εξασφαλίζουν ότι οι εντολές γίνονται δεκτές μόνο από εξουσιοδοτημένα τμήματα πριν την τελική δρομολόγησή τους στη συσκευή.

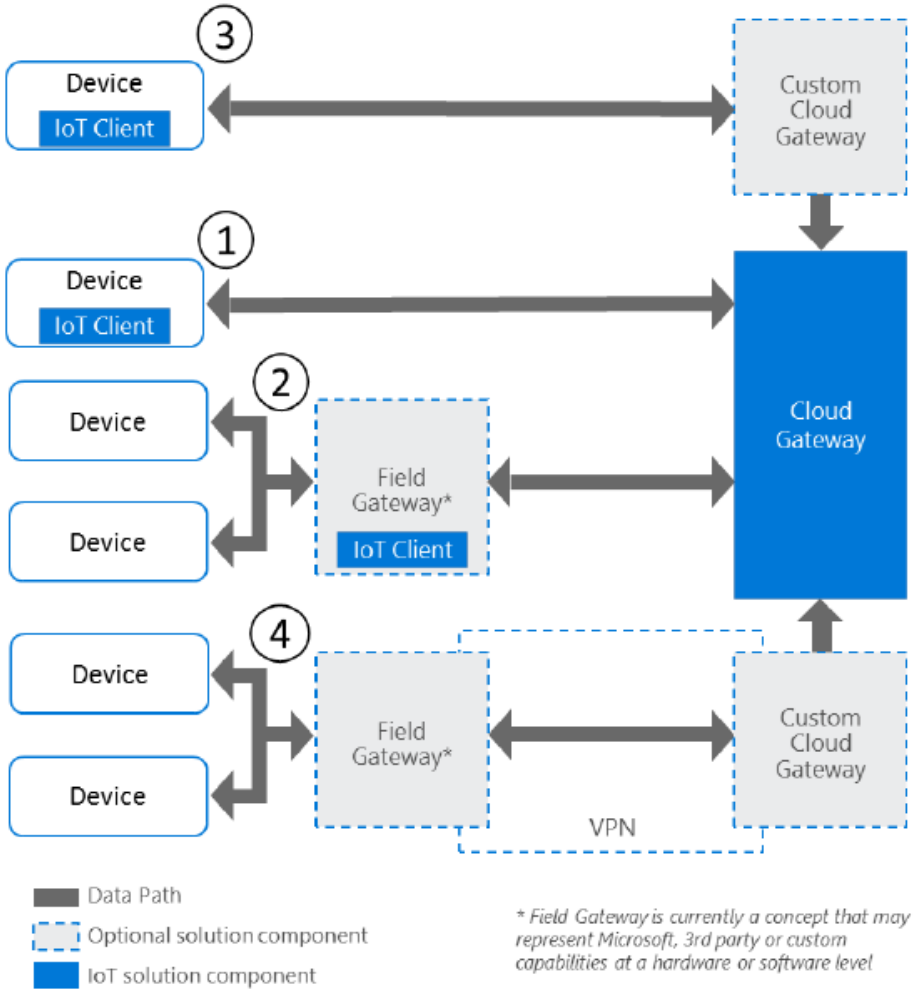
- Η επικοινωνία μεταξύ της συσκευή και της υπηρεσίας ή συσκευής και πύλης είναι ασφαλές στο επίπεδο της μεταφοράς πληροφοριών από τη συσκευή στην υπηρεσία ή την πύλη και το αντίστροφο. Αυτό συμβαίνει διότι οι συσκευές δεν εμπιστεύονται τις υπηρεσίες του δικτύου.
- Η αυθεντικότητα του συστήματος πρέπει να βασίζεται στην ταυτότητα της κάθε συσκευής και τα διαπιστευτήρια πρόσβασης καθώς και τα δικαιώματα χρήσης θα πρέπει να είναι σε τέτοιο βαθμό ορισμένα έτσι ώστε να μπορούν να ανακληθούν σε περίπτωση κατάχρησης του συστήματος ή της συσκευής.
- Τα δεδομένα των εφαρμογών θα πρέπει να είναι προστατευμένα στη μεταφορά μέσω πυλών σε μια συγκεκριμένη υπηρεσία.

7.2.4 Τα Συστατικά της Αρχιτεκτονικής

7.2.4.1 Συνδεσιμότητα Συσκευών

Στο Σχήμα 7.4 παρουσιάζονται εννοιολογικά οι διαφορετικοί τύποι επιλογών συνδεσιμότητας για τις λύσεις IoT. Οι αριθμοί στο σχήμα αντιστοιχούν σε τέσσερα διαφορετικά μοτίβα σύνδεσης που ορίζονται ως εξής:

1. Άμεση συνδεσιμότητα στην πύλη cloud: Αυτός ο τύπος σύνδεσης αφορά συσκευές οι οποίες μπορούν να πραγματοποιήσουν ασφαλείς συνδέσεις μέσω του διαδικτύου.
2. Συνδεσιμότητα μέσω ενός πεδίου (πύλης): Για συσκευές που χρησιμοποιούν συγκεκριμένα πρωτόκολλα βιομηχανιών, οι τεχνολογίες μικρής εμβέλειας όπως το Bluetooth, καθώς και για συσκευές με περιορισμένο χώρο αποθήκευσης ή δεν μπορούν να συνδεθούν με το διαδίκτυο. Αυτή η επιλογή είναι επίσης χρήσιμη για την ομαδοποίηση δεδομένων σε ένα πεδίο πριν τη μεταφορά τους στο cloud.
3. Συνδεσιμότητα μέσω μιας προσαρμοσμένης πύλης cloud: Χρησιμοποιείται για συσκευές που απαιτούν μετάφραση του πρωτοκόλλου ή κάποια άλλη προσαρμογή πριν φτάσουν στο τελικό σημείο επικοινωνίας της πύλης.
4. Συνδεσιμότητα μεταξύ ενός πεδίου και μιας προσαρμοσμένης πύλης: Όμοια με το προηγούμενο μοντέλο, τα σενάρια του αφορούν κάποιο συγκεκριμένο πεδίο ίσως να απαιτούν κάποια προσαρμογή του πρωτοκόλλου ή προσαρμογές στο cloud και ως εκ τούτου να μπορούν να επιλέξουν να συνδεθούν σε μια προσαρμοσμένη πύλη στο cloud. Κάποια σενάρια απαιτούν την ενσωμάτωση του πεδίου και της πύλης cloud χρησιμοποιώντας απομονωμένες διαδρομές διαδικτύου, είτε με τη χρήση τεχνολογιών VPN ή άλλων υπηρεσιών αναμετάδοσης.



Σχήμα 7.4: Σύνδεση Συσκευών

7.2.4.2 Επεξεργασία, Ανάλυση και Διαχείριση Δεδομένων(Data processing, analytics and management)

Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή των στοιχείων του Σχήματος 8.5, πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους και τι σημαίνει η ανάλυση δεδομένων για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης.

<u>Πύλη Cloud (Cloud Gateway)</u>

Μια πύλη cloud είναι μέλος της αρχιτεκτονικής που βασίζεται στο cloud , και επιτρέπει την εξ αποστάσεως επικοινωνία από και προς συσκευές και πύλες πεδίων. Μια πύλη cloud μπορεί να είναι προσβάσιμη είτε από το δημόσιο διαδίκτυο, είτε από δίκτυο VPN, είτε από ιδιωτικές συνδέσεις δικτύου με τα κέντρα δεδομένων του Azure, ώστε να απομονωθεί η πύλη cloud και όλες τις

συνδεδεμένες συσκευές ή τις πύλες τομέα από άλλες τυχόν κινήσεις εντός του δικτύου.

Γενικά, διαχειρίζεται όλες τις πτυχές της επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των συνδέσεων μεταφοράς, της προστασίας των «μονοπατιών» επικοινωνίας, της αυθεντικότητας των συσκευών και της εξουσιοδότησης τους απέναντι στο σύστημα. Ενδυναμώνει τις συνδέσεις και την απόδοση και συλλέγει δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται για τιμολόγηση, διάγνωση καθώς και για άλλες δραστηριότητες παρατήρησης. Η ροή των δεδομένων από τη συσκευή στην πύλη cloud εκτελείται μέσω ενός ή περισσότερων εφαρμογών αποστολή μηνυμάτων.

Προκειμένου να υποστηρίξει τις αρχιτεκτονικές που οδηγούνται από τα γεγονότα και τα κοινά πρότυπα επικοινωνίας, η πύλη cloud τυπικά προσφέρει ένα μοντέλο επικοινωνίας. Τα μηνύματα από τις συσκευές αποτελούν την είσοδο στο cloud και η ανταλλαγή μηνυμάτων γίνεται μέσω της πύλης, η οποία ουσιαστικά αποτελεί τον μεσολαβητή. Η κυκλοφορία των δεδομένων από και προς μιας συσκευής ουσιαστικά υποστηρίζεται από ένα μοντέλο ‘’inbox’’. Ακόμη και όταν η συσκευή είναι εκτός σύνδεσης, μηνύματα συνεχίζουν να στέλνονται τα οποία αποθηκεύονται και παραδίδονται μόλις η συσκευή ξανασυνδεθεί. Όμως επειδή το σύστημα που μελετάμε μπορεί να αποτελείτε από συστατικά των οποίων τα στοιχεία μεταβάλλονται σημαντικά με το χρόνο το μοντέλο ‘’INBOX’’ μας δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύουμε τα μηνύματα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Εφόσον αυτό το χρονικό διάστημα περάσει, νέα δεδομένα στέλνονται.

Ουσιαστικά η πύλη cloud αποτελεί έναν διαμεσολαβητή επικοινωνίας επιτρέποντας τη σύνδεση και αποσύνδεση της μιας άκρης του συστήματος με τα υπόλοιπα συστατικά του cloud.

Device Identity store

Σε αυτό το σημείο αποθηκεύονται όλες εκείνες οι πληροφορίες που αφορούν την ταυτότητα της κάθε συσκευής. Σε αυτό το σημείο δεν δίνεται η δυνατότητα αναζήτησης πέρας της άμεσης αναζήτησης στο αναγνωστικό της συσκευής. Αυτός ο λειτουργικός ρόλος έχει ληφθεί από το μητρώο της συσκευής (θα περιγραφεί σε επόμενη ενότητα). Αυτά τα δύο σημεία χωρίζονται κυρίως για λόγους ασφαλείας. Αναζητήσεις στο μητρώο δε θα πρέπει να επιτρέπουν την αποκάλυψη κρυπτογραφικού υλικού. Επίσης, ο περιορισμός του αποθηκευτικού χώρου στοιχείων ταυτότητας σε ένα ελάχιστο σύνολο από γνωρίσματα βοηθά στον καλύτερο έλεγχο του συστήματος καθώς και στην άμεση ανταπόκριση του στις διάφορες λειτουργίες. Η πύλη cloud βασίζεται στις πληροφορίες του για την πιστοποίηση και διαχείριση των συσκευών.

Device registry store

Το μητρώο αποτελεί έναν «δείκτη» της βάσης δεδομένων που υφίσταται παράλληλα με τον αποθηκευτικό χώρο για την ταυτότητα της συσκευής, το οποίο περιέχει τα δεδομένα που είναι σχετικά με την τροφοδότηση των συσκευών. Στο μητρώο αποθηκεύονται άλλες πληροφορίες για τη συσκευή που σχετίζονται με τα μεταδεδομένα. Το μητρώο δεν επιβάλλει κανένα συγκεκριμένο μοντέλο ή δομή για τα μετά δεδομένα της συσκευής αλλά είναι πιθανό να οριστεί ένα μοντέλο σήματος ή να επιλεγεί ένα συγκεκριμένο μοντέλο από βιομηχανία. Κατά τη διάρκεια της τροφοδότησης των συσκευών, σε κάθε συσκευή μπορεί να καταχωρηθεί ένα αρχείο μεταδεδομένων, τα οποία μπορεί να περιέχουν δομημένα μεταδεδομένα τα οποία μπορεί να περιέχουν συνδέσμους για εξωτερικά επιχειρησιακά δεδομένα.
Μεταδεδομένα: Η διάκριση μεταξύ μεταδεδομένων που περιγράφουν την ίδια τη συσκευή με επιχειρησιακά δεδομένα που δείχνουν την κατάσταση της συσκευής είναι σημαντική διότι επηρεάζει άμεσα το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα οι πληροφορίες μητρώου, να αποθηκευτούν και να διανεμηθούν σε όλο το σύστημα. Τα μεταδεδομένα, τυπικά, είναι δεδομένα που μεταβάλλονται αργά, ενώ τα επιχειρησιακά δεδομένα είναι ταχέως μεταβαλλόμενα.

Device Provisioning

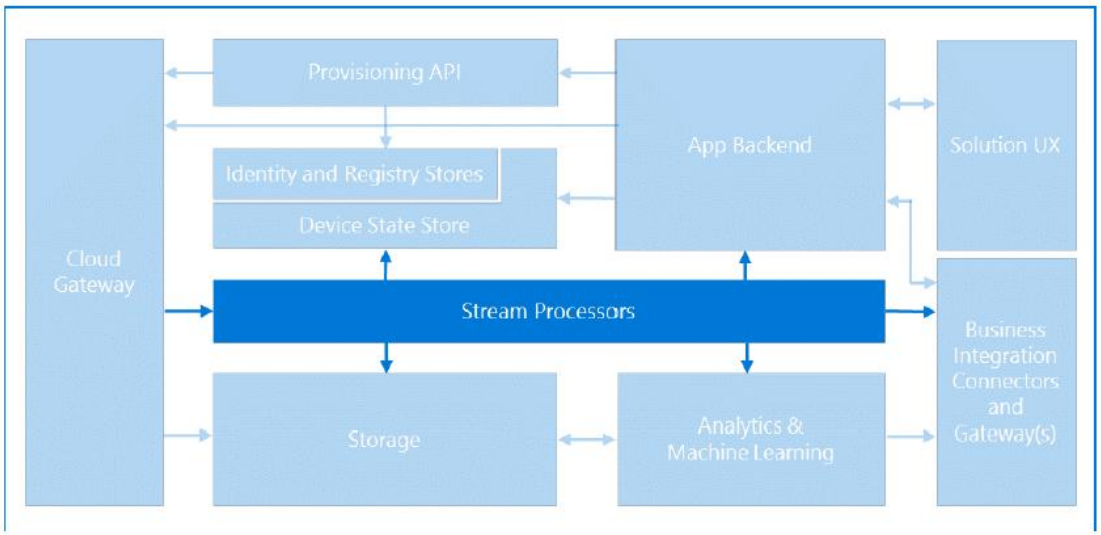
Η τροφοδοσία αντιπροσωπεύει το βήμα του κύκλου ζωής της συσκευής το οποίο πρέπει να αναληφθεί ώστε να γίνει γνωστό στο σύστημα. Το τροφοδοτικό API είναι μια κοινή εξωτερική διεπαφή για το πώς γίνονται οι αλλαγές μεταξύ του μητρώου και του αποθηκευτικού χώρου ταυτότητας.

Device State store

Σε αυτό το σημείο αποθηκεύονται τα επιχειρησιακά δεδομένα που σχετίζονται με τις συσκευές. Το αρχείο της κατάστασης της συσκευής είναι διαφορετικό από το μητρώο. Πολλές φορές το στοιχείο αυτό αποθήκευσης είναι προαιρετικό. Μια απλή εφαρμογή μπορεί να περιλαμβάνει έναν προεπιλεγμένο αποθηκευτικό χώρο για τα δεδομένα της συσκευής, αλλά ο συγκεκριμένος αποθηκευτικός χώρος παρέχει τη δυνατότητα διαγραφής ή αλλαγής των ροών δεδομένων. Η προεπιλεγμένη μορφή για τον αποθηκευτικό χώρο κατάστασης της συσκευής μπορεί να διατηρεί δύο τύπους πληροφοριών. Ο ένα τύπος είναι οι ροές των εισερχόμενων γεγονότων από τις συσκευές, ενώ ο άλλος τύπος είναι η προβολή των τελευταίων παρατηρούμενων τιμών οι οποίες συλλαμβάνονται από τη συσκευή.

Data flow and stream processing (Ροή και επεξεργασία δεδομένων)

Μετά την είσοδο των δεδομένων από την πύλη cloud, η ροή των δεδομένων μέσα στο σύστημα διευκολύνεται από «αντλίες» δεδομένων (data pumps) και τις εργασίες ανάλυσης (στο σχήμα της αρχιτεκτονικής εμφανίζεται ως Stream Processors). Οι αντλίες δεδομένων συνήθως κινούν ή δρομολογούν δεδομένα



χωρίς κανένα μετασχηματισμό ενώ οι εργασίες ανάλυσης εκτελούν πολύπλοκες επεξεργασίες γεγονότων. Σε αυτές τις διαδικασίες σημειώνουμε ότι πολλαπλά δεδομένα μπορεί να μεταδίδονται ταυτόχρονα. Επιπλέον, δεδομένου ότι η πύλη cloud αποτελεί το διαμεσολαβητή επικοινωνίας, τα ίδια δεδομένα μπορεί να χρησιμοποιηθούν από διαφορετικούς επεξεργαστές για διαφορετικούς σκοπούς. Αυτοί οι επεξεργαστές μπορούν να καθορίσουν την πορεία των δεδομένων και τη διαδρομής τους χωρίς αναμόρφωση ή ακόμη να εκτελούν

Σχήμα 7.5: Stream Processors

πολύπλοκες διαδικασίες επεξεργασίες όπως, συνάθροιση των δεδομένων, εμπλουτισμό των δεδομένων με δεδομένα αναφοράς , καθώς και διαδικασίες ανάλυσης όπως ανίχνευση των ορίων ή των ανωμαλιών και την έκδοση των ειδοποιήσεων.

Solution UX

Η λύση UX τυπικά περιλαμβάνει έναν ιστότοπο, αλλά μπορεί και να περιέχει διαδικτυακές υπηρεσίες και APIs με μια γραφική διεπαφή για χρήση είτε σε εφαρμογή σε κινητά είτε σε υπολογιστή. Όπως υποδηλώνει και το όνομά της, αποτελεί μέρος της λύσης και υλοποιεί την πρόσβαση και την οπτικοποίηση των δεδομένων της συσκευής και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, την ανακάλυψη των συσκευών μέσω των δυνατοτήτων του μητρώου, της διοίκησης και του ελέγχου, καθώς και τις προβλέψεις για της επερχόμενες εργασίες. Σε πολλές περιπτώσεις, οι τελικοί χρήστες θα ειδοποιούνται με κάποιο σήμα για έκτακτες καταστάσεις ή για απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να ληφθούν. Η λύση UX μπορεί επίσης να ενσωματώσει ένα ζωντανό ή διαδραστικό ταμπλό, το οποίο αποτελεί κατάλληλη μορφή οπτικοποίησης για IoT σενάρια με μεγάλο πλήθος συσκευών. Οι λύσεις IoT πολλές φορές περιλαμβάνουν γεω-τοπικές υπηρεσίες και η UI θα πρέπει να μπορεί να παρέχει κατάλληλους ελέγχους και δυνατότητες. Ουσιαστικά η λύση αυτή παρέχει τον έλεγχο του

συστήματος και των συσκευών που πρέπει να είναι ασφαλείς κατάλληλα με έλεγχο πρόσβασης που διαφοροποιείται κατάλληλα ανάλογα με τους ρόλους των χρηστών .

App back end

Η τελική εφαρμογή υλοποιεί την λύση βάσει της επιχειρηματικής λογικής. Υλοποιεί κατάλληλα μοντέλα , δημιουργεί ομάδες συσκευών και σχέσεις μεταξύ τους, επιχειρησιακούς κανόνες και δραστηριότητες κα επίσης διαχειρίζεται την πρόσβαση και τις συνδέσεις μεταξύ συσκευών και χρηστών. Σημαντικά τμήματα της εφαρμογής είναι η λογική χρήσης της λύσης, η ανακάλυψη και η οπτικοποίηση των συσκευών, η διαχείριση της κατάστασης των συσκευών και η εκτέλεση εντολών καθώς και το τμήμα της συσκευής που ελέγχει τον κύκλο ζωής της, επιτρέπει την αναβάθμιση του λογισμικού και τον εξ αποστάσεως έλεγχο των συσκευών. Σε αντίθεση με παραδοσιακά συστήματα μια λύση IoT θα μπορούσε να εξαπλωθεί σε πολλά εξαρτήματα του συστήματος. Το τμήμα διαχείρισης των συσκευών θα χρησιμοποιεί υπολογιστική λογική, ενώ το τμήμα ανάλυσης της λύσης θα υλοποιείται σε μεγάλο βαθμό κατευθείαν εντός των αντίστοιχων δυνατοτήτων της ανάλυσης.

Business systems integration

Το τμήμα ένταξης των συστημάτων στις επιχειρήσεις είναι υπεύθυνο για την απορρόφηση του περιβάλλοντος IoT σε κατάντη συστήματα όπως CRM,ERP, LOB. Η λύση IoT ενσωματώνονται σε ήδη υπάρχουσες γραμμές παραγωγής και τυπικές λύσεις λογισμικού μέσω επιχειρηματικών συνδέσμων. Οι τελικοί χρήστες σε B2B και B2C σενάρια θα αλληλεπιδρούν με τα δεδομένα των συσκευών και με συσκευές ειδικού σκοπού IoT μέσω αυτού στου τμήματος. Σε πολλές περιπτώσεις οι τελικοί χρήστες μπορεί να χρησιμοποιούν προσωπικές κινητές συσκευές για την πρόσβαση στη λειτουργικότητα του συστήματος. Αυτές οι προσωπικές συσκευές ,θεμελιωδώς, είναι διαφορετικές από τις συσκευές IoT , ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να υπάρξει σύνδεση μεταξύ της κινητής συσκευής και της συσκευής IoT. Για παράδειγμα, σε ένα σενάριο οικιακού αυτοματισμού, το κινητό τηλέφωνο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως πύλη πεδίου που συνδέει τις IoT συσκευές διευκολύνοντας έτσι την επικοινωνία τους. Από τη σκοπιά της αδειοδότησης, οι προσωπικές συσκευές και οι συσκευές IoT θα διαχειρίζονται από το τελικό σύστημα της λύσης IoT.

7.3 Λειτουργικότητα του Συστήματος

Στο Σχήμα 7.6 παρουσιάζονται οι οι λειτουργίες που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης χρησιμοποιώντας το Microsoft Azure IoT Suite. Συγκεκριμένα, δίνει τις εξής δυνατότητες:

- **Σύνδεση και διαχείριση συσκευών:** Δηλαδή, ο χρήστης μπορεί να συνδέσει χιλιάδες συσκευές ταυτόχρονα, τις οποίες μπορεί να παρακολουθεί και να διαχειρίζεται τις προδιαγραφές τους. Μέσω αυτού τους συστήματος δίνεται η δυνατότητα διαμόρφωσης ξεχωριστή ταυτότητας για κάθε συσκευή, γεγονός που αυξάνει την ασφάλεια των δεδομένων τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν

επιτρέπει την πρόσβαση σε κάποια συσκευή ώστε να διατηρηθεί η ακεραιότητα του συστήματος.

- **Σύνδεση και έλεγχος δεδομένων:** Μέσω αυτής της διαδικασίας ο χρήστης μπορεί να έχει μια αξιόπιστη και αμφίδρομη επικοινωνία με τις συσκευές λαμβάνοντας παραγματικά δεδομένα τηλεμετρίας τα οποία μπορεί να αναλύσει.
- **Επεξεργασία σειρών δεδομένων και προγνωστική ανάλυση:** Το σύστημα αυτό μπορεί ταυτόχρονα να επεξεργάζεται πολλές σειρές δεδομένων. Μέσα από την ανάλυσή τους, με βάση την πρόγνωση φυσικά, μπορεί να εκδόσει εντολές συντήρησης ή ακόμη και να εκδόσει πρόγραμμα συντήρησης όταν μιλάμε για παραπάνω από μία, ταυτόχρονες ενέργειες.
- Αυτοματοποιήση της ροής εργασίας: Η ενσωμάτωσή του σε ένα ήδη υπάρχον σύστημα, όπως CRM ή ERP, βοηθά στην μέγιστη αξιοποίηση των δεδομένων που συλλέγει, συνδυάζοντάς τα, κιόλας, με άλλα επιχειρησιακά δεδομένα από αυτά τα συστήματα.
- **Δημιουργία ταμπλό και οπτκοποίηση των δεδομένων:** Μέσα από την ανάλυση που πραγματοποιεί ο χρήστης μπορεί να οπτικοποιήσει τα δεδομένα του προκειμένου να τα αξιοποιήσει καλύτερα. Δηλαδή, μπορεί να δημιουργήσει γραφικές παραστάσεις μετρήσεων, οι οποίες συγκρίνονται με τα όρια των κανονικών τιμών λειτουργίας της μηχανής. Επίσης, με τη δημιουργία κεντρικών ταμπλώ, παρακολουθείται εύκολα η συνολική κατάσταση του συστήματος.
- **Προδιαμορφωμένες λύσεις:** Για κοινές περιπτώσεις και όχι ιδιαίτερα εξειδικευμένες, υπάρχουν προδιαμορφωμένες λύσεις τις οποίες ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει άμεσα, επιταχύνοντας έτσι τη διαδικασία ολοκληρωσης του λογισμικού που επιθυμεί. Ωστόσο, όταν ο τελικός χρήστης επιθυμεί συγκεκριμένη λύση τότε αυτή διαμορφώνεται χωρίς να υπάρχει αρχική βάση.

Σχήμα 7.6: Δυνατότητες Microsoft Azure IoT Suite

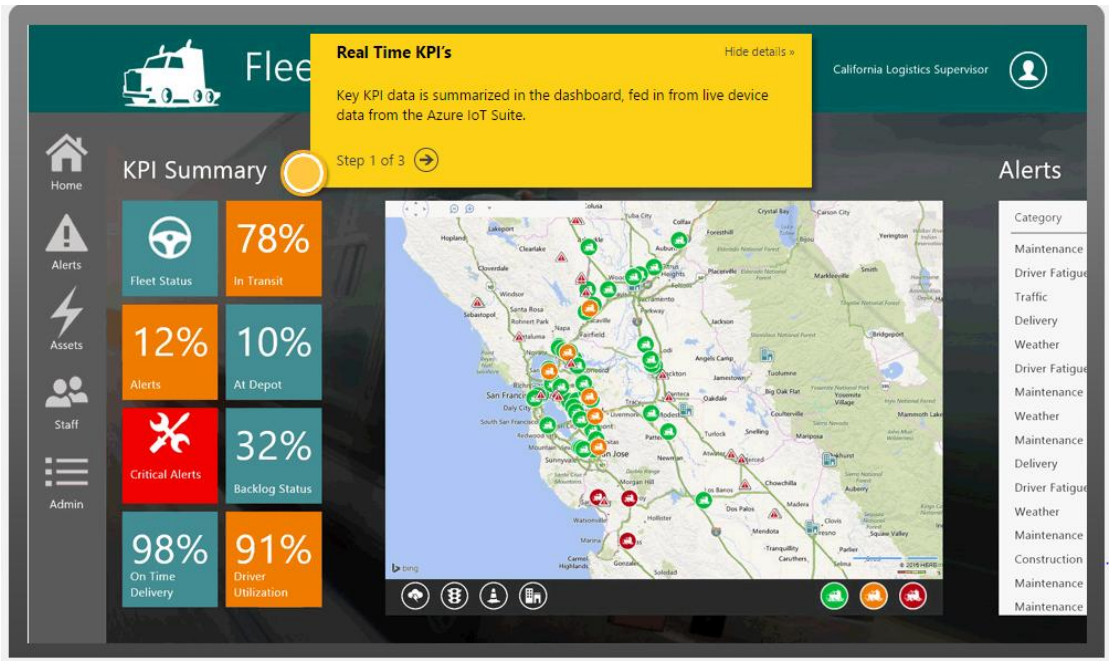
7.4 Δοκιμή Χρήσης του Συστήματος στη Διαδικασία Προγνωστικής Συντήρησης

Στο Demo που παρουσιάζεται παρακάτω γίνεται κατανοητό πως με τη χρήση του Microsoft Azure μπορεί να παρακολουθείται η κατάσταση του εξοπλισμού ακόμα κι αν αυτός βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές. Μέσω αυτού γίνεται συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από τον εξοπλισμό που παρακολουθείται, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν την έκδοση αυτόματων ειδοποιήσεων για επιχειρησιακές δράσεις με βάση τις τρέχουσες συνθήκες, όπως αυτές για ανάγκη συντήρησης.

Στο Σχήμα παρουσιάζεται το κεντρικό ταμπλό το οποίο τροφοδοτείται από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μέσω της χρήσης του Microsoft Azure IoT.

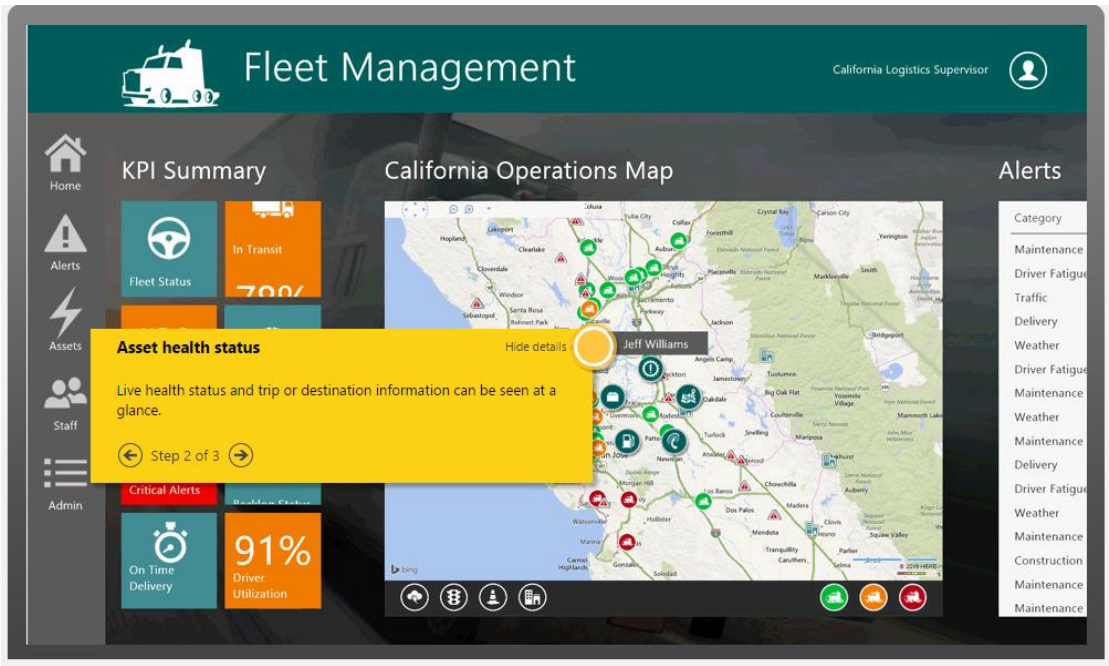
Στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 7.7), απεικονίζονται οι πραγματικοί δείκτες, οι οποίοι δείχνουν σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση και την απόδοση της επιχείρησης με μια ματιά, ακόμα και αν αυτή έχει παγκόσμιο πεδίο εφαρμογής , δηλαδή διαθέτει μηχανές σε όλο τον κόσμο. Οι μηχανές που παρακολουθούνται φαίνονται στο χάρτη του σχήματος δεξιά στην εικόνα και απεικονίζονται με κύκλους. Συγκεκριμένα, οι δείκτες που παρουσιάζονται είναι οι εξής:

- Η συνολική κατάσταση του εξοπλισμού (Fleet Status)
- Ο εξοπλισμός σε αποθήκευση(At Depot)
- Η κατάσταση των αποθεμάτων (Backlog Status)
- Οι αποστολές που εκτελέστηκαν στον σωστό χρόνο (On Time Delivery)
- Εξοπλισμός σε μεταφορά (In Transit)
- Ειδοποιήσεις (Alerts)
- Ο βαθμός χρησιμοποίησης των οδηγών (Driver Utilization)
- Κρίσιμες ειδοποιήσεις (Critical Alerts)



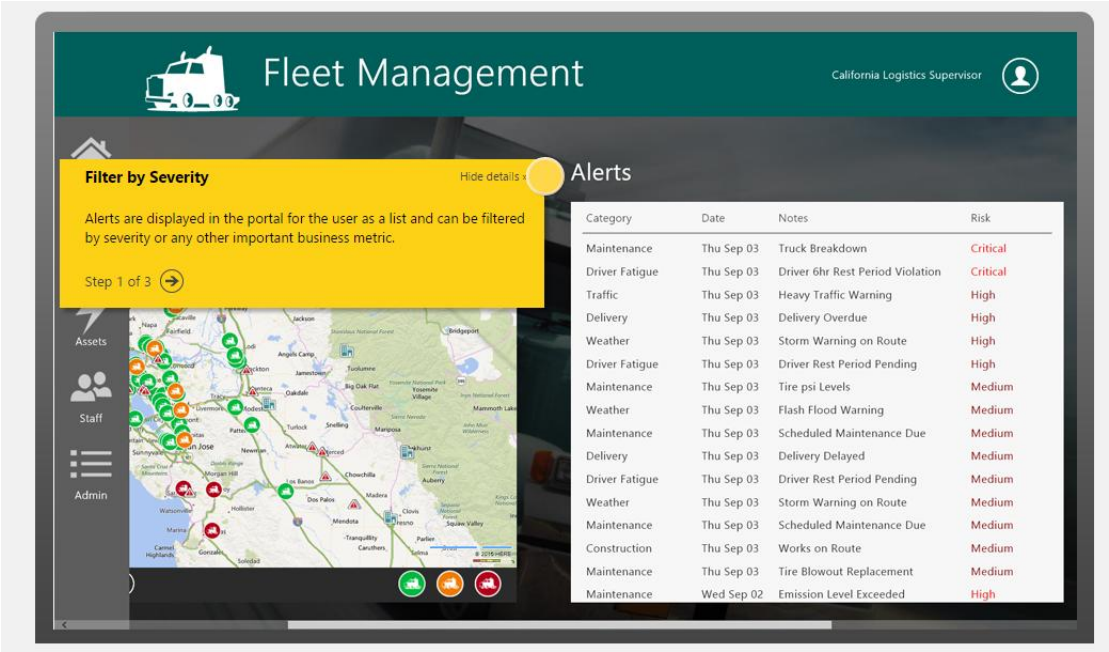
Σχήμα 7.7: Δείκτες Κατάστασης του Πραγματικού Συστήματος

Στο Σχήμα 7.8 παρατηρούμε το χάρτη ο οποίος μα δείχνει την παρακολούθηση των μηχανημάτων σε πραγματικό χρόνο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι μηχανές παρουσιάζονται με κύκλους οι οποίοι χρωματίζονται ανάλογα με την κατάσταση του μηχανήματος που αντιπροσωπεύουν. Δηλαδή, με πράσινο χρώμα είναι αυτές οι μηχανές που δεν παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα στη λειτουργία τους, με πορτοκαλί χρώμα αυτές που παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα το οποίο δεν είναι ακόμη σημαντικό, ενώ με κόκκινο χρώμα είναι αυτές που χρήζουν άμεσης επέμβασης. Επίσης, παρατηρούμε ότι στον χάρτη παρουσιάζονται και οι δείκτες των κρίσιμων ειδοποιήσεων με ένα κόκκινο τρίγωνο.



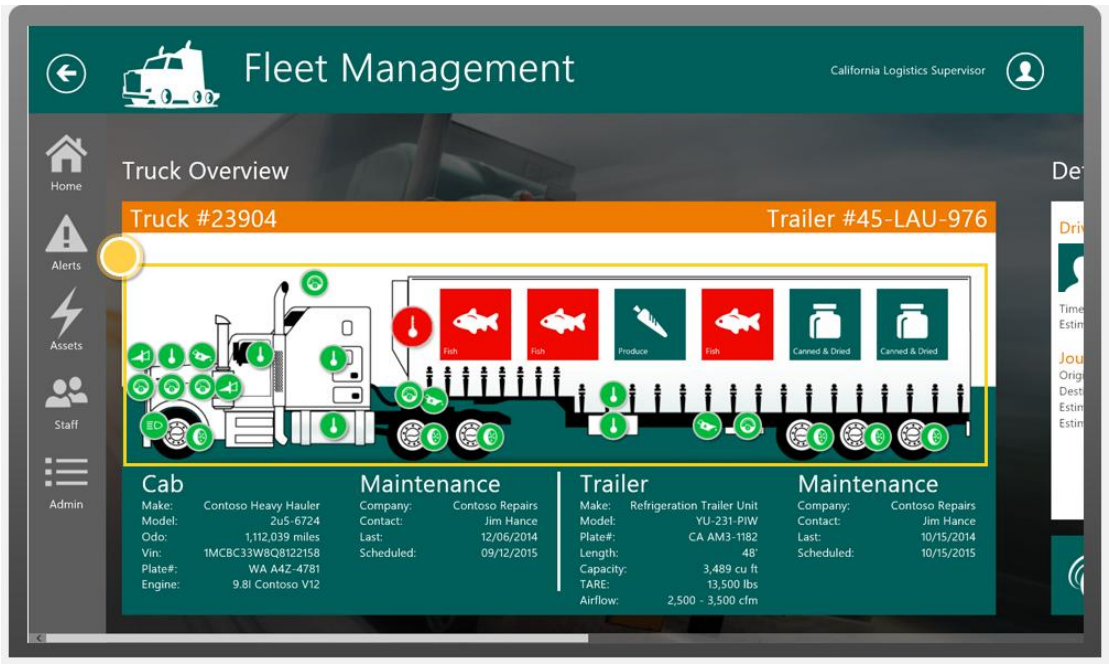
Σχήμα 7.8: Χάρτης Τοποθεσίας και Κατάστασης Μηχανών

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 7.9, η εικόνα έχει μετακινηθεί προς τα δεξιά όπου υπάρχει ένας κατάλογος με τις ειδοποιήσεις οι οποίες έχουν ταξινομηθεί με βάση το βαθμό επικινδυνότητες, όπως φαίνεται στην τελευταία στήλη δεξιά. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε άλλη σημαντική επιχειρησιακή μεταβλητή για την ταξινόμησή τους. Οι ειδοποιήσεις αυτές, όπως φαίνεται στην πρώτη στήλη, μπορεί να έχουν από διάφορες πηγές εμφάνισης. Δηλαδή ενδεικτικά μία ειδοποίηση μπορεί να δημιουργηθεί όταν τα πραγματικά δεδομένα ξεπεράσουν κάποια όρια που έχουν τεθεί ή ακόμη και όταν υπάρχουν άλλη παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία των μηχανών ,όπως η αλλαγή του καιρού. Έτσι, ο χρήστης του συστήματος ξεκινά από την κορυφή των ειδοποιήσεων, δηλαδή από τις πιο κρίσιμες ειδοποιήσεις, στις οποίες προσπαθεί να εντοπίσει το πρόβλημα για να το επιλύσει.



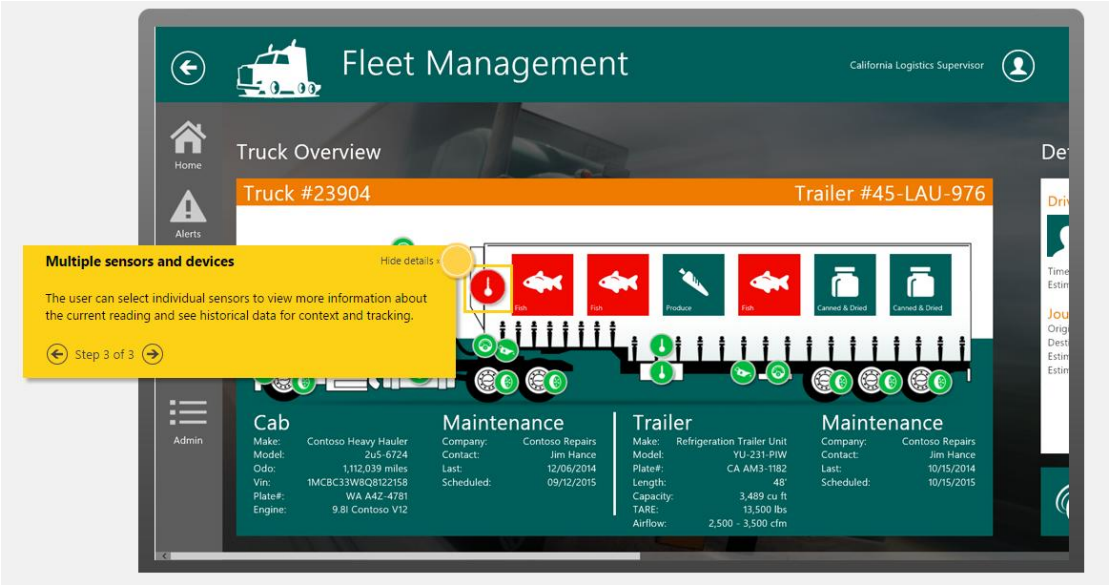
Σχήμα 7.9: Κατάλογος Ειδοποιήσεων

Σε επόμενο στάδιο (Σχήμα 7.10) ο χρήστης μπορεί να μπορεί να επιλέξει αριστερά στην οθόνη την κατηγορία Assets, στην οποία μπορεί να δει πληροφορίες για οποιοδήποτε μηχάνημα , όπως το σειριακό του αριθμό, των κωδικό των ανταλλακτικών ακόμη και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο που αφορούν τα εξαρτήματά του. Συγκεκριμένα, εδώ έχουμε ένα φορτηγό για το οποίο μας δίνονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά την πίεση των ελαστικών, τη στάθμη του λαφιού στον κινητήρα, την τρέχουσα ταχύτητα, την τοποθεσία του φορτηγού, τη θερμοκρασία του κινητήρα. Όλες αυτές είναι πληροφορίες τις οποίες μπορεί να δει ο χρήστης με μια ματιά.



Σχήμα 7.10: Παρακολούθηση Κατάστασης Φορτηγού

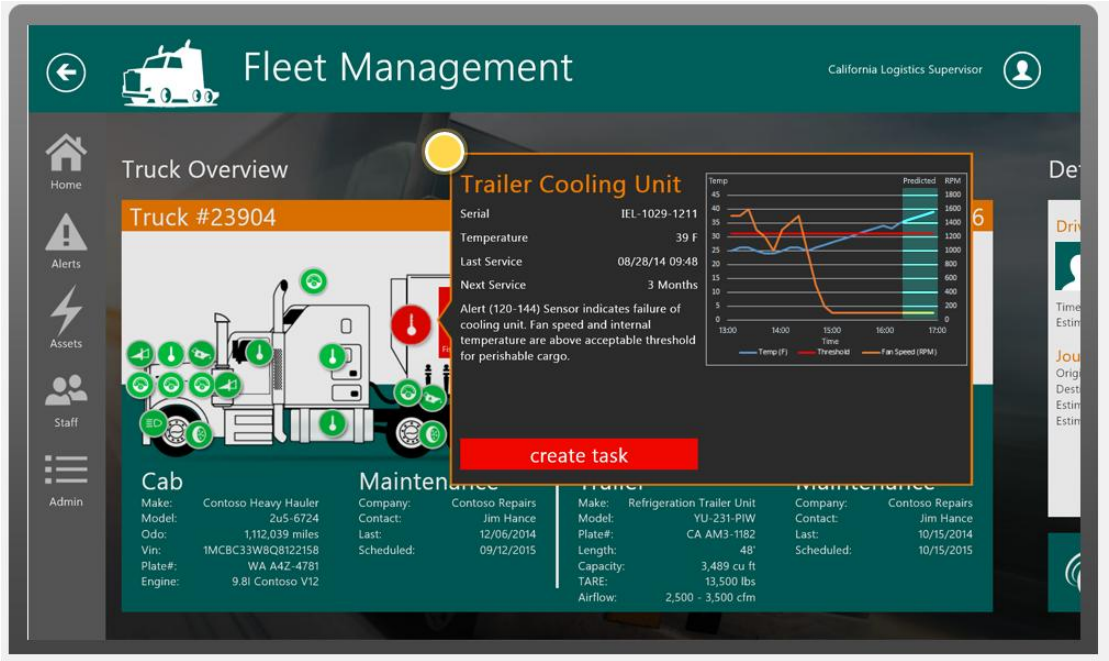
Επίσης, στο Σχήμα 7.11 βλέπουμε ότι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα συγκεκριμένο αισθητήρα και να δει περισσότερα στοιχεία για την τρέχουσα μέτρηση αλλά και ιστορικά δεδομένα. Συγκεκριμένα εδώ επιλέγεται ένα αισθητήρας θερμοκρασίας.



Σχήμα 7.11: Αισθητήρας Θερμοκρασίας σε Κρίσιμη Τιμή

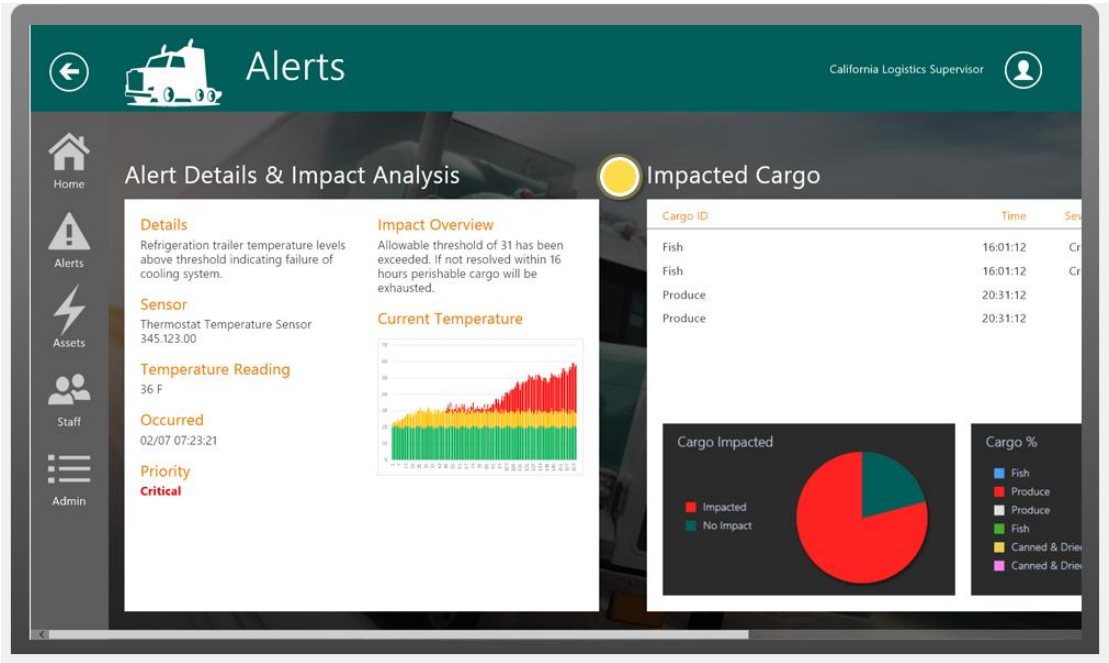
Έπειτα, έχοντας επιλέξει το συγκεκριμένο αισθητήρα βλέπουμε τις τρέχουσες μετρήσεις οι οποίες συγκρίνονται με τις ιστορικές πληροφορίες, τα επιτρεπτά όρια λειτουργίας και συνδυάζοντάς τα δίνεται πρόβλεψη για τη μελλοντική λειτουργία του εξαρτήματος. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι πρόκειται να εμφανιστεί αστοχία στο σύστημα ψύξης μιας

και η θερμοκρασία (γαλάζια γραμμή)αλλά και η ταχύτητα(πορτοκαλί γραμμή) κυμαίνονται σε μη επιτρεπτά όρια (κόκκινη γραμμή). Επιλέγοντας το κουμπί Create Task, μπορεί να δημιουργηθεί εντολή για επισκευή του εξαρτήματος.



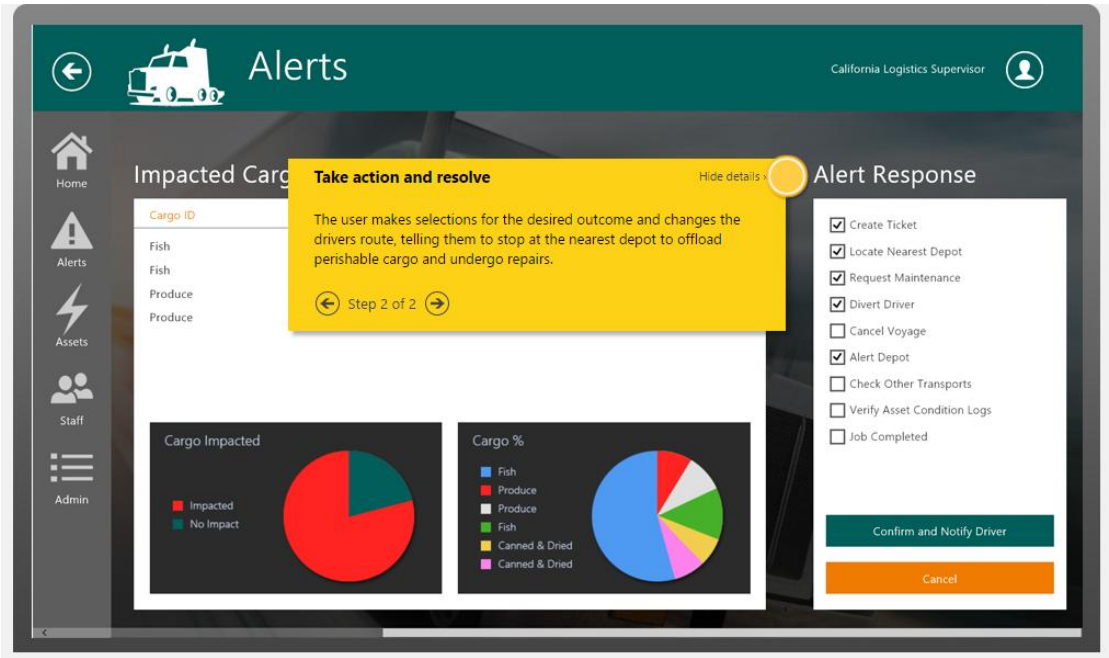
Σχήμα 7.12: Διάγραμμα Μετρήσεων Συστήματος ψήξης

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 7.13 ο χρήστης μπορεί να δει περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη βλάβη. Τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι πάω από το επιτρεπτό όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, με αποτέλεσμα να προμηνύεται η αστοχία του συστήματος ψύξης του φορτίου. Το επιτρεπτό όριο είναι αυτό των 31F ενώ εδώ το φορτίο έχει φτάσει στα 36F. Έτσι αναφέρεται πως υπάρχει ανάγκη για επισκευή εντός των επόμενων 16 ωρών.



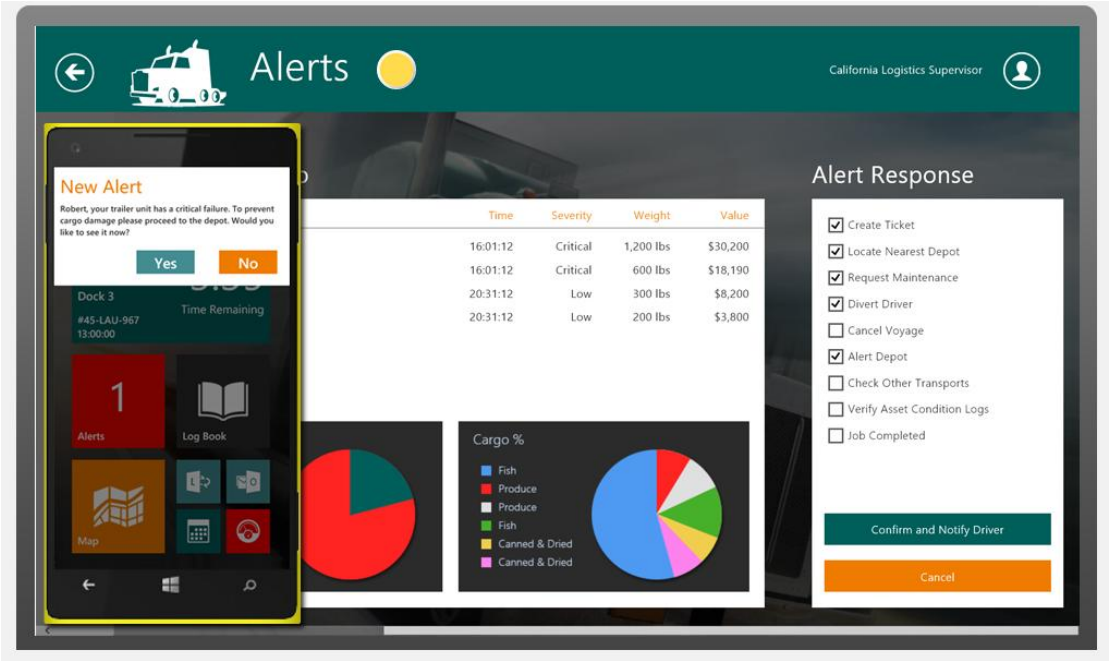
Σχήμα 7.13: Λεπτομέρειες Ειδοποίησης και Αντίκτυπο Ανάλυσης

Στο Σχήμα 7.14 μπορεί κανείς να δει σε διάγραμμα κατά πόσο έχει επηρεαστεί η κατάσταση του φορτίου. Ο διαχειριστής του σύστημα δημιουργεί φύλλο ειδοποίησης, αλλάζοντας την πορεία του οδηγού και κατευθύνοντας των στον πιο κοντινό σταθμό ώστε να γίνουν οι απαραίτητες επισκευές.



Σχήμα 7.14: Δημιουργία Φύλλου Ειδοποίησης

Τέλος, στο Σχήμα 7.15 παρατηρούμε ότι ο οδηγός διαθέτει αντίστοιχη εφαρμογή στο κινητό του μέσω της οποίας ειδοποιείται για το πρόβλημα που υπάρχει και τις οδηγίες που πρέπει να ακολουθήσει. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι με τη χρήση μιας τέτοιας εφαρμογής διαγνώστηκε έγκαιρα το πρόβλημα και έτσι αποφθέχθηκε τόσο η αστοχία του εξοπλισμού όσο και η απώλεια του φορτίου στο φορτηγό.



Σχήμα 7.15: Αποστολή Ειδοποίησης

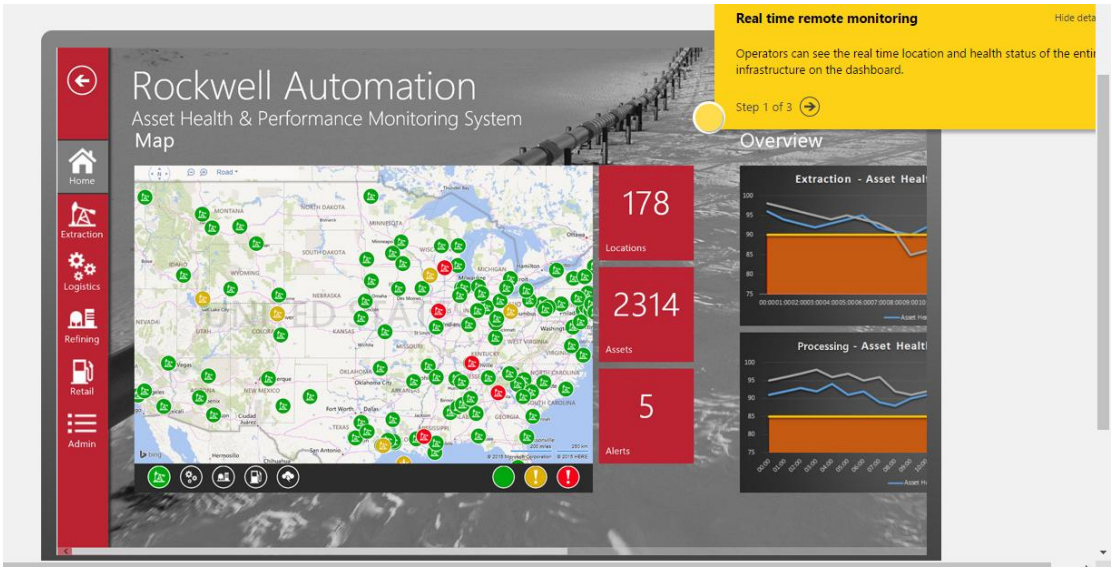
7.5 Μελέτες Περίπτωσης (Case Study)

7.5.1 Μελέτες Περίπτωσης: Rockwell Automation – Αναλυτική Παρουσίαση

Η παρακάτω επίδειξη του συστήματος αποτελεί ένα παράδειγμα για το πώς η εταιρία Rockwell Automation έχει δημιουργήσει μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για την αναδιοργάνωση της επιχείρησης. Με πολλά από τα περιουσιακά της στοιχεία να βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές ήταν πολύ δύσκολη και χρονοβόρα η παρακολούθηση του εξοπλισμού, πόσο μάλλον να κατανοήσουν τις επιδόσεις του. Μέσω της σύνδεσής του στο Microsoft Azure, η εταιρία αυτή μπορεί να δει την κατάσταση του εξοπλισμού της σε πραγματικό χρόνο και να λάβει πληροφορίες σχετικά την απόδοση, να παρακολουθεί τις εργασίες συντήρησης και να πραγματοποιεί προγνωστική συντήρηση στον εξοπλισμό της πριν εμφανιστεί κάποια βλάβη. Τα προηγούμενα ανεκμετάλλευτα δεδομένα επιτρέπουν στην Rockwell Automation να ανάλυση συγκεκριμένα μέρη της, να προσδιορίσει τη διάρκεια ζωής τους και να βελτιστοποιήσει την απόδοσή τους. Αυτές οι υπηρεσίες cloud ανοίγουν ένα ευρύ φάσμα επιχειρησιακών δυνατοτήτων. Για παράδειγμα, ο εξοπλισμός

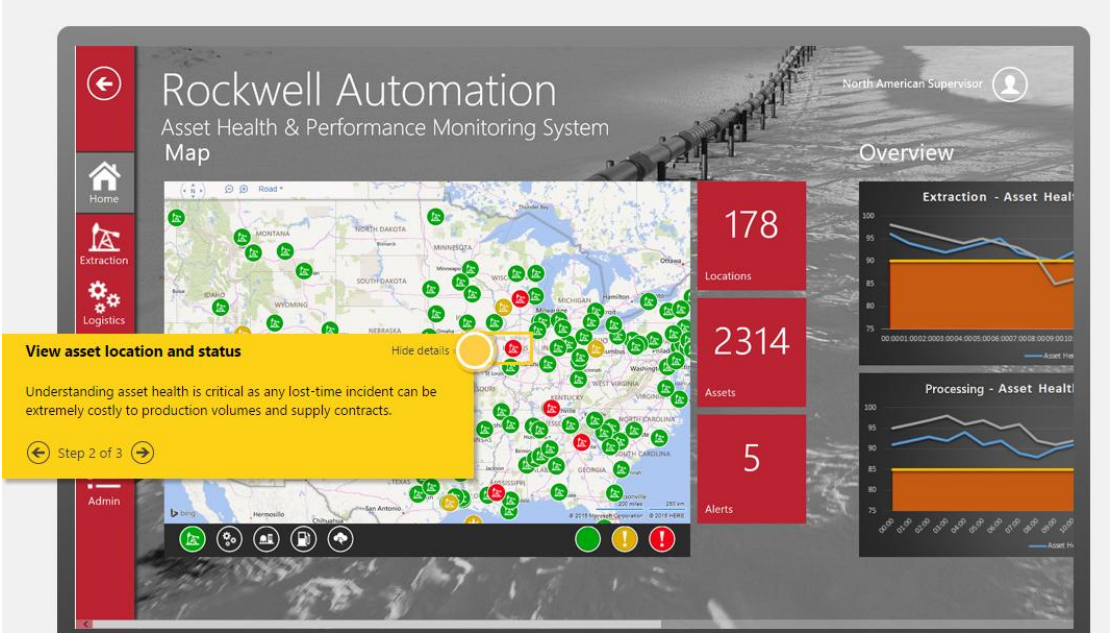
που συμμετέχει στην εξόρυξη, τη μετακίνηση, τη διύλιση και την πώληση πετρελαίου είναι ακριβός και προέρχεται από εκατοντάδες κατασκευαστές. Χρησιμοποιώντας την υπηρεσία IoT , η Rockwell Automation, επεκτείνει τα συστήματά της, επιτρέποντας πλέον την παρακολούθηση αυτού του πολύτιμου εξοπλισμού και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που προέρχονται από την παρακολούθηση αυτή για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης. Οι λύσεις δίνουν τη δυνατότητα μετατροπής της εφοδιαστικής αλυσίδας του πετρελαίου και την παραγωγή αποτελεσμάτων για την παγκόσμια παραγωγικότητα.

Έτσι δουλεύοντας στο σύστημα, στην αρχική σελίδα(home)(Σχήμα 7.16), ο χρήστης μπορεί να δει σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση ολόκληρων των εγκαταστάσεων, σε οποιαδήποτε περιοχή.



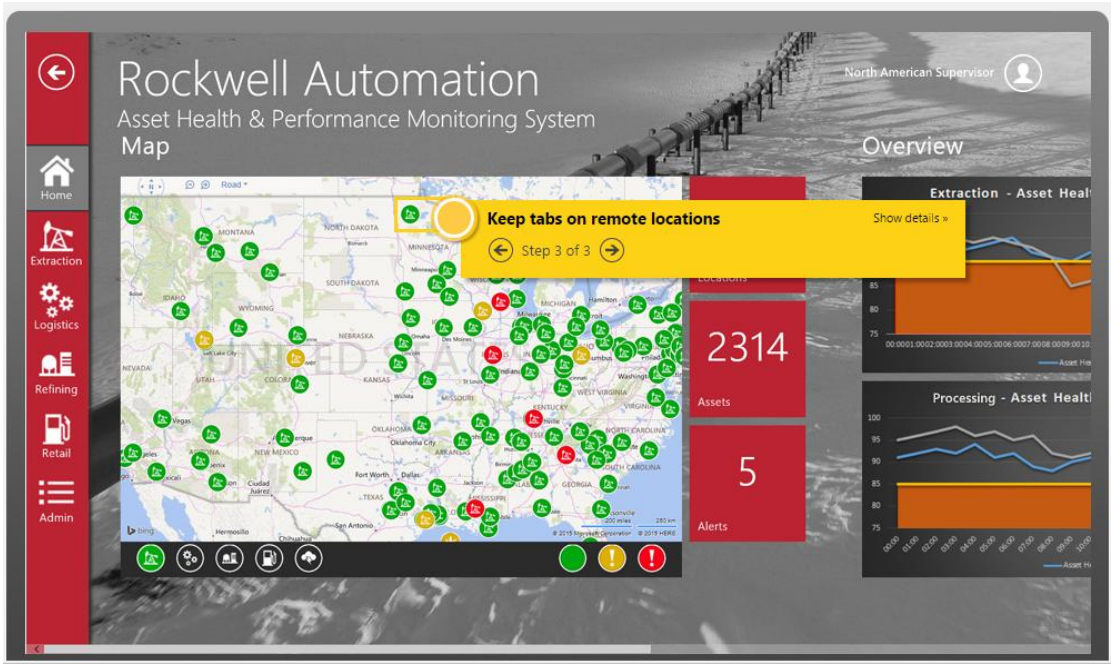
Σχήμα 7.16: Αρχική Οθόνη

Σε αυτό το σημείο, στο Σχήμα 7.17, μπορεί να δει λεπτομέρειες για την κατάσταση της κάθε μηχανής, και ιδιαίτερα για αυτές που θεωρούνται κρίσιμες (με κόκκινο χρώμα) γιατί οποιοδήποτε ξαφνικό πρόβλημα μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση τόσο στις δαπάνες της επιχείρησης όσο και στην διαδικασία της παραγωγής.



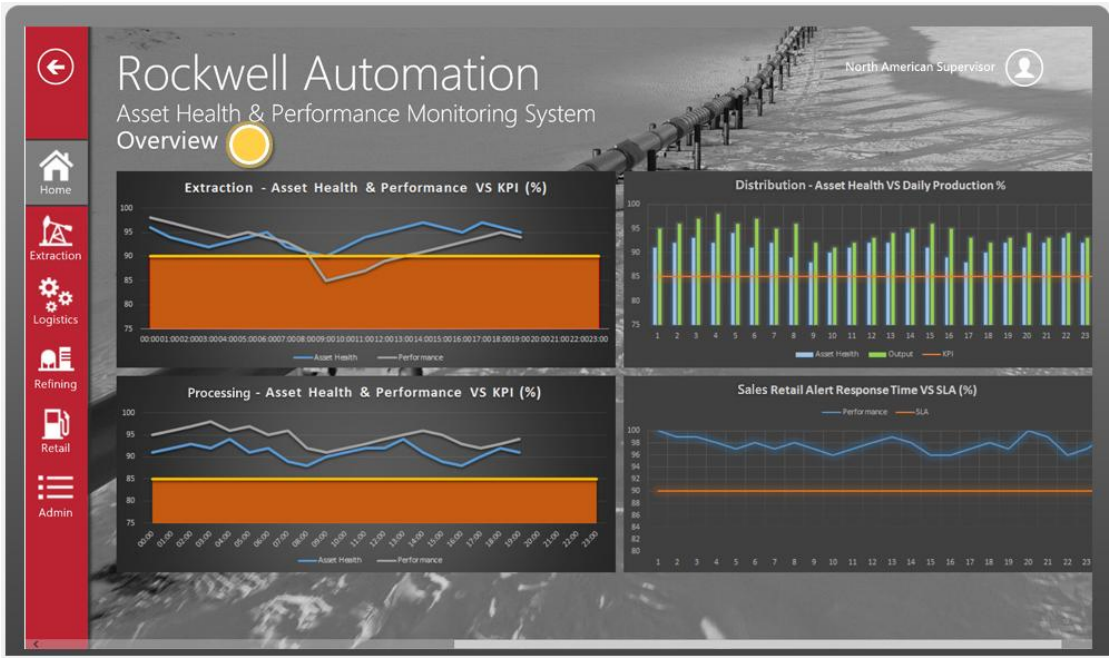
Σχήμα 7.17: Κατάσταση Μηχανών

Στο Σχήμα7.18, παρακολουθούνται ακόμα και οι μηχανές στις οποίες πραγματοποιείται συντήρηση κάθε έξι μήνες ή και περισσότερο ώστε να γνωρίζουμε κάθε στιγμή την κατάστασή τους.



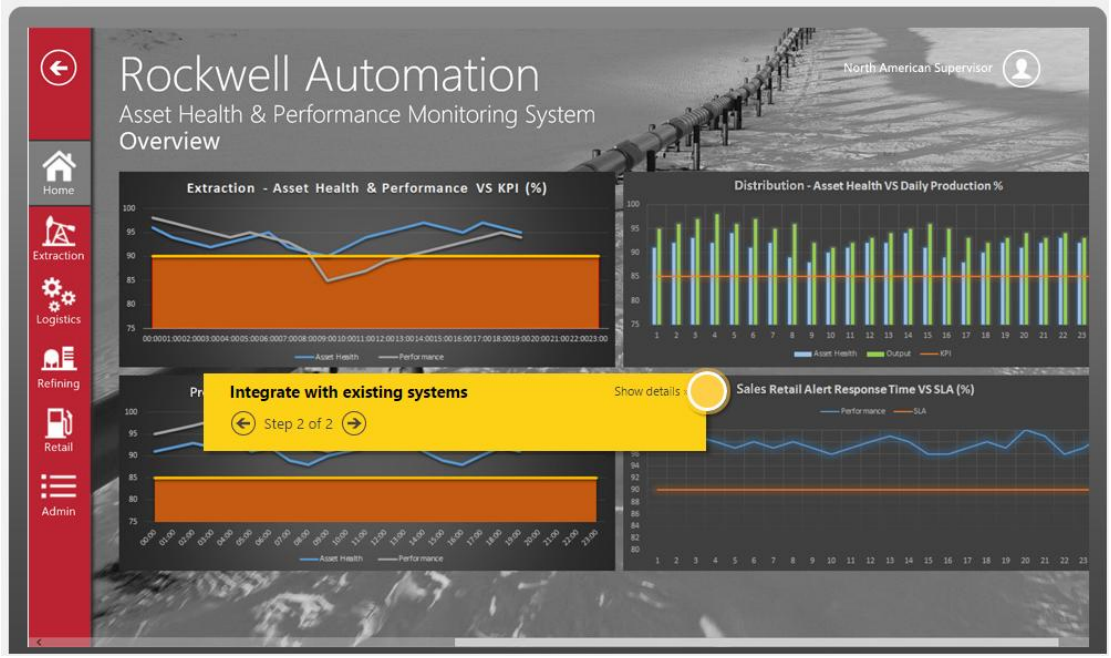
Σχήμα 7.18: Μηχανές σε Συντήρηση

Έπειτα στο Σχήμα 7.19, ο χρήστης, συνεχίζοντας προς τα δεξιά της οθόνης μπορεί να δει συνοπτικά διαγράμματα για ορισμένες παραμέτρους, συγκρίνοντας τις πραγματικές τιμές με αυτές των ορίων.



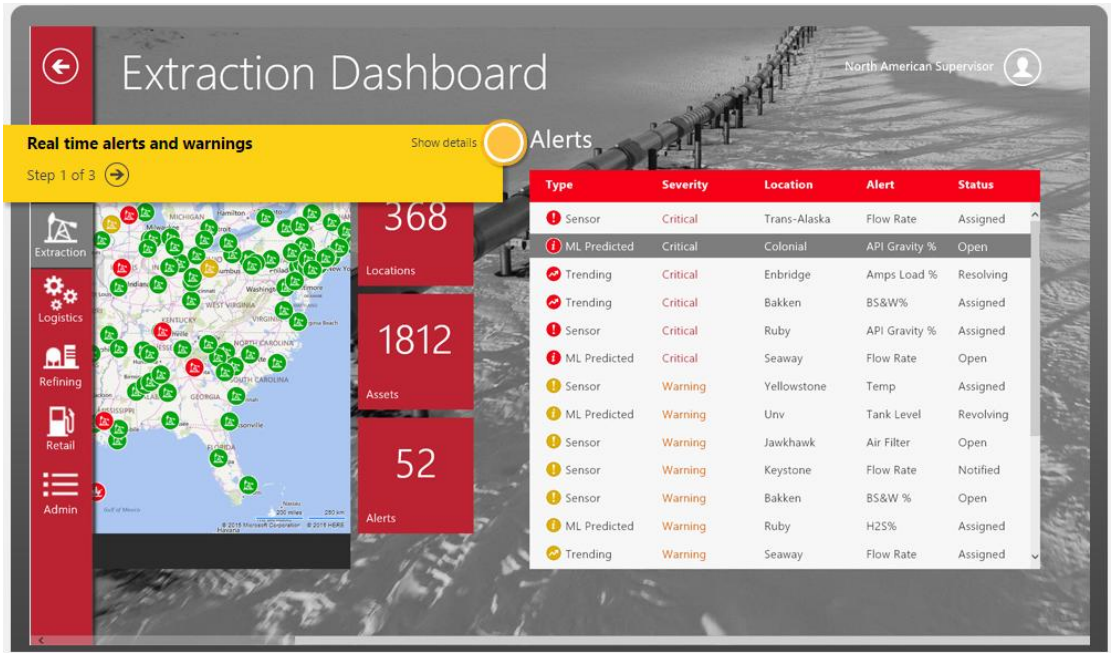
Σχήμα 7.19: Διαγράμματα παραμέτρων

Οι πραγματικές αυτές τιμές (Σχήμα 7.20) μπορούν ακόμη να συγκριθούν και με τιμές από άλλα συστήματα που χρησιμοποιεί η εταιρία, όπως το ERP και το CRM.



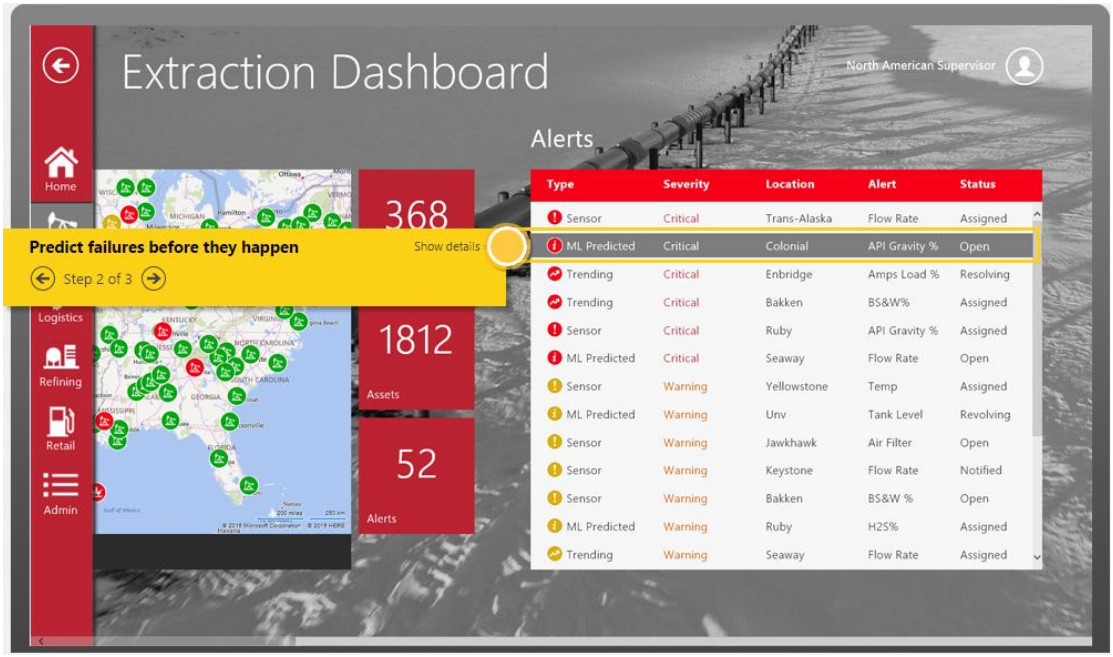
Σχήμα 7.20: Σύγκριση Τιμών μέσω Διαγραμμάτων

Στη συνέχεια,στο Σχήμα 7.21 επιλέγουμε τη δεύτερη καρτέλα του λογισμικού με τίτλο “Extraction”, στην οποία μπορούμε να δούμε τις ειδοποιήσεις προς τον χειριστή για τις εργασίες συντήρησης που πρέπει να γίνουν κατανεμημένες ανάλογα με τη σημαντικότητα.



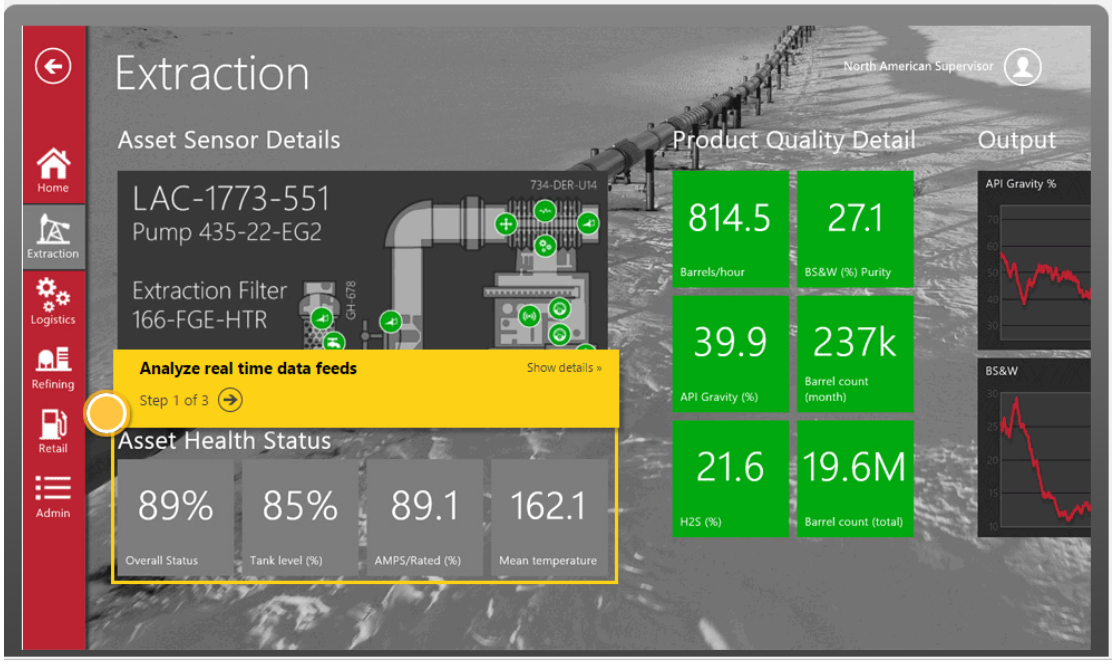
Σχήμα 7.21: Κατάλογος Ειδοποιήσεων

Ωστόσο, στο Σχήμα 7.22 βλέπουμε ότι κάποια εργασία συντήρησης μπορεί να έχει ήδη προβλεφθεί από το σύστημα , επειδή έχει θεωρηθεί προβληματική.



Σχήμα 7.22: Πρόβλεψη Αστοχίας

Στο Σχήμα 7.23 μπορούμε να δούμε λεπτομέρειες σχετικά με τη λειτουργία μιας μηχανής που έχουμε επιλέξει. Εδώ χρησιμοποιούνται όλα τα δεδομένα που λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο, δίνοντάς μας έτσι τη δυνατότητα να δούμε τα πραγματικά επίπεδα παραγωγής και την κατάσταση του στοιχείου που παρακολουθούμε. Αυτά τα δεδομένα, δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες του συστήματος να οργανώσουν εργασίες συντήρησης ή να προβλέψουν το αποτέλεσμα της παραγωγής για μηχανήματα που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές.

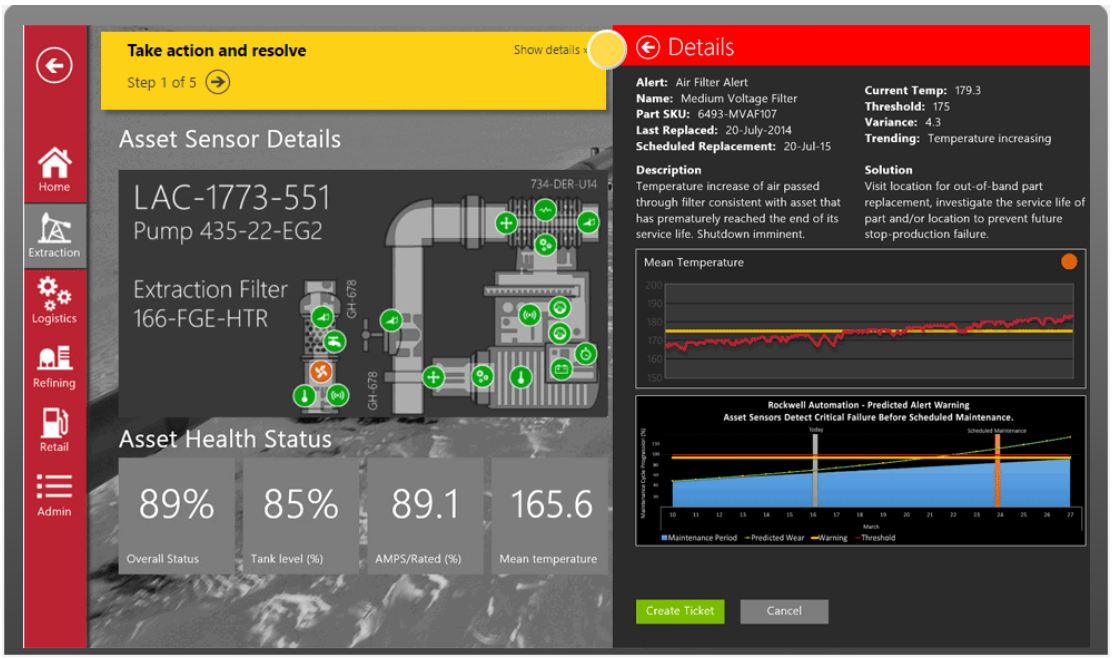


Σχήμα 7.23: Ανάλυση Πραγματικών Δεδομένων

Σε αυτό το σενάριο ένα ανεμιστήρας (Σχήμα 7.24) παρουσιάζει κρίσιμη ειδοποίηση (παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα εντός του μηχανήματος). Πρόκειται να αστοχήσει τις επόμενες μέρες γεγονός που θα θέσει εκτός λειτουργίας όλη τη μηχανή. Αν και βρίσκεται μέσα στα τυπικά όρια της διάρκειας ζωής του, ο χειριστής μπορεί να εκδώσει εντολή έτσι ώστε να ληφθεί δράση για το συγκεκριμένο στοιχείο.

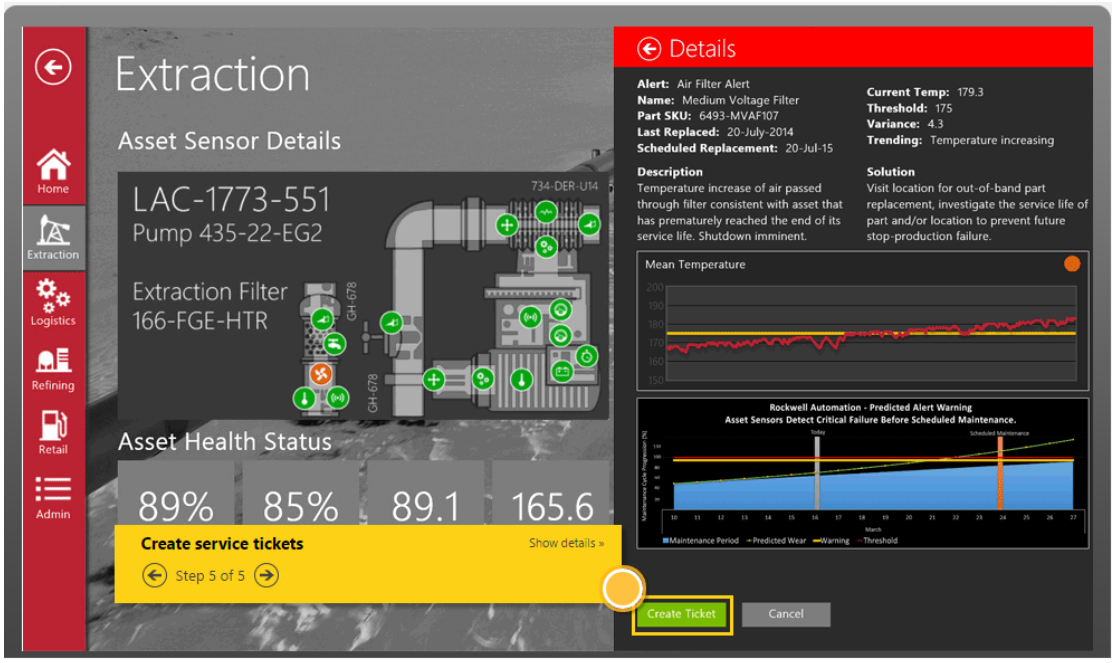
Σχήμα 7.24: Ανεμιστήρας σε Κρίσιμη Κατάσταση

Επιλέγοντας τις λεπτομέρειες για την ειδοποίηση αυτή(Σχήμα 7.25), ο χειριστής λαμβάνει στην οθόνη του συγκεκριμένες λεπτομέρειες για το εξάρτημα και το αναγνωρισμένο πρόβλημα. Αυτές οι πληροφορίες είναι ο σειριακός αριθμός, ο κωδικός του εξαρτήματος ακόμη και τα απόθεμα στην αποθήκη καθώς και η τοποθεσία των αντικειμένων αντικατάστασης. Παρατηρούμε, επίσης, ότι περιγράφεται αναλυτικά το πρόβλημα που παρουσιάζεται καθώς και τρόπος επίλυσής του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προβλέπεται ότι το φίλτρο του ανεμιστήρα θα αποτύχει πριν την καθιερωμένη συντήρηση, πράγμα το οποίο θα οδηγήσει σε χαμένο χρόνο παραγωγής. Ακόμη στην ίδια οθόνη, παρατηρούμε το πρώτο γράφημα το οποίο μας δείχνει με πορτοκαλί γραμμή το όριο της θερμοκρασίας ενώ με κόκκινο τα πραγματικά δεδομένα θερμοκρασίας που λαμβάνονται από το εξάρτημα. Αυτό που διαπιστώνουμε είναι ότι η θερμοκρασία βρίσκεται εκτός ορίων μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Στο δεύτερο γράφημα, έχουμε την προβλεπόμενη πορεία βάση των δεδομένων του αισθητήρα. Μπορούμε εύκολα να δούμε πόσος χρόνος απομένει μέχρι να αστοχήσει το εξάρτημα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βαθύτερη ανάλυση για να βρούμε εάν υπήρχε τυχαίος παράγοντας για να συμβεί αυτό το πρόβλημα ή εάν υπήρχαν συγκεκριμένοι που συνέβαλαν στην διόγκωσή του.



Σχήμα 7.25: Λεπτομέρειες Κατάστασης Ανεμιστήρα

Έχοντας παρατηρήσει όλα τα παραπάνω, στο Σχήμα 7.26, ο τεχνικός επιλέγει την εντολή "Create Ticket" για να δημιουργήσει εντολή συντήρησης για αυτό το φίλτρο.



Σχήμα 7.26: Δημιουργία Εισητηρίου

7.5.2 Μελέτη Περίπτωσης – Συνοπτική Παρουσίαση

Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι εταιρείες οι οποίες χρησιμοποιούν το Microsoft Azure για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης.

Πίνακας 7.1: Case Studies – Microsoft Azure IoT

	Όνομα Εταιρείας	Κλάδος Απασχόλησης	Λόγοι Χρήσης	Τοποθεσία
1.	Rolls Royce	Transportation Industry	• Καλύτερος προγραμματισμός συντήρησης • Μείωση Χρήσης Καυσίμων • Μείωση χρόνου αργίας • Αύξηση ικανοποίησης του πελάτη	Ηνωμένο Βασίλειο
2.	Laing O'Rourke	Construction Industry	• Μείωση αρρωστιών των εργζόμενων που προέρχονται από τη εργασία • Μείωση εργατικών ατυχημάτων	Αυστραλία
3.	Land Transport Authority of Singapore (LTA)	Transportation Industry	• Παρακολούθηση κυκλοφορίας – Traffic Management • Να δίνει τη δυνατότητα στους πολίτες να πάρουν αποφάσεις για τη μετακίνηση τους	Σιγκαπούρη
4.	NAV CANADA	Air-traffic Control Technologies	• Διαχείριση εναέριας Κυκλοφορίας • Πρόληψη ατυχημάτων	Καναδάς
5.	Thyssenkrupp	Ανελκυστήρες	• Πρόληψη αστοχίας ανελκυστήρα	Αμερική

6.	ABT Power Management	Power & Utilities	• Διαχείριση ενέργειας περονοφόρων • Μείωση χρόνου αργίας • Μείωση αστοχίας περονοφόρων λόγω έλλειψης ενέργειας	Ηνωμένες Πολιτείες

8. SAP Predictive Maintenance and Service

8.1 Μεθοδολογία Υλοποίησης

Σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα του Σχήματος 8.1, η μεθοδολογία υλοποίησης της SAP αποτελείται πρακτικά από τρία στάδια.

- **1ο Στάδιο**

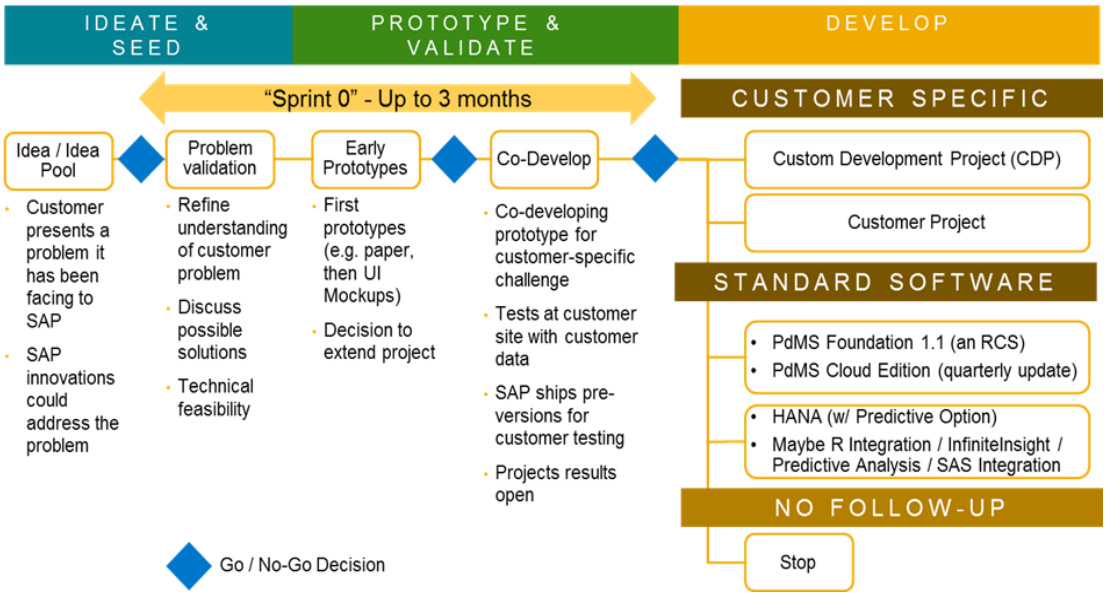
  Στο πρώτο στάδιο γίνεται η πρώτη επαφή του χρήστη με την εταιρεία πληροφοριακού συστήματος SAP. Ο πελάτης καταφθάνει στην εταιρεία με την παρουσιάζοντας κάποιο πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει. Σημασία σε αυτό το στάδιο έχει η εταιρία να κατανοήσει το πρόβλημα ώστε να μπορέσει να προχωρήσει στην αναζήτηση λύσης. Γι' αυτό γίνονται συζητήσεις μεταξύ της εταιρείας και του πελάτη ώστε να βρεθούν και πιθανές λύσεις που μπορεί να εξυπηρετούν τον πελάτη. Προτείνοντας λύσεις η εταιρεία εξετάζει και την τεχνική πλευρά με την οποία μπορεί να υποστηριχθεί η εκάστοτε λύση που προτείνει.

- **2ο Στάδιο**

  Εδώ πραγματοποιούνται τα πρώτα πρωτότυπα του συστήματος τα οποία μπορεί να είναι τύπου Mockups ή κάποιας άλλης πρώιμης μορφής. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται συζητήσεις για την απόφαση επέκτασης του προγράμματος. Έπειτα έχουμε ανάπτυξη του πρωτοτύπου σε σχέση με συγκεκριμένες διαδικασίες τις οποίες θέλει να πραγματοποιεί ο πελάτης. Πραγματοποιούνται τεστ με δεδομένα του πελάτη και η εταιρεία δημιουργεί την πρώτη πραγματική εκδοχή του συστήματος. Τέλος παρατηρούνται τα πρώτα αποτελέσματα που παράγει το σύστημα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει έως και τρεις μήνες.

- **3ο Στάδιο**

  Στο τελικό στάδιο έχουμε την ανάπτυξη του πραγματικού συστήματος προς τον πελάτη. Χρησιμοποιείται συγκεκριμένο λογισμικό για την υποστήριξή του αλλά η λύση είναι διαφορετική για κάθε πελάτη. Εφόσον το σύστημα εξυπηρετεί τον πελάτη τότε αυτό παραδίδεται από την εταιρεία και σταματά έτσι η διαδικασία.



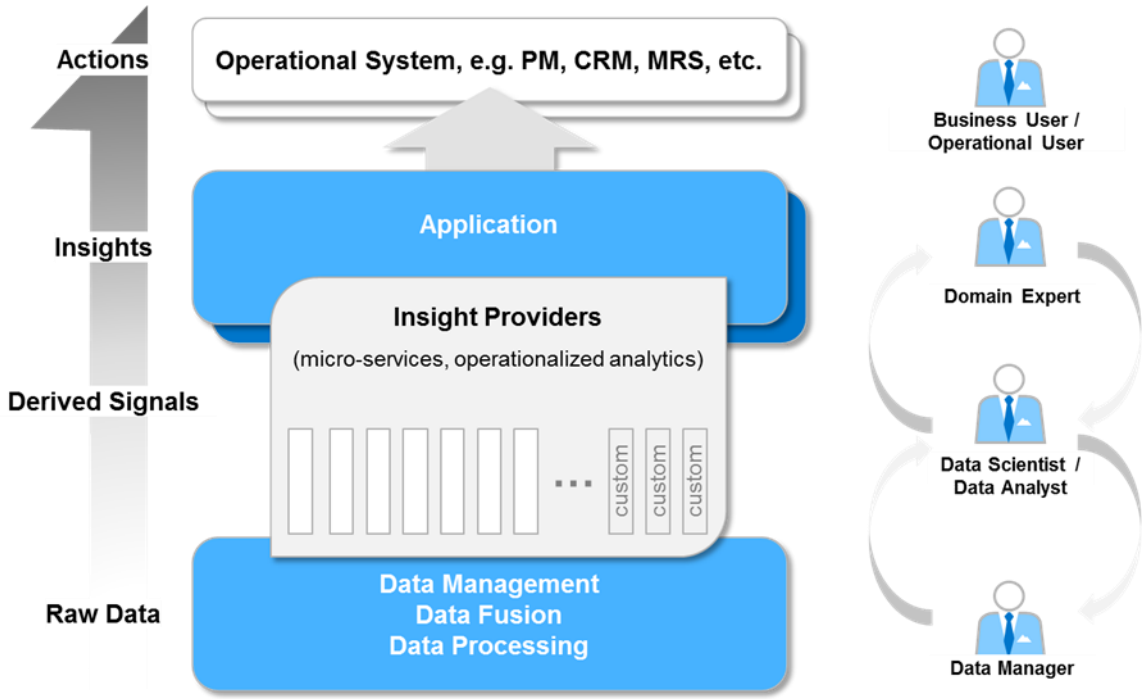
Σχήμα 8.1: Μεθοδολογία Υλοποίησης

Για να υλοποιηθεί η παραπάνω διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σωστή αξιολόγηση και αξιοποίηση των δεδομένων από την πλευρά των ειδικών που θα διαμορφώσουν το σύστημα που απευθύνεται στους μελλοντικούς χρήστες του. Για να συμβεί αυτό τα δεδομένα διέρχονται από τέσσερα στάδια, όπως φαίνεται στο Σχήμα και αξιοποιούνται από το ειδικό του κάθε σταδίου.

Συγκεκριμένα η λύση PdMS παρέχει τη δυνατότητα αποθήκευσης πολλών OT δεδομένων με οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο αλλά και με τη δυνατότητα επέκτασης της μνήμης αυτής. Η διαχείριση των δεδομένων (στη βάση του σχήματος), η οποία πραγματοποιείται από τον διαχειριστή των δεδομένων, υποστηρίζει ότι τα δεδομένα μορφοποιούνται και χρησιμοποιούνται αυτά που είναι αναγκαία όχι στη φάση της αποθήκευσης αλλά στη διαδικασία της ανάλυσης. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα καθώς εφαρμόζεται η ελάχιστη προσπάθεια και η μέγιστη ευελιξία όταν πραγματοποιείται η «φόρτωση» των δεδομένων στο σύστημα.

Στη συνέχεια έχουμε τη χρήση του Insight Provider, ο οποίος είναι αυτός που παρέχει τη διορατικότητα για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Αυτός είναι που παρέχει τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων , τα οποία είναι αναλώσιμα για τους ειδικούς του τομέα. Ο Insight Provider μπορεί να βοηθήσει στην επέκταση της λύσης PdMS, καθώς ,για παράδειγμα ο πελάτης ή συνεργάτης μπορεί να προσθέσει τη δική του λογική για ανάλυση των δεδομένων μέσω αυτού.

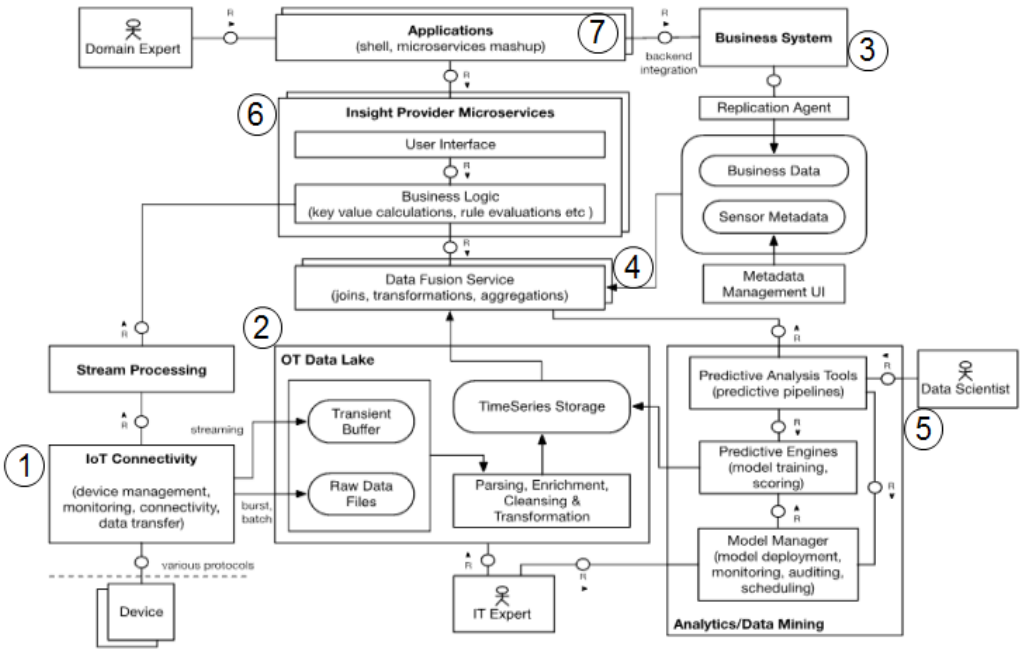
Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων δίνονται στον ειδικό του τομέα ώστε να τα ερμηνεύσει. Από εκεί και πέρα ο υπεύθυνος των διαδικασιών χρησιμοποιεί το κατάλληλο σύστημα για να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες.



Σχήμα 8.2: Ειδικοί Δεδομένων

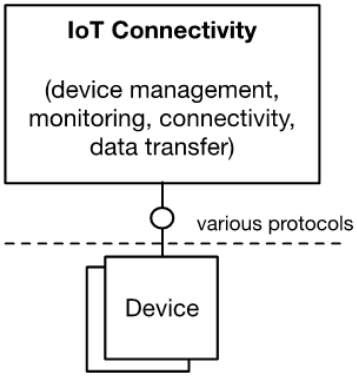
8.2 Περιγραφή Αρχιτεκτονικής

Η αρχιτεκτονική του SAP PdMS αποτελείται από επτά τμήματα τα οποία παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο Σχήμα 8.3. Οι διαδικασία που ακολουθείται παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.



Σχήμα 8.3: Αρχιτεκτονική SAP PdMS

Στο 1^{ο} βήμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.4 γίνεται η σύνδεση των συσκευών με το σύστημα μέσω της τεχνολογίας IoT. Μέσω αυτής πραγματοποιείται διαχείριση και παρακολούθηση των συσκευών, συνδεσιμότητα μέσω του διαδικτύου αλλά και μεταφορά δεδομένων. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ορισμένα πρωτόκολλα τα οποία μπορεί να είναι στη μορφή (s)ftp, mqtt, http. Τα δεδομένα μεταφέρονται στους εξής τύπους:



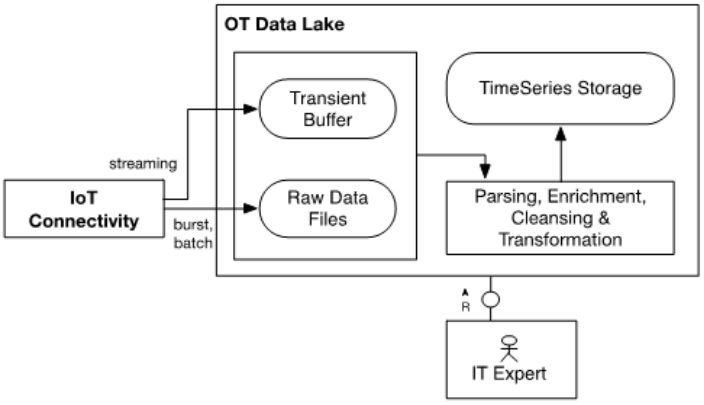
Σχήμα 8.4: Συνδεσιμότητα IoT

- **Batch:** Τα δεδομένα συλλέγονται στο σύστημα και μεταφέρονται μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (συνήθως μετά από ώρες ή μέρες). Το μέγεθος τους κυμαίνεται από πολλά MB μέχρι λίγα GB.
- **Burst:** Τα δεδομένα συλλέγονται στο σύστημα και μεταφέρονται μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα (τυπικά λεπτά) ή μετά από ένα ορισμένο όριο μεγέθους. Το μέγεθός τους κυμαίνεται από λίγα KB μέχρι λίγα MB.
- **Stream:** Τα δεδομένα μεταδίδονται κατευθείαν από την πηγή σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (τυπικά σε δευτερόλεπτα). Το μέγεθός τους κυμαίνεται από λίγα bytes σε λίγα KB. Αυτά είναι τα δεδομένα που συνήθως χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης, αφού παρέχουν τη δυνατότητα συνεχούς παρακολούθησης των μηχανών σε πραγματικό χρόνο, κάνοντας έτσι εύκολη τη διαδικασία εντοπισμού κάποιας επερχόμενης αστοχίας.

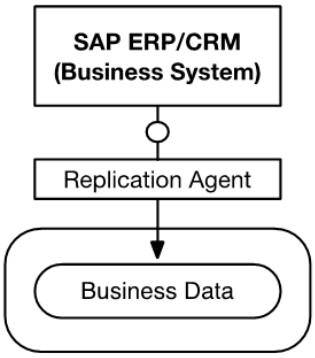
Στο 2^{ο} βήμα, δίνεται η δυνατότητα αποθήκευσης των επιχειρησιακών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο τα οποία μπορεί να είναι της τάξης μεγέθους των Petabytes. Με συγκεκριμένους προσαρμογής που χρησιμοποιούνται, πραγματοποιείται η ανάλυση, ο εμπλουτισμός, ο καθαρισμός αλλά και ο μετασχηματισμός των δεδομένων. Μετά από αυτή τη διαδικασία τα αρχεία είναι στη μορφή που μπορούν να αποθηκευτούν σε στο αρχείο

χαμηλού κόστους. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Σχήμα στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται:

- Ανάλυση των ροών δεδομένων και μετατροπή σε μια άλλη μορφή(Parsing).
- Μετασχηματισμοί όπως μετασχηματισμοί Pivot(Transformations).
- Εμπλουτισμός των δεδομένων με άλλα δεδομένα πράγμα το οποίο μπορεί να κοστίζει αρκετά ώστε να πραγματοποιηθεί αργότερα(Enrichment).
- Απόρριψη δεδομένων τα οποία έχουν περιεχόμενο μη κατανοητό(Cleansing).
- Αποθήκευση των δεδομένων σε χρονοσειρές οι οποίες μπορεί να είναι απλές



μετρήσεις(π.χ. πίεση μιας μηχανής), συνεχείς μετρήσεις (π.χ. κατάσταση μιας μηχανής (on-off) ή σε γεγονότα (π.χ. καταγραφή χαμηλής στάθμης ψυκτικού υγρού σε μία μηχανή) (Storage).

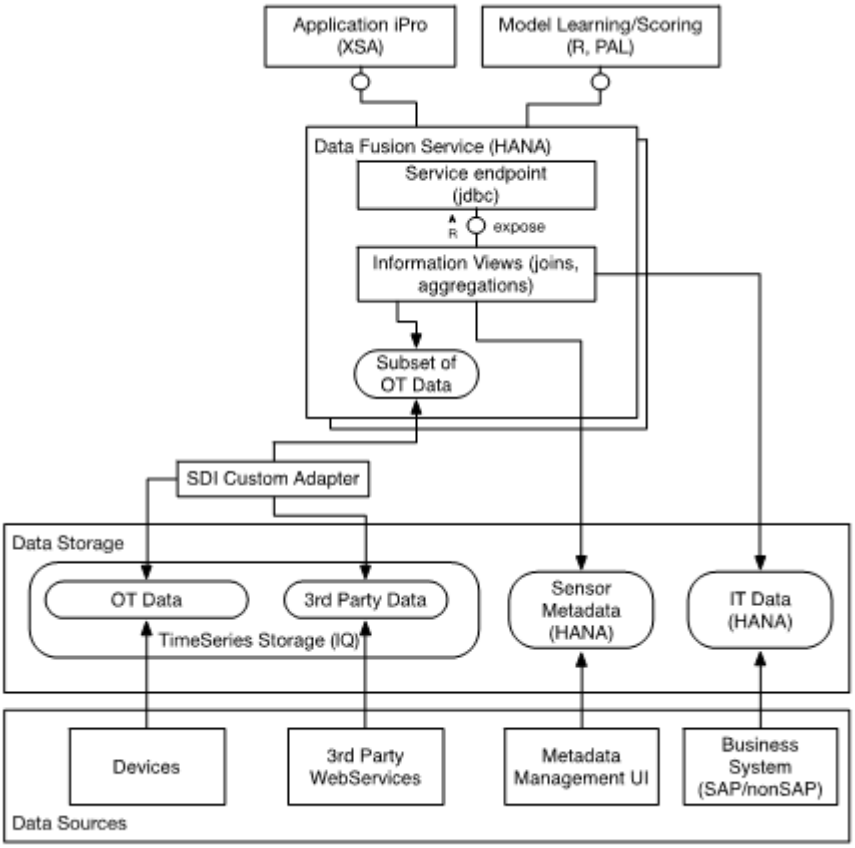


Σχήμα 8.5: Αποθήκευση Δεδομένων

Στο 3^{ο} βήμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.6 γίνεται η ενσωμάτωση των IT δεδομένων που έχουν αναπαραχθεί από κάποιο σύστημα ERP/CRM είτε αυτό είναι της SAP είτε όχι. Το πρότυπο των δεδομένων IT μπορεί να καθοριστεί καθώς και να επεκταθεί αργότερα από τον εκάστοτε μελλοντικό χρήστη.

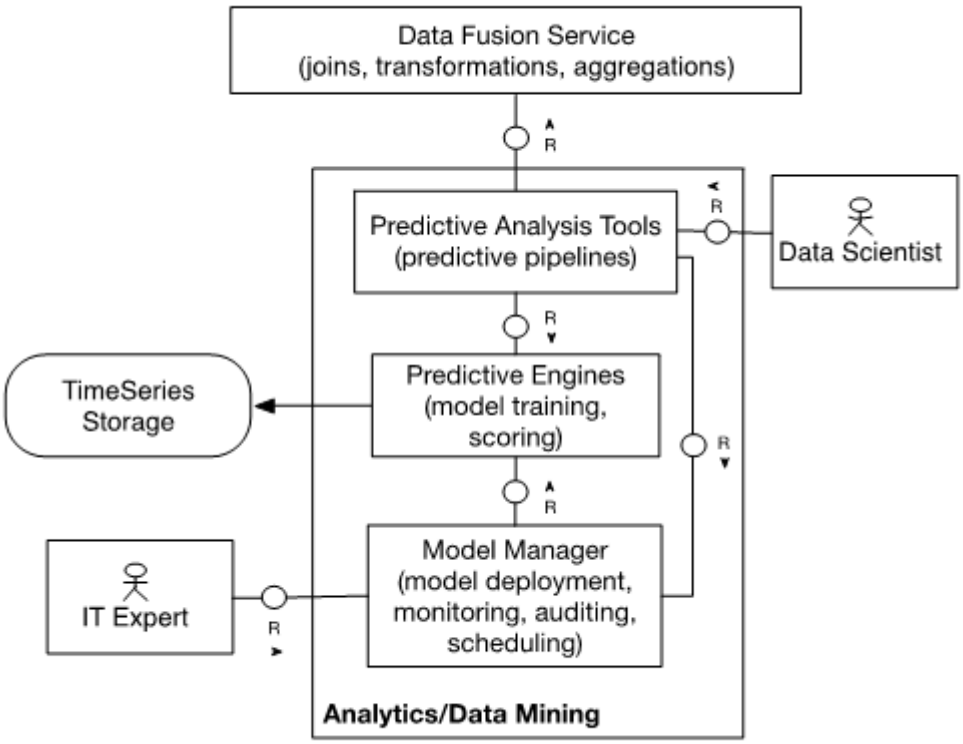
Σχήμα 8.6: Ενσωμάτωση IT Δεδομένων

Στο επόμενο βήμα, πραγματοποιείται η συγχώνευση των δεδομένων (Data Fusion). Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι μετρικά δεδομένα, μετρικά μεταδεδομένα, επιχειρησιακά δεδομένα. Συνήθως, πραγματοποιούνται μετατροπές στα δεδομένα (ενώσεις, ομαδοποιήσεις), ώστε να υπάρχει ένα συγχωνευμένο σύνολο δεδομένων. Το σύνολο των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον Insight Provider ή για σκοπούς επεξεργασίας δεδομένων. Τα δεδομένα OT είναι ημιδομημένα και το μοντέλο των δεδομένων δεν είναι καθορισμένο η υλοποίηση υπηρεσιών Data Fusion θα είναι μέρος υλοποίησης του έργου.



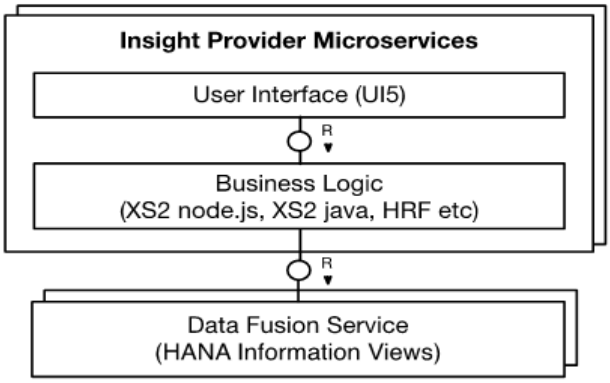
Σχήμα 8.7: Συγχώνευση Δεδομένων

Στο 5^{ο} στάδιο, το αναλυτικό μοντέλο δεδομένων που έχει δημιουργηθεί στην προηγούμενη διαδικασία χρησιμοποιείται από τους ‘’Επιστήμονες των Δεδομένων’’ (Data Scientists) για την εξαγωγή χαρακτηριστικών αλλά και για την ανάγνωση του μοντέλου. Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών και η ανάγνωση του μοντέλου μπορεί να ενεργοποιείται από εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούν οι μηχανές πρόγνωσης. Τα μοντέλα συγκρίνονται με τα εισερχόμενα δεδομένα και τα παραγόμενα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε χρονοσειρες.



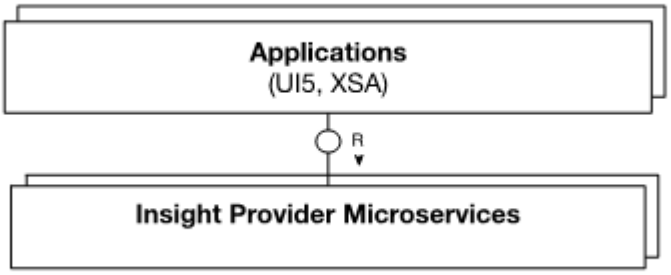
Σχήμα 8.8: Αναλυτικό Μοντέλο

Στο 6° στάδιο, οι Insight Providers χρησιμοποιούν μικρουπηρεσίες που προβάλλουν τμήματα των αναλυτικών διαδικασιών. Χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες συγχώνευσης δεδομένων για να εφαρμόσουν την επιχειρησιακή λογική, δηλαδή είναι αυτή που παρέχουν τη διορατικότητα για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Ο χρήστης μπορεί να κάνει χρήση της γνώσης του Insight Provider πάνω σε ένα συγκεκριμένο τομέα ώστε να πάρει ως αποτέλεσμα τις επιθυμητές προγνώσεις. Ανάλογα με τον τύπο της επιχείρησης μπορεί να έχουμε διαφορετικό Insight Provider.



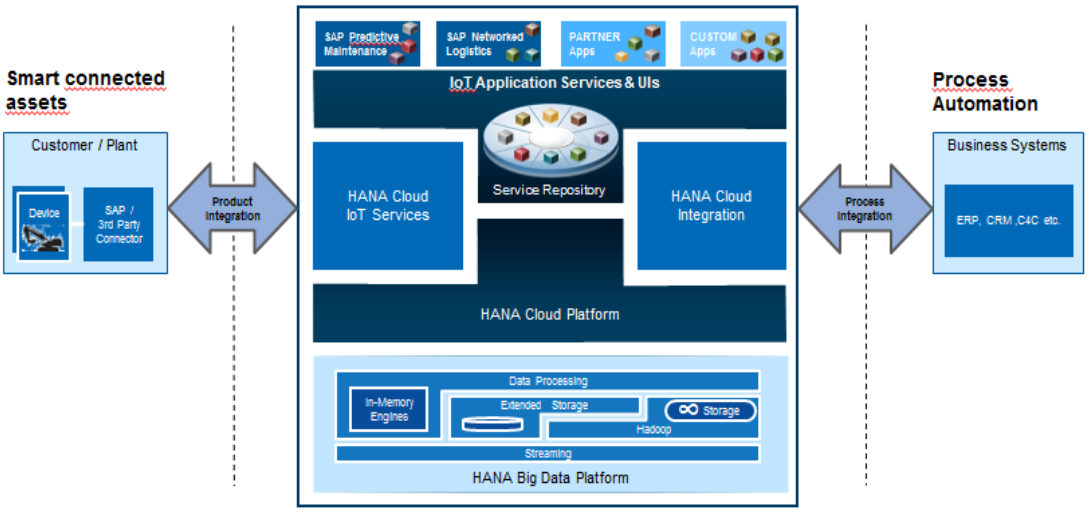
Σχήμα 8.9: Insight Provider

Στο 7° και τελευταίο στάδιο, βρίσκονται οι εφαρμογές οι οποίες αποτελούν την αλληλεπίδραση του χρήστη με τον Insight Provider. Οι μελλοντικοί χρήστες μπορούν να αναπτύξουν εφαρμογές και να χρησιμοποιήσουν Insight Providers προσαρμοσμένους στις δικιές τους ανάγκες. Οι καθορισμένοι αλλά και οι προσαρμοσμένοι Insight Providers μπορούν να αποτελούν μέρος της πρότυπης ή της προσαρμοσμένης εφαρμογής στις ανάγκες του χρήστη.



Σχήμα 8.10: Εφαρμογές

Όλες οι διαδικασίες που περιγράφηκαν παραπάνω πραγματοποιούνται πάνω στην πλατφόρμα SAP HANA Cloud Platform. Η αρχιτεκτονική για τη λύση που που χρησιμοποιεί την λογική IoT παρουσιάζεται στο σχήμα .



Σχήμα 8.11: Αρχιτεκτονική SAP HANA

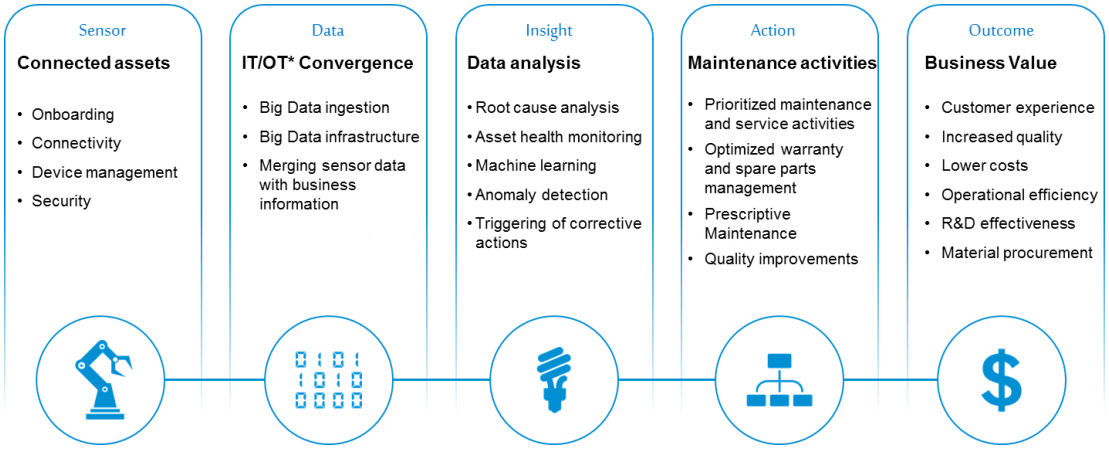
Η πλατφόρμα SAP HANA, πάνω στην οποία δημιουργούνται λύσεις με τη χρήση της τεχνολογίας IoT, δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, εργαλείων ανάπτυξης αλλά και αναβάθμισης συστημάτων. Επίσης δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία εξαιρετικά μεγάλου όγκου δεδομένων IoT σε πραγματικό χρόνο.

Στον πυρήνα της SAP HANA βρίσκεται ένα σύνολο μηχανών επεξεργασίας για την υποστήριξη συνεχούς ροής δεδομένων, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση των σχέσεων, τη γεωχωρική επεξεργασία, τους περίπλοκους υπολογισμούς και την επεξεργασία κειμένου. Αυτές οι διαδικασίες εμπλουτίζονται από την ικανότητα να επεξεργάζονται αναλυτικά φορτία εργασίας από το ίδιο σύνολο δεδομένων. Αυτό εμπλουτισμένο σύνολο χαρακτηριστικών αποτελεί τη βάση για την υποστήριξη απρόβλεπτων φορτίων εργασίας των δεδομένων και λύσεων IoT.

Η πλατφόρμα SAP HANA Cloud για IoT έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει στις επιχειρήσεις να συνδέεται μέσω αισθητήρα ή κάποιας συσκευής σε οποιαδήποτε εφαρμογή ή επιχειρησιακή διαδικασία στην εταιρεία που εφαρμόζεται. Η διαχείριση των συσκευών, η αποστολή μηνυμάτων IoT και οι ενεργοποίηση εφαρμογών IoT αποτελούν μια νέα διαδικασία η οποία συμπεριλαμβάνει όπως έχει ήδη αναφερθεί τη μοντελοποίηση δεδομένων.
Παρατηρούμε ότι οι εφαρμογές IoT και ειδικά αυτή που μας ενδιαφέρει , δηλαδή αυτή της προγνωστικής συντήρησης, βρίσκονται στην κορυφή της αρχιτεκτονικής.

8.3 Λειτουργικότητα του Συστήματος

Στο Σχήμα 8.12 παρουσιάζονται οι λειτουργίες που μπορεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης με το λογισμικό SAP PdMS. Συγκεκριμένα υπάρχουν πέντε κατηγορίες, σε κάθε μία από τις οποίες ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει κάποιες λειτουργίες.



Σχήμα 8.12: Διάγραμμα Διαδικασίας Λειτουργίας

1. **Συνδεδεμένα στοιχεία**

Έχοντας συνδεδεμένες τις συσκευές, ο χρήστης, έχει τη δυνατότητα να:

- Διαχειρίζεται τις συσκευές ακόμα και αν αυτές είναι απομακρυμένες
- Παρακολουθεί τον κύκλο ζωής των μηχανών
- Λαμβάνει δεδομένα και πληροφορίες από τις συσκευές
- Παραγματοποιεί αποστολές μηνυμάτων προς τις συσκευες
- Αποθηκεύει και να διαχειρίζεται τα δεδομένα που συλλέχουν οι αισθητήρες
- Διαμορφώνει τις προδιαγραφές των συσκευών

2. **Σύνδεση Δεδομένων**

Αυτή η λειτουργία του συστήματος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη:

- Να να συνδέει δεδομένα από διαφορετικές πηγές με τη χρήση αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης και να πραγματοποιεί απεικόνιση αυτών (π.χ. δημιουργία διαγράμματος μετρήσεων)
- Να παρακολουθεί την κατάσταση των μηχανών μέσω των μετρήσεων που λαμβάνειτο σύστημα
- Να ορίζει τα επιτρεπτά όρια των τιμών
- Να συνδυάζει δεδομένα των αισθητήρων με τα επιχειρησιακά δεδομένα

3. **Ανάλυση Δεδομένων**

Αποτελεί βασική λειτουργία του συτήματος, καθώς η επιχείρηση μπορεί να:

- Δημιουργεί εικόνα με τις προβληματικές μετρήσεις των μηχανών που χρειάζονται επισκευή.
- Να λαμβάνει ειδοποιήσεις για τις μηχανές με πρόβλημα
- Να προσθέτει στοιχεία τοποθεσίας στις μηχανές ώστε να μπορούν να παρουσιαστούν σε χάρτη
- Να δημιουργεί χάρτη, ο οποίες δείχνει την τοποθεσία των μηχανών με προβληματική συμπεριφορά
- Να δημιουργεί γραφική απεικόνιση των κρίσιμων καταστάσεων
- Να κάνει πρόγνωσει των επερχόμενων αστοχιών ώστε να τις προλαμβάνει
- Να καταλαβαίνει πιο ανταλλακτικό είναι αυτό που χρειάζεται επισκευή ή αντικατάσταση
- Να δημιουργεί πρόγραμμα συντήρησης

4. Δραστηριότητες Συντήρησης

Ξέρωντας τις διαδικασίες συντήρησης που πρέπει να πραγματοποιηθούν ο χρήστης μπορεί:

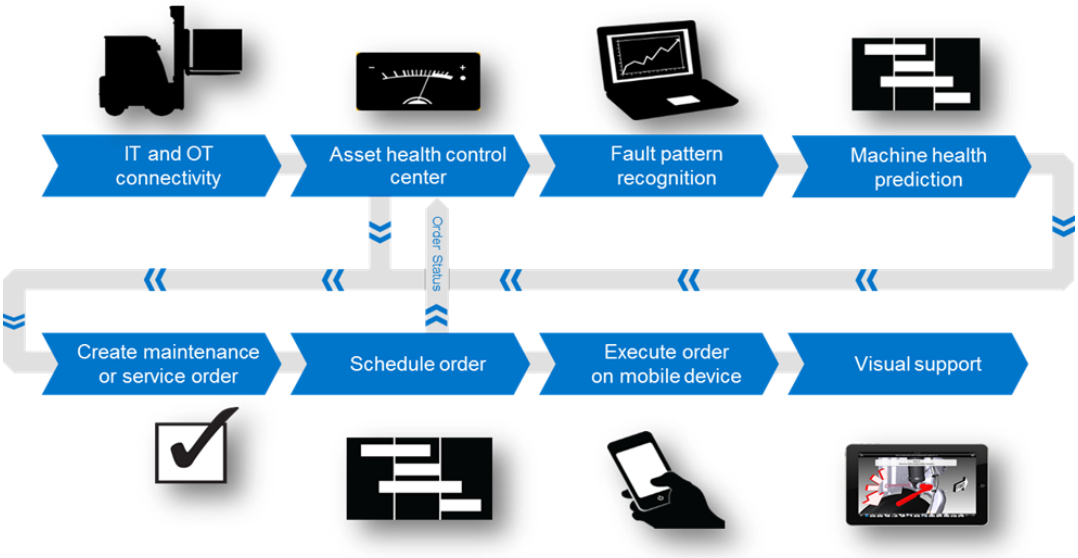
- Να θέσει προτεραιότητα σε αυτές που θεωρεί πιο σημαντικές ή πιο κρίσιμες
- Να βελτιώσει τη πολιτική που χρησιμοποιεί η επιχείρηση για τα αποθέματα των ανταλλακτικών που διατηρεί
- Να βελτιώσει την κατάσταση των μηχανών της και συνεπώς την ποιότητα των παραγώμενων προϊόντων

5. Αξία προς τις επιχειρήσεις

Τέλος, η χρήση ενός τέτοιου πληριοφοριακού συστήματος για την εφαρμογή προγνωστικής συντήρησης έχει μεγάλη αξία προς τις επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν, καθώς τους δινει τη δυνατότητα να:

- Να μειώσουν τα κόστη τους.
- Να αυξήσουν την ποιότητα των προϊόντων τους
- Να έχουν μεγαλυτερη αποτελεσματικότητα οι επιχειρησιακές τους διαδικασίες
- Να χρησιμοποιεί την κατάλληλη πολιτική αποθεμάτων με βάση τις πραγματικές ανάγκες της

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 8.13) φαίνεται ένα τυπικό σενάριο εφαρμογής του συστήματος SAP Predictive Maintenance and Service σε τυπικές διαδικασίες συντήρησης.



Σχήμα 8.13: Σενάριο Εφαρμογής

Τα βήματα στο πρώτο επίπεδο της διαδικασίας του SAP Predictive Maintenance and Service σχετίζονται με τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των προβλέψεων για τις επερχόμενες βλάβες. Έτσι η διαδικασία που ακολουθείται στο ανώτερο επίπεδο είναι η ακόλουθη:

1. **Σύνδεση των φυσικών συσκευών με το σύστημα.**

2. **Συλλογή δεδομένων στο σύστημα που παρακολουθεί τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού.**

   Τα δεδομένα που μπορεί να συλλεχθούν μέσω αυτής της σύνδεσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

   - IT (Information Technology) Data (π.χ. χρονοδιαγράμματα συντήρησης, οικονομικά δεδομένα , αναφορές συντήρησης, υπηρεσίες επισκευών)

   - OT (Operational Technology) Data (π.χ. τηλεμετρικές διαγνώσεις, επιχειρησιακά σχέδια, «συναγερμούς» για κάποια συσκευή και διαγνώσεις βλαβών)

3. **Αναγνώριση κάποιου σφάλματος στον εξοπλισμό.**

Ο εντοπισμός κάποιου σφάλματος γίνεται όταν κάποιος δείκτης που παρατηρείται από το σύστημα βρεθεί εκτός των επιτρεπτών ορίων που έχουν ορισθεί για τον εκάστοτε εξοπλισμό.

4. **Πρόγνωση της πορείας της κατάστασης του εξοπλισμού.**

Τα βήματα του δεύτερου επιπέδου σχετίζονται με τις τυποποιημένες διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιήσει η επιχείρηση με στόχο να αυξηθεί η συνολική αποτελεσματικότητα των εργασιών συντήρησης. Έτσι η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

1. **Δημιουργία παραγγελιών για εργασίες συντήρησης.**

2. **Χρονικός προσδιορισμός πραγματοποίησης των εργασιών.**

3. **Χρήση κινητών συσκευών για την ενημέρωση των τεχνικών για τις παραγγελίες συντήρησης.**

4. **Οπτική υποστήριξη.**

Σε αυτό το στάδιο η οπτική υποστήριξη του συστήματος είναι σημαντική και ιδιαίτερα σε συστήματα πολύπλοκα διότι μπορεί να βοηθήσει τους τεχνικούς στη διαδικασία αποσυναρμολόγησης-συναρμολόγησης.

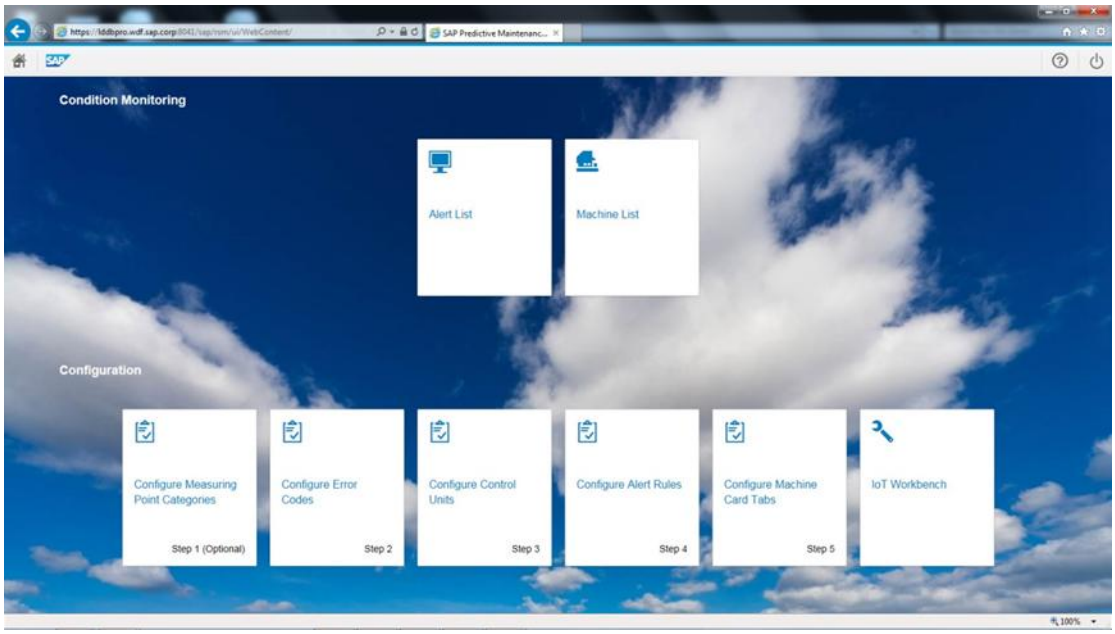
Ωστόσο παρατηρούμε ότι το ανώτερο επίπεδο είναι συνδεδεμένο άρρηκτα με το κατώτερο καθώς το ένα είναι συνέχεια του επόμενου. Παρατηρούμε επίσης ότι ο χρονικός προσδιορισμός των εργασιών συντήρησης συνδέεται με το κέντρο που ελέγχει την κατάσταση του εξοπλισμού προκειμένου αυτό να ενημερώνεται για τις ακόλουθες εργασίες συντήρησης και να μην τις αναγνωρίζει πλέον ως ύποπτες βλάβες.

8.4 Δοκιμή Χρήσης του Συστήματος στη Διαδικασία Προγνωστικής Συντήρησης

Είναι ο πυρήνας της εφαρμογής, που περιλαμβάνει την παρακολούθηση της κατάστασης, τις λίστες με τις καταστάσεις συναγερμού, τις λίστες των μηχανών, την οπτικοποίηση των δεδομένων των αισθητήρων και την ενεργοποίηση των δράσεων.

Η λύση έχει δημιουργηθεί στο SAP HANA Cloud Platform και λειτουργεί μέσω του πληροφοριακού συστήματος SAP. Δεν απαιτείται καμία εγκατάσταση πλατφόρμας για μεγάλα δεδομένα στις εγκαταστάσεις των πελατών.

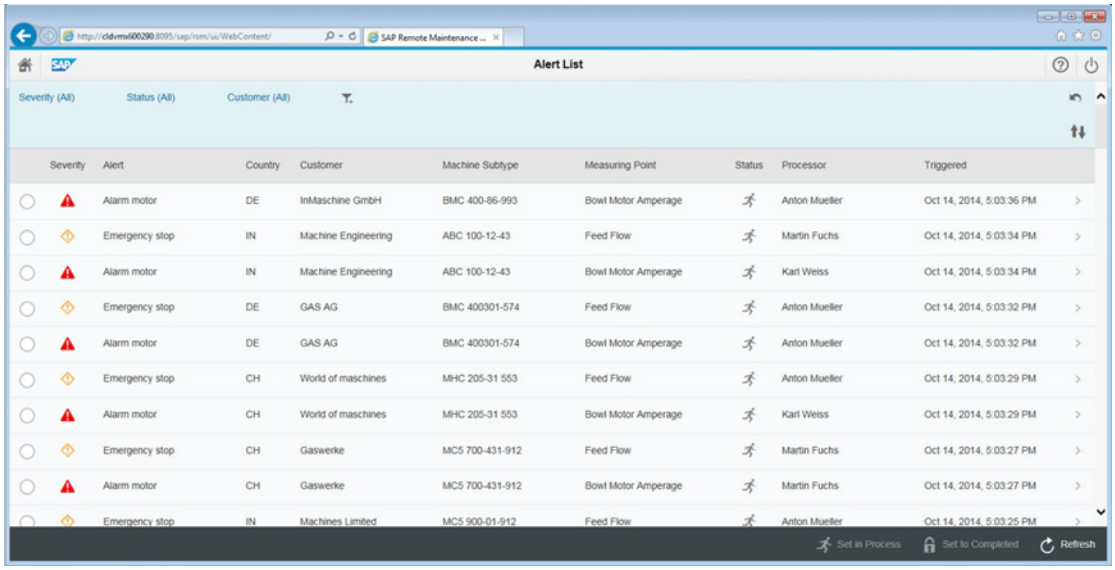
Στο Σχήμα 8.14 βλέπουμε πως ο μηχανικός έχει συνδεθεί στην αρχική οθόνη για να δει την γενική εικόνα για τις μηχανές των εγκαταστάσεων που έχουν συνδεθεί με την cloud υπηρεσία PDMS και όλες οι ειδοποιήσεις για τις μηχανές έχουν σταλεί. Εάν ο μηχανικός αυτός κατέχει τις απαραίτητες άδειες μπορεί να πραγματοποιήσει και ρυθμίσεις στις μηχανές (π.χ. σημεία μέτρησης, κωδικοί σφάλματος). Το επόμενο βήμα είναι να εποπτευθεί η τρέχουσα κατάσταση των μηχανών με περισσότερη λεπτομέρεια, από τη θέση της μηχανής ή του πελάτη και τις πιο κρίσιμες μηχανές.



Σχήμα 8.14: Αρχική Οθόνη

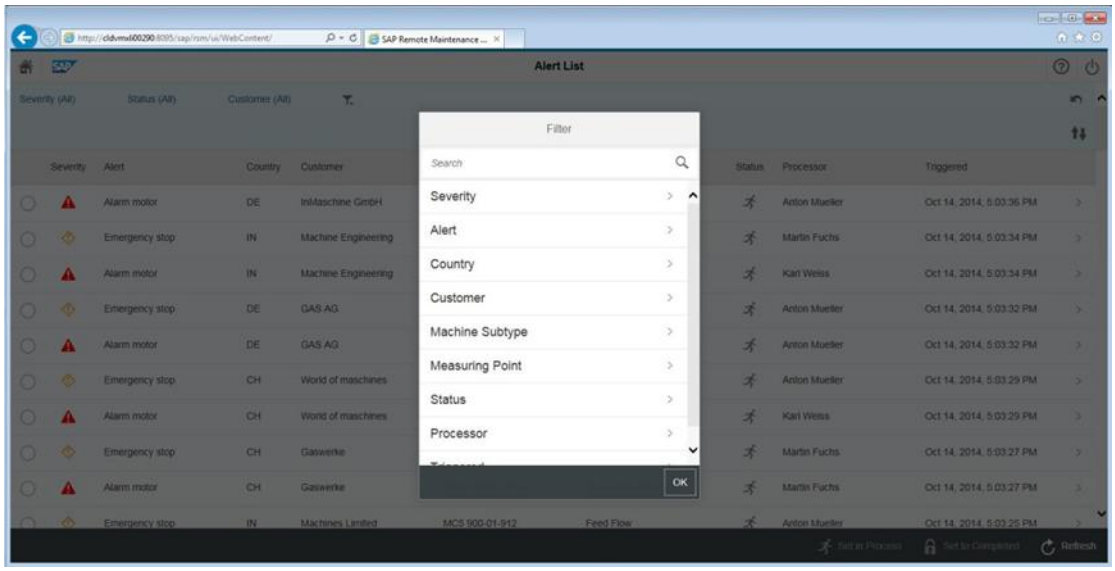
Το SAP παρέχει την παρακολούθηση της κατάστασης των μηχανών σε πραγματικό χρόνο βασιζόμενο στο διαδίκτυο. Δίνει τη δυνατότητα για άμεση επισκόπηση των κρίσιμων συνθηκών των μηχανών και των καταστάσεων συναγερμού στους πελάτες και τις θέσεις των μηχανών σε πραγματικό χρόνο.

Πριν την ανάλυση των συγκεκριμένων καταχωρήσεων για τις μηχανές, η μηχανικός θέλει να έχει μια πιο λεπτομερή εικόνα για την τρέχουσα κατάσταση όλων των μηχανών με τις ειδοποιήσεις και τα λάθη που έχουν εντοπισθεί. Το επόμενο βήμα (Σχήμα8.15) είναι να φιλτράρει τις ειδοποιήσεις μέσω ευέλικτων φίλτρων όπως τον πελάτη, τη χώρα, τον τύπο της μηχανής ή την κατάσταση συναγερμού.



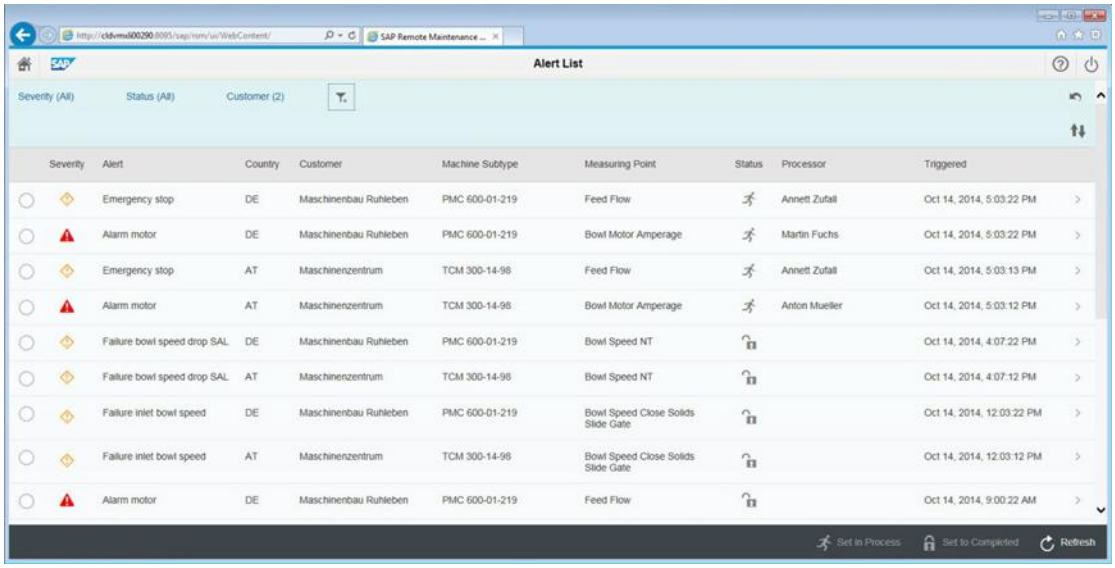
Σχήμα 8.15: Ειδοποιήσεις

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο μηχανικός επιλέγει να φιλτράρει με βάση τον πελάτη.



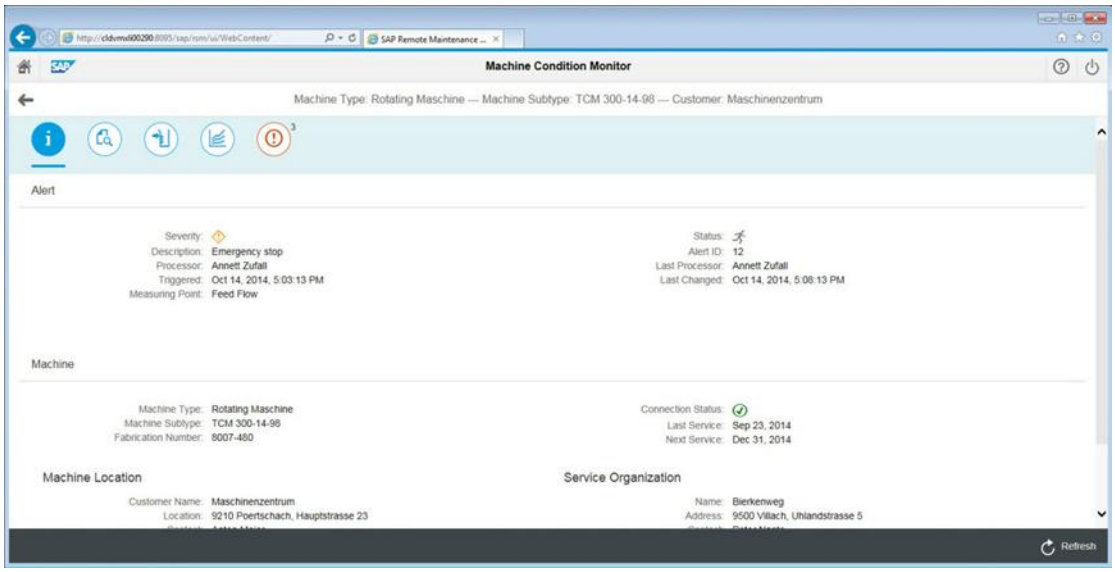
Σχήμα 8.16: Φιλτράρισμα Ειδοποιήσεων

Στη συνέχεια με βάσει το φίλτρο που έχει επιλεγεί παρατηρούμε (Σχήμα 8.17) τη λίστα με τις ειδοποιήσεις με όλες τις εξαιρέσεις που δημιουργούνται από το σύστημα κατά την παρακολούθηση όλων των εισερχόμενων δεδομένων της συσκευής.



Σχήμα 8.17: Φιλτραρισμένη Λίστα

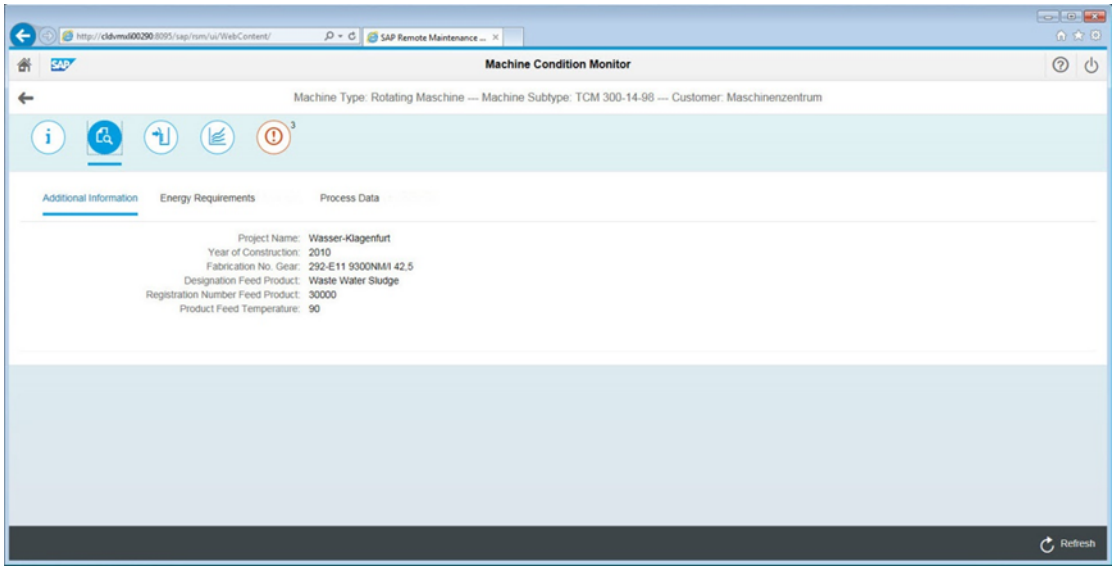
Επιλέγοντας μια μηχανή, στο Σχήμα 8.18, εμφανίζεται η ακόλουθη οθόνη οποία μας δίνει βασικές πληροφορίες για την μηχανή όπως τη σημαντικότητα της κατάστασής της, τη κατάσταση της συνδεσιμότητας, καθώς και δεδομένα της μηχανής όπως τον τύπο της, το σειριακό της αριθμό και την τοποθεσία της.



Σχήμα 8.18: Πληροφορίες Στρεφόμενης Μηχανής

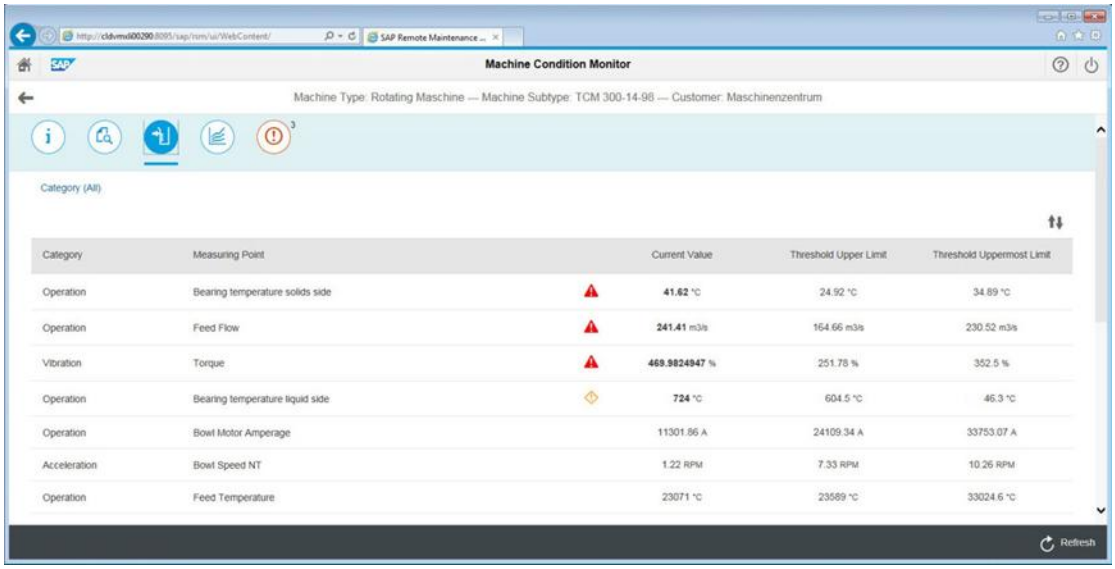
Ο μηχανικός μπορεί πολύ εύκολα να αποκτήσει πρόσβαση σε πρόσθετες λεπτομέρειες επιλέγοντας το δεύτερο πεδίο στη γραμμή εργασιών. Οι πληροφορίες αυτές είναι

συγχρονισμένες με το αντίστοιχο σύστημα διαχείρισης όπως το SAP EAM, SAP ERP, SAP CRM.



Σχήμα 8.19: Πρόσθετες Πληροφορίες

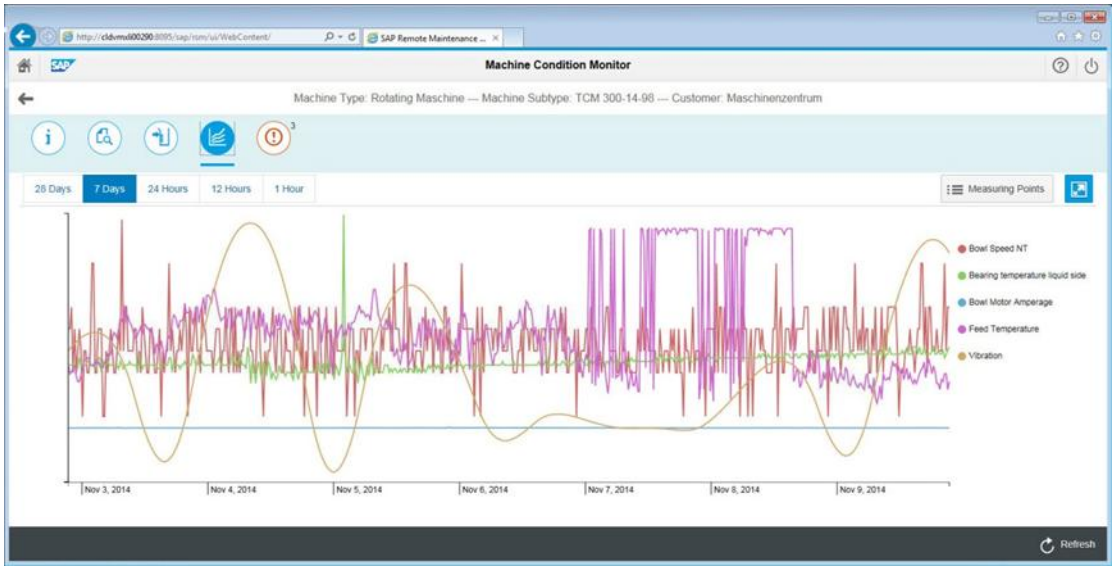
Επιλέγοντας το τρίτο πεδίο, στο Σχήμα 8.20, ο μηχανικός μπορεί να έχει πρόσβαση σε μετρητικές τιμές και έτσι να συγκρίνει τις τρέχουσες τιμές με τις οριακές τιμές. Ο πελάτης μπορεί ελεύθερα να καθορίσει το μετρητικά σημεία ανά μηχανή. Τυπικά, τα όρια θέτονται κατευθείαν στη μηχανή και διαβάζονται από την εφαρμογή. Με βάσει τα εικονίδια των ειδοποιήσεων μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε ποιες τιμές των ορίων παραβιάζονται.



Σχήμα 8.20: Σύγκριση Μετρήσεων

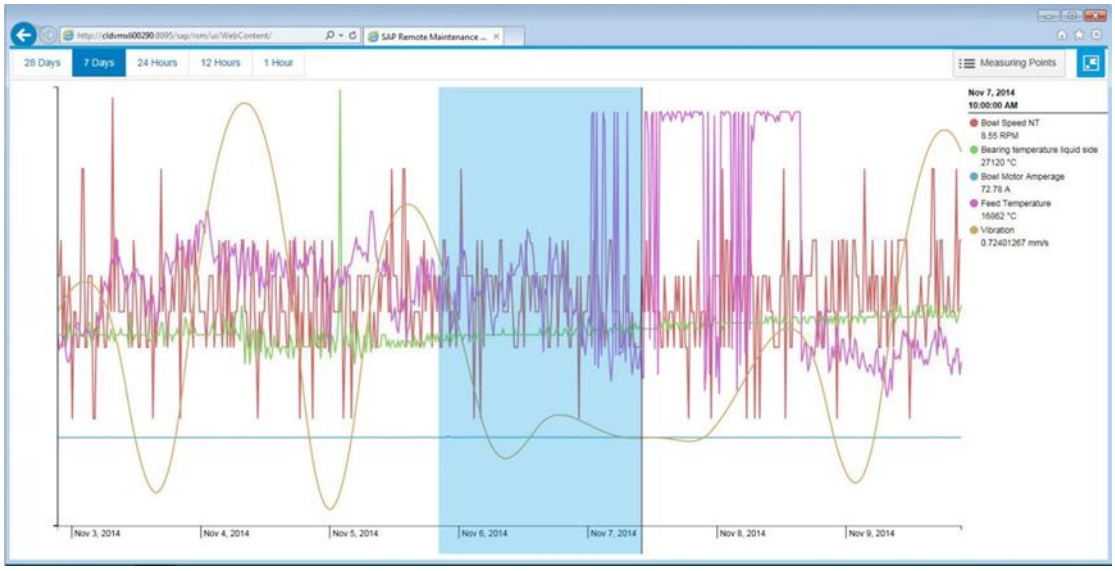
Έπειτα, στο Σχήμα 8.21, ο μηχανικός επιλέγοντας το τέταρτο πεδίο μπορεί να οριστικοποιήσει σε πραγματικό χρόνο τα μετρητικά δεδομένα με γραφική παράσταση. Ο χρήστης μπορεί πολύ εύκολα να επιλέξει ή να καταργήσει τα μετρικά εκείνα στοιχεία που

θέλει να απεικονίσει , να απεικονίσει τα όρια και να επικεντρωθεί σε λεπτομέρειες. Η παρακάτω λήψη του συστήματος μας δίνει τη γραφική παράσταση τεσσάρων μετρητικών στοιχείων που έχουν επιλεγεί, τα οποία είναι η ταχύτητα, η θερμοκρασία, η θερμοκρασία του λιπαντικού των ρουλεμάν, η δονήσεις και η ένταση ρεύματος.



Σχήμα 8.21: Διάγραμμα Μετρήσεων

Επιπλέον, στο Σχήμα8.22, ο μηχανικός μπορεί να επικεντρωθεί σε μια συγκεκριμένα χρονοσειρά της γραφικής απεικόνισης, επιλέγοντάς την.

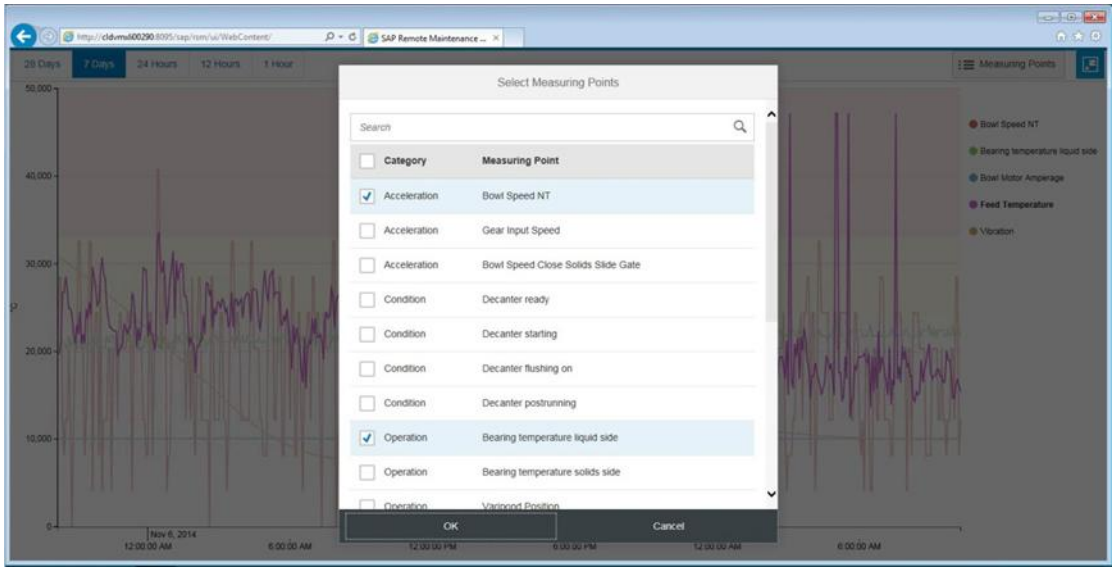


Σχήμα 8.22: Επιλογή Χρονοσειράς

Με την επιλογή μιας μετρητικής τιμής στη δεξιά στήλη της παρακάτω εικόνας μπορούμε να απεικονίσουμε την παραβίαση που έχει γίνει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία έχει παραβιάσει επιτρεπόμενα όρια. Στο γράφημα αυτό παρουσιάζεται με σκίαση κόκκινου χρώματος.

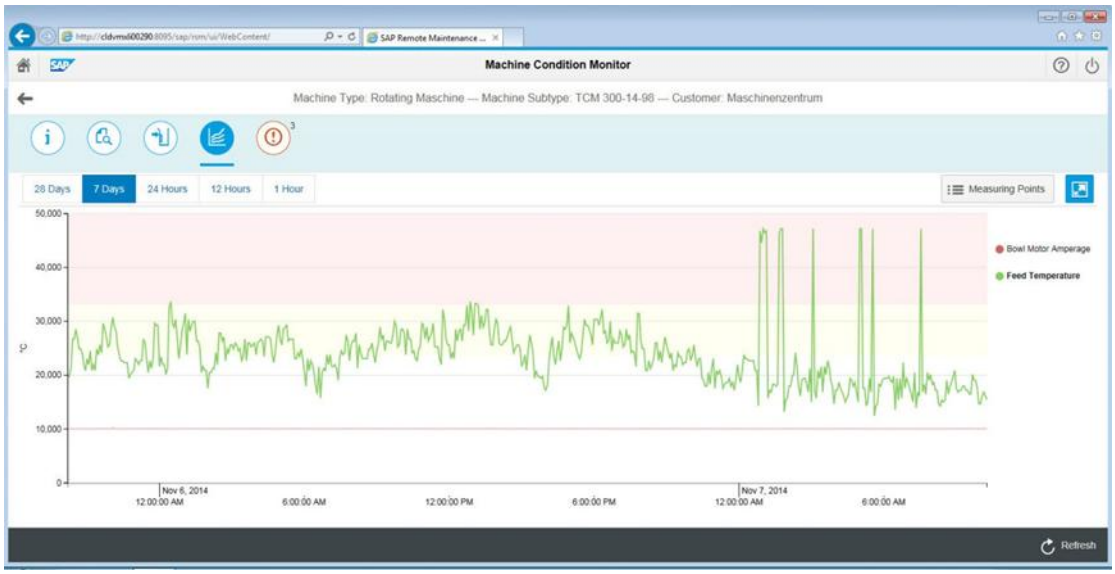
Σχήμα 8.23: Απεικόνιση Παραβίασης

Τα μετρητικά στοιχεία που θέτουμε προς απεικόνιση μπορούμε να τα αλλάξουμε από την οθόνη του φίλτρου, όπως φαίνεται στο Σχήμα8.24.



Σχήμα 8.24: Αλλαγή Φίλτρου

Έτσι με τη νέα επιλογή , στο Σχήμα 8.25,έχουμε τη γραφική απεικόνιση μόνο της θερμοκρασίας και της έντασης το κινητήρα.



Σχήμα 8.25: Απεικόνιση Θερμοκρασίας Κινητήρα

Σε περίπτωση που υπάρχει κάποια κρίσιμη ειδοποίηση ο μηχανικός μπορεί να ορίσει έναν επεξεργαστή και να δρομολογήσει τις επερχόμενες δραστηριότητες. Αυτό, επιτρέπει στους πελάτες να βελτιώσουν τις εργασίες συντήρησης και να αλλάξουν από την εφαρμογή αντιδραστικής συντήρησης στην εφαρμογή προληπτικής συντήρησης.

8.5 Μελέτες Περίπτωσης (Case Studies)

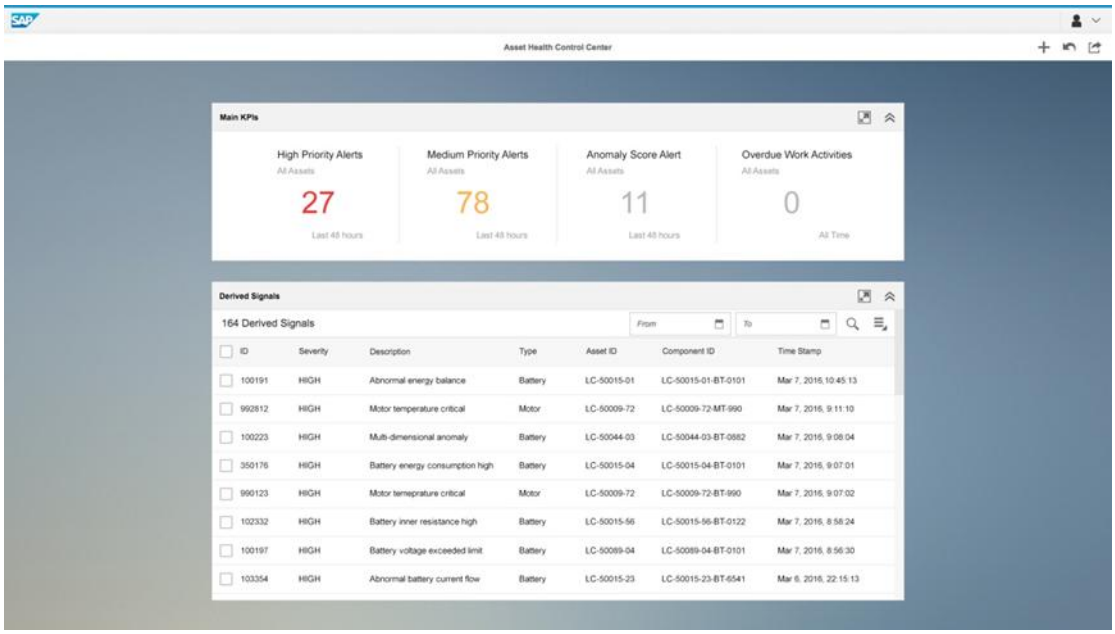
8.5.1 Μελέτη Περίπτωσης: ACME Railroad (AR)

Η ACME Railroad είναι μια επιχείρηση η οποία ασχολείται με τις αμαξοστοιχίες και αντιμετωπίζει την πρόκληση αύξησης κόστους της συντήρησης και της χαμηλής ικανοποίησης των πελατών της λόγω των απρόσμενων απαιτήσεων των τραίνων για συντήρηση, πράγμα το οποίο οδηγεί σε καθυστερήσεις και διακοπές στην παροχή υπηρεσιών. Από αυτό το γεγονός, προκύπτει η ανάγκη για καλύτερη διαχείριση των περιουσιακών της στοιχείων και των συσχετιζόμενων δαπανών. Για να το επιτύχει αυτό η AR παρατηρεί τη σωστή λειτουργία των τραίνων της για τον έγκαιρο εντοπισμό πιθανών κρίσιμων καταστάσεων, κάνοντας μια σαφή στροφή από το μοντέλο της αντιδραστικής συντήρησης προς την προγνωστική συντήρηση. Η πρόληψη απρογραμμάτιστων εργασιών συντήρησης τους βοηθά στην καλύτερη διαχείριση των δαπανών για υπηρεσίες συντήρησης όταν αυτές είναι προγραμματισμένες, εδραιώνοντας και αυτή τη λογική σε όλους τους άλλους τομείς που σχετίζονται με αυτή, όπως η ανάγκη για προμήθεια ανταλλακτικών. Έχοντας διασφαλίσει ότι κατέχουν τις σωστές πληροφορίες, τους πόρους και τα ανταλλακτικά τη σωστή στιγμή και στο σωστό σημείο, τους βοηθά στην απλοποίηση των διαδικασιών και των χρηματοοικονομικών ροών.

Στο ακόλουθο demo παρατηρούμε πως ο μηχανικός συντήρησης της AR, ο οποίος χρησιμοποιεί το SAP PDMS μπορεί να βελτιστοποιήσει την αποδοτικότητα των προγραμμάτων συντήρησης μέσω του προγραμματισμού βασισμένου στα δεδομένα που έχει και της ιεράρχησης των δραστηριοτήτων συντήρησης.

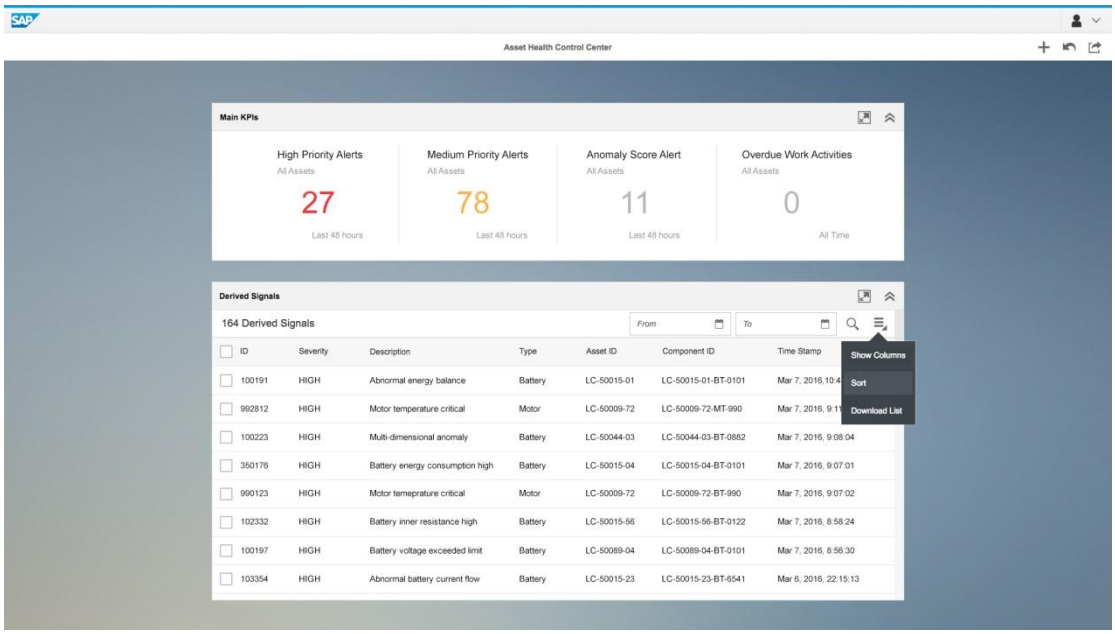
Ο μηχανικός συνδέεται στο PDMS Asset Health Control Center (AHCC), το οποίο του επιτρέπει να πάρει μια γενική εικόνα για την κατάσταση όλων των τραίνων και να αποφασίσει πιο θα είναι το πρόγραμμα συντήρησης για καθένα από αυτά. Ο μηχανικός χρησιμοποιεί μια σειρά από Insight Providers για να μαζέψει όσες πληροφορίες του χρειάζονται, ώστε να λάβει γρήγορες αποφάσεις.

Στην κορυφή της ακόλουθης οθόνης ,στο Σχήμα 8.26, μπορούμε να δούμε μια σειρά από βασικά στοιχεία που έχουν ρυθμιστεί έτσι ώστε να δίνουν το μέγιστο και μεσαίο αριθμό ειδοποιήσεων που έχουν σταλθεί από το στόλο των τραίνων. Οι ειδοποιήσεις υψηλής προτεραιότητας είναι πολύ ενδιαφέρουσες γιατί μας δείχνουν πιθανές προειδοποιήσεις βλαβών. Στη συγκεκριμένη οθόνη βλέπουμε 27 ειδοποιήσεις οι οποίες έχουν γίνει τις τελευταίες δύο ημέρες, οι οποίες είναι εκτός των ορίων. Μπορούμε πολύ εύκολα να δούμε τις λεπτομέρειες για κάθε μια από αυτές τις ειδοποιήσεις χρησιμοποιώντας το κάτω μέρος τις οθόνης του παρουσιάζει τα Derived Signals.

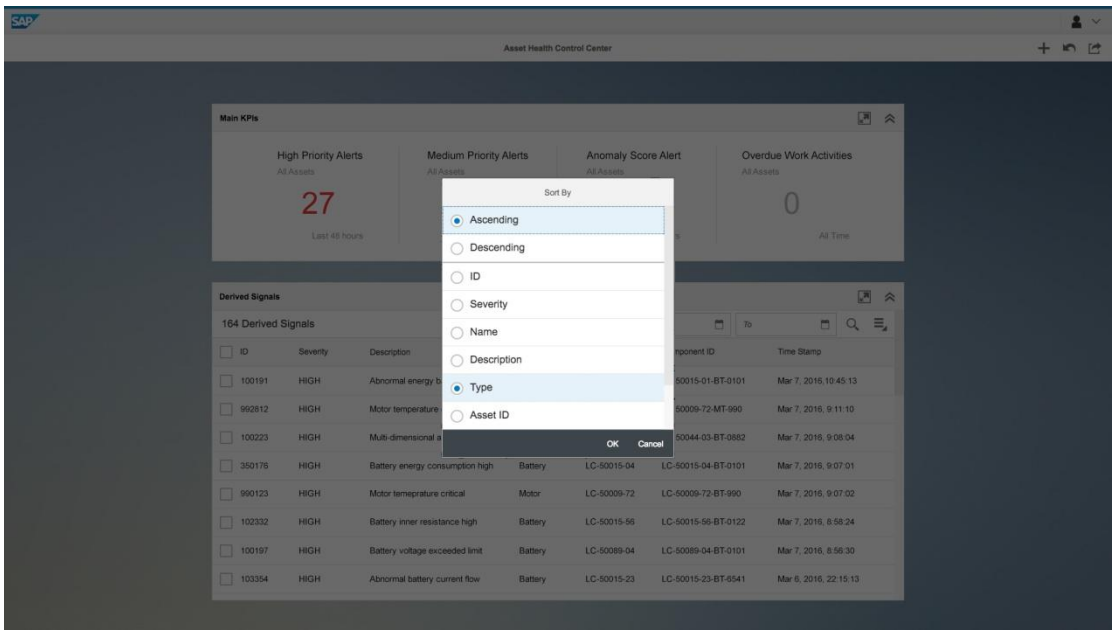


Σχήμα 8.26: Αρχική Οθόνη

Στη συνέχεια ο μηχανικός (Σχήμα8.27), δημιουργεί ένα κατάλογο, να δει πρώτα τα σήματα υψηλής σοβαρότητας. Αυτό πραγματοποιείται, επιλέγοντας τον τύπο της ειδοποίησης από τα δεξιά της οθόνης, όπως φαίνεται παρακάτω. Συγκεκριμένα, για να δημιουργήσει τον κατάλογο επιλέγει το κουμπί “sort”, και στη συνέχεια το “type”.

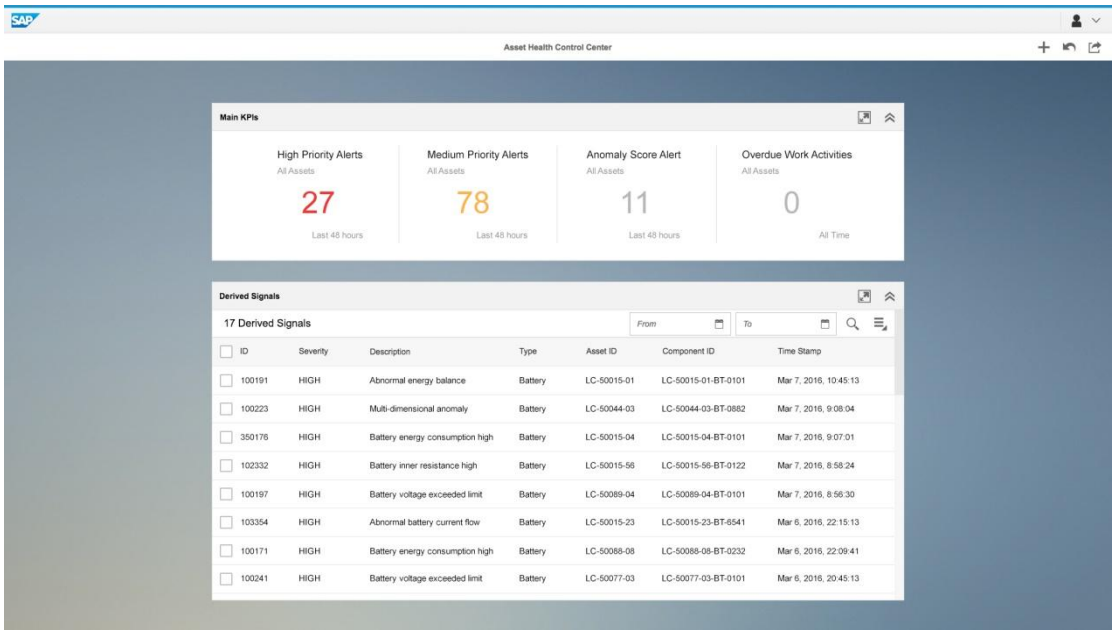


Σχήμα 8.27: Επιλογή Τύπου Ειδοποίησης



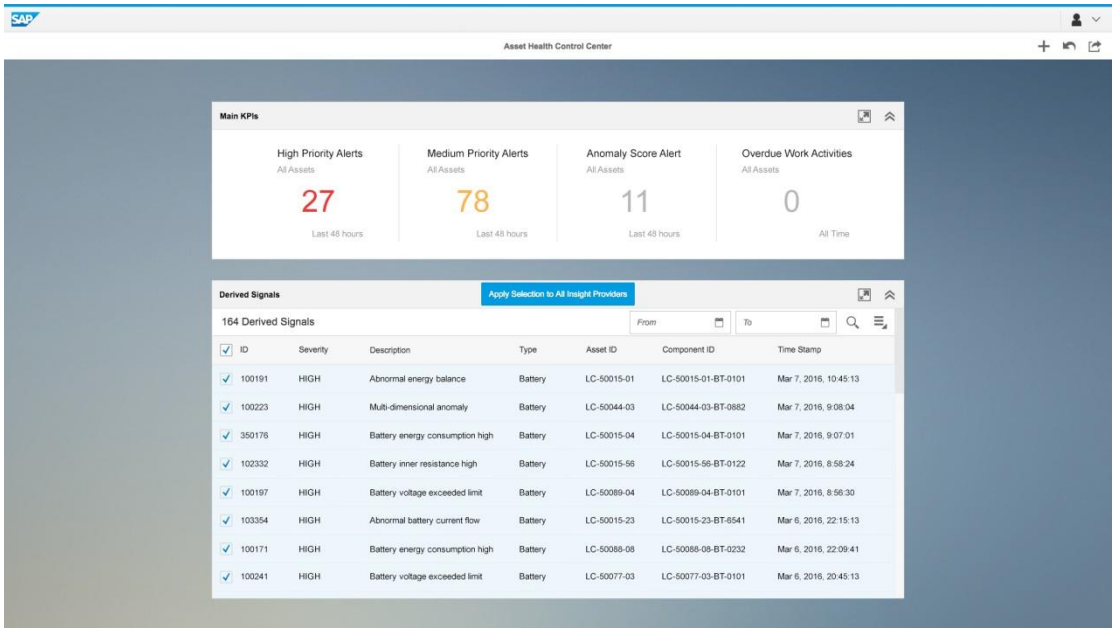
Σχήμα 8.28: Επιλογή Τύπου Ειδοποίησης

Έχοντας δημιουργήσει αυτόν τον κατάλογο, στο Σχήμα 8.29, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι περισσότεροι τύποι βλαβών αναφέρονται στην μπαταρία.



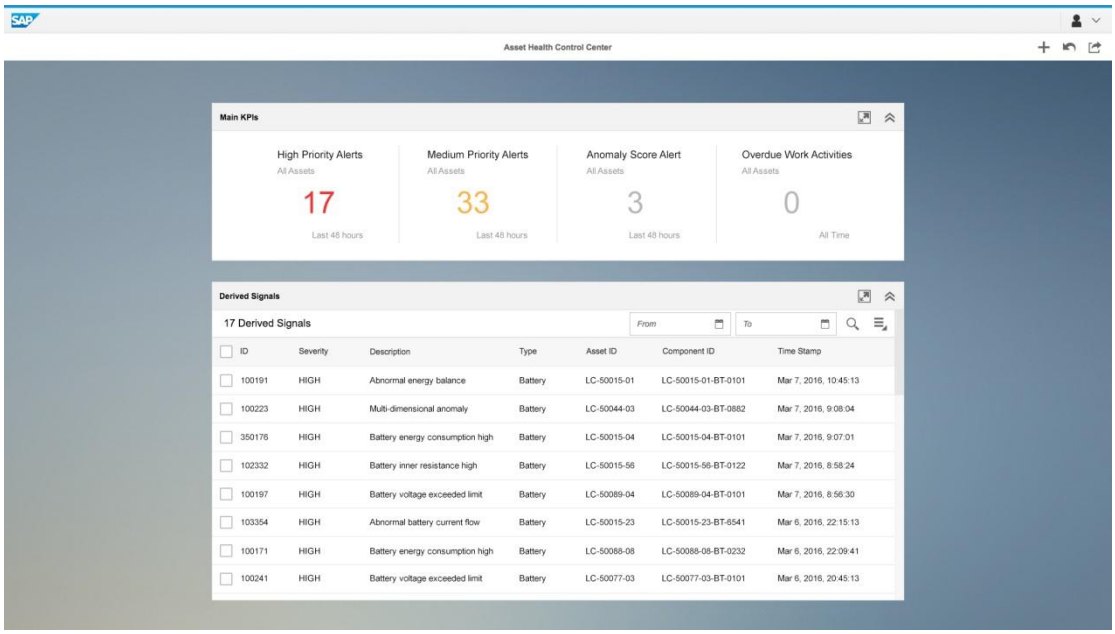
Σχήμα 8.29: Νέος Κατάλογος

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 8.30, ο μηχανικός επιλέγει όλες τις ειδοποιήσεις υψηλής σοβαρότητας λόγω μπαταρίας και ενημερώνει τους άλλους Insight Providers.



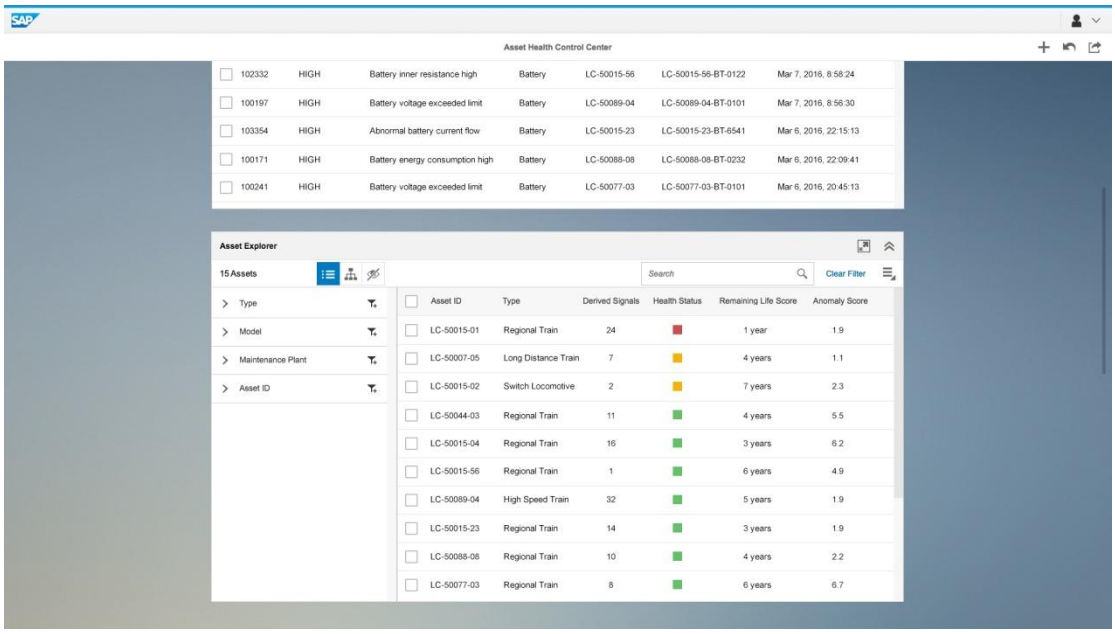
Σχήμα 8.30: Επιλογή Κρίσιμων Ειδοποιήσεων

Έτσι η ευελιξία του AHCC μας επιτρέπει να επικεντρωθούμε στις ειδοποιήσεις υψηλής σοβαρότητας. Βλέπουμε ότι τα βασικά στοιχεία έχουν ενημερωθεί και από 27 έχουν γίνει 17, τα οποία όμως σχετίζονται με τη μπαταρία.



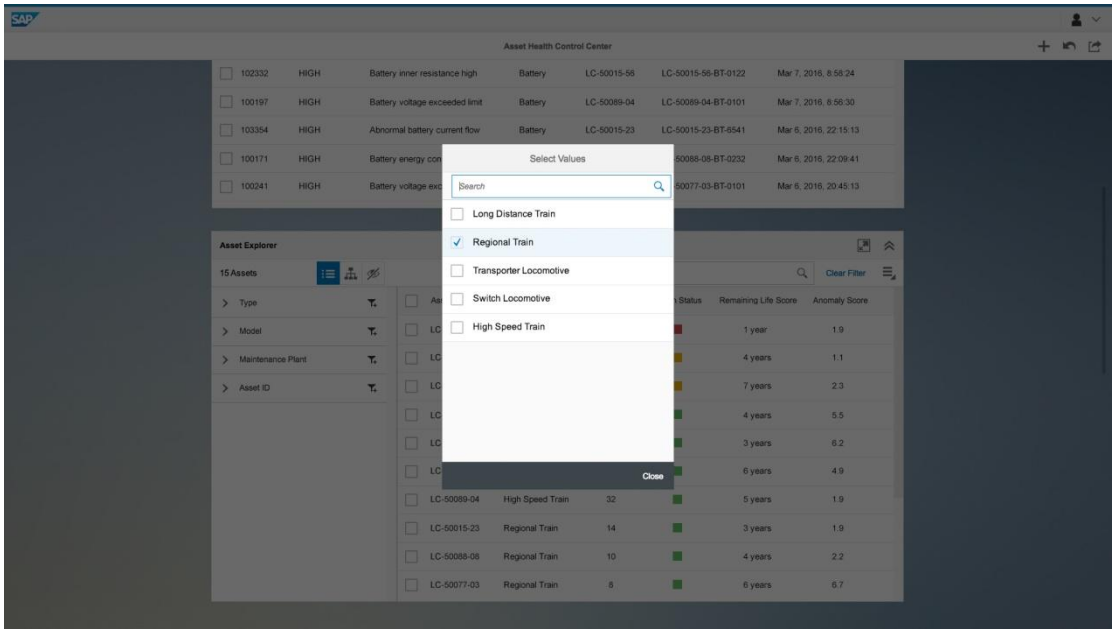
Σχήμα 8.31: Μειωμένες Ειδοποιήσεις

Κινούμενοι προς τα κάτω στην οθόνη, στο Σχήμα 8.31, μπορούμε να δούμε ότι υπάρχει μια λίστα με εκείνες μόνο τις μηχανές που έχουν στείλει αυτές τις ειδοποιήσεις. Παρατηρούμε ότι συνολικά επηρεάζονται 15 μηχανές. Εξερευνώντας τη λίστα αυτή, βλέπουμε ότι οι περισσότερες ειδοποιήσεις προέρχονται από περιφερειακά τραίνα. Αυτό είναι ενδιαφέρον διότι, τον τελευταίο καιρό, υπήρξαν επαναλαμβανόμενες αίτησης συντήρησης για αυτά τα τραίνα.



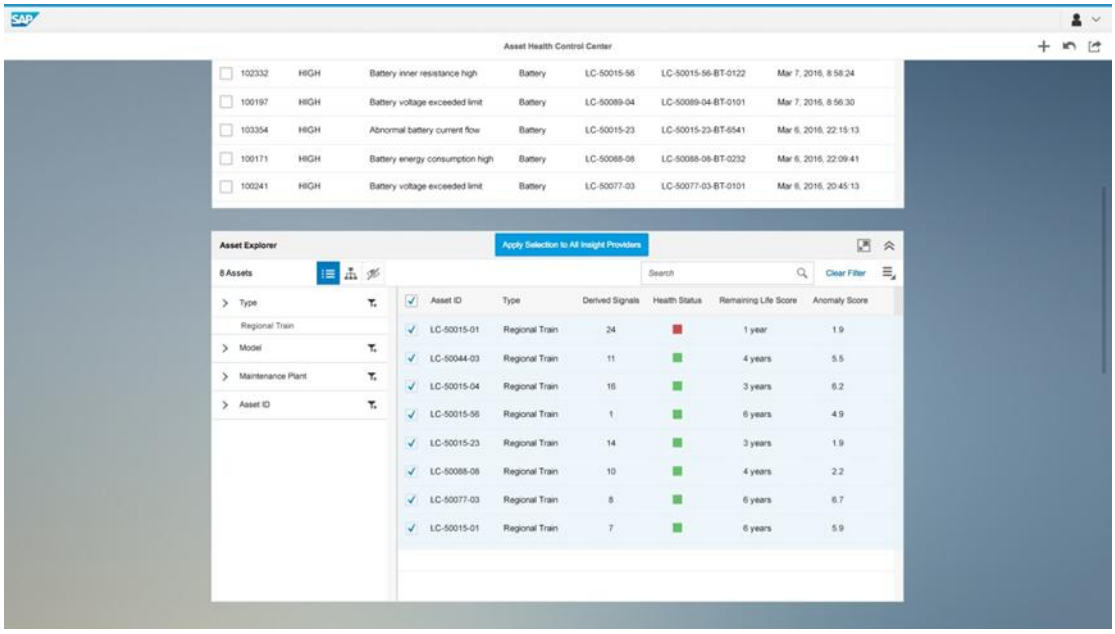
Σχήμα 8.32: Μηχανές που έχουν στείλει Ειδοποιήσεις

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 8.32, ο μηχανικός φιλτράρει τη λίστα με τις μηχανές ώστε να δει μόνο τα περιφερειακά τραίνα. Έτσι επιλέγει τον τύπο regional trains.



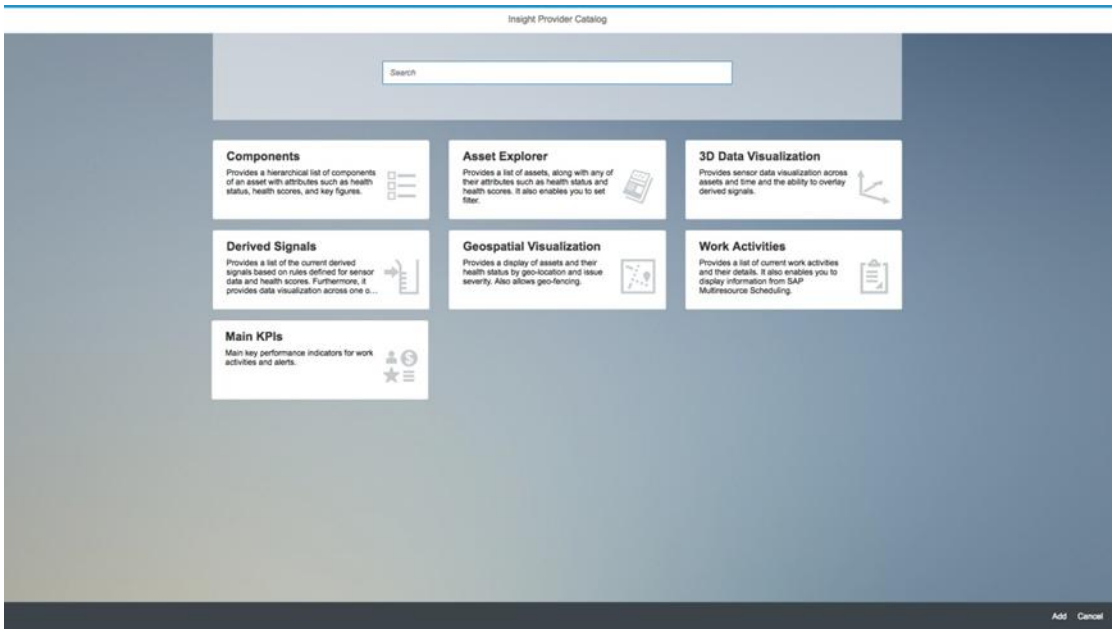
Σχήμα 8.33: Φιλτράρισμα Μηχανών

Έχοντας φιλτράρει τη λίστα των μηχανών, ο μηχανικός ενημερώνει του άλλους Insight Providers ώστε να δει πληροφορίες σχετικές με αυτές μόνο τις μηχανές.



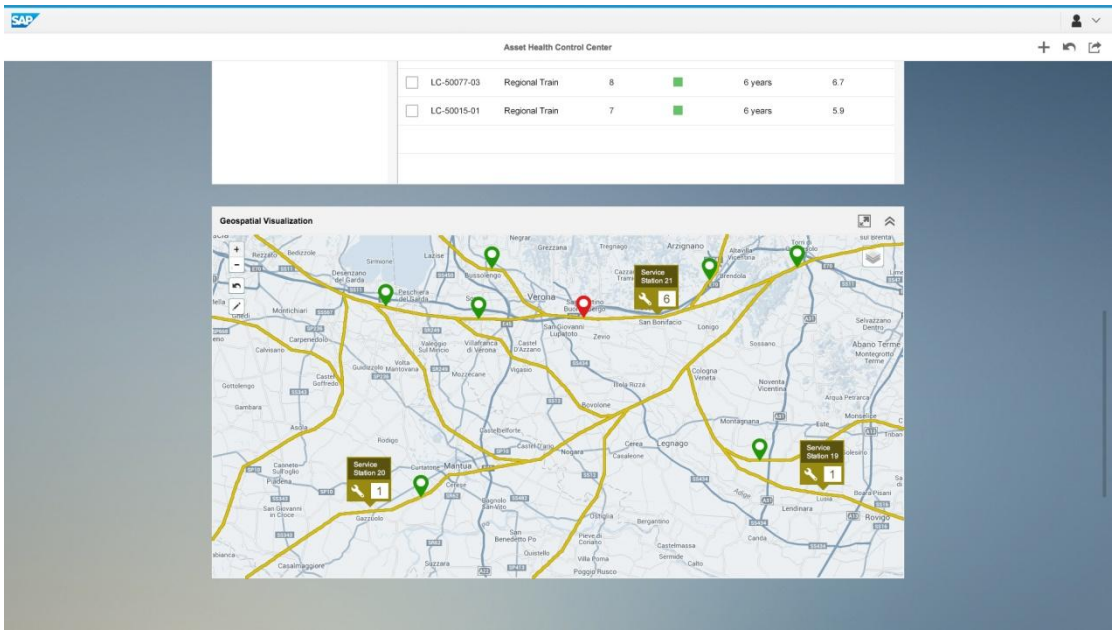
Σχήμα 8.34: Φιλτραρισμένη Λίστα

Για περαιτέρω ανάλυση του αντίκτυπου του προβλήματος, ο μηχανικός στο Σχήμα 8.34, ανοίγει τη λίστα με τους Insight Providers οι οποίοι προσφέρουν μεγαλύτερη λειτουργικότητα.



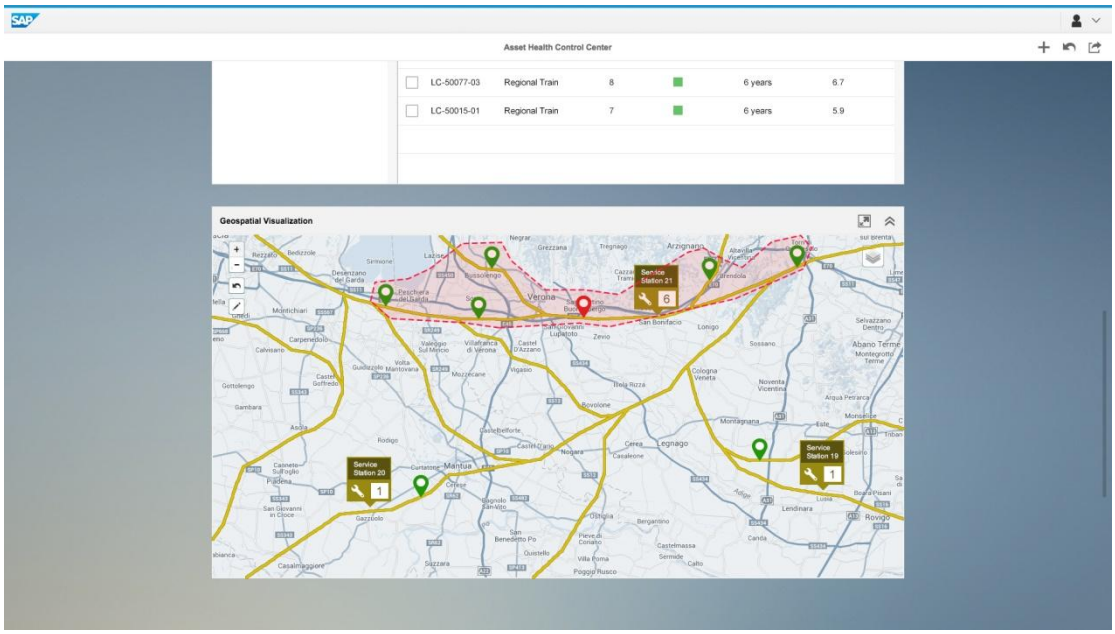
Σχήμα 8.35: Insight Providers

Ο Geospatial Visualization Insight Provider(Σχήμα 8.34) μας δείχνει τα τραίνα που έχουν πρόβλημα στην τρέχουσα θέση που βρίσκονται. Επιπρόσθετα, μας δίνει πληροφορίες σχετικά με τις υπηρεσίες και την τοποθεσία της συντήρησης για αυτά τα 8 τραίνα. Μπορούμε να δούμε ότι τα 6 από αυτά τα τραίνα έχουν επισκευαστεί στον σταθμό συντήρησης 21.



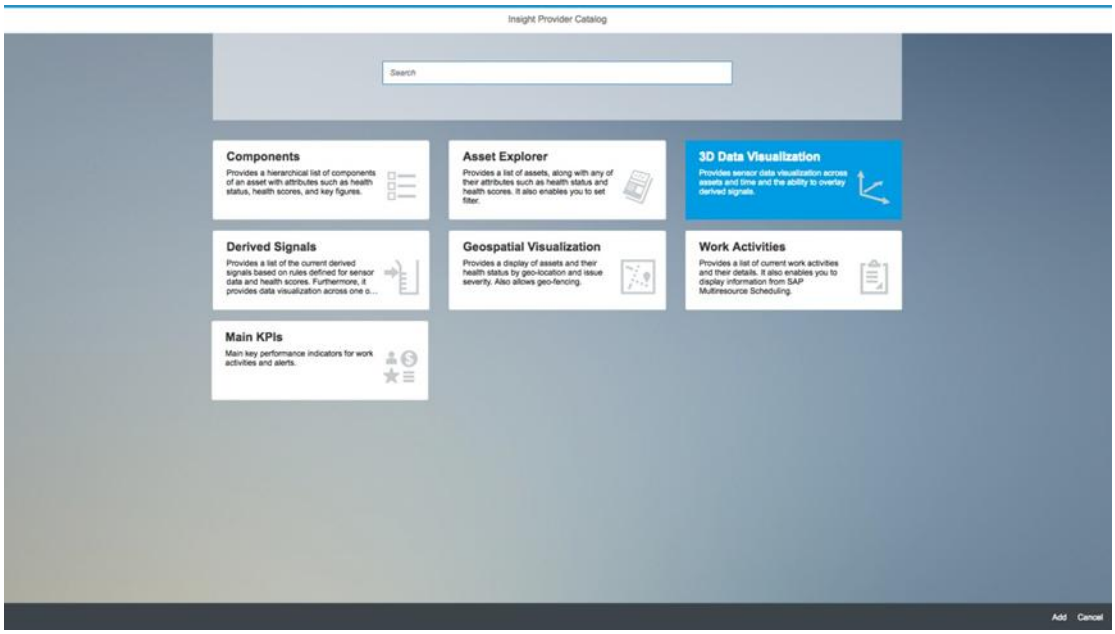
Σχήμα 8.36: Geospatial Visualization Insight Provider

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 8.35, ο μηχανικός επιλέγει τη λειτουργία geo-fence, δημιουργώντας έτσι ένα «φράχτη», όπως προστάζει η ονομασία της λειτουργίας, με τα τραίνα που κινούνται στην ίδια τροχιά.



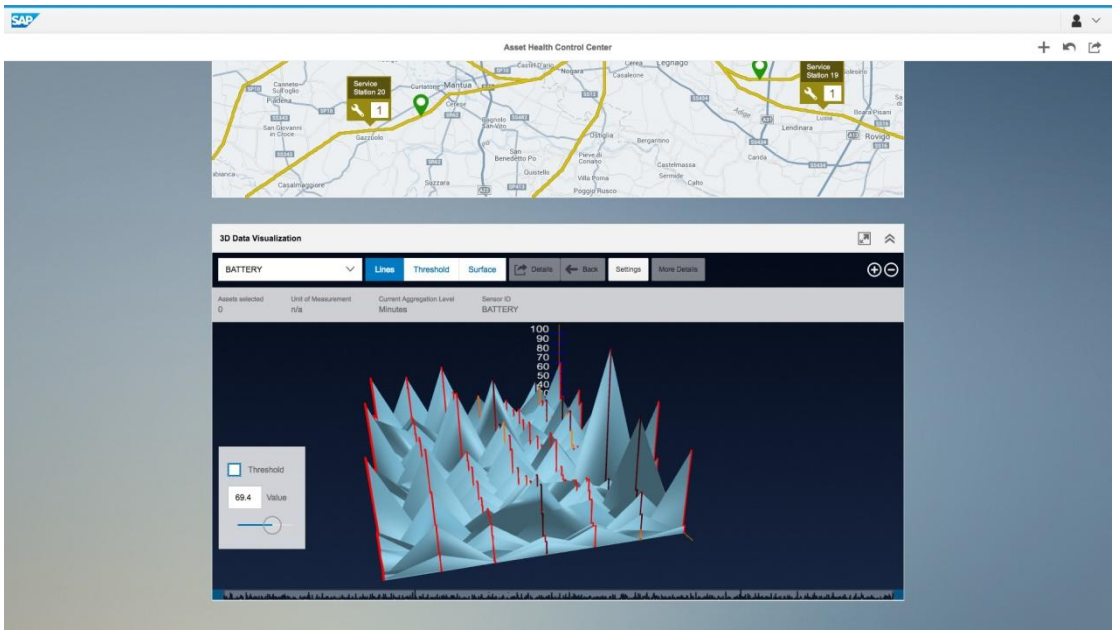
Σχήμα 8.37: Λειτουργία Geo-Fence

Επιστρέφοντας και πάλι στη λίστα με τους Insight Providers, γίνεται επιλογή του 3D Visualization, με τον οποίο θα γίνει ανάλυση των τιμών του αισθητήρα που βρίσκεται στη μπαταρία για όλες τις μηχανές που έχουν συμπεριληφθεί στο «φράχτη».



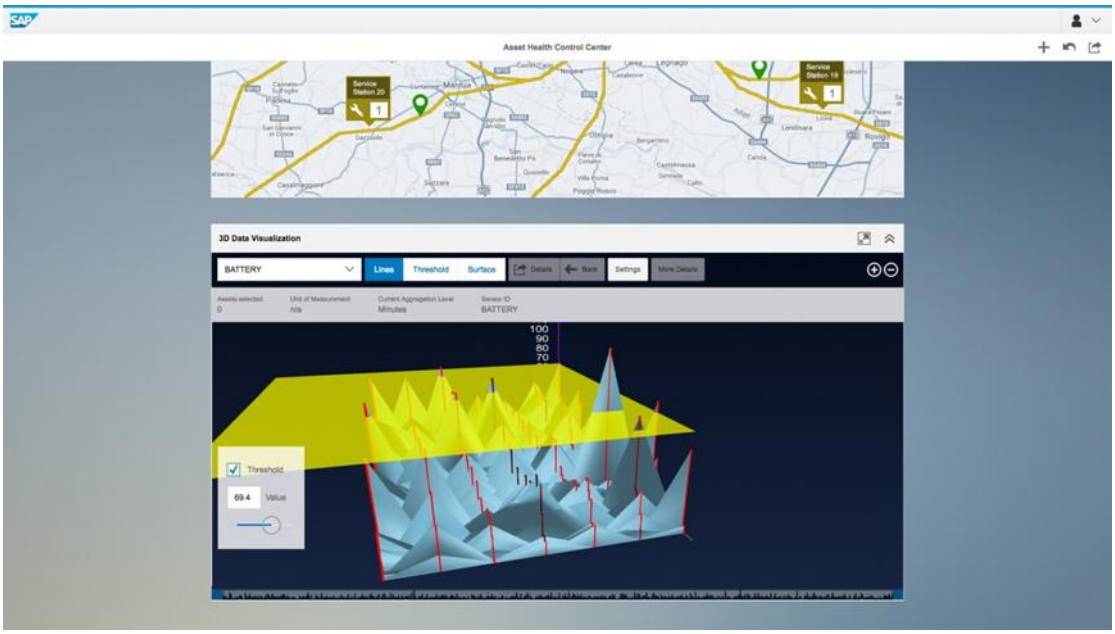
Σχήμα 8.38: Επιλογή 3D Insight Provider

Στο τρισδιάστατο γράφημα, στο Σχήμα 8.37, στον άξονα X τοποθετούνται τα επιλεγμένα τραίνα και στον άξονα Y τα σήματα της μπαταρίας από αυτές τις μηχανές. Οι κορυφές αναπαριστούν τις τιμές των αισθητήρων των μπαταριών σε ορισμένα χρονικά διαστήματα.



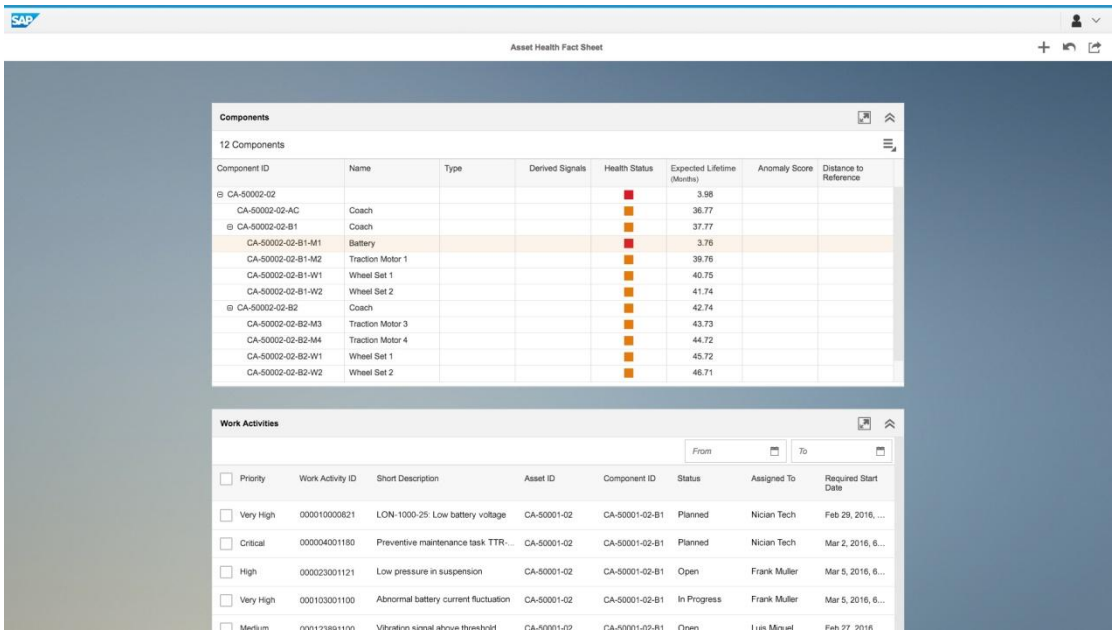
Σχήμα 8.39: Τρισδιάστατο Γράφημα

Στο γράφημα ,στο Σχήμα 8.38, ο μηχανικός εφαρμόζει το εργαλείο που θα μας δείξει τα επιτρεπόμενα όρια των τιμών για τις μπαταρίες, τα οποία θα συγκριθούν με τις τιμές των αισθητήρων. Παρατηρούμε στην παρακάτω οθόνη ότι σχεδόν όλες τιμές ξεπερνούν σχεδόν κατά 70% τα επιτρεπόμενα όρια, πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι η κατάσταση είναι κρίσιμη. Όμως, οι τιμές ενός αισθητήρα είναι εκείνες που έχουν ξεπεράσει το όριο σε κρίσιμο βαθμό. Γι' αυτό κλικάρουμε πάνω στην τιμή του αισθητήρα και επιλέγουμε το κουμπί "more details" για να πάμε στο Asset Health Factsheet (AHF)(δελτίο υγείας) του συγκεκριμένου περιφερειακού τραίνου.



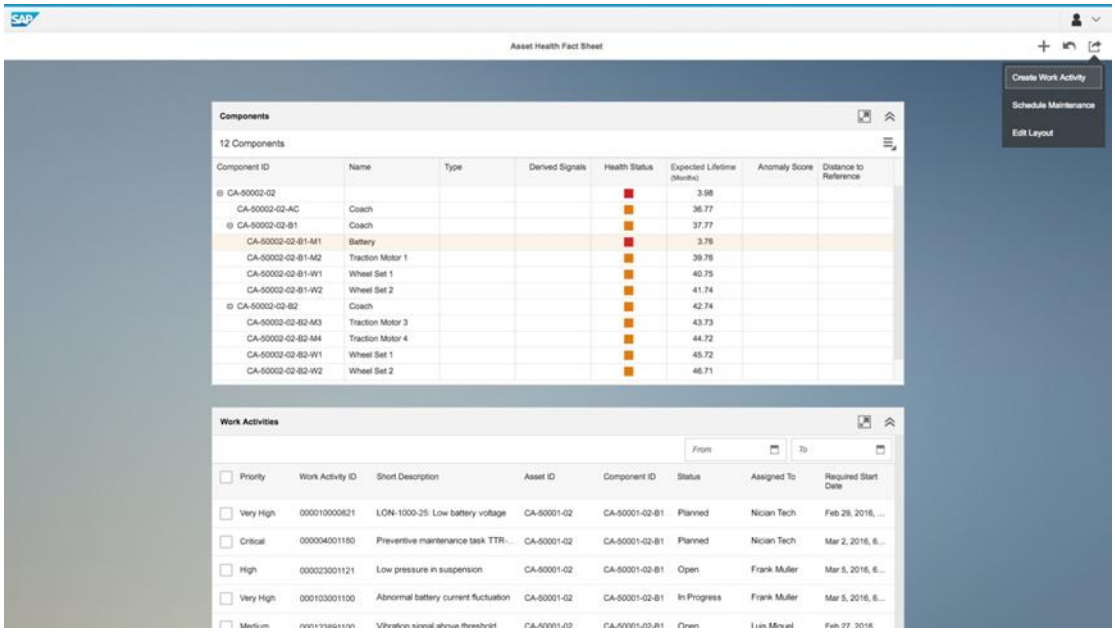
Σχήμα 8.40: Εισαγωγή Επιτρεπόμενων Ορίων

Το AHF (Σχήμα 8.39) , μας δείχνει την κατάσταση όλων των συστατικών αυτής της μηχανής. Η ανάλυση σε συνδυασμό με την εφαρμογή έχουν διαπιστώσει ότι η κατάσταση της μπαταρίας και η αναμενόμενη διάρκεια ζωής της είναι κατά πολύ κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Η επιθυμητή κατάσταση της μπαταρίας έχει ληφθεί από ιστορικά δεδομένα, την εφαρμογή της επιστήμης των δεδομένων και από δεδομένα από μηχανές. Δεν βασίζονται, δηλαδή, μόνο σε όρια που ορίζει ο χρήστης αλλά είναι βασισμένα σε ιστορικά μοτίβα δεδομένων.



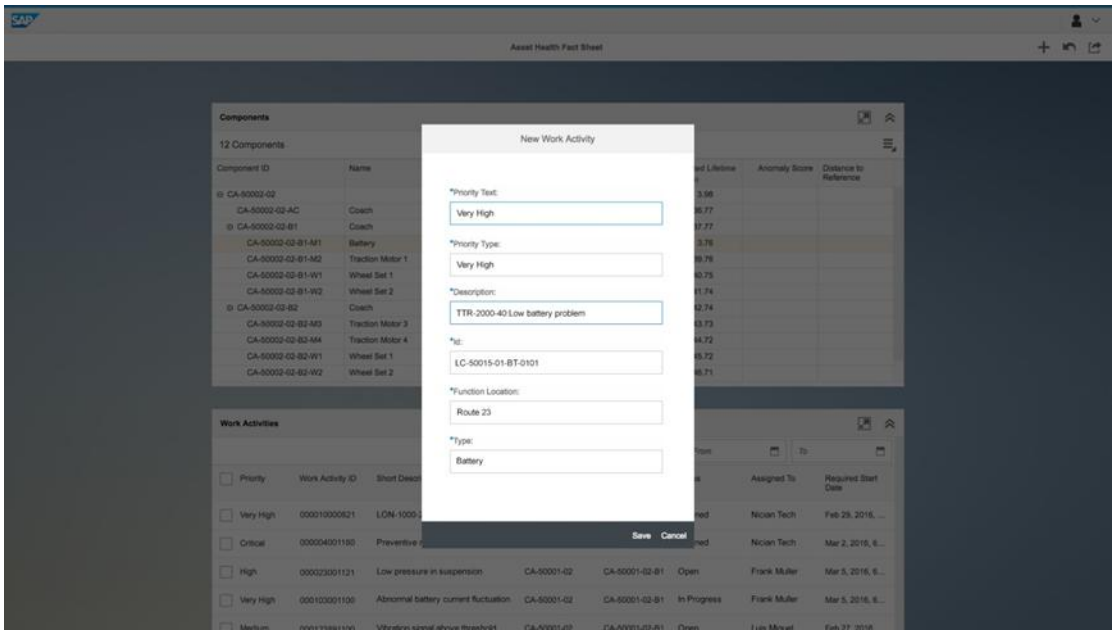
Σχήμα 8.41: Λίστα Συστατικών Μηχανής

Από τις στήλες “Health” και “Expected lifetime”, στο Σχήμα 8.40, μπορούμε να δούμε πιο τραίνο χρειάζεται άμεση επισκευή. Έτσι πηγαίνοντας πάνω δεξιά στην καρτέλα , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, επιλέγουμε “ Create Work Activity” για να δημιουργήσουμε εντολή επισκευής για τα τραίνα που χρειάζεται.



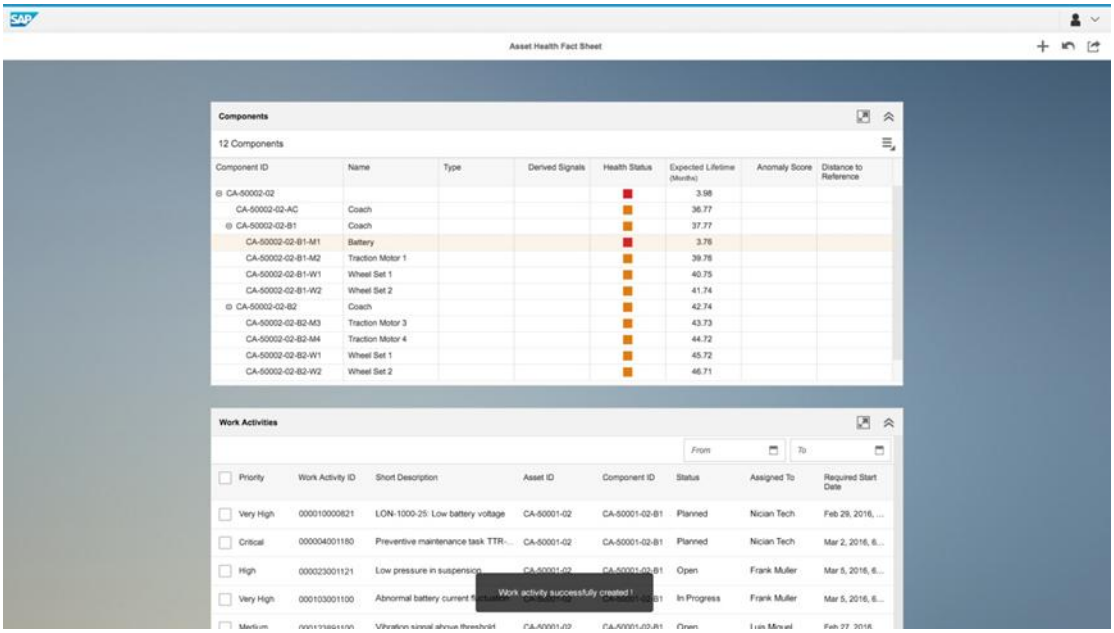
Σχήμα 8.42: Δημιουργία Εργασίας

Στη συνέχεια, εμφανίζεται η ακόλουθη οθόνη, στην οποία τοποθετούνται όλες οι λεπτομέρειες που είναι απαραίτητες για τον τεχνικό με πολύ υψηλή ακρίβεια.



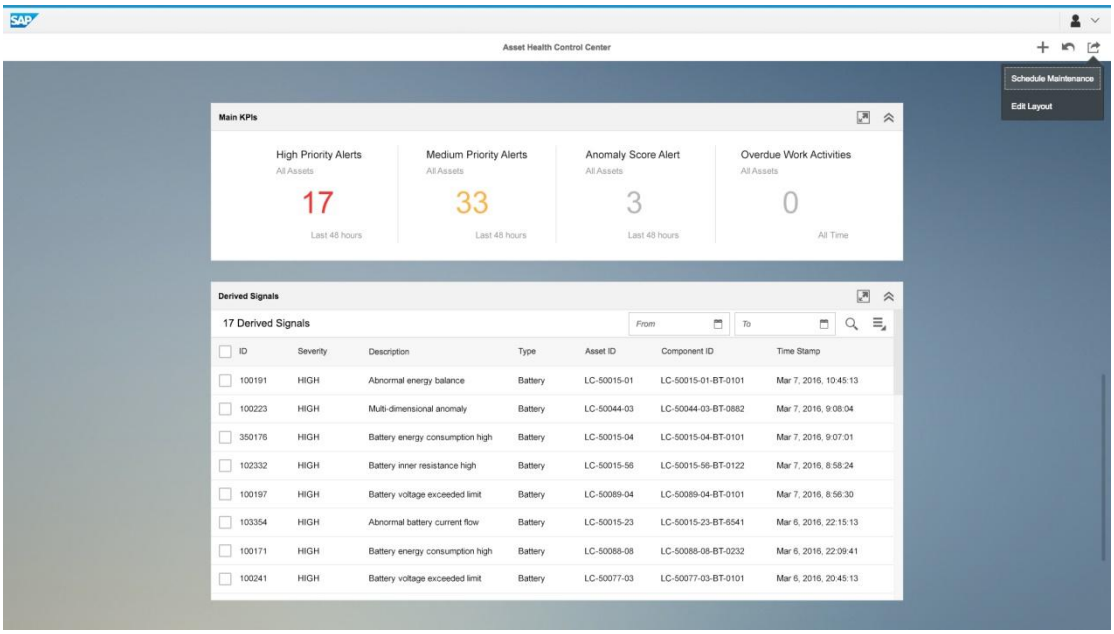
Σχήμα 8.43: Συμπλήρωση Λεπτομερειών

Έτσι, βλέπουμε ότι η εντολή εργασίας έχει δημιουργηθεί.



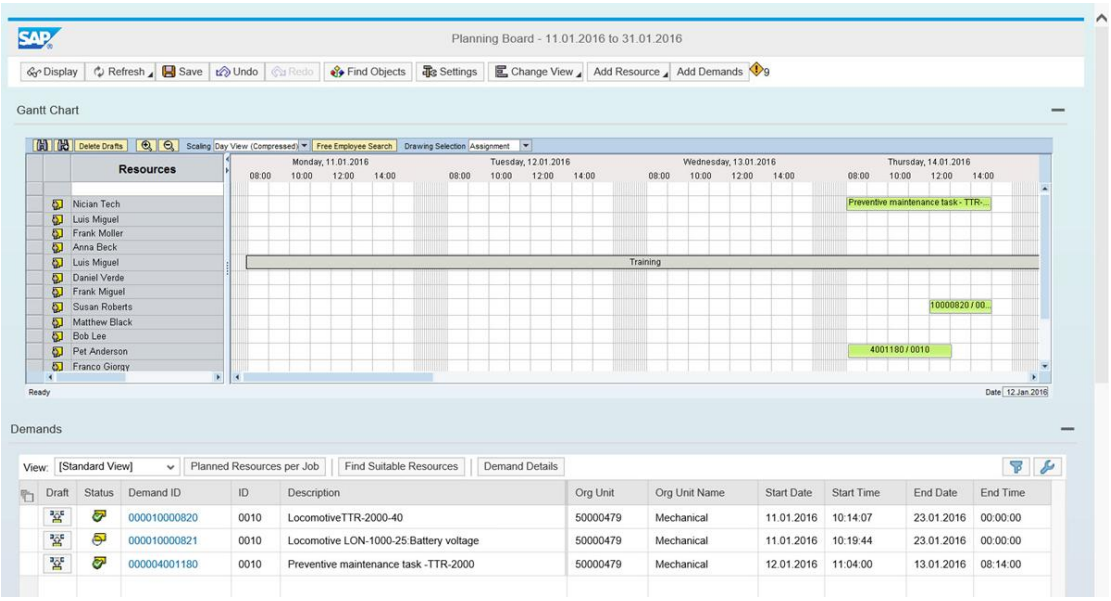
Σχήμα 8.44: Δημιουργημένη Εντολή

Έπειτα, επιστρέφουμε στην αρχική σελίδα του AHCC, και επιλέγουμε την καρτέλα “Maintenance schedule” για να τρέξουμε την εφαρμογή MRS (Multi-Resource Scheduling).



Σχήμα 8.45: Επιλογή Maintenance schedule

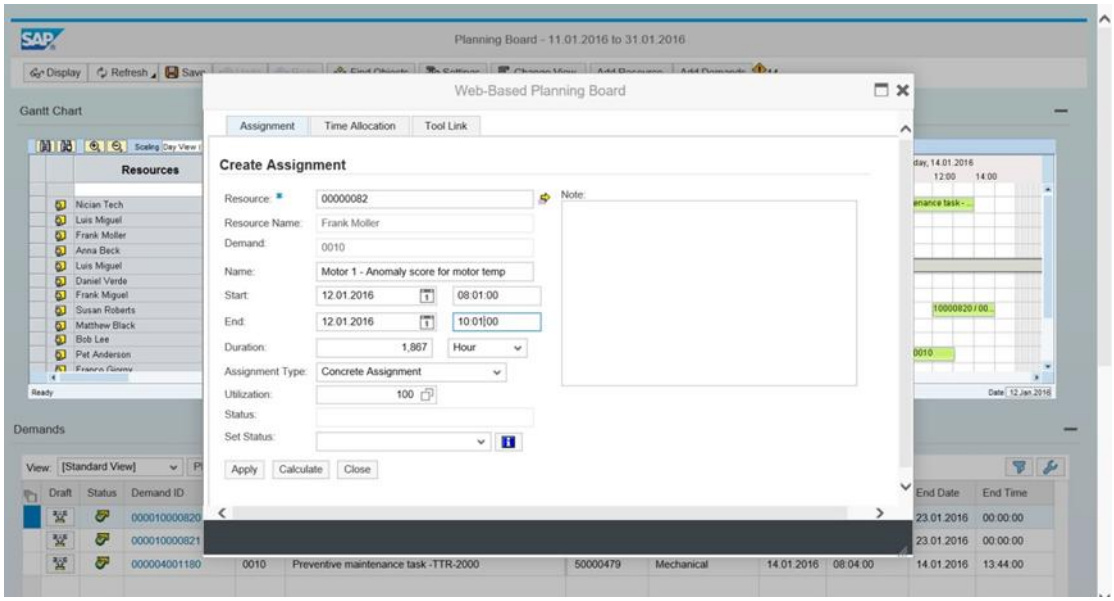
Στο MRS, στο Σχήμα 8.44, μπορούμε να δούμε τις νέες εργασίες που έχουν δημιουργηθεί στη λίστα που υπάρχει στο κάτω μέρος της οθόνης. Στο χρονικό γράφημα υπάρχει ήδη προγραμματισμένη συντήρηση για την ίδια μηχανή, την TTR Locomotive.



Σχήμα 8.46: Νέες Εργασίες Συντήρησης

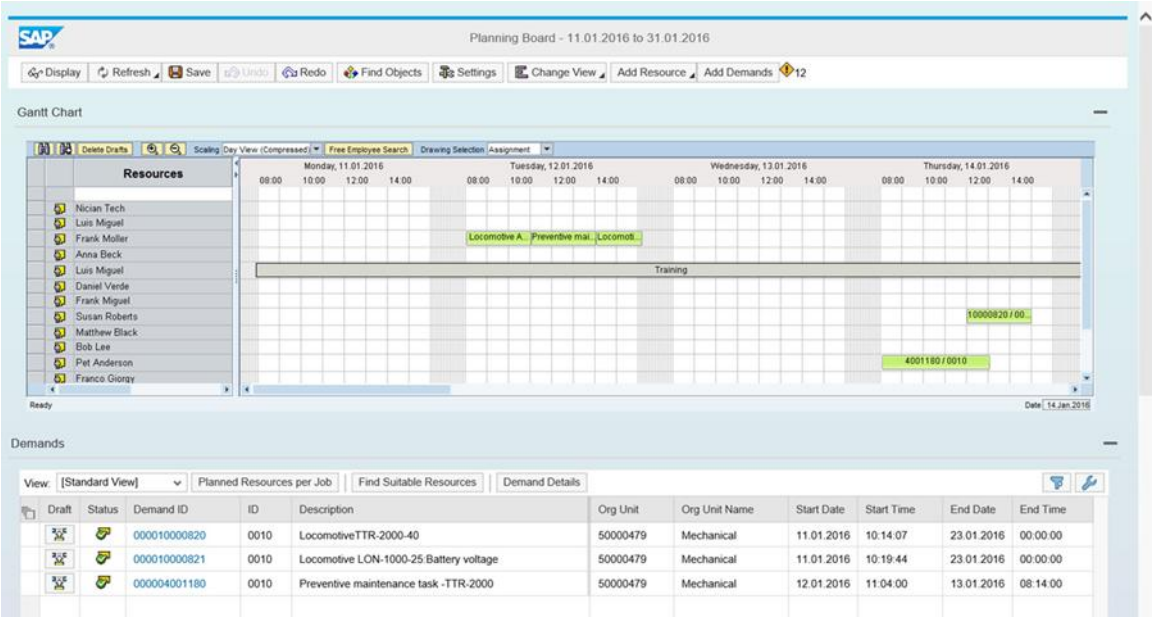
Για τη βελτιστοποίηση αυτών των γεγονότων, στο Σχήμα 8.45, δημιουργούμε μια εργασία η οποία λαμβάνει υπόψη τις προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης μαζί με της επερχόμενες απαιτήσεις των μπαταριών για συντήρηση. Επειδή γνωρίζουμε ήδη ότι ο σταθμός 21 έχει εργασίες, κάνουμε σίγουρο το γεγονός ότι η επόμενη τοποθεσία επισκευής

έχει επιλεχθεί και επίσης τη συγκρίνουμε με το ήδη υπάρχων πρόγραμμα επισκευών. Αυτό σημαίνει ότι δύο εργασίες , ίσως, να μπορούν να γίνουν σε ένα μόνο γεγονός συντήρησης.



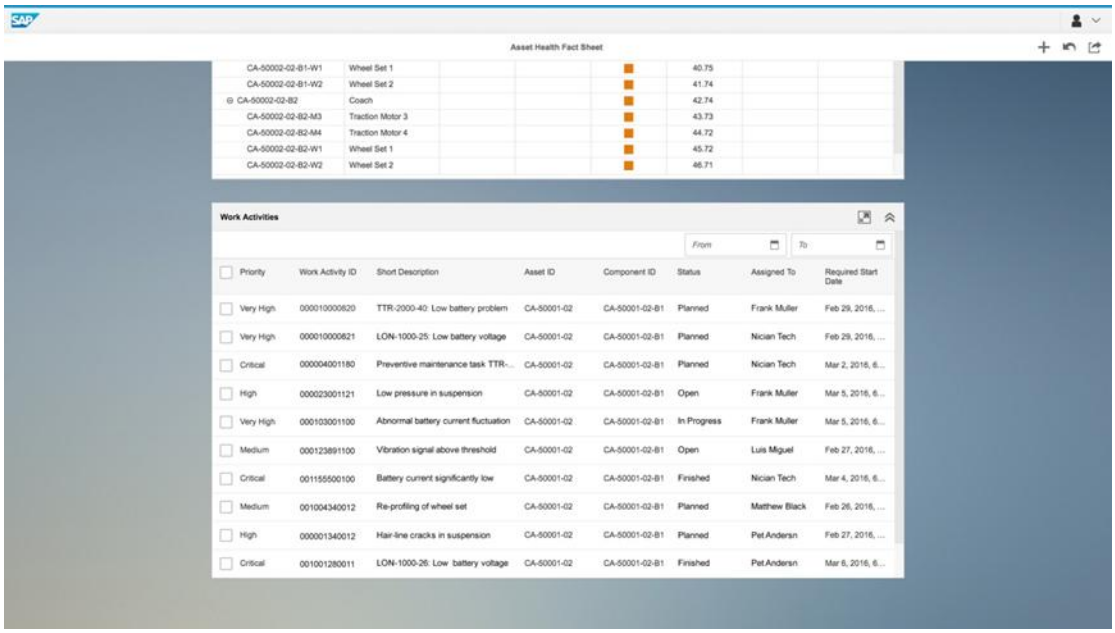
Σχήμα 8.47: Δημιουργία Εργασίας Προγραμματισμένης Συντήρησης

Ο μηχανικός, στο Σχήμα 8.46, επιλέγει να προγραμματίσει την ήδη υπάρχουσα εργασία για την Τρίτη, για τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργίας.



Σχήμα 8.48: Αλλαγή Προγραμματισμένης εργασίας

Τέλος, στο Σχήμα 8.47, αφού έχουμε προγραμματίσει την εργασία μπορούμε να επιστρέψουμε στην αρχική σελίδα και να διαπιστώσουμε ότι ήδη υπάρχει στην κατηγορία “Work activities”.



Σχήμα 8.49: Λίστα Work activities

8.5.2 Μελέτες Περίπτωσης – Συνοπτική Παρουσίαση

Στον Πίνακα 8.1 δίνεται συγκεντρωτική παρουσίαση των case studies για το SAP PdMS.

Πίνακας 8.1: Case Studies – SAP PdMS

	Όνομα Εταιρείας	Κλάδος Απασχόλησης	Λόγοι Χρήσης	Τοποθεσία
1.	AMG	Automotive Industry	• Βελτίωση προϊόντος παραγωγής βασισμένο σε δεδομένα αυτοκινήτου	Γερμανία
2.	John Deere	Agricultural Equipment	• Ειδοποίηση για σημαντικά θέματα όπως η αστοχία εξοπλισμού για μείωση του χρόνου αργίας με χρήση δεδομένων τηλεμετρίας	Ηνωμένες Πολιτείες

3.	Kaeser	Compressed Air Equipment	• Πρόγνωση καλής κατάσταση εξοπλισμού • Μείωση κόστους επισκευών • Αύξηση χρόνου λειτουργία μηχανών • Μετατροπή εταιρείας σε παροχή βιομηχανικών υπηρεσιών	Γερμανία
4.	GEA	Food Industry Equipment	• Χρήση μοντέλου αστοχία για βελτίωση προϊόντων με επιχειρησιακά δεδομένα και δεδομένα μηχανών	Γερμανία
5.	BASF	Chemical Industry	• Επεξεργασία δεδομένων από πού προέρχονται από εξοπλισμό και από την παραγωγή	Γερμανία
6.	Trenitalia	Rail	• Βελτίωση προγραμμάτων συντήρησης	Αμερική
7.	Valero	Oil & Gas	• Ανάλυση εξοπλισμού • Έρευνα για τα δεδομένα των αισθητήρων	Αμερική

9. Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα σχολιαστούν τα δύο πληροφοριακά συστήματα που περιγράφηκαν αναλυτικά στα παραπάνω κεφάλαια με βάση ορισμένες παραμέτρους.

Προσαρμοστικότητα

Τόσο το SAP PdMS όσο και το Microsoft Azure IoT δίνει τη δυνατότητα να παραμετροποιηθεί, να προσαρμοστεί και να υλοποιηθεί μια εφαρμογή η οποία θα μπορεί να ανταποκρίνεται στις επιχειρησιακές ανάγκες γεγονός το οποίο βοηθά την επιχείρηση να πετύχει τους στόχους της.

On premise – On cloud Edition

Επίσης και τα δύο πληροφοριακά συστήματα δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογής τόσο στο cloud όσο και στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης. Βέβαια, περισσότερο δημοφιλείς αποδεικνύονται οι λύσεις στο cloud μιας και δίνουν περισσότερες επιλογές, αφού μπορούν να διαμορφωθούν εξαρχής και έτσι να πληρούν επακριβως τις ανάγκες της επιχείρησης. Ωστόσο, δίνεται η δυνατότητα επεκτασιμότητας των λύσεων αυτών στο cloud, ώστε ο χρήστης να εκμεταλευτεί το μέγιστο των δυνατότητων του cloud, χωρίς όμως να μπορούν να γίνουν αλλαγές σ’ αυτές τις ήδη διαμορφωμένες λύσεις.

Κλάδοι Εφαρμογών

Σύμφωνα με τις μελέτες συγκεκριμένων περιπτώσεων που αναφέρθηκαν για κάθε ένα πληροφορικό σύστημα και τα δύο ποικίλουν στους κλάδους εφαρμογών τους, άρα η επιλογή ενός από αυτά κρίνεται από τις ανάγκες του χρήστη. Σύμφωνα, με τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε δεν φαίνεται κάποια από τις δύο εταιρείες να έχει ειδίκευση σε κάποιο συγκεκριμένο κλάδο επιχειρήσεων, όσον αφορά βέβαια την προγνωστική συντήρηση.

Τοποθεσίες Εφαρμογών

Συγκρίνοντας ποιοτικά τις εφαρμογές του SAP PdMS και του Microsoft Azure IoT μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι και τα δύο έχουν διεισδύσει τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική. Ωστόσο, στην Ευρώπη ισχυρότερη είναι η παρουσία του SAP ενώ το Microsoft Azure χρησιμοποιείται και στην Ασία και στην Αυστραλία. Στην Ελληνική πραγματικότητα το αντικείμενο της προγνωστικής συντήρησης είναι πρώιμο, καθώς σε περιπτώσεις που εφαρμόζεται χρησιμοποιούνται απλά στατιστικά εργαλεία.

Λογισμικό Προγνωστικής Συντήρησης

Και οι δύο εταιρείες που παρουσιάστηκαν παρέχουν λύσεις για την προγνωστική συντήρηση οι οποίες είναι υπηρεσίες IoT, δηλαδή χρησιμοποιούν τη δυνατότητα επικοινωνίας των συσκευών , ακόμα και των απομακρισμένων, για την εφαρμογή της προγνωστικής συντήρησης. Ωστόσο η SAP κατονομάζει το προιόν της σε SAP PdMS σε

αντίθεση με την Microsoft η οποία το αναφέρει ως μια λύση που προσφέρει η πλατφόρμα Microsoft Azure IoT.

Εφαρμογή στις Επιχειρήσεις

Το SAP αποτελεί κατ' εξοχήν ένα σύστημα ERP. Έτσι ο τελικός χρήστης μπορεί αυτό να το συνδυάσει όλες τις δυνατότητες του SAP για να βελτιώσει τις διαδικασίες εντός της επιχείρησης. Ωστόσο, αποτελεί ένα σύστημα το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλες επιχειρήσεις, όπως βιομηχανίες, γεγονός που τους δίνει την ευκαιρία να εκμεταλλευτούν όλες τι δυνατότητες του. Δεν θεωρείται εύκολο προϊόν για την εφαρμογή σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Έτσι, σε μικρότερες επιχειρήσεις φαίνεται το Microsoft Azure IoT να αποτελεί καταλληλότερη λύση αφού διαθέτει προδιαμορφωμένες λύσεις οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα από μια μικρότερη επιχείρηση,η οποία είναι πολύ πιθανό να μην χρειάζεται κάποια εξιδεικευμένη λύση. Επίσης, από την εμπειρία των δοκιμών χρήσεις και για τα δύο συστήματα στα κεφάλαια 7 και 8 το Microsoft Azure φαίνεται να είναι πιο φιλικό προς το χρήστη μιας και από την αρχική του σελίδα δίνει κατευθείαν πληροφορίες στο χρήστη.

Κόστος

Για κανένα από τα δύο συστήματα δεν δίνεται το κόστος για την αγορά άδειας χρήσης. Ωστόσο, σύμφωνα με τις έρευνες αγοράς, το SAP αποτελεί ένα από τα πιο ακριβά πληροφοριακά συστήματα σύμφωνα με την εμπειρία από τα συστήματα ERP.

Δυνατότητα Επισκευής

Και τα δύο συστήματα διαθέτουν αντιπροσώπους σε όλο τον κόσμο, γεγονός που προσφέρει στον τελικό χρήστη τη δυνατότητα επικοινωνίας μαζί τους σε περίπτωση μη σωστής λειτουργίας του συστήματος.

Δυνατότητα Επαφής με το Σύστημα

Το Microsoft Azure IoT δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, ο οποίος αναζητά μια πλατφόρμα προγνωστικής συντήρησης να δει και να περιεργαστεί ένα demo που αποτελεί σίγουρα το πρώτο έναυσμα για να έρθει στη συνέχεια σε επαφή με τη Microsoft. Ωστόσο, Sap δεν δίνει τέτοιες δυνατότητες γεγονός που μπορεί να απωθήσει το αγοραστικό κοινό.

Συνδεσιμότητα IoT

Η παρακολούθηση του εξοπλισμού και στα δύο συστήματα γίνεται βασισμένη στη λογική IoT, η οποία είναι ανερχόμενη στο χώρο των πληροφοριακών συστημάτων. Και τα δύο χρησιμοποιούν αισθητήρες για την συλλογή δεδομένων και τη μεταφορά τους στο πληροφοριακό σύστημα. Έτσι, το πρωτόκολλο επικοινωνία που χρησιμοποιείται είναι το Device-to-System. Σύμφωνα με αυτά που αναφερθήκαν στο κεφάλαιο 6 ίσως το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται να είναι το MQTT αν και δεν αναφέρεται σε καμία από τις δύο εταιρείες.

Υλοποίηση Συστήματος

Και τα δύο συστήματα διαθέτουν μια λογική διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει ο τελικός χρήστης σε συνδυασμό με την εταιρεία που συνεργάζεται για τη δημιουργία μιας εφαρμογής προγνωστικής συντήρησης που θα ικανοποιεί τις ανάγκες του. Επίσης, και στα δύο αυτά πληροφορικά συστήματα δίνεται η δυνατότητα δοκιμής πριν την τελική μορφή του συστήματος, διότι μετά οι αλλαγές είναι δυσκολότερο να συμβούν.

Μέσα από τη μελέτη του πραγματοποιήθηκε για τα δύο αυτά πληροφοριακά συστήματα, σίγουρα βοηθούν στην εφαρμογή της προογνωστικής συντήρησης. Δίνουν δυνατότητες επεξεργασίας πολλών δεδομένων ταυτόχρονα, τα οποία σίγουρα δεν θα μπορύσαν να συνδυαστούν και να αναλυθούν χωρίς τη χρήση ενός τέτοιου συστήματος. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι ειδοποιούν το χρήστη σχετικά με την επερχόμενη αστοχία των μηχανών έγκαιρα ώστε να μπορεί να λάβει δράση έγκαιρα. Επίσης, το ότι η επικοινωνία με τις μηχανές είναι αμφίδρομη, δηλαδή δε στέλνουν δεδομένα μόνο αυτές αλλά και οι χρήστες μπορούν να στείλουν σε αυτές μηνύματα, είναι πολύ σημαντικό διότι οι προδιαγραφές αυτών μπορεί να αλλάζουν όταν αυτές αντικαθίστανται με νέες πιο εξελιγμένες. Ωστόσο, το λογισμικό που προσφέρει η Microsoft φαίνεται να είναι πιο εύχρηστο, μέσα από τη μελέτη τόσο της δοκιμής χρήσης όσο και της μελέτης περίπτωσης. Αυτό διαπιστώθηκε καθώς, από την αρχική οθόνη δίνονται άμεσα προς το χρήστη συντελεστές οι οποίοι δίνουν την κατάσταση όλων των μηχανών αλλά και συγκεκριμένα τωναυτών που βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση. Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει στο λογισμικό του SAP, αλλά αντίθετα ο χρήστης θα πρέπει να ανζητήσει σε λίστα ή να ορίσει φίλτρα για να διαπιστώσει τις κρίσιμές καταστάσεις. Σε επόμενα βήματα η διερεύνηση του αντικειμένου θα μπορούσε να στραφεί προς την κατεύθυνση της εφαρμογής ενός τέτοιου συστήματος στην Ελληνική αγορά αφού αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε πολύ πρώιμη μορφή. Μιας και η προγνωστική συντήρηση αποτελεί μια τεχνική συντήρησης με πολλά οφέλη, ο συνδυασμός της με ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να οφελήσει αρκετές Ελληνικές επιχειρήσεις. Ακόμη θα μπορούσε να διερευνηθεί για ποιους λόγους δεν εφαρμόζεται στην Ελλάδα.

10. Βιβλιογραφία

Brochu L. and Mainka ,(2015), Use of Predictive Maintenance & Service to analyze reliability of rotating equipment, Presentation of SAP, Florida

Carnero M.C., (2005), Selection of diagnostic techniques and instrumentation in apredictive maintenance program. A case study, Decision Support Systems, Vol.38, p.p 539-555

Customer Successes, Microsoft, Διαθέσιμο στο διαδίκτυακο τόπο : https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/internet-of-things

Donnovan J. ,(2016), Gartner's mid-market ERP Magic Quadrant: Which vendors shine?, Διαθέσιμο στο διαδίκτυακο τόπο: http://istart.com.au/feature-article/gartners-mid-market-erp-magic-quadrant-which-vendors-shine/

Dourdas N. (2015), SAP Predictive Maintenance and Service- Technical Foundation, Presentation of SAP, Germany

Jong-Ho S. and Hong-Bae (),On condition based maintenance policy,Journal of Computation Design and Engineering,Elsevier, Vol.2, No 2, p.p. 119-127

Kanyadan J. and Mainka O., (2015), IMPROVING MANUFACTURING PROCESSES with SAP HANA Predictive Maintenance, Presentation of SAP

Liggan P. and Lyons D., (2011), Applying Predictive Maintenance Techniques to Utility Systems, The Official Magazine of ISPE, Vol. 31, No 6. P.p. 1-7

Mainka O., (2015), Predictive Maintenance & Service (PdMS) -Outline and Value Proposition, Presentation of SAP

Maintenance Assistance HQ, (2010), Computerized Maintenance management System

Mcmullen L.,(2015), SAP Predictive Maintenance &Service (PdMS),SAP Solutions for the Internet of Things

Mobley K. R., (2002), An Introduction to Predictive Maintenance (2nd ed.), United States of America: Elsevier Science

Microsoft Corporation,(2016), Creating next-generation power management with Azure IoT, Διαθέσιμο στο διαδίκτυακό τόπο: https://customers.microsoft.com/en-US/story/creating-next-generation-power-management-with-azure

Microsoft Corporation ,(2016), Customer Solution Case study: Laing O'Rourke, Διαθέσιμο στο διαδίκτυακό τόπο: file:///C:/Users/DELL/Downloads/Laing_ORourke_Case_Study_EN_AU.pdf

Microsoft Corporation,(2015), Microsoft Azure IoT – Reference Architecture

Microsoft Corporation,(2015),Azure IoT Suite Overview, Presentation of Microsoft

Microsoft Corporation, (2010), Demo,Διαθέσιμο στο διαδίκτυακό τόπο: https://www.microsoft.com/en-us/cloud-platform/internet-of-things-azure-iot-suite

Microsoft Corporation, (2010), Realize the potential of monitoring with IoT, Διαθέσιμο στο διαδίκτυακό τόπο: https://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/remotemonitoring/Index.html

Prajapati A., Bechtel J. and Ganesan S.,(2012), Condition based maintenance:a survey, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 18, No 4, p.p. 384-398

RBERLIA (2015), Connectivity of the Internet of Things, Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: https://learn.sparkfun.com/tutorials/connectivity-of-the-internet-of-things

Sandhu B., (2015), Azure IoT Suite Overview :How to approach a predictive maintenance project, Presentation of Microsoft

SAP and Internet of Things, (2015), Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: http://saphanatutorial.com/sap-and-internet-of-things/

SAP AG, (2014), SAP Predictive Maintenance and Service : On-Premise Edition, Presentation of SAP

SAP AG, (2014), SAP Predictive Maintenance and Service, cloud edition, Presentation of SAP

SAP AG, (2014), PDMS On-Premise Demo Flow, Presentation of SAP

SAP AG, (2014), Demo Predictive Maintenance and Service, cloud edition, Presentation of SAP

Silipo R., Adae I., Dietz C. and Winters P., (2015), Anomaly Detection and Predictive Maintenace, Presentation of Knime, Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: https://www.knime.org/files/ugm2015/01_AnomalyDetection.pdf

Schmidt B., Sandberg U. and Wang L., (2014), Next Generation Condition Based Predictive Maintenance, School of Engineering Science ,University of Skövde

Schneider S., (2013),Understanding The Protocols Behind The Internet Of Things, Electronic Design, Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο:

Sullivan P. G., Pugh R., Melendez P. A. and Hunt D. W.,(2010), Operations & Maintenance, United States of America: U.S. Department of Energy

Capterra Inc., (2015),The top 20 Most Popoular Maintenance Management Systems,(2015), Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: http://www.capterra.com/maintenance-management-software/#infographic