



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**

**SCHOOL OF ENGINEERING**

**MSc in Oil and Gas Process Systems Engineering**

**Dissertation**

<b>Τίτλος Εργασίας</b>	Τεχνικές και στρατηγικές για την επίτευξη λειτουργικής και επιχειρησιακής αριστείας σε βιομηχανίες διύλισης πετρελαίου και πετροχημικών
<b>Ονοματεπώνυμο Φοιτητή</b>	Γεωργακόπουλος Ν. Παναγιώτης
<b>Αριθμός Φοιτητή</b>	20200022
<b>Επιβλέπων</b>	Κυριακοπούλου Δ, Δρ. Χημικός Μηχανικός
<b>Ημερομηνία</b>	Ιούνιος, 2022

Επιτροπή αξιολόγησης και βαθμολόγησης διπλωματικής εργασίας

**Δρ Αιμιλία Κονδύλη, Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

(Όνομα)

(Υπογραφή)

**Δρ Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**

(Όνομα)

(Υπογραφή)

**Δήλωση συγγραφής**

**Εγώ, ο Γεωργακόπουλος Παναγιώτης επιβεβαιώνω ότι η εργασία με τίτλο «Τεχνικές και στρατηγικές για την επίτευξη λειτουργικής και επιχειρησιακής αριστείας σε βιομηχανίες διύλισης πετρελαίου και πετροχημικών» είναι δική μου δουλειά. Δεν έχω αντιγράψει κατά λέξη άλλο υλικό, εκτός από ρητά εισαγωγικά, και έχω προσδιορίσει με σαφήνεια τις πηγές του υλικού.**

**Υπογραφή**

**Αιγάλεω, Ιούνιος 2022**



Γεωργακόπουλος Παναγιώτης

**Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεωργακόπουλος Παναγιώτης του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 20200022 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Βιομηχανικά Συστήματα Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Γεωργακόπουλος Παναγιώτης

## Περίληψη

Στην σημερινή εποχή της υπερέκθεσης, του ανταγωνισμού και της παγκοσμιοποίησης στον επιχειρηματικό κόσμο, οι καταστάσεις επιβάλλουν την Επιχειρησιακή και την Λειτουργική Αριστεία στις επιχειρήσεις που θέλουν να έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στον κλάδο τους. Η τάση αυτή είναι απαραίτητη σε όλες τις πτυχές μιας επιχείρησης από το προσωπικό ασφαλείας έως την διοίκηση, από τις πρώτες ύλες μέχρι το τελικό προϊόν σε όλη την διάρκεια της εφοδιαστικής αλυσίδας, από την λειτουργία μέχρι την συντήρηση και την ασφαλή και γρήγορη αποκατάσταση του εξοπλισμού.

Με αφοσίωση σε αδιαπραγμάτευτες αρχές και αξίες, με τεχνικές και μεθόδους στην αιχμή της τεχνολογίας (μηχανική μάθηση, τεχνητή νοημοσύνη, εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα, ψηφιακά δίδυμα, λιτή διαχείριση), με την έλευση της Βιομηχανίας 4.0, την ψηφιοποίηση και την πραγματικότητα του Βιομηχανικού Δικτύου των Πραγμάτων η πρωτιά και η αριστεία στον κλάδο είναι δεδομένη.

Στην παρούσα διπλωματική γίνεται προσπάθεια ορισμού της Επιχειρησιακής και Λειτουργικής Αριστείας εξειδικεύοντας και προσαρμόζοντας τις τεχνικές και τις μεθόδους στην πραγματικότητα και την καθημερινότητα των Βιομηχανιών Δύλισης Πετρελαίου και Πετροχημικών.

## Λέξεις Κλειδιά

Επιχειρησιακή Αριστεία, Λειτουργική Αριστεία, Βιομηχανία 4.0, ΠoT.

**ABSTRACT**

In today's era of overexposure, competition and globalization in the business world, Operational Excellence is a must for companies that want to have a leading role in their sector. This trend is essential in all aspects of a business, from all personnel to management, from raw materials to finished products throughout the supply chain, from operation to maintenance till the safe and quick recovery of the failed equipment.

Committed to non-negotiable principles and values, with techniques and methodologies following modern technology trends (Machine Learning, Artificial Intelligence, Virtual and Augmented Reality, Digital Twins, Lean Methods), with the new reality of Industry 4.0, the digitalization and the Industrial Internet of Things, leadership and excellence in the industry is a given.

In this thesis we will attempt to define Operational Excellence by specifying the techniques and the methods according to the reality and the daily life of the Refining and Petrochemical Industries.

**Keywords**

Operational Excellence, Digitization, Industry 4.0, IIoT.

**Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας και φτάνοντας στο τέλος του κύκλου των μεταπτυχιακών σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω όλες τις καθηγήτριες και τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού προγράμματος για την υπομονή και την επιμονή τους και ιδιαίτερα την Δρ. Κυριακοπούλου Διονυσία για την υποστήριξη και την έμπνευση που μου εξέπνευσε κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την άριστη καθοδήγηση που πάντα μου προσφέρουν και για την επιμονή τους στην σπουδαιότητα της εκπαίδευσης, τα αδέρφια μου που πάντα με ενθαρρύνουν, μα κυρίως την σύζυγό μου Κατερίνα για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου δίνει όλα τα χρόνια που πορευόμαστε μαζί, τον 4χρονο υιό μας Νικόλα και τον 4 μηνών υιό μας που ήρθε κατά την διάρκεια του 2<sup>ου</sup> έτους του μεταπτυχιακού.

**Ευχαριστίες προς χορηγούς**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους χορηγούς του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «MSc Oil and Gas Process Systems Engineering», ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε., Δήμος Ασπροπύργου και Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής για τη χρηματοδότηση και τη συνεχή υποστήριξή τους. Η παρακολούθηση και η επιτυχία αυτού του Προγράμματος δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την πολύτιμη συμβολή τους.

**Περιεχόμενα**

Δήλωση συγγραφής.....	3
Περίληψη.....	5
Λέξεις Κλειδιά .....	5
Ευχαριστίες .....	7
Περιεχόμενα.....	8
Λίστα σχημάτων.....	11
Λίστα εικόνων .....	12
Γλωσσάριο ακρωνυμίων .....	13
Εισαγωγή.....	14
1. Τι είναι η Επιχειρησιακή Αριστεία .....	16
1.1 Ορισμός .....	16
1.2 Αρχές και Αξίες.....	17
1.2.1 Αρχές της Επιχειρησιακής Αριστείας.....	17
1.2.2 Αξίες της Επιχειρησιακής Αριστείας.....	18
1.3 Οι δυναμικές και οι τάσεις που προκαλούν την άνοδο της σημασία της Επιχειρησιακής Αριστείας.....	19
1.4 Λειτουργική Αριστεία σε Βιομηχανίες πετρελαίου και Πετροχημικών.....	20
1.5 Στόχος.....	21
2. Βασικοί Οδηγοί – Κορμός του συστήματος .....	22
2.1 Ασφάλεια – Ο κορμός και η αφετηρία .....	22
2.1.1 Κουλτούρα ασφάλειας.....	22
2.1.2 Το ρίσκο.....	23
2.1.3 Το μοντέλο του παγόβουνου .....	25
2.2 Διαθεσιμότητα .....	28
2.2.1 Χρόνος διακοπής λειτουργίας .....	28



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία πετρελαίου κ πετροχημικών	
2.3	Αποδοτικότητα-Αποτελεσματικότητα –Αξιοπιστία.....	30
2.3.1	Ενεργειακή Απόδοση.....	31
2.4	Περιβάλλον.....	33
2.4.1	Εναλλακτικές τεχνολογίες παρακολούθησης εκπομπών.....	33
2.4.1.1	Τεχνολογίες Τηλεεπισκόπησης (OSR).....	34
2.4.1.2	Ασύρματοι αισθητήρες.....	35
2.4.1.3	Δορυφορική παρακολούθηση εκπομπών.....	36
2.5	Συντήρηση εξοπλισμού.....	36
2.5.1	Κέντρα απομακρυσμένης λειτουργίας.....	38
3.	Τεχνικές – Στρατηγικές.....	40
3.1	Αξιοποίηση της τεχνολογίας για την υποστήριξη της ασφαλούς εργασίας.....	41
3.1.1	Διαδικασίες.....	41
3.1.1.1	Διαδικασίες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.....	42
3.1.2	Αξιοποίηση και διερεύνηση συμβάντων.....	43
3.1.3	Ασφάλεια του προσωπικού λειτουργίας.....	43
3.1.4	Επαυξημένη Πραγματικότητα/Εικονική Πραγματικότητα (AR/VR).....	44
3.2	Μείωση του ανθρώπινου λάθους με χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI).....	48
3.3	Ψηφιοποίηση των δεδομένων.....	50
3.3.1	Industry 4.0.....	51
3.3.2	Big Data – Data Analytics.....	54
3.3.3	Cloud Computing.....	55
3.3.4	Βιομηχανικό Δίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT).....	56
3.3.5	Intelligent Process Automation (IPA).....	59
3.4	Ο ρόλος της μηχανικής μάθησης στην προβλεπτική συντήρηση.....	61
3.4.1	Μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας.....	62

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής	Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία πετρελαίου κ πετροχημικών	
3.4.2	Ελαχιστοποίηση απώλειας παραγωγής .....	64
3.5	Η παραγωγική αξία του εξοπλισμού .....	65
3.5.1	Διαχείριση των υλικών – εξοπλισμού .....	67
3.5.1.1	Μέθοδος Λιτής Παραγωγής (Lean manufacturing).....	67
3.5.1.2	Μέθοδος Just In Time.....	70
3.5.1.3	Μέθοδος Start, Stop & Continue .....	71
3.5.1.4	Η Θεωρία των Περιορισμών (The Theory of constraints) .....	72
3.5.1.5	Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (KPI's) .....	73
3.6	Ψηφιακά δίδυμα (Digital Twins) .....	74
3.7	Ψηφιοποίηση συντήρησης και αποθήκης .....	81
3.7.1	Κόστος λειτουργίας και συντήρησης .....	83
3.7.2	Τυποποίηση ειδών και υπηρεσιών.....	84
3.7.3	Τεχνολογίες διαχείρισης αποθήκης .....	85
3.8	Ενδυνάμωση του ανθρώπινου δυναμικού .....	87
3.8.1	Προσωπική και ομαδική μάθηση και ανάπτυξη.....	88
3.8.2	Ενθάρρυνση για ισχυρές αποφάσεις.....	90
3.8.3	Ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα και τις διαδικασίες.....	92
4.	Συμπεράσματα .....	93
5.	Επίλογος.....	96
	Λίστα Αναφορών .....	97

**Λίστα σχημάτων**

Σχήμα 1. Πίνακας επικινδυνότητας (Mitchell, 2015) .....	24
Σχήμα 2. Επιπτώσεις της ασφάλειας στο πραγματικό κέρδος (Mitchell, 2015).....	25
Σχήμα 3. Το μοντέλο του παγόβουνου (Nolan, 2015).....	26
Σχήμα 4. Φάσεις λειτουργίας εξοπλισμού βάση ISO14224 (Mitchell, 2015).....	28
Σχήμα 5. Τύποι κέντρων απομακρυσμένης λειτουργίας –ROC (Kbc, 2020a) .....	39
Σχήμα 6. Οι βασικοί μοχλοί του συστήματος για την επίτευξη της επιχειρησιακής αριστείας (Dias 2017) .....	41
Σχήμα 7. Με την εμφάνιση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η ανάπτυξη της βιομηχανίας χωρίστηκε σε εξοπλισμό και λογισμικό (Sendler, 2016) .	52
Σχήμα 8. Το πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0 (Ustundag, 2018).....	54
Σχήμα 9. Η πλατφόρμα ανοιχτής αρχιτεκτονικής του IIoT (Kelder, 2019) .....	58
Σχήμα 10. Οι τεχνολογίες που συνθέτουν την Ευφυή Αυτοματοποίηση Διαδικασιών (Blueprintsys, 2021).....	59
Σχήμα 11. Εννοιολογικό γράφημα με επίκεντρο την RPA (Syed, 2019) .....	60
Σχήμα 12. Ροή εργασιών του σύγχρονου αγωγού μηχανικής μάθησης (Sircar, 2021)	64
Σχήμα 13. Η πολυπλοκότητα ενός προβλήματος αυξάνεται εάν δεν επιλυθεί στο χαμηλότερο επίπεδο λειτουργιών (Issar, 2016) .....	70
Σχήμα 14. Διάγραμμα ροής των υλικών – μέθοδος Just In Time (Issar, 2016).....	71
Σχήμα 15. Δεδομένα που χρησιμοποιεί το ψηφιακό δίδυμο (Chellani, 2021) .....	81
Σχήμα 16. Μαθησιακή πυραμίδα (Nolan, 2015) .....	89
Σχήμα 17. Διάγραμμα πλαισίου της επιχειρησιακής αριστείας (Shire, 2017).....	93
Σχήμα 18. Οι Βασικοί πυλώνες του συστήματος (Miklovic, 2017) .....	96

**Λίστα εικόνων**

- Εικόνα 1. Απομακρυσμένος εμπειρογνώμονας βλέπει το πρόβλημα σε πραγματικό χρόνο μέσω του τεχνικού πεδίου ο οποίος φέρει φορητή τεχνολογία AR (Paithankar, 2019).....45
- Εικόνα 2. Χρησιμοποιώντας τυπικά χειριστήρια ηλεκτρονικών παιχνιδιών, καθώς και τα πιο πρόσφατα ακουστικά εικονικής πραγματικότητας, ένα νέο κέντρο εικονικής πραγματικότητας στο Αβραίγ χρησιμοποιείται για να δώσει στους εξωτερικούς φορείς την ευκαιρία να "περπατήσουν" εικονικά μέσα σε μια μονάδα διαχωρισμού φυσικού αερίου-πετρελαίου, μια μονάδα επεξεργασίας φυσικού αερίου και συμπυκνωμάτων και μια μονάδα έγχυσης νερού. Τα εργαλεία αυτά όχι μόνο εμπλέκουν τη νεότερη γενιά χειριστών, αλλά επιτρέπουν επίσης τη μεταφορά γνώσεων και την εκπαίδευση σε ένα πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (Agramco, 2017). .....47
- Εικόνα 3. Η εξάρτηση της τεχνητής νοημοσύνης από τον άνθρωπο είναι δεδομένη (Τα Νέα, 2020).....50
- Εικόνα 4. Το ψηφιακό δίδυμο θα μπορούσε να επεκταθεί και πέρα από τις τοπικές εγκαταστάσεις, ενσωματώνοντας και παρέχοντας τις υπηρεσίες που βασίζονται στην τεχνολογία cloud (Palensky, 2021).....77
- Εικόνα 5. Μια προσομοίωση ψηφιακού δίδυμου παρέχει ένα αντίγραφο του περιβάλλοντος λειτουργίας για αλληλεπίδραση από τους χρήστες. Με την προσθήκη της εικονικής πραγματικότητας, οι χρήστες αισθάνονται σαν να βρίσκονται πραγματικά στο χώρο (Berutti, 2020).....78

**Γλωσσάριο ακρωνυμίων**

AGV	Augmented Guided Vehicle
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
ERP	Emergency Response Plan
IIoT	Industrial Internet of Things
IoS	Internet of Systems
IPA	Intelligent Process Automation
IR	Infrared
JIT	Just In Time
KPI	Key Performance Indicator
LADR	Leak Detection & Repair
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
ML	Machine Learning
MTBF	Mean Time Between Failure
OPEX	Operational Expenses
PLC	Programmable Logic Control
RCA	Root Cause Analysis
ROC	Remote Operating Centers
RPA	Robotic Process Automation
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TOC	Theory of Constraints
VOC	Volatile Organic Compounds
VR	Virtual Reality

## Εισαγωγή

Κατά την τελευταία δεκαετία, η ιδέα ενός σταθερού επιχειρηματικού περιβάλλοντος έχει αλλάξει δραματικά. Η αλλαγή στο επιχειρηματικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον πρέπει να προσαρμόζεται σχεδόν σε πραγματικό χρόνο (Mitchell, 2015). Η έννοια της κερδοφορίας επεκτείνεται από μηνιαία έκθεση σε απαιτήσεις πραγματικού χρόνου, έτσι ώστε οι λειτουργίες να μπορούν να προσαρμόζονται συνεχώς για τη μεγιστοποίηση της αξίας της επιχείρησης. Αυτό θα οδηγήσει πιθανότατα σε σημαντικές αλλαγές στο σχεδιασμό της παραγωγής για την εξάλειψη της αποθήκευσης προϊόντων και πρώτων υλών όπου είναι δυνατόν (Booth, 2020). Η παραδοσιακή προσέγγιση της εστίασης στην κερδοφορία της επιχείρησης με επικέντρωση στην αποδοτικότητα σε λειτουργικό επίπεδο δεν είναι πλέον επαρκής. Ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο της αποδοτικότητας των βιομηχανικών λειτουργιών γίνεται μια πολύ σημαντική πτυχή για τα σύγχρονα προγράμματα επιχειρησιακής αριστείας (Shire, 2017). Η βελτίωση της κερδοφορίας τώρα γίνεται η δουλειά κάθε ατόμου στην επιχείρηση (Ngereja, 2021).

Η ασφάλεια, η υγεία και η περιβαλλοντική διαχείριση βρίσκονται στο επίκεντρο της Επιχειρησιακής Αριστείας και ενώ αυτές οι τρεις λειτουργίες έχουν αρκετά κοινά μεταξύ τους, έχουν επίσης πολλά κοινά και με τη διαχείριση της ποιότητας (Emerson, 2019). Πολλές από τις βιομηχανίες πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών έχουν ξεκινήσει τη δική τους πορεία προς την επιχειρησιακή αριστεία (Kbc, 2021a). Η δομή και οι προσεγγίσεις που ακολουθεί ο καθένας τους διαφέρουν, αλλά μοιράζονται ορισμένους κοινούς τομείς έμφασης και χαρακτηριστικά που θα τους βοηθήσουν να επιτύχουν επιδόσεις παγκόσμιας κλάσης και να έχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στις αγορές τους (Miklonic, 2017). Όταν το πρόγραμμα εφαρμόζεται πλήρως, συμβάλλει στην παροχή ασφαλούς, υπεύθυνης και αξιόπιστης λειτουργικής δραστηριότητας και βελτιώνει συνεχώς τις επιδόσεις (Nolan, 2015).

Η πραγματικότητα της Βιομηχανίας 4.0 προστάζει τον ψηφιακό μετασχηματισμό σε όλο το φάσμα της βιομηχανίας πετρελαίου και πετροχημικών (Kelder, 2019). Από το management έως το τεχνικό προσωπικό, από την λειτουργία και την συντήρηση έως την αποθήκευση, σε όλη την πορεία της εφοδιαστικής αλυσίδας από την διύλιση μέχρι και τον τελικό καταναλωτή (Issar, 2016). Η ψηφιοποίηση προσφέρει ασφαλείς τεχνολογίες για αύξηση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας, μειώνοντας τον



## 1. Τι είναι η Επιχειρησιακή Αριστεία

### 1.1 Ορισμός

Η επιχειρησιακή αριστεία είναι η φιλοσοφία διαχείρισης που επιδιώκει τη μείωση του κινδύνου, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την επίτευξη ανώτερων αποτελεσμάτων σε όλες τις λειτουργίες ενός οργανισμού. Ένα σωστά εκτελεσμένο σύστημα διαχείρισης της επιχειρησιακής αριστείας θα αγγίξει κάθε επίπεδο του οργανισμού, από την αίθουσα συνεδριάσεων μέχρι το εργοστάσιο (Nolan, 2015).

Στην παρούσα διατριβή θα διερευνήσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά και θα παρουσιάσουμε τους βασικούς παράγοντες και προσεγγίσεις για την ανάπτυξη μιας πραγματικά αποτελεσματικής και βιώσιμης εταιρικής κουλτούρας που εκτιμά την ασφάλεια, την υγεία και το περιβάλλον στον κλάδο της δύλισης και των πετροχημικών.

Η λειτουργική αριστεία και η συντόμευση των χρονοδιαγραμμάτων είναι η τάση της εποχής και ο στόχος κάθε παγκοσμίου κλάσης οργανισμού. Συνοδεύεται από μια σειρά πλεονεκτημάτων που εξαπλώνονται σε κάθε γωνιά του χώρου εργασίας, δημιουργώντας εργαζόμενους πρώτης γραμμής, αυστηρότερες διαδικασίες και έναν συνολικά καλύτερο τρόπο λειτουργίας με κύριο κορμό την ασφάλεια, την υγιεινή και το περιβάλλον. Ο οικονομικός μετασχηματισμός αναφέρεται στη συνεχή διαδικασία της μετακίνησης της εργασίας και άλλων πόρων από τομείς χαμηλότερης παραγωγικότητας σε τομείς υψηλότερης παραγωγικότητας (διαρθρωτική αλλαγή ή διαρθρωτικός μετασχηματισμός) και αύξησης της παραγωγικότητας εντός του τομέα κάνοντας την ίδια δουλειά διαφορετικά αλλά πιο αποτελεσματικά. Η συνεχής προσπάθεια που σαν στόχο έχει την σημαντική βελτίωση των κερδών μέσω της λειτουργικής αριστείας, δημιουργεί μια αλυσίδα οικονομικών οφελών καθώς αυξάνει το μικτό περιθώριο κέρδους της εταιρείας, γεγονός που προκαλεί ταμειακή ροή στην κατώτατη γραμμή της, η οποία επιφέρει κέρδη που επιτρέπουν επενδύσεις στην ανάπτυξη νέων προϊόντων, κατακτώντας την εμπιστοσύνη των πελατών και βελτιώνοντας την ανταγωνιστικότητα στην αγορά (Issar, 2016).



## 1.2 Αρχές και Αξίες

Η Επιχειρησιακή Αριστεία διαμορφώνεται γύρω από αρχές οι οποίες καθοδηγούν τη διαμόρφωση και την εφαρμογή της. Αυτές οι αρχές αλληλοενισχύονται και αποτελούν τη βάση για την εργασιακή κουλτούρα που είναι απαραίτητη για την επιτυχία. Εξασφαλίζουν τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση των πόρων και των προσπαθειών για την επιτυχία της επιχείρησης. Η επίτευξη τους είναι απαραίτητη για την επίτευξη του στόχου. Η απουσία ή η αποτυχία πλήρους επίτευξης μιας ή περισσότερων θα αποδυναμώσει την πρωτοβουλία και θα μειώσει την αξία και τα οφέλη που θα αποκτηθούν (Mitchell, 2015).

### 1.2.1 Αρχές της Επιχειρησιακής Αριστείας

- Διασφάλιση ασφαλούς, σταθερού περιβάλλοντος εργασίας
- Εστίαση στη δημιουργία μέγιστης βιώσιμης αξίας
- Πλήρης ευθυγράμμιση της στρατηγικής του προγράμματος, των στόχων, των δραστηριοτήτων, των διαδικασιών και των συστημάτων με τη στρατηγική και τους στόχους της επιχείρησης/αποστολής
- Δημιουργία ηθικής, ενδυναμωμένης εργασιακής κουλτούρας δεσμευμένη στην αριστεία και τη συνέπεια. Πειθαρχία σε όλες τις πτυχές της κουλτούρας και των διαδικασιών, θετική στάση και συνεχή βελτίωση
- Αποτελεσματική ομαδική εργασία μεταξύ των λειτουργιών που βασίζεται στη βελτίωση πολλαπλών λειτουργιών
- Δημιουργία Ομάδων
- Συνεχής αναζήτηση νέων ιδεών, μεθόδων και διαδικασιών
- Δράσεις βελτίωσης σχεδιασμένες να δημιουργούν τα μέγιστα επιχειρηματικά οφέλη
- Βέλτιστη ιεράρχηση όλων των δραστηριοτήτων, ελάχιστη χρήση χρόνου που δαπανάται σε ασήμαντα θέματα χαμηλής αξίας
- Εντοπισμός και εξάλειψη ανεπαρκειών και σπατάλης
- Σταθεροποίηση και βελτίωση διαδικασιών
- Αποτελεσματικές επικοινωνίες ώστε όλοι να γνωρίζουν τους στόχους, τα οφέλη και τις επιτυχίες του προγράμματος
- Πρόσβαση σε ασφαλή και προσβάσιμα δεδομένα και πληροφορίες

- Μέτρηση και αξιολόγηση του τι έχει σημασία. Βασικοί δείκτες επιδόσεων προσανατολισμένοι στα αποτελέσματα και την αξία (KPIs) και όχι KPIs που βασίζονται σε δραστηριότητες/καθήκοντα
- Παρακολούθηση και προσαρμογή ανάλογα με τις ανάγκες για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους στόχους
- Διατήρηση των αποτελεσμάτων. Διατήρηση των μέτρων απόδοσης και της προσοχής (Mitchell, 2015).

### 1.2.2 Αξίες της Επιχειρησιακής Αριστείας

Μια έντονη προσπάθεια για την επίτευξη των αξιών και της εργασιακής κουλτούρας που απαιτείται στην αρχή της προσπάθειας για λειτουργική αριστεία, διευκολύνει σημαντικά την επίτευξη των απαραίτητων βελτιώσεων και των διαδικασιών. Οι απαραίτητες βελτιώσεις στις διαδικασίες και τις συνήθειες θα ρέουν φυσικά εάν υπάρχουν οι σωστές οργανωτικές αξίες και η σωστή εργασιακή κουλτούρα για να βασιστούν. Η προσπάθεια βελτίωσης των διεργασιών και των διαδικασιών παραβλέποντας την σημαντικότητα των οργανωτικών αξιών ώστε να αντιμετωπιστούν αργότερα στη διαδικασία, επιτρέπει την επιμονή της αντίστασης και τη δημιουργία σημαντικών εμποδίων που περιορίζουν την επιτυχία ρισκάροντας έτσι την επιτυχία της πρωτοβουλίας.

- Απόλυτη δέσμευση για ασφαλή, υπεύθυνα λειτουργία
- Ειλικρίνεια και ακεραιότητα σε όλα τα στοιχεία της επιχείρησης, της λειτουργίας, και στις προσωπικές σχέσεις
- Αμοιβαία εμπιστοσύνη, σεβασμός του ατόμου, ειλικρινείς, ανοικτές, δίκαιες συναλλαγές με όλους τους εργαζόμενους, διαφάνεια και τήρηση των υποσχέσεων
- Θετική στάση και επικοινωνιακές σχέσεις σε όλους
- Η πρωτοβουλία, η υποστήριξη και η υπευθυνότητα ενθαρρύνονται σε όλα τα επίπεδα
- Γρήγορος εντοπισμός και διόρθωση των λαθών: τα λάθη δρομολογούν τη μάθηση και τη βελτίωση και όχι την επίρριψη ευθυνών
- Ανάθεση ευθύνης λήψης αποφάσεων και εξουσιοδότησης για δράση στους εργαζόμενους σε όλα τα επίπεδα, όποτε είναι δυνατόν, αναλόγως τον κίνδυνο
- Υψηλός βαθμός ομαδικής εργασίας

- Συχνές, ανοικτές επικοινωνίες
- Αποζημίωση για τη συμβολή στην επιτυχία και αποτελεσματική εργασιακή κουλτούρα (Mitchell, 2015).

### **1.3 Οι δυναμικές και οι τάσεις που προκαλούν την άνοδο της σημασίας της Επιχειρησιακής Αριστείας**

Τα χρηματοοικονομικά μιας εταιρείας απαιτούν βελτίωση του μικτού περιθωρίου κέρδους στη λειτουργία. Η συνεχής βελτίωση καθίσταται κρίσιμη ανάγκη στην τρέχουσα παγκόσμια οικονομία δεδομένου ότι το μικτό περιθώριο κέρδους καθορίζει την τιμολόγηση και η βελτίωσή του αυξάνει αμέσως την ανταγωνιστικότητα του προϊόντος στην αγορά. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι επιχειρησιακές ομάδες ελέγχουν περίπου το 50 % των εσόδων της εταιρείας, είναι υπεύθυνες για τη γραμμή του μικτού περιθωρίου κέρδους της εταιρείας. Οι επιχειρησιακές δραστηριότητες μπορούν να βελτιώσουν τα αποτελέσματα της εταιρείας μέσω συνεχής μείωσης του κόστους (Issar, 2016).

Η τάση, η οποία έχει γίνει σημαντική κατά την τελευταία δεκαετία, είναι η ποικιλομορφία και η παγκόσμια εξάπλωση της παραγωγής και της αλυσίδας εφοδιασμού του προϊόντος. Αυτή η παγκόσμια τάση δημιουργεί προσδοκίες για βελτιώσεις στο κόστος της αλυσίδας εφοδιασμού. Επιπλέον, ο παγκόσμιος ανταγωνισμός έχει γίνει πιο ευέλικτος και ο χρόνος που χρειάζεται ένα προϊόν για να φθάσει στην αγορά μειώνεται συνεχώς. Ως αποτέλεσμα, η διάρκεια ζωής των προϊόντων και της τεχνολογίας είναι σημαντικά μικρότερη από ό,τι ήταν στο παρελθόν. Από τη σκοπιά της διοίκησης και των οικονομικών μετόχων της εταιρείας, μια μερική απάντηση στις παγκόσμιες τάσεις, που περιγράφονται παραπάνω, είναι η επίτευξη λειτουργικής αριστείας και η συντόμευση των χρονοδιαγραμμάτων. Εντός των παραμέτρων της λειτουργίας, στις αποδόσεις, στις αλυσίδες εφοδιασμού και στην παραγωγή κόστους, τα οποία ελέγχονται κυρίως από τις επιχειρήσεις, τα οικονομικά αποτελέσματα της εταιρείας μπορούν να βελτιωθούν από μέτρια ή καλά σε άριστα (Issar, 2016).

#### 1.4 Λειτουργική Αριστεία σε Βιομηχανίες πετρελαίου και Πετροχημικών

Η ασφάλεια, η υγεία και η περιβαλλοντική διαχείριση βρίσκονται στο επίκεντρο της Επιχειρησιακής Αριστείας και ενώ οι τρεις αυτές λειτουργίες έχουν αρκετά κοινά μεταξύ τους, έχουν επίσης πολλά κοινά και με τη διαχείριση της ποιότητας. Πολλοί από τους βασικούς ρυθμιστές της βιομηχανίας πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών έχουν ξεκινήσει ήδη την προσπάθεια για επιχειρησιακή αριστεία. Η δομή και οι προσεγγίσεις που ακολουθεί ο καθένας τους διαφέρουν, αλλά μοιράζονται κοινούς τομείς έμφασης και χαρακτηριστικά που θα τους βοηθήσουν να επιτύχουν επιδόσεις παγκόσμιας κλάσης και ανταγωνιστικότητας (Nolan, 2016).

Όταν εξετάζουμε τον τρόπο λειτουργίας των διυλιστηρίων ή των εγκαταστάσεων, συνήθως κατατάσσονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες ανάλογα με το επίπεδο λειτουργικής αριστείας τους:

1. Λειτουργία επιβίωσης: η εταιρεία προσπαθεί να λειτουργήσει κανονικά, αλλά συχνά χρησιμοποιεί ανεπαρκείς και αναποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης προβλημάτων λόγω έλλειψης ικανότητας του προσωπικού. Τα αποτελέσματα είναι: υψηλό κόστος, ασταθής λειτουργία και χαμηλό επίπεδο ασφάλειας διεργασιών.

2. Μια πορεία προς τη σταθερότητα: Η εστίαση είναι στη βελτίωση της επαγγελματικής ασφάλειας και των βασικών τεχνικών πτυχών του συστήματος λειτουργίας. Τα αποτελέσματα είναι: σταθερές λειτουργίες σε συνδυασμό με ολοκληρωμένο επίπεδο ασφάλειας.

3. Στόχος τα επίπεδα OpEx του πρώτου τετράμηνου: αποτελεσματικό λειτουργικό σύστημα που καλύπτει και τα τέσσερα κύρια στοιχεία της Λειτουργικής Αριστείας. Το αποτέλεσμα είναι: Κορυφαίο βιομηχανικό επίπεδο

4. Ηγετική θέση στο χώρο: Όλες οι πτυχές των λειτουργιών (συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων των εργολάβων) εκτελούνται στο πλαίσιο του ενιαίου επιχειρησιακού συστήματος της εταιρείας, η συμμετοχή του προσωπικού και η συμμόρφωση με τις αρχές του συστήματος διασφαλίζονται μέσω συνεχούς κατάρτισης και ηγεσίας από την πλευρά της διοίκησης. Τα αποτελέσματα είναι: επίπεδα αποδοτικότητας εντός των παγκόσμιων προτύπων, το προσωπικό συμμετέχει



## **2. Βασικοί Οδηγοί – Κορμός του συστήματος**

### **2.1 Ασφάλεια – Ο κορμός και η αφετηρία**

Η επιχειρησιακή αριστεία βρίσκει τις ρίζες της στη διαχείριση της ασφάλειας καθώς διαπερνά κάθε πτυχή των επιχειρησιακών προσπαθειών ενός οργανισμού. Η διαχείριση της ασφάλειας έχει συχνά περιγραφεί ως ο έλεγχος των αναγνωρισμένων κινδύνων για την για την επίτευξη ενός αποδεκτού επιπέδου κινδύνου. Η ασφάλεια είναι το κλειδί για την επίτευξη λειτουργικής αριστείας και περιλαμβάνει ευρέως τις πτυχές της επιχείρησης που περιλαμβάνουν διατάξεις όπως η περιβαλλοντική διαχείριση και η ακεραιότητα των περιουσιακών στοιχείων.

Ο τρόπος που διαχειρίζεται μια εταιρία την ασφάλεια είναι ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται τα πάντα και ιδιαίτερα για κλάδο του πετρελαίου, του αερίου και των πετροχημικών, η ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση της ασφάλειας είναι προφανής και υπογραμμίζεται από τις υψηλούς προφίλ αποτυχίες της βιομηχανίας. Η παραγωγή, η ποιότητα, το κόστος και ο έλεγχος των απωλειών είναι εξίσου σημαντικές για τη μέτρηση της απόδοσης της εργασίας και δεν μπορούν να διαχωριστούν. Η διαχείριση της ασφάλειας είναι αναπόσπαστο και θεμελιώδες μέρος της διαχείρισης ολόκληρης της επιχείρησης (Nolan, 2015).

#### **2.1.1 Κουλτούρα ασφάλειας**

Ο όρος "κουλτούρα ασφάλειας" χρησιμοποιείται συχνά υπερβολικά και συχνά δεν είναι καλά κατανοητός. Για ορισμένους ανθρώπους η κουλτούρα ασφάλειας σημαίνει ότι η εταιρεία έχει κανόνες που πρέπει να τηρούνται και πώς αυτό γίνεται αντιληπτό είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της εκάστοτε ηγεσίας. Η κουλτούρα ασφάλειας ορίζεται από το τι κάνει ένας οργανισμός και τις ενέργειες στις οποίες προβαίνει συστηματικά και αξιόπιστα, περισσότερο από τις λέξεις που χρησιμοποιούνται απλώς για την απεικόνιση της επιθυμητής κατάστασης.

Για να διατηρηθεί η εστίαση στη σωστή λειτουργία της επιχείρησης και την πρόληψη σημαντικών ατυχημάτων, θα πρέπει να αναγνωριστεί η πλήρης έκταση των επιπτώσεων αυτών των περιστατικών και των δυνητικά καταστροφικών συνεπειών για μια επιχείρηση, όπως:

- Βλάβη σε ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας ζωής και του σοβαρού τραυματισμού
- Περιβαλλοντική ζημία, π.χ. μόλυνση του αέρα, του νερού και του εδάφους
- Ζημία στην αποδοτικότητα της επιχείρησης από διακοπή της παραγωγής
- Κόστος αντικατάστασης ή επισκευής περιουσιακών στοιχείων
- Νομικές αμοιβές και πρόστιμα
- Απώλεια της εμπιστοσύνης του κοινού στην εταιρεία
- Αρνητικές επιπτώσεις στην τοπική οικονομία
- Μακροπρόθεσμη ζημία στη φήμη έπειτα από δυσμενή δημοσιότητα

Ορισμένα από τα οφέλη της καλής διαχείρισης των περιουσιακών στοιχείων και των διαδικασιών περιλαμβάνουν:

- Λιγότερος χρόνος διακοπής λειτουργίας και υψηλότερη διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων
- Ευκολότερα προβλέψιμοι προϋπολογισμοί συντήρησης
- Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- Βελτιωμένη αποδοτικότητα και ευελιξία
- Βελτιωμένες σχέσεις με εργαζόμενους, ενδιαφερόμενους και ρυθμιστικές αρχές
- Πρόσβαση σε κεφάλαια και ασφάλειες με πιο ελκυστικά επιτόκια.

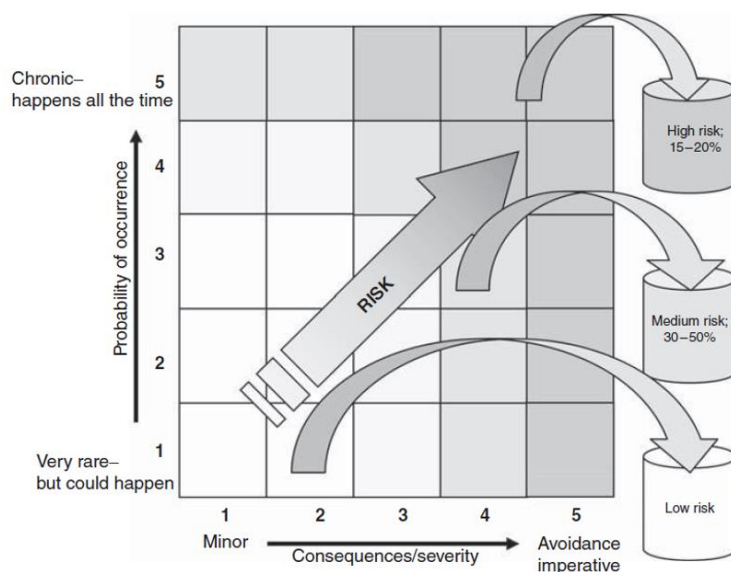
Αυτοί οι παράγοντες επιτρέπουν στον προγραμματισμό της παραγωγής να λειτουργεί πιο ομαλά και συμβάλλουν στη δημιουργία μιας καλύτερης, πιο παραγωγικής επιχείρησης, με λιγότερο αγχωτικό εργασιακό περιβάλλον για όλο το προσωπικό της σε όλα τα επίπεδα (διευθυντές, υπάλληλους) (Nolan, 2015).

### **2.1.2 Το ρίσκο**

Ο κίνδυνος είναι ένα ακόμη βασικό στοιχείο της Επιχειρησιακής Αριστείας. Χρησιμοποιείται πλήρως στην εξίσωση που κατευθύνει τις πρωτοβουλίες βελτίωσης εξετάζοντας ποιες είναι οι πιθανότητες και οι συνέπειες ενός συμβάντος που μπορεί να μην έχει συμβεί, το οποίο θα δρομολογήσει και θα δικαιολογήσει ενέργειες και επενδύσεις για έγκαιρη ανίχνευση, αποφυγή, μείωση και μετριασμό (Τσολάκης, 2021α). Η έννοια της πιθανότητας έχει μια άλλη εφαρμογή στο πλαίσιο της

Επιχειρησιακής Αριστείας: τη διασφάλιση ότι μια δεδομένη δραστηριότητα ή εργασία θα επιτύχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Mitchell, 2015).

Ο εντοπισμός, η ανάλυση και ο μετριασμός των κινδύνων είναι τομείς στους οποίους η γνώση, η τήρηση των διαδικασιών και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και τα πρότυπα είναι επιτακτική ανάγκη (Τσολάκης, 2021α). Η επιχειρησιακή αριστεία στοχεύει στον εντοπισμό ευκαιριών βελτίωσης, ώστε το μέλλον να είναι καλύτερο από το παρελθόν. Καθώς οι βελτιώσεις εφαρμόζονται, η απόδοση γίνεται καλύτερη. Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1, η πιθανότητα ενός γεγονότος κυμαίνεται από πολύ σπάνιο, ενδεχόμενο, χρόνιο και συχνό. Οι συνέπειες περιγράφουν τι θα μπορούσε να συμβεί, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων στην υγιεινή και ασφάλεια, τη διακοπή της επιχείρησης, χαμένη παραγωγή, μειωμένη ποιότητα, κόστος λειτουργίας και αποκατάστασης, απόβλητα και πρόστιμα (Mitchell, 2015).

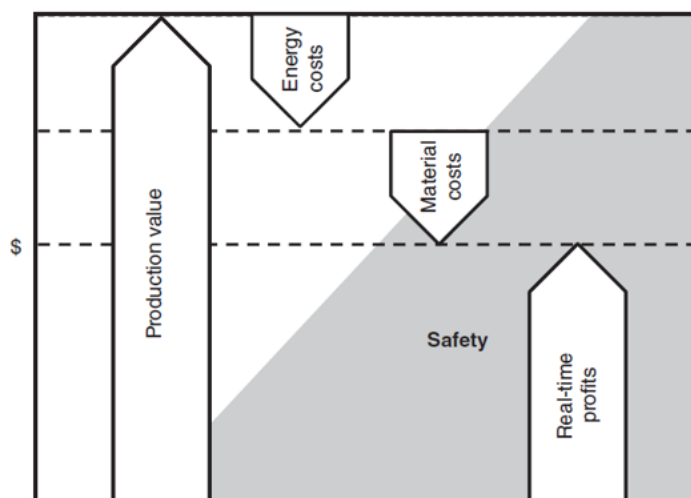


Σχήμα 1. Πίνακας επικινδυνότητας (Mitchell, 2015)

Οι συνέπειες κυμαίνονται από ασήμαντες έως επιτακτικές για την αποφυγή. Η τελευταία είναι συνήθως σοβαρό συμβάν υγιεινής και ασφάλειας ή/και μεγάλη απώλεια παραγωγής, διακοπή λειτουργίας. Διάφορες μεθοδολογίες δίνουν αριθμητικές τιμές τόσο στην πιθανότητα όσο και στις συνέπειες. Μόλις προσδιοριστεί ένα συμβάν, μπορούν να καθοριστούν οι συνέπειες. Η εκτίμηση της πιθανότητας είναι αρκετά δύσκολη (Τσολάκης, 2021β).



Στο πλαίσιο της Επιχειρησιακής Αριστείας, περιλαμβάνετε η ασφάλεια και η υγεία των ανθρώπων, των συστημάτων, του εξοπλισμού, των προϊόντων, των εγκαταστάσεων και του περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει την ασφάλεια των διαδικασιών και την ατομική ασφάλεια. Το σχήμα 2 δείχνει τη σχέση μεταξύ της ασφάλειας και των μεταβλητών κερδοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Η ασφάλεια, λαμβάνοντας σε μεγάλο βαθμό υπόψη τον κίνδυνο, συχνά παρέχει έναν περιορισμό στις βιομηχανικές λειτουργίες με διεργασίες και υλικά που μπορεί να εγκυμονούν κινδύνους για την ασφάλεια και να απαιτούν ενεργές προφυλάξεις (Mitchell, 2015).

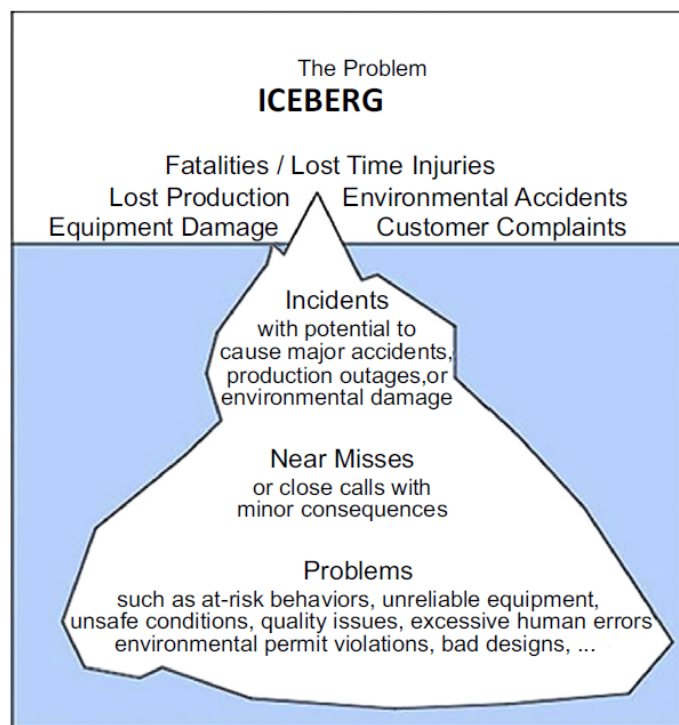


Σχήμα 2. Επιπτώσεις της ασφάλειας στο πραγματικό κέρδος (Mitchell, 2015)

### 2.1.3 Το μοντέλο του παγόβουνου

Το μοντέλο του παγόβουνου (βλ. Σχήμα 3) έχει χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει τη σχέση μεταξύ των περιστάσεων που οδηγούν σε περιστατικά που τείνουν να είναι περισσότερο ορατά σε έναν οργανισμό και εκείνα που φαίνεται να κρύβονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια (Nolan, 2015). Οι περισσότεροι οργανισμοί έχουν ένα ενεργό σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας που έχει τη διοίκηση γραμμής συντονισμένη στον εντοπισμό και την διόρθωση μη ασφαλών πράξεων και συνθηκών. Οι συνθήκες που οδηγούν σε πιο ορατά περιστατικά απώλειας όπως οι θάνατοι, οι τραυματισμοί με απώλεια χρόνου εργασίας, οι απώλειες περιουσίας, οι ζημιές στον εξοπλισμό, οι απώλειες παραγωγής και τα παράπονα των πελατών, τείνουν να συμβαίνουν με πολύ μικρότερη συχνότητα καθιστώντας δύσκολη την

αξιοποίηση τους προς αποφυγή της επανάληψης των ίδιων λαθών του παρελθόντος. Όλα τα περιστατικά πρέπει πάντα να θεωρούνται ευκαιρίες για τη βελτίωση των συστημάτων διαχείρισης ακόμη και τα παρ' ολίγον ατυχήματα, οι παρ' ολίγον αστοχίες ή οι προβληματικές περιοχές που μπορεί να περιλαμβάνουν κινδύνους, θέματα ελέγχου ποιότητας, θέματα εξοπλισμού, μη ασφαλείς πράξεις ή συνθήκες, ανθρώπινα λάθη (Τσολάκης, 2021δ).



Σχήμα 3. Το μοντέλο του παγόβουνου (Nolan, 2015)

Ο τρόπος αντιμετώπισής τους και η αποτελεσματικότητα καθορίζει την επιτυχία της διαχείρισης. Αναλογιζόμενοι την ενεργειακή βιομηχανία των προηγούμενων δεκαετιών και εντοπίζοντας τα βασικά αίτια των συμβάντων μπορεί να βοηθήσει τη βιομηχανία να μάθει και να εφαρμόσει τα διδάγματα, ώστε να αποφευχθεί η επανάληψη. Η κατηγοριοποίηση των αιτιών παρέχει πληροφορίες για τα είδη και τη συχνότητα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι βιομηχανίες. Με βάση την σπουδαιότητάς τους διακρίνουμε τα παρακάτω (Nolan, 2015).

Αποτυχία εξοπλισμού: ακατάλληλα υλικά κατασκευής, προβλήματα συγκόλλησης, απρόβλεπτες καταπονήσεις, όργανα, αντλίες, ηλεκτρικά συστήματα, βαλβίδες,

σωληνώσεις, δοχεία. Μπορεί να απαιτηθούν τροποποιήσεις για τη διόρθωση του προβλήματος.

Ανθρώπινο σφάλμα: Το ανθρώπινο σφάλμα είναι εξίσου σημαντικό όσο και η βλάβη του εξοπλισμού. Στο παρελθόν, το ανθρώπινο λάθος συνήθως προερχόταν από την αποτυχία να ακολουθηθούν οι οδηγίες, συχνά επειδή δεν εφαρμόζονταν οι καθιερωμένες διαδικασίες ή επειδή δεν υπήρχε η κατάλληλη εκπαίδευση.

Ελαττωματικός σχεδιασμός: Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, οι αποκλίσεις είναι πιο κρίσιμες από ό,τι κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της επέκτασης ή της τροποποίησης της μονάδας.

Ανεπαρκείς διαδικασίες: Μετά από περιστατικό σε μονάδα, μπορεί να αποδειχθεί ότι οι διαδικασίες λειτουργίας απαιτούν επέκταση και αναθεώρηση.

Ανεπαρκής επιθεώρηση: Κρίσιμες βλάβες όπου το πεδίο εφαρμογής της επιθεώρησης πρέπει να επεκταθεί καθώς ο εξοπλισμός δεν καλύπτεται από την επιθεώρηση. Αυτός ο τύπος αστοχίας υπογραμμίζει την ανάγκη για αποτελεσματικότερες τεχνικές επιθεώρησης και ελέγχου ασφάλειας.

Διαταραχές στην μονάδα: Η βιομηχανία διύλισης και πετροχημικών έχει τη γνώση να ελέγχει τις δραστηριότητές της και τέτοιου είδους ατυχήματα έχουν ελαχιστοποιηθεί.

Εκπαίδευση: Είναι γεγονός ότι στην βιομηχανία πετρελαίου, φυσικού αερίου, διύλισης και πετροχημικών προϊόντων διατίθεται τακτικά και διαδίδεται ευρέως η χρήση διαδικασιών για την πρόληψη επιχειρησιακών συμβάντων (Nolan, 2015).

Οι περισσότερες μεγάλες βιομηχανίες διεργασιών έχουν μετακινηθεί ή έχουν αρχίσει να μετακινούνται προς την έννοια της λειτουργικής αριστείας. Κατά συνέπεια, και τα συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας και της ποιότητας τείνουν να εξελιχθούν και να ενσωματωθούν με αυτή την έννοια. Δεν αποτελεί έκπληξη ότι τα περισσότερα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας διέθεταν ήδη πολλά από τα χαρακτηριστικά της λειτουργικής αριστείας. Η βασική πρόκληση για την ενσωμάτωση από τη διαχείριση της ασφάλειας είναι να μη χαθεί η σημασία της πρόληψης των απωλειών ως βασικού στόχου του οργανισμού. Η ηγεσία είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας για την επιτυχία

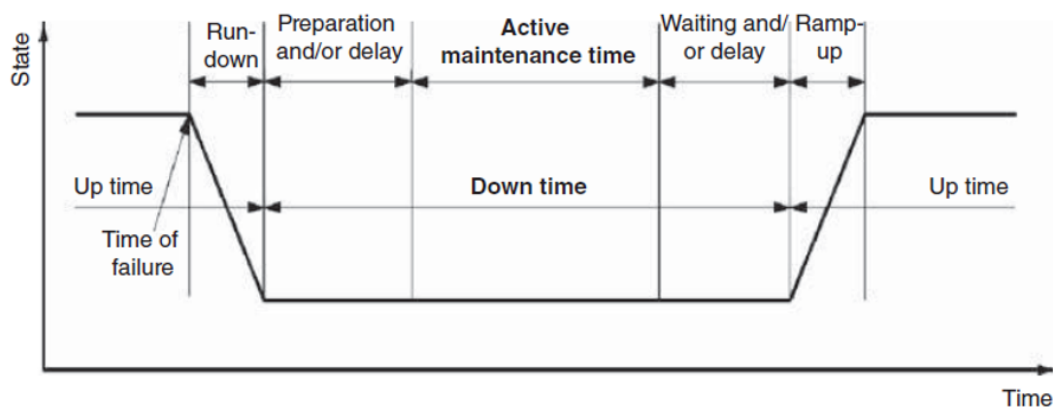
της στο πλαίσιο ενός οργανισμού καθορίζοντας το συνολικό όραμα και θέτοντας στόχους που προκαλούν τον οργανισμό να επιτύχει αποτελέσματα παγκόσμιας κλάσης. Η πρόκληση της επίτευξης αποτελεσμάτων απόδοσης παγκόσμιας κλάσης και της αποφυγής περιστατικών, τραυματισμών, διακοπών λειτουργίας και οικονομικών απωλειών θα φέρει την αριστεία στην λειτουργία της βιομηχανίας πετρελαίου και πετροχημικών (Nolan, 2015).

## 2.2 Διαθεσιμότητα

Η βιομηχανία πετρελαίου και πετροχημικών έχει σχετικά υψηλό σταθερό κόστος λειτουργίας. Οι οικονομίες κλίμακας αποτελούν σημαντικό παράγοντα για να είναι δυνατή η κατανομή του σταθερού κόστους στις αντίστοιχες μονάδες της παραγωγής. Ως αποτέλεσμα, η διαθεσιμότητα των περιουσιακών στοιχείων και τα ποσοστά χρησιμοποίησης είναι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν την κερδοφορία (Kbc, 2020a).

### 2.2.1 Χρόνος διακοπής λειτουργίας

Για τους σκοπούς της Λειτουργικής Αριστείας, ο εντοπισμός υποβαθμισμένων επιδόσεων προς βελτίωση, είναι επιτακτική ανάγκη να διαχωρίζεται μια αποτυχημένη κατάσταση από την υγιή κατάσταση σε αναμονή (stand by). Πρέπει να υπάρχει ένας σταθερός ορισμός του χρόνου διακοπής λειτουργίας που θα διαχωρίζει το χρόνο εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης ή παρόμοιου συμβάντος από τον χρόνο διακοπής λειτουργίας επειδή το σύστημα ή ο εξοπλισμός δεν απαιτείται ή βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής.



Σχήμα 4. Φάσεις λειτουργίας εξοπλισμού βάση ISO14224 (Mitchell, 2015)

Τα αίτια του χρόνου διακοπής λειτουργίας εξοπλισμού πρέπει να προσδιορίζονται πλήρως καθώς μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα και λανθασμένη ιεράρχηση των προτεραιοτήτων βελτίωσης. Χωρίς ταυτοποίηση της αιτίας (έλλειψη πωλήσεων, ζήτησης, επιχειρησιακές εκτιμήσεις, δυσκολίες της διαδικασίας, δυσλειτουργίες), οι τιμές διαθεσιμότητας και αξιοπιστίας θα είναι ασυνεπείς (Mitchell, 2015).

Τα μοντέλα μέσου χρόνου πριν από την αποτυχία (MTBF) είναι πολύτιμα για την πρόβλεψη της αποτυχίας του εξοπλισμού, ωστόσο οι προβλέψεις αυτές πρέπει να εξετάζονται σε συνδυασμό με τις συνθήκες λειτουργίας στις οποίες υπόκειται ο εξοπλισμός. Μέσω βαθιάς κατανόησης των συνθηκών λειτουργίας μπορούν να γίνουν σωστές προβλέψεις του MTBF του εξοπλισμού. Η σύζευξη των μοντέλων αξιοπιστίας με ολοκληρωμένα μοντέλα διεργασιών παρέχει το κλειδί για τη επίτευξη της λειτουργικής αριστείας με διατήρηση του περιουσιακού στοιχείου και συνεχή ασφαλή λειτουργία. Με τον τρόπο αυτό και την εξισορρόπηση των πολλαπλών παραγόντων που εμπλέκονται, μεγιστοποιείται η διαθεσιμότητα και η παραγωγή (Kbc, 2020a).

Οι απρογραμμάτιστες διακοπές κοστίζουν ακριβά. Συχνά οι βλάβες του εξοπλισμού και τα θέματα συντήρησης θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί. Το κόστος ενός περιστατικού μεγάλης κλίμακας μπορεί να ανέλθει σε εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ συνυπολογίζοντας το κόστος της ζημιάς σε εξοπλισμό, παραγωγή, σταμάτημα των διεργασιών αλλά και το κόστος της δυσφήμισης στο κοινωνικό σύνολο και τον κλάδο. Οι απρογραμμάτιστες διακοπές προκαλούνται συχνά από ελαττωματικό εξοπλισμό. Το αναμενόμενο σταμάτημα που προκύπτει είναι δαπανηρό τόσο για τους φορείς εκμετάλλευσης όσο και για τους καταναλωτές. Οι τεχνολογικές καινοτομίες επιδιώκουν να επιλύουν ορισμένα από αυτά τα ζητήματα. Η εξέλιξη της επιστήμης των υλικών, του συστηματικού εξοπλισμού παρακολούθησης, καθώς και της γνώσης και της εφαρμογής των βέλτιστων πρακτικών σχεδιασμού μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό των κινδύνων σε οικονομία και υγεία, ασφάλεια και περιβάλλον (Elsevier, 2019).

### 2.3 Αποδοτικότητα-Αποτελεσματικότητα –Αξιοπιστία

Η Βιομηχανία Πετρελαίου και Πετροχημικών βασίζεται στην αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα της εγκατάστασης και κερδίζει από την αποδοτικότητα της. Ο σαφής ορισμός της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας είναι επιβεβλημένος για την επίτευξη του στόχου.

Αποδοτικότητα: καλή εκτέλεση μιας δεδομένης εργασίας

Αποτελεσματικότητα: αποτελεσματική εκτέλεση της σωστής εργασίας

Η αποτελεσματικότητα είναι προσανατολισμένη στο έργο. Δεν αμφισβητεί αν το έργο ήταν κατάλληλο ή αν ακόμη και αναγκαίο. Είναι προσανατολισμένη στα αποτελέσματα και εξετάζει τόσο την ικανότητα της επιτυχίας των επιθυμητών αποτελεσμάτων όσο και το πόσο καλά εκτελέστηκε. Η Επιχειρησιακή αριστεία επικεντρώνεται στην αποτελεσματικότητα ανεβάζοντας την απόδοση από απλή εκτέλεση δραστηριοτήτων με ασφάλεια σε ασφαλή εκτέλεση των σωστών δραστηριοτήτων εξαιρετικά καλά τη σωστή στιγμή. Αυτή είναι η κεντρική ιδέα για τη δημιουργία στρατηγικού πλεονεκτήματος και η κινητήρια δύναμη για συνεχή βελτίωση (Mitchell, 2015).

Οι μηχανικοί διεργασιών συνεχώς παρακολουθούν την υγεία και την απόδοση των μονάδων διεργασίας. Η παρακολούθηση των μονάδων εξασφαλίζει την αξιόπιστη λειτουργία της μονάδας, εντοπίζει τις διαταραχές στον κύκλο και βελτιώνει την διεργασία. Επιπλέον, η αποτελεσματική παρακολούθηση της μονάδας έχει ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων οικονομικών ευκαιριών. Οι ευκαιρίες αυτές συνήθως βρίσκονται σε βελτιστοποίηση της απόδοσης, μείωση του κόστους και μεγιστοποίηση της δυναμικότητας της μονάδας (Chellani, 2021).

Στόχος της λειτουργικής αριστείας είναι:

- Δημιουργία μιας στρατηγικής που συντονίζει και ενσωματώνει πλήρως την τεχνολογία, τις διαδικασίες και τις πρακτικές για μέγιστη αποτελεσματικότητα, μόχλευση και οικονομίες κλίμακας για την επίτευξη επιχειρηματικής επιτυχίας.

- Να κατευθύνει την εργασιακή κουλτούρα ολόκληρης της επιχείρησης προς την αριστεία και τη συνεχή βελτίωση.
- Εμπλοκή όλων των σχετικών λειτουργιών, διαδικασιών, δραστηριοτήτων και αλληλεπιδράσεων για αμοιβαία υποστήριξη και επιτυχία, συμπεριλαμβανομένων και των εξωτερικών προς την επιχείρηση (πελάτες, προμηθευτές, εργολάβους).
- Παροχή κινητήριας δύναμης για τη διατήρηση των κερδών (Mitchell, 2015).

Απαιτείται επίσης αξιοπιστία για εξαιρετικές επιδόσεις. Σύνθετα συστήματα και χειροκίνητες διαδικασίες μπορούν να δημιουργήσουν χαοτικές διαδικασίες, με αποτέλεσμα ελλειψείς συντηρήσεις λόγω έλλειψης προβλεψιμότητας και διορατικότητας της απόδοσης του εξοπλισμού. Όταν το προσωπικό δεν γνωρίζει πότε και ποιος εξοπλισμός θα αποτύχει ή παρουσιάζει κακή απόδοση, η επιχείρηση ρισκάρει σε όλους τους τομείς. Η αξιοπιστία ξεκινάει εντοπίζοντας τη βασική αιτία των προβλημάτων από τον πιο μικρό εξοπλισμό μέχρι τον πιο κρίσιμο. Ανεξάρτητα από το πόσο φαινομενικά τακτικό ή ακόμα και ασήμαντο είναι το εύρημα, συμβάλει προς την κατεύθυνση για συστηματική αξιοπιστία. Η οικονομικά αποδοτική λειτουργία είναι ζωτικής σημασίας, αλλά με την πάροδο του χρόνου η απόδοση των περιουσιακών στοιχείων συνήθως υποβαθμίζεται, δημιουργώντας δαπανηρές και απρογραμμάτιστες διακοπές λειτουργίας. Η βελτίωση της αξιοπιστίας του εξοπλισμού, αυξάνει την απόδοση και συμβάλει στην επίτευξη των στόχων παραγωγής (Emerson, 2019).

### **2.3.1 Ενεργειακή Απόδοση**

Η κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια, καύσιμα και ατμός) είναι ένα από τα μεγαλύτερα στοιχεία κόστους του διυλιστηρίου. Για να βελτιώσει τη συνολική αποδοτικότητα της εταιρείας, συνήθως το διυλιστήριο πρέπει να εφαρμόσει πολυάριθμα προγράμματα βελτίωσης μεσαίας και μικρής κλίμακας. Με ένα σχετικά μέτριο επίπεδο επενδύσεων, μια εταιρεία μπορεί να εξοικονομήσει εκατομμύρια δολάρια ετησίως μειώνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας (Emerson, 2019).

Η επιδίωξη της ενεργειακής απόδοσης παραμένει η ευκολότερη και με χαμηλότερο κίνδυνο πηγή ενεργειακού κόστους, μείωσης και απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές. Το γεγονός αυτό μπορεί να ανακουφίσει ορισμένα από τα βραχυπρόθεσμα μεταβλητά κόστη. Η διασφάλιση και η αντιμετώπιση των προαναφερθέντων

προκλήσεων προϋποθέτει την ανάγκη ψηφιακού μετασχηματισμού που ξεκινά με την ενεργειακή απόδοση (Kbc, 2021b).

Τα ψηφιακά συστήματα διαχείρισης ενέργειας παρέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, αναλυτικά εργαλεία και τις προϋποθέσεις εφαρμογής που απαιτούνται σε όλα τα επίπεδα του οργανισμού, από την ανώτατη διοίκηση έως τους φορείς εκμετάλλευσης, για την επίτευξη των στόχων απαλλαγής από τον άνθρακα με εστιασμένο τρόπο. Αυτό περιλαμβάνει την αυτοματοποιημένη παραγωγή ιδεών, την επίτευξη και τη διατήρηση. Συνδυασμός δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με ένα ενιαίο ψηφιακό δίδυμο σε επίπεδο περιουσιακών στοιχείων και ιδιόκτητες δυνατότητες ανάλυσης επιτρέπουν τον αυτόματο εντοπισμό ευκαιριών και τη διάσπαση του χάσματος επιδόσεων. Με αυτόν τον τρόπο, οι τομείς βελτίωσης μπορούν να επισημανθούν σε πραγματικό χρόνο και η ενεργειακή βελτίωση της εγκατάστασης μπορεί να παρέχεται στα συστήματα κλειστού βρόχου με τους χειριστές να κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές καθημερινά. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των προγραμματισμένων νέων έργων μπορεί να παρακολουθείται με ακριβείς προβλέψεις, ώστε οι φορείς εκμετάλλευσης να μπορούν να λαμβάνουν ταχύτερα τεκμηριωμένες αποφάσεις για την κατανομή του κεφαλαίου σε όλη τη διάρκεια του κύκλου υλοποίησης (Kbc, 2021b).

Η διατήρηση των επιδόσεων απαιτεί συνεχή δράση βάσει δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Συχνά ο τρόπος παροχής ενέργειας στις μονάδες διεργασίας είναι αρκετά πολύπλοκος με πολλούς μοχλούς και μεταβλητές στο συνολικό σύστημα. Οι αλλαγές στην τιμολόγηση είναι επίσης ένας βασικός παράγοντας που απαιτεί συνεχείς αλλαγές στη στρατηγική λειτουργίας. Τα οφέλη εξαρτώνται από το βαθμό ευελιξίας του συστήματος, αλλά συνήθως μπορεί να επιτευχθεί βιώσιμα πάνω από 4% του ενεργειακού κόστους. Η πραγματοποίηση και η διατήρηση της βέλτιστης απόδοσης συμπεριλαμβανομένου και του επιπέδου του εξοπλισμού, απαιτεί προηγμένες αναλύσεις και άμεση δράση (Kbc, 2021b).

Ο κλάδος της διύλισης είναι ένας από τους πλέον ενεργοβόρους κλάδους που απαιτούν κεφάλαια, υλικά και ενέργεια, επομένως είναι σημαντικό να βελτιστοποιούνται οι λειτουργίες των διυλιστηρίων και να επιτυγχάνεται το μέγιστο



δυνατό όφελος από τα περιουσιακά στοιχεία. Οι πιθανοί τρόποι βελτιστοποίησης των πρώτων υλών περιλαμβάνουν:

- Αύξηση της μετατροπής ανά τόνο επεξεργασμένου αργού πετρελαίου
- Βελτίωση της παραγωγικότητας των μονάδων επεξεργασίας (υψηλότερες αποδόσεις των κύριων προϊόντων)
- Έλεγχος και ελαχιστοποίηση των απωλειών αργού πετρελαίου και των προϊόντων του
- Χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων
- Βελτιστοποίηση της διαμόρφωσης της διεργασίας

Το κόστος των υλικών, το κόστος εργασίας, το κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας και των logistics, το κόστος απόσβεσης, το κόστος παραγωγής χρειάζεται ξεχωριστό και λεπτομερές σχέδιο μείωσης και διαχείρισης για την αριστοποίησή τους.

Τα διυλιστήρια με υψηλότερα επίπεδα μετατροπής είναι σε καλύτερη θέση να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες καταστάσεις της αγοράς (Consultancy, 2018).

## 2.4 Περιβάλλον

Καθώς οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί παγκοσμίως αλλάζουν με ταχείς ρυθμούς, τα διυλιστήρια και οι εγκαταστάσεις πετροχημικών πρέπει να κάνουν περισσότερα από το να προσαρμόζονται. Όχι μόνο πρέπει να συμβαδίζουν με τους κανονισμούς, αλλά και να αναζητούν προληπτικές και προγνωστικές μεθόδους για τη μείωση των εκπομπών. Ωστόσο, ωφελεί σημαντικά τα διυλιστήρια να μειώσουν τη χρήση ενέργειας, ώστε να γίνουν καλύτεροι παραγωγοί κρατώντας το κόστος παραγωγής χαμηλά, αλλά και για να ελαχιστοποιήσουν τις εκπομπές αερίων ρύπων. Οι στρατηγικές επενδύσεις στην ενέργεια και στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μπορούν να επιτύχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα με χαμηλότερο ενεργειακό κόστος και μικρότερο κίνδυνο προστίμων (Emerson, 2018).

### 2.4.1 Εναλλακτικές τεχνολογίες παρακολούθησης εκπομπών

Οι παραδοσιακές μέθοδοι (Leak Detection & Repair) LDAR χρησιμοποιούν ανιχνευτές φωτοϊονισμού χειρός (Hand-held Photoionization Detectors - PID) ή ανιχνευτές ιονισμού φλόγας (Flame Ionization Detectors - FID) για την ανίχνευση

διαρροών από σπασίματα φλάντζας ή άλλα μικρά ανοίγματα όπου μπορεί να υπάρχουν παρεμβύσματα (gaskets). Σε ένα δυλιστήριο/χημικό εργοστάσιο, μπορεί να υπάρχουν έως και 500.000 σημεία που πρέπει να ελεγχθούν χειροκίνητα. Επομένως, οι έλεγχοι που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι πολύπλοκοι, απαιτούνται πολλαπλές συσκευές και σημαντική εργασία, τα οποία καθιστούν την παραδοσιακή μέθοδο LDAR ακριβή και χρονοβόρα. Εκτός αυτού, τα μεγάλα χρονικά διαστήματα μεταξύ τακτικών δραστηριοτήτων παρακολούθησης και η ύπαρξη δύσκολα προσβάσιμων στοιχείων μπορεί να προκαλέσουν σφάλμα στην εκτίμηση των διαρροών και εκπομπών (Wilson, 2017). Αντίθετα, η τηλεεπισκόπηση (Optical & Remote Sensing - ORS) είναι μια νέα τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί για να παρέχει σε πραγματικό χρόνο, ακριβή, ασφαλή και οικονομικά αποδοτικό εντοπισμό των εκπομπών (Gai, 2020).

Οι τεχνολογίες παρακολούθησης διεργασιών που βασίζονται στο Βιομηχανικό δίκτυο πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT) μπορούν να χρησιμοποιήσουν προσεγγίσεις μεγάλων δεδομένων και εξελιγμένα υπολογιστικά συστήματα για την παροχή λύσεων σε θέματα λειτουργίας. Έξυπνη ενσωμάτωση των δεδομένων διεργασίας και των δεδομένων εκπομπών μπορεί να οδηγήσει σε ολοκληρωμένη και προληπτική διαχείριση των εκπομπών για ολόκληρη την εγκατάσταση, η οποία, με τη σειρά της, οδηγεί σε λειτουργική αριστεία. Το IIoT βασίζεται σε έξυπνες συσκευές για τη συλλογή δεδομένων και υψηλού επιπέδου αναλυτικούς αλγορίθμους για την ενοποίηση και επεξεργασία των δεδομένων (Gai, 2020).

#### **2.4.1.1 Τεχνολογίες Τηλεεπισκόπησης (OSR)**

Θερμικές υπέρυθρες κάμερες: Το υπέρυθρο φως (IR) εκπέμπεται από όλα τα αντικείμενα. Μια IR κάμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση αερίων, επειδή κάθε συγκεκριμένο αέριο έχει τη δική του χαρακτηριστική ιδιότητα απορρόφησης (Teledyne, 2015).

Φασματοόμετρο διαφορικής οπτικής απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-DOAS): Το UV-DOAS χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αερίων συγκεντρώσεων μελετώντας την ποσότητα του υπεριώδους φωτός που απορροφάται από τις χημικές ενώσεις που υπάρχουν στο ατμόσφαιρα του υπέρυθρου φωτός (Sigrist, 1994).

Φασματόμετρο υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier ανοικτής διαδρομής (OPFTIR):

Το OP-FTIR βασίζεται στο υπέρυθρο φάσμα. Ένα OP-FTIR αποτελείται από μια πηγή IR και έναν σχετικό ανιχνευτή (US EPA, 2005).

Διαφορικό lidar απορρόφησης (DIAL): Το DIAL είναι μια μέθοδος τηλεεπισκόπησης με λέιζερ που χρησιμοποιεί την ίδια προσέγγιση με την ανίχνευση φωτός και την τηλεεπισκόπηση (LIDAR), αλλά λειτουργεί σε δύο διαφορετικά μήκη κύματος (Argal, 2002).

Ηλιακή ροή απόκρυψης (SOF): Η τεχνολογία SOF χρησιμοποιεί τον ήλιο ως πηγή φωτός και ένα ανιχνευτή υπέρυθρης ή υπεριώδους ακτινοβολίας για τη λήψη του σήματος μέσω της διαδρομής μέτρησης (US EPA, 2005).

Φασματομετρία μάζας (PTR-TOF-MS ή PTR-MS): είναι ένα εξαιρετικά ευαίσθητο και σε πραγματικό χρόνο όργανο ικανό να μετράει σε επίπεδα ppb και ppt για πολλές οργανικές και ανόργανες ενώσεις (Gai, 2020).

#### **2.4.1.2 Ασύρματοι αισθητήρες**

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της ενσύρματης παρακολούθησης είναι ότι τα καλώδια επιφέρουν αλλαγές στην υποδομή, οι οποίες μπορεί να περιορίζουν τις εφαρμογές (Klein, 2018). Με την ταχεία ανάπτυξη του ενσωματωμένου συστήματος επικοινωνίας υπολογιστών και τεχνολογίας πληροφοριών, η ασύρματη ανίχνευση χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως η ανίχνευση διαρροών και η παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν φυσικά πλεονεκτήματα όσον αφορά την αυτονομία, το κόστος και τη γρήγορη ανάπτυξη. Επιπλέον, είναι εύκολη η αλλαγή του τύπου του αισθητήρα και της τοποθεσίας του για να ικανοποιούνται διαφορετικές απαιτήσεις (Estrin, 2001). Τα δεδομένα αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο σε έναν απομακρυσμένο διακομιστή ώστε εξουσιοδοτημένοι χρήστες να παρακολουθούν τις εκπομπές και να εντοπίζουν τυχόν διαρροές συνεχώς. Παρόμοια δίκτυα έχουν για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων σε πετροχημικές εγκαταστάσεις με τη χρήση ανιχνευτών VOCs και μετεωρολογικών αισθητήρων. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν επίσης να τοποθετηθούν σε ένα εναέριο μη επανδρωμένο αεροσκάφος για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης στον αέρα (Gai, 2020).

### 2.4.1.3 Δορυφορική παρακολούθηση εκπομπών

Δορυφορικά όργανα που έχουν τεθεί σε τροχιά τις τελευταίες δύο δεκαετίες μπορούν να παρατηρήσουν διάφορα χημικά είδη σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή. Τα όργανα αυτά μπορούν να μετρήσουν την ένταση της φασματικής ακτινοβολίας που κυμαίνεται από το IR έως το UV. Τα περισσότερα πρωτογενή εκπεμπόμενα είδη, όπως O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, HCHO, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> μπορούν να μετρηθούν από τα όργανα που φέρουν οι δορυφόροι. Η προσέγγιση αυτή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ποσοτικοποίηση των εκπομπών σε πόλεις και σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Goldberg, 2019).

Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη εναλλακτικών εκπομπών τεχνολογιών παρακολούθησης (ή εναλλακτικής ανίχνευσης) καθιστούν πολύ ευκολότερη την απόκτηση ενός ολοκληρωμένου προφίλ εκπομπών που έχει στόχο την μείωση του αποτυπώματος με τη χρήση αυτών των τεχνικών. Πολλοί παράγοντες, όπως η έκταση της γεωγραφικής περιοχής που πρέπει να καλυφθεί, οι ρύποι προς παρακολούθηση, ο προϋπολογισμός του έργου και το χρονοδιάγραμμα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή τεχνολογιών για την συγκεκριμένη εφαρμογή (Gai, 2020).

## 2.5 Συντήρηση εξοπλισμού

Η αποφυγή απρογραμματίστων διακοπών λειτουργίας, η αυστηροποίηση των προτύπων ασφαλείας και η μείωση του κόστους συχνά καταλήγει στη βελτίωση πρακτικών συντήρησης. Η αντίληψη είναι ότι ενώ η τακτική συντήρηση είναι σημαντική στον εντοπισμό και την αντικατάσταση του γερασμένου εξοπλισμού, δεν είναι τόσο αποτελεσματική στην ανίχνευση λιγότερο προβλέψιμων βλαβών, όπως ριγμάτωση ή διάβρωση. Με βάση μελέτες που διεξήχθησαν από τη NASA και το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ, η συμβουλευτική ARC GROUP υποστήριξε ότι η λεγόμενη "προληπτική συντήρηση" είναι κατάλληλη μόνο στο 18% των περιπτώσεων (Elsevier, 2019).

Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης είναι ένας σημαντικός δείκτης της επιχειρησιακής αριστείας. Η ενίσχυση της απόδοσης αποφέρει σημαντικά οφέλη στα έσοδα, στο κόστος μετατροπής και διαχείρισης και μειώνει το απασχολούμενο κεφάλαιο και τον κίνδυνο διαχείρισης (McCreery, 2013).

Το κλειδί για τη βελτίωση της επιχειρησιακής αριστείας σε αυτόν τον τομέα είναι η απομάκρυνση από την άκαμπτη συντήρηση και η στροφή προς ένα σύστημα συντήρησης σε πραγματικό χρόνο παρακολούθησης, ανατροφοδότησης και ανάλυσης, και τελικά σε πραγματικό χρόνο εξ αποστάσεως (ή ακόμη και αυτοματοποιημένη) ανταπόκριση. Αυτό είναι το σημείο όπου οι τεχνολογικές εξελίξεις στους αισθητήρες, τα δεδομένα διαχείρισης και μοντελοποίησης συστημάτων είναι ανεκτίμητες. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό ζητημάτων όπως η διαρροή και η διάβρωση πριν γίνουν απειλή για τον εξοπλισμό και την εγκατάσταση. Απαιτείται επίσης γρήγορη δράση και προσδιορισμός της καλύτερης μηχανικής λύσης για το πρόβλημα (Elsevier, 2019).

Ενώ ο κλάδος έχει ενσωματώσει την ψηφιακή τεχνολογία, όπως ασύρματες μετρήσεις, στις δραστηριότητές του εδώ και χρόνια, είναι σήμερα σε θέση να επιταχύνει τον ψηφιακό μετασχηματισμό του με νέες τεχνολογίες αιχμής. Οι ηγέτες του κλάδου που έχουν εφαρμόσει έξυπνες τεχνολογίες στις δραστηριότητές τους έχουν πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο με διαγνωστικά που ενισχύουν την ορατότητα στις λειτουργίες των εγκαταστάσεών τους, μετατρέποντας δεδομένα σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες μέσω προηγμένων αναλύσεων. Για παράδειγμα, οι χειριστές μπορούν να ειδοποιηθούν για ένα ζήτημα που απαιτεί μια τροποποίηση του στόχου της μονάδας ή άμεση συντήρηση ενός εξοπλισμού πριν υποβαθμιστεί η απόδοσή του, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση συντήρησης (Emerson 2019).

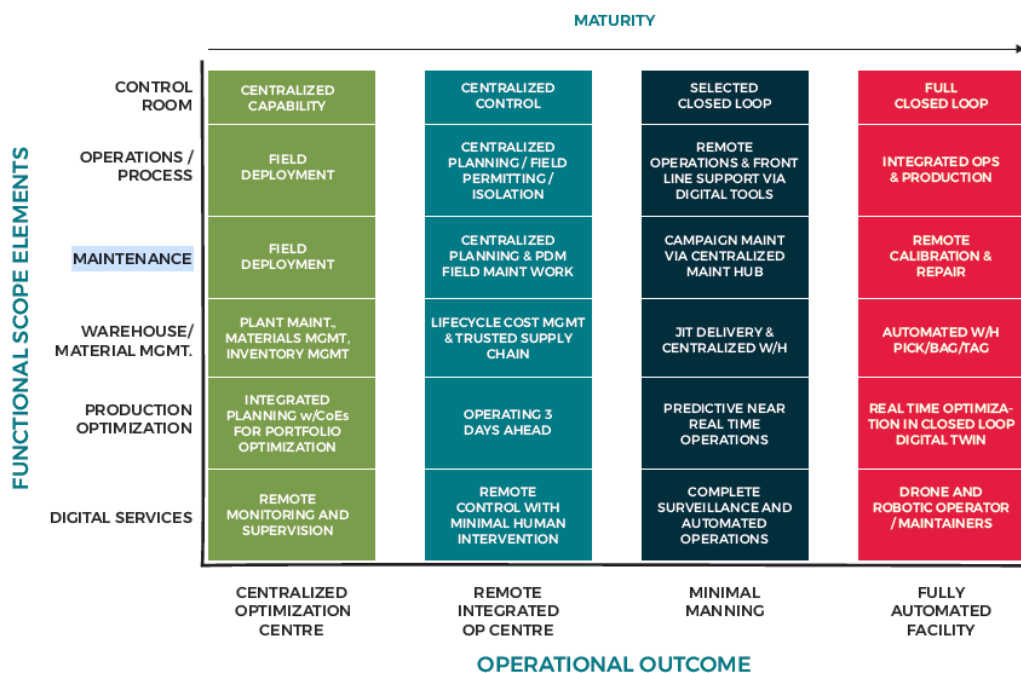
Η βελτιστοποίηση της συντήρησης πρέπει να αντιμετωπίσει τις συνέπειες των απροσδιόριστων και των πιθανών κινδύνων. Οι τεχνολογικές λύσεις που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό τους συχνά βασίζονται σε προσεγγίσεις και σε ποσοτικοποιημένες μεθόδους. Αφορούν την αξιοποίηση των δεδομένων για τη μείωση των προσεγγίσεων μας στον ποσοτικό προσδιορισμό του κινδύνου, τον μετριάσμό και τη διαχείριση. Όσο καλύτερα μπορούμε να κατανοήσουμε τους κινδύνους μας και όσο καλύτερα μπορούμε να τους ελέγξουμε, τόσο πιο επιτυχημένο θα είναι το αποτέλεσμα. Τα συστήματα συντήρησης πρέπει να λειτουργούν σωστά υπό κυμαινόμενες συνθήκες και να μπορούν να προσαρμόζονται σε νέους παράγοντες. Όσο μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα μπορεί να έχει η συντήρηση, τόσο περισσότερο μπορεί να θεωρείται λιγότερο ως κόστος για την επιχείρηση και

περισσότερο ως δημιουργός αξίας. Η εστίαση στη διασφάλιση του χρόνου λειτουργίας μπορεί να είναι σωστή για μια επιχειρηματική στρατηγική μεγιστοποίησης της παραγωγής μέχρι την επόμενη γενική συντήρηση, αλλά χρειάζεται προσαρμογή μπροστά σε μια απρογραμμάτιστη βλάβη η οποία θα διακόψει πρόωρα την λειτουργία της επιχείρησης. Με τον σωστό προγραμματισμό θα μπορέσει να γίνει βραχυπρόθεσμο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Είναι σημαντικό να δημιουργηθεί μια δομή που να επιτρέπει την προσαρμοστικότητα (Kbc, 2018).

Η αλλαγή στην συντήρηση μιας βιομηχανίας πετρελαίου και πετροχημικών είναι εφικτή μόνο μέσω μιας ολοκληρωμένης τεχνολογίας, στρατηγικής και κοινού οράματος που ξεκινά από μια θεμελιώδη κατανόηση των επιχειρησιακών στόχων της λειτουργικής αριστείας.

### **2.5.1 Κέντρα απομακρυσμένης λειτουργίας**

Τα κέντρα απομακρυσμένης λειτουργίας (ROC) είναι φτιαγμένα ανάλογα με την ψηφιακή ωριμότητα μιας επιχείρησης, καθώς και τον επιθυμητό τελικό στόχο. Ένα ROC αποτελείται συνήθως από σύγχρονες, δια λειτουργικές ομάδες, ενωμένες σε ένα περιβάλλον εργαλείων IT και αναλυτικών μεθόδων. Αυτό διευκολύνει τη μετάβαση από τη διαχείριση μεμονωμένων καταστάσεων, στην προληπτική διαχείριση ολόκληρων μονάδων. Το πεδίο εφαρμογής του ROC περιλαμβάνει τη λειτουργική διαχείριση της παραγωγής, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου του ημερήσιου προγράμματος, της ποιότητας, της κατανάλωσης ενέργειας, της αξιολόγησης της κατάστασης του εξοπλισμού και της παρακολούθησης των βιομηχανικών και περιβαλλοντικών κανόνων ασφάλειας. Η συστέγαση των ομάδων παραγωγής και συντήρησης επιτρέπει την λειτουργία και την βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας, με τη λήψη αποφάσεων να βασίζεται σε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο (Kbc, 2020a).



Σχήμα 5. Τύποι κέντρων απομακρυσμένης λειτουργίας –ROC (Kbc, 2020a)

Η αυξημένη ασφάλεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την υιοθέτηση των ROCs. Το ίδιο ισχύει και για τη βελτίωση της ροής πληροφοριών για την καλύτερη λήψη τακτικών και στρατηγικών αποφάσεων. Η υιοθέτηση ψηφιακών πλατφορμών και ψηφιακών τεχνολογιών όπως για παράδειγμα το cloud computing, έχει γίνει μια αποτελεσματική τεχνολογία για την εμπλοκή ανθρώπων και τεχνολογιών απομακρυσμένα ώστε να συμμετέχουν και να προωθούν καθημερινές δραστηριότητες αντιμετώπισης προβλημάτων και βελτίωσης του κέρδους, σαν να ήταν παρόντες επί τόπου (Kbc, 2020a).

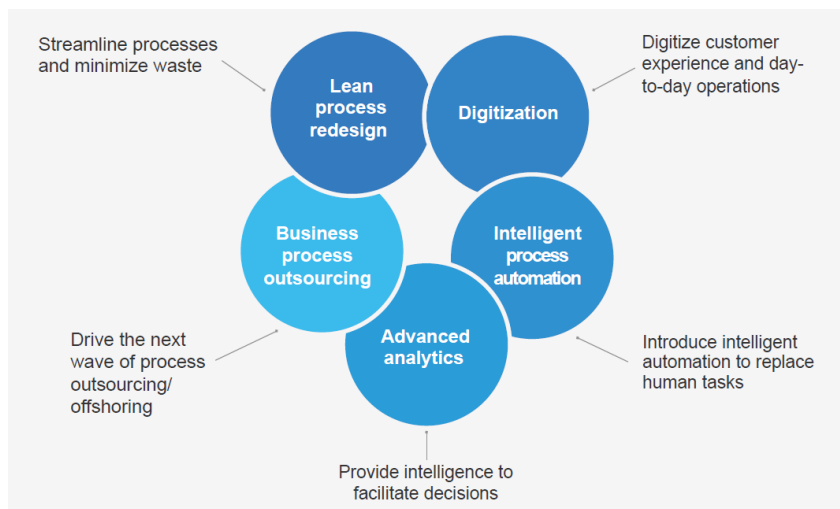
### 3. Τεχνικές – Στρατηγικές

Οι βασικοί μοχλοί του συστήματος (βλ. σχήμα 6) για την αριστοποίηση της λειτουργίας σε μια επιχείρηση του κλάδου των πετρελαιοειδών διακρίνεται στα παρακάτω 5 σημεία:

1. Ψηφιοποίηση (Digitization). Η χρήση εργαλείων και τεχνολογίας για τη βελτίωση των διαδικασιών. Τα ψηφιακά εργαλεία έχουν την ικανότητα να μετασχηματίζουν τις διαδικασίες που αφορούν τον πελάτη, συχνά δημιουργώντας τις δυνατότητα αυτοεξυπηρέτησης. Η ψηφιακή τεχνολογία μπορεί επίσης να αναδιαμορφώσει τις χρονοβόρες συναλλακτικές και χειροκίνητες εργασίες που αποτελούν μέρος των εσωτερικών διαδικασιών, ιδίως όταν εμπλέκονται πολλαπλά συστήματα.
2. Προηγμένη ανάλυση (Advanced analytics). Η αυτόνομη επεξεργασία δεδομένων με τη χρήση εξελιγμένων εργαλείων για να ανακαλύψει ιδέες και να διατυπώσει συστάσεις. Παρέχει ευφυΐα για τη βελτίωση λήψης των αποφάσεων και μπορεί να ενισχύσει ιδιαίτερα τις διαδικασίες όπου απαιτείται μη γραμμική σκέψη.
3. Ευφυής αυτοματοποίηση διαδικασιών (Intelligent Process Automation - IPA). Ένα σύνολο νέων τεχνολογιών που συνδυάζει θεμελιώδη ανασχεδιασμό διαδικασιών με την αυτοματοποίηση ρομποτικών διαδικασιών και τη μηχανική μάθηση. Η IPA μπορεί να αντικαταστήσει την ανθρώπινη προσπάθεια σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν τη συγκέντρωση δεδομένων από πολλαπλά συστήματα ή τη λήψη μιας πληροφορίας από ένα έγγραφο και την εισαγωγή της ως δεδομένο.
4. Εξωτερική ανάθεση επιχειρηματικών διαδικασιών (Business Process Outsourcing BPO). Χρησιμοποιεί πόρους εκτός της επιχείρησης για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών ή λειτουργιών. Αυτή η προσέγγιση λειτουργεί συνήθως καλύτερα για διαδικασίες που είναι χειροκίνητες, δεν είναι πελατειακές και δεν επηρεάζουν ή δεν αντικατοπτρίζουν βασικές στρατηγικές επιλογές ή προτάσεις αξίας.
5. Ο λιτός ανασχεδιασμός διαδικασιών (Lean Process Redesign). Βοηθά τις εταιρείες να εξορθολογήσουν τις διαδικασίες, να εξαλείψουν τη σπατάλη και να προωθήσουν μια κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης. Αυτή η ευέλικτη μεθοδολογία εφαρμόζεται καλά σε μικρού κύκλου καθώς και σε μεγάλου κύκλου διαδικασίες, σε διαδικασίες συναλλαγής καθώς και σε διαδικασίες που βασίζονται σε κρίσεις,



σε διαδικασίες που απευθύνονται στον πελάτη καθώς και σε εσωτερικές διαδικασίες (Dias 2017).



Σχήμα 6. Οι βασικοί μοχλοί του συστήματος για την επίτευξη της επιχειρησιακής αριστείας (Dias 2017)

Παρακάτω θα αναλυθούν τεχνικές, στρατηγικές και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην Βιομηχανία Πετρελαίου και Πετροχημικών στην προσπάθεια μετάβασης στην νέα εποχή ψηφιοποίησης και μετασχηματισμού του κλάδου για μια πορεία με τελικό στόχο την επιχειρησιακή και λειτουργική αριστεία.

### 3.1 Αξιοποίηση της τεχνολογίας για την υποστήριξη της ασφαλούς εργασίας

#### 3.1.1 Διαδικασίες

Οι διαδικασίες λειτουργίας περιγράφουν τις εργασίες που πρέπει να εκτελούνται, τα δεδομένα που πρέπει να καταγράφονται, τις συνθήκες που πρέπει να διατηρούνται, τα δείγματα που πρέπει να συλλέγονται και τις προφυλάξεις ασφάλειας και υγείας που πρέπει να ληφθούν. Πρέπει να είναι τεχνικά ακριβείς, κατανοητές σε εργαζόμενους, και να αναθεωρούνται περιοδικά ώστε να διασφαλίζεται ότι αντικατοπτρίζουν τις τρέχουσες λειτουργίες. Οι πληροφορίες για την ασφάλεια των διεργασιών συμβάλλουν στη διασφάλιση ότι οι διαδικασίες και οι πρακτικές συνάδουν με τους γνωστούς κινδύνους των χημικών ουσιών στη διαδικασία και ότι οι παράμετροι λειτουργίας είναι σωστοί. Πρέπει να αναθεωρούνται για να διασφαλιστεί η ακρίβειά τους και ότι παρέχουν πρακτικές οδηγίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο πρέπει

να εκτελείται πραγματικά μια εργασία με ασφάλεια. Η εταιρεία πρέπει να πιστοποιεί ετησίως ότι οι διαδικασίες λειτουργίας είναι επίκαιρες και ακριβείς (Nolan, 2015).

Οι διαδικασίες λειτουργίας και οι οδηγίες είναι σημαντικές για την εκπαίδευση του προσωπικού. Συχνά θεωρούνται ως τυποποιημένες πρακτικές λειτουργίας (Standard Operating Practices-SOPs) για τις επιχειρήσεις. Οι συνέπειες των αλλαγών πρέπει να αξιολογηθούν και οι πληροφορίες πρέπει να μεταφερθούν στο προσωπικό. Όλη η διοίκηση των ενεργειών αλλαγής πρέπει να συντονίζεται και να ενσωματώνεται στις τρέχουσες λειτουργικές διαδικασίες, και το προσωπικό λειτουργίας πρέπει να ειδοποιείται για τις αλλαγές πριν την πραγματοποίησή τους (Nolan, 2015).

### **3.1.1.1 Διαδικασίες σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης**

Είναι επιβεβλημένη η θέσπιση κανόνων που καλύπτουν τους πιο κρίσιμους κινδύνους ασφάλειας που έχουν προκαλέσει την απώλεια ζωής εργαζομένων εντός του κλάδου. Σκοπός τους είναι να είναι απλοί, με συνοπτικές υπενθυμίσεις προς τους εργαζομένους και τους επόπτες για τις σημαντικές δικλίδες ασφαλείας, τις οδηγίες και τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για τον μετριασμό των κινδύνων (API, 2018).

Η προετοιμασία ενός εξωτερικού Σχεδίου Αντιμετώπισης Έκτακτης Ανάγκης (ERP) είναι ένα σύνθετο έργο. Σε αυτό εμπλέκονται πολλοί φορείς της επιχείρησης καθώς και εξωτερικοί φορείς (δημοτικές αρχές, πυροσβεστικό σώμα, αστυνομία). Η εκπόνηση τέτοιων σχεδίων απαιτεί συντονισμένη προσπάθεια και πρέπει να είναι καλά οργανωμένη, ώστε να ενσωματώνονται οι απόψεις όλων των ενδιαφερομένων μερών. Η διαχείριση και οι δραστηριότητες παρακολούθησης αποτελούν κρίσιμο στοιχείο, όπως και η επικαιροποίηση των σχεδίων και η αντιμετώπιση των υφιστάμενων κενών, θα πρέπει να αποτελούν μέρος του ίδιου του σχεδίου (Tarantola, 2018).

Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης καλύπτουν τους κινδύνους καθημερινής λειτουργίας, περιβαλλοντικής ρύπανσης, χημικούς κινδύνους. Οι δραστηριότητες στον κλάδο πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι συνήθως πολύπλοκες και περιλαμβάνουν τους περισσότερους από αυτούς τους κινδύνους ταυτόχρονα, ενώ υπάρχουν μελέτες ειδικά για τις δραστηριότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου λόγω της πιθανής έκτασης του συμβάντος. Ως εκ τούτου, η εκπόνηση του ERP μπορεί να απαιτήσει την

ενσωμάτωση πολλών σχεδίων έκτακτης ανάγκης και τη συνέργεια μεταξύ τους κατά την εφαρμογή. Οι προτεινόμενες κατευθυντήριες γραμμές προσπαθούν να ενσωματώσουν όλες τις πτυχές που σχετίζονται με τις δραστηριότητες (Tarantola, 2018).

### **3.1.2 Αξιοποίηση και διερεύνηση συμβάντων**

Ο σχεδιασμός έκτακτης ανάγκης και η ετοιμότητα είναι ουσιώδεις για να διασφαλιστεί ότι, σε περίπτωση ενός συμβάντος, όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την προστασία του κοινού, του περιβάλλοντος, του προσωπικού και των περιουσιακών στοιχείων της εταιρείας. Ολοκληρωμένα σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης (ERP) τόσο για το λειτουργικό προσωπικό της μονάδας όσο και για τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης εκτός του εργοστασίου (π.χ. πυροσβεστικές υπηρεσίες, ιατρικά ασθενοφόρα, αστυνομία, οργανισμοί αμοιβαίας βοήθειας, ακτοφυλακή κ.λπ.) πρέπει να παρέχονται, να κρίνονται, να εξασκούνται και να αξιολογούνται περιοδικά. Αποτελεσματική διερεύνηση περιστατικών, με τη χρήση αναγνωρισμένων μεθοδολογιών του κλάδου (π.χ. Taproot, 5-Whys, ανάλυση αιτιών (RCA), Fishbone) και η παρακολούθηση είναι απαραίτητες για να δοθεί η ευκαιρία βελτίωσης από τα αναφερόμενα περιστατικά και να χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες για τη λήψη διορθωτικών μέτρων και την πρόληψη της επανάληψης από τα εντοπισμένα βαθύτερα αίτια (π.χ. δελτία διδαγμάτων), τα οποία κοινοποιούνται σε όλα τα αρμόδια τμήματα (Τσολάκης, 2021γ).

### **3.1.3 Ασφάλεια του προσωπικού λειτουργίας**

Η μείωση του κινδύνου για το προσωπικό ξεκινά με την κατανόηση του πού βρίσκονται οι επικείμενοι κίνδυνοι εντός του διυλιστηρίου και των μεθόδων και του διαθέσιμου εξοπλισμού για την καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση της κατάστασης. Για τα νεότερα διυλιστήρια, η πρόσβαση σε πρόσθετες πληροφορίες και η κατανόηση των επικείμενων προβλημάτων καθιστούν τον μετριασμό των κινδύνων σημαντικά ευκολότερο, ενώ τα παλαιότερα διυλιστήρια πρέπει να βρουν νέες μεθόδους για να μετασκευάσουν τις παλαιότερες καλωδιώσεις και όργανα για την ασφαλή λειτουργία της μονάδας και τη μείωση των κινδύνων. Οι λύσεις αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν καλύτερες μεθόδους ανίχνευσης φλόγας και αερίου ακόμα και στα πιο δυσπρόσιτα και επικίνδυνα μέρη του διυλιστηρίου, τη δυνατότητα χρήσης

ασύρματης ανίχνευσης και ανάλυσης για να την εξάλειψη της ανάγκης του προσωπικού να κάνει χειροκίνητη συλλογή δεδομένων σε επικίνδυνες περιοχές, και πιο ακριβείς, αξιόπιστες μεθόδους ανίχνευσης τοξικών αερίων που κρατούν περαιτέρω το προσωπικό μακριά από κινδύνους. Η τεχνολογία επίγνωσης θέσης δίνει την δυνατότητα στους διαχειριστές να έχουν στιγμιότυπο της θέσης όλων των ατόμων στο εργοστάσιο μέσω φορητών συσκευών, όπου σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης είναι άμεση η αντιμετώπιση του περιστατικού. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την είσοδο σε κλειστούς χώρους και για περιπτώσεις που σχετίζονται με ανατροπές, όταν πολλοί εργολάβοι είναι παρόντες οι οποίοι μπορεί να μην είναι τόσο εξοικειωμένοι με τον χώρο (Emerson, 2019).

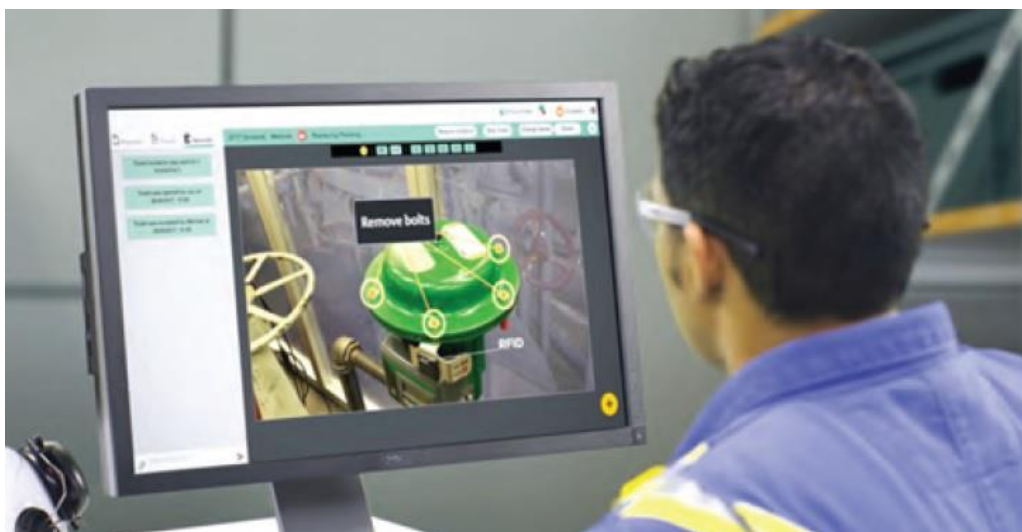
Η χρήση ασύρματων και online λύσεων παρακολούθησης για υπερπλήρωση, διαρροές και προβλήματα διάβρωσης, παρέχουν καλύτερη εικόνα για την ακεραιότητα του δυλιστηρίου, καθώς ελαχιστοποιείται η ανάγκη αποστολής προσωπικού σε διαβαθμισμένες περιοχές. Επίσης, τα πιστοποιημένα για την ασφάλεια όργανα και η προληπτική δοκιμή λειτουργίας τους, συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι χειριστές της μονάδας και οι υπεύθυνοι ασφαλείας έχουν μεγάλη εμπιστοσύνη στο σύστημα ελέγχου παρακολούθησης.

Με πιστοποιημένες λύσεις σε θέματα ασφαλείας και σε συνδυασμό με αυτοματισμούς παγκόσμιας κλάσης και δυνατότητες παρακολούθησης, η μείωση του κινδύνου για το προσωπικό του δυλιστηρίου είναι εφικτή και συμβάλει στον μετριασμό των περιστατικών ασφαλείας στο χώρο του εργοστασίου, επιτρέποντάς την επικέντρωση όλων στην διατήρηση του προσωπικού ασφαλείας, μεγιστοποιώντας παράλληλα την απόδοση της μονάδας, της παραγωγής και τελικά της κερδοφορίας της επιχείρησης.

### **3.1.4 Επαυξημένη Πραγματικότητα/Εικονική Πραγματικότητα (AR/VR)**

Η AR (Augmented Reality) δημιουργεί σκηνικά του πραγματικού κόσμου, ενώ η VR (Virtual Reality) βυθίζει τον θεατή σε ένα εικονικό σκηνικό. Και οι δύο τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία του πετρελαίου και του φυσικού αερίου για την εκπαίδευση τεχνικών και για τη δοκιμή πολύπλοκων εργασιών πριν από την εφαρμογή στο πεδίο (Aramco, 2018).

Η AR επιτρέπει στους εργαζόμενους στο πεδίο να λαμβάνουν βοήθεια από έμπειρους τεχνικούς ("εμπειρογνώμονες") από όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα, εάν μια επιχειρησιακή διαδικασία απαιτεί πρόσθετη καθοδήγηση, ένας εργαζόμενος μπορεί να λάβει βοήθεια σε πραγματικό χρόνο μέσω βιντεοκλήσης, επιτρέποντας στον απομακρυσμένο συνάδελφο-εμπειρογνώμονα να δει ουσιαστικά μέσα από τα μάτια του και να προσφέρει καθοδήγηση πάνω από τον ώμο. Είναι ακόμη δυνατό ο απομακρυσμένος εμπειρογνώμονας να "ζωγραφίσει" εξ αποστάσεως στην οθόνη που είναι τοποθετημένη στο κεφάλι του εργαζομένου και να μοιραστεί τη σχετική τεκμηρίωση. Δουλεύοντας εξ αποστάσεως, ένας εμπειρογνώμονας μπορεί να υποστηρίξει δεκάδες εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο προσφέροντας ταχύτερη επίλυση των προβλημάτων και μείωση των ταξιδιών και κατ' επέκταση των εξόδων.



*Εικόνα 1. Απομακρυσμένος εμπειρογνώμονας βλέπει το πρόβλημα σε πραγματικό χρόνο μέσω του τεχνικού πεδίου ο οποίος φέρει φορητή τεχνολογία AR (Paithankar, 2019)*

Η τεχνολογία υποστηρίζεται από ασφαλείς συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας τοποθετημένες σε κράνη και μια φωνητικά ελεγχόμενη συσκευή με μικροθόνη που δείχνει μια εικόνα στον χρήστη σαν να βλέπει μια οθόνη επτά ιντσών. Οι πληροφορίες εμφανίζονται κάτω από το οπτικό πεδίο του χρήστη και δεν παρεμβαίνουν στην κανονική όραση, ενώ η οθόνη μπορεί να απομακρυνθεί όταν δεν χρησιμοποιείται (Shell, 2021). Διαδικασίες, σχέδια, εγχειρίδια χρήσης μπορούν να είναι διαθέσιμα κάθε στιγμή και σε όλη την εγκατάσταση μέσω ενός φορητού υπολογιστή/tablet μειώνοντας έτσι στο ελάχιστο την ανάγκη για εκτυπωμένο υλικό το οποίο πολλές φορές είναι δύσχρηστο και μη διαθέσιμο όταν χρειάζεται μειώνοντας

παράλληλα και τον χρόνο επιστροφής στο γραφείο για την αναζήτηση του κατάλληλου εγγράφου (Paithankar, 2019).

Σε αντίθεση με την AR, όπου ο χρήστης εξακολουθεί να βλέπει το φυσικό περιβάλλον του πραγματικού κόσμου, η VR βυθίζει τον θεατή σε ένα εικονικό περιβάλλον που αποκλείει τον φυσικό κόσμο. Απλά βάζοντας ένα σεντ κεφαλής, η εικονική πραγματικότητα μπορεί να μεταφέρει τον χρήστη εικονικά στη θέση του οδηγού ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου ή στο πιλοτήριο ενός διαστημικού λεωφορείου, επιτρέποντάς του να κινείται σε ένα εντυπωσιακό τρισδιάστατο περιβάλλον που μοιάζει με το πραγματικό (Goswami, 2019).

Μια κρίσιμη εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας στη βιομηχανία πετρελαίου είναι η εκπαίδευση. Αντί να μελετούν τη θεωρία σε μια αίθουσα διδασκαλίας ή να μεταφέρουν ανθρώπους σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα σεντ VR για να εισέλθουν σε ένα περιβάλλον ή να αλληλοεπιδράσουν εικονικά με ένα κομμάτι εξοπλισμού. Όταν οι εκπαιδευόμενοι σε μια εικονική εξέδρα στρέφουν το κεφάλι τους στο πλάι, βλέπουν αυτό που θα έβλεπαν σε μια πραγματική εξέδρα. Δεδομένης της πολυπλοκότητας των δυλιστηρίων και των μονάδων επεξεργασίας, η ευκαιρία να βιώσουν μια εκπαίδευση που μοιάζει με την πραγματικότητα πριν εισέλθουν σε αυτά τα περιβάλλοντα είναι ανεκτίμητη και οι εταιρείες εξοικονομούν χρήματα που διαφορετικά θα ξόδευαν για να μεταφέρουν εκπαιδευόμενους στις εγκαταστάσεις. Οι εφαρμογές VR που είναι συνδεδεμένες με αισθητήρες επιτρέπουν στους μηχανικούς να παρακολουθούν γεννήτριες, αντλίες, συμπιεστές σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να χρειάζεται να βρίσκονται επί τόπου, παρέχοντας ταχύτερη και ακριβέστερη διάγνωση μειώνοντας ταυτόχρονα και το κόστος (Goswami, 2019). Μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί σε εκπαιδεύσεις που η προσομοίωση τους είναι δύσκολη με εξαιρετικά αποτελέσματα, όπως η εργασία σε ύψος ή με μεγάλα βαριά μηχανήματα, ηλεκτρολογικές εργασίες σε ενεργό εξοπλισμό, πυρόσβεση, εκκενώσεις σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης (π.χ. φωτιά, σεισμός).

Η τεχνολογία επιτρέπει τη συζήτηση σε πραγματικό χρόνο, σε συνεργασία μεταξύ των ομάδων, για παράδειγμα με έναν ειδικό να μιλάει μέσω μιας εικονικής επίδειξης

μιας τεχνικής επισκευής. Είναι επίσης μια πιθανή λύση για βελτιωμένη τηλεδιάσκεψη και παρουσίαση ιδιαίτερα περίπλοκων τρισδιάστατων εννοιών (Shell, 2021).

Η τεχνολογία AR/VR θα έχει πρωταγωνιστικό ρόλο κατά την 4<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση που συμβαίνει τώρα στην Βιομηχανία Πετρελαίου και Πετροχημικών καθώς λειτουργεί καλύτερα σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα οποία συνήθως προέρχονται από αισθητήρες. Λόγω της πανταχού παρουσίας αυτών των αισθητήρων, είναι διαθέσιμος τεράστιος όγκος δεδομένων που μπορούν να αξιοποιηθούν με AR/VR (Goswami, 2019).



*Εικόνα 2. Χρησιμοποιώντας τυπικά χειριστήρια ηλεκτρονικών παιχνιδιών, καθώς και τα πιο πρόσφατα ακουστικά εικονικής πραγματικότητας, ένα νέο κέντρο εικονικής πραγματικότητας στο Αβγαίη χρησιμοποιείται για να δώσει στους εξωτερικούς φορείς την ευκαιρία να "περπατήσουν" εικονικά μέσα σε μια μονάδα διαχωρισμού φυσικού αερίου-πετρελαίου, μια μονάδα επεξεργασίας φυσικού αερίου και συμπυκνωμάτων και μια μονάδα έγχυσης νερού. Τα εργαλεία αυτά όχι μόνο εμπλέκουν τη νεότερη γενιά χειριστών, αλλά επιτρέπουν επίσης τη μεταφορά γνώσεων και την εκπαίδευση σε ένα πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον (Aramco, 2017).*

Η τάση αποθήκευσης σε ιδιόκτητη μορφή που καθιστούσε δύσκολη την αξιοποίησή τους για βοηθητικούς σκοπούς, αλλάζει με την ενσωμάτωση ολοένα και περισσότερο των συστημάτων πληροφορικής που επικεντρώνονται στα δεδομένα τους με τα συστήματα τεχνολογίας που χρησιμοποιούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των διαδικασιών και των συσκευών. Η άνοδος του ψηφιακού μετασχηματισμού στον κλάδο και η στροφή σε μια νοοτροπία που εξετάζει τα πράγματα από την πλευρά του πελάτη έχουν ως αποτέλεσμα πιο προσιτά δεδομένα διευκολύνοντας τη χρήση

AR/VR, για εφαρμογές σε όλο το εύρος της καθημερινότητας ενός διυλιστηρίου (Goswami, 2019).

### 3.2 Μείωση του ανθρώπινου λάθους με χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (AI)

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) θεωρείται ένα ισχυρό εργαλείο για την αύξηση της παραγωγικότητας και τη βελτίωση του τρόπου με τον οποίο οι εργαζόμενοι προσλαμβάνονται, αναπτύσσονται και διατηρούνται στις εταιρείες. Έχει διαπιστωθεί ότι εταιρείες αποδίδουν καλλίτερα επειδή οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης αξιοποιούν αποτελεσματικά τεράστιες ποσότητες μεγάλων δεδομένων, με αποτέλεσμα την βελτιωμένη απόδοση. Η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να συντονίζει την παροχή δεδομένων, να αξιολογεί τάσεις, να καθορίζει τη συνοχή των δεδομένων και να δώσει αξιόπιστες προβλέψεις για την εταιρεία. Επιπλέον, βοηθάει στην ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων και αλγορίθμων για την επεξεργασία δεδομένων και την πρόβλεψη των συνεπειών διαφόρων τάσεων και σεναρίων. Η τεχνητή νοημοσύνη βοηθά τους οργανισμούς σε όλους τους τομείς στην εξεύρεση των σωστών λύσεων για την αποτελεσματικότερη επίλυση των προβλημάτων τους και ως αποτέλεσμα σημαίνει αυξημένη παραγωγικότητα στην επιχείρηση. Επιπλέον, ένας σημαντικός ρόλος της αξιοποίησης των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης για την αυτοματοποίηση λειτουργιών ρουτίνας είναι ότι μειώνει τα ανθρώπινα λάθη. Οι τεχνολογίες αυτοματοποίησης ρομποτικών διαδικασιών χειρίζονται δεδομένα και τα επεξεργάζονται. Τα ψηφιακά συστήματα γίνονται πιο αποτελεσματικά και είναι λιγότερο πιθανό να αντιμετωπίσουν ή να δημιουργήσουν προβλήματα ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων. Ως εκ τούτου, αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας και στην ελαχιστοποίηση του άγχους των εργαζομένων. Η τεχνητή νοημοσύνη βοηθά τις εταιρείες να αναπτύσσονται ταχύτερα, να βελτιώνουν την απόδοση των ομάδων, και να ενισχύσουν την απόδοση των εργαζομένων (Ramachandran, 2022).

Εισάγοντας δεδομένα για τον προσδιορισμό των επιδόσεων ενός συστήματος βάση του επιπέδου ασφαλείας και με έναν χειριστή που εκτελεί σενάρια και πληροφορίες μέσω μιας διαδικασίας η προσομοίωση σε ένα σύστημα τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να δώσει αποτελέσματα, προτάσεις και λύσεις. Το σύστημα ελέγχου AI εκτελεί τα ίδια σενάρια σε περιβάλλον real world όπως καθώς και σε προσομοίωση για να



δοκιμάσει τις μεταβλητές ενδιαφέροντος που επηρεάζουν την αποφυγή ακούσιου συμβάντος.

Τα παρακάτω κριτήρια που θέτονται αποσκοπούν στο να παρέχουν τον τρόπο προσδιορισμού και πρόβλεψης του ελεγκτή.

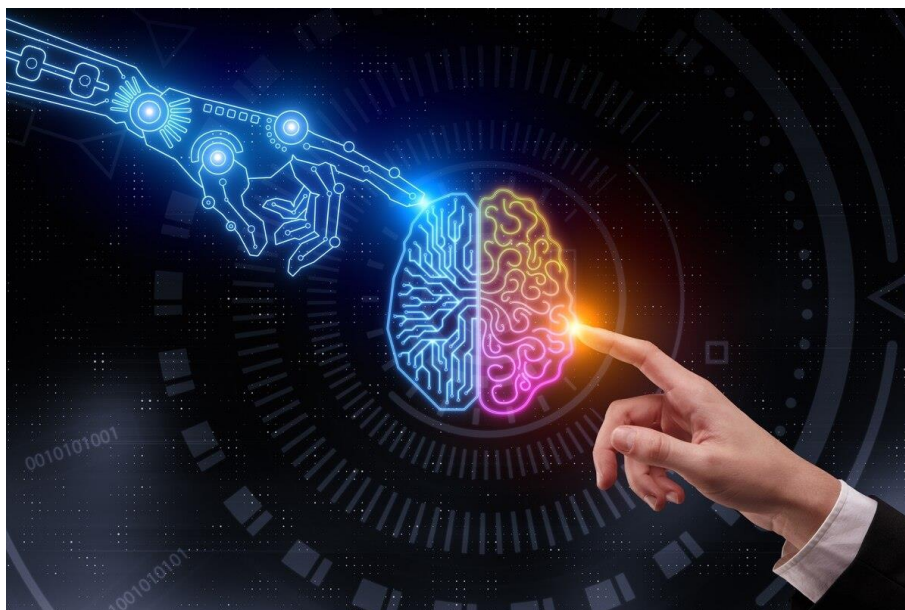
- α. Προσδιορισμός της αποτυχίας ασφάλειας
- β. Ανάλυση της ανατροφοδότησης και των ορίων για τις μεταβλητές ενδιαφέροντος ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής εκτέλεση της εργασίας
- γ. Ανάπτυξη μοντέλου για την οριοθέτησή των μεταβλητών ενδιαφέροντος που επηρεάζουν τις αποφάσεις για την ασφαλή εκτέλεση μιας εργασίας (Dreany, 2017).

Η χρήση μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια (MCDM) επιτρέπει τη δυνατότητα ενός μεγάλου αριθμού στόχων που θα οδηγούσε σε μια λύση υψηλής πιστότητας για κάθε σενάριο και περιβάλλον (Furda, 2011). Η διαδικασία αναλύεται σε τρία βασικά βήματα. Το πρώτο βήμα χρησιμοποιείται για την εξάλειψη της πιθανότητας χρήσης εναλλακτικών λύσεων πέρα από τις δυνατότητες της πλατφόρμας, το δεύτερο βήμα για την επιλογή ενός συνόλου εφικτών εναλλακτικών λύσεων και το τρίτο βήμα έχει να κάνει με τη βέλτιστη απόφαση για το σενάριο (Chen, 2014).

Η αρχιτεκτονική του συστήματος έχει να κάνει με τον δυναμικό χειρισμό των αλγορίθμων ελέγχου, την επιλογή συμπεριφοράς, των αλγορίθμων σχεδιασμού διαδρομής, των παραμέτρων ελέγχου ενεργοποίησης και τη διαχείριση των προτεραιοτήτων του. Η εισαγωγή ενός συστήματος σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας απαιτεί αυστηρή και πλήρη ανάλυση της ασφάλειας του, καλύτερη παροχή των μετρήσεων, των μηχανισμών και των μεθοδολογιών ασφάλειας για τις υπολογιστικές γνωστικές αρχιτεκτονικές ώστε τα συμπεράσματα και οι αποφάσεις να είναι ασφαλή για το προσωπικό και την εγκατάσταση (Dreany, 2017).

Η επιτυχία της τεχνητής νοημοσύνης εξαρτάται καθοριστικά από την ανθρώπινη νοημοσύνη. Οι λύσεις τεχνητής νοημοσύνης δεν είναι γενικές και δεν μπορούν να απλά να αγοράζονται. Ακόμη και όταν αναπτύσσονται από τρίτους, πρέπει να προσαρμόζονται στο επιχειρηματικό πλαίσιο και τη βάση δεδομένων της εταιρείας.

Έτσι, για να χρησιμοποιήσουν ενεργά την τεχνητή νοημοσύνη σε διαδικασίες και προϊόντα, οι εταιρείες πρέπει να αναπτύξουν εσωτερικές ομάδες που αποτελούνται από ειδικούς στα δεδομένα και την τεχνολογία. Αυτές οι ομάδες θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίζουν την ανάπτυξη των υποδομών (αλγόριθμοι και σύνολα δεδομένων) και τουλάχιστον να προσαρμόζουν τα εργαλεία που οι εταιρείες θα χρησιμοποιήσουν αργότερα στις δραστηριότητές τους (Sircar, 2021).



*Εικόνα 3. Η εξάρτηση της τεχνητής νοημοσύνης από τον άνθρωπο είναι δεδομένη (Τα Νέα, 2020)*

Αυτό σημαίνει ότι οι εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου θα γίνουν εν μέρει εταιρείες με γνώμονα τα δεδομένα και ότι οι ειδικοί της τεχνητής νοημοσύνης θα γίνουν απαραίτητοι στην υποστήριξη όλων των προσπαθειών καινοτομίας (Sircar, 2021).

### **3.3 Ψηφιοποίηση των δεδομένων**

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν τεράστιο αντίκτυπο στον κόσμο και έχουν αναγκάσει τις εταιρείες να προσαρμόσουν τα επιχειρηματικά τους μοντέλα, τις στρατηγικές και τις πρακτικές διαχείρισης (Fernandez-Vidal, 2021). Η ανάγκη για ψηφιοποίηση των λειτουργιών, σε συνδυασμό με την παγκόσμια ανάγκη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη μετάβαση σε καθαρότερες πηγές ενέργειας, ωθούν τις εταιρείες πετρελαίου και φυσικού αερίου παγκοσμίως να μετασχηματίσουν ταχύτατα τις επιχειρήσεις τους. Κατά συνέπεια, οι εταιρείες αναγκάστηκαν να

επανασχεδιάσουν τις εταιρικές στρατηγικές τους για τον ψηφιακό μετασχηματισμό των δραστηριοτήτων τους και έχουν κάνει σημαντικές κινήσεις στον ψηφιακό χώρο τα τελευταία χρόνια (Booth, 2020). Τέτοιοι πολύπλοκοι μετασχηματισμοί απαιτούν ένα ευρύ σύνολο στρατηγικών εργαλείων (π.χ. εξαγορές, συμμαχίες, στρατηγικές επενδύσεις, έρευνα και ανάπτυξη κ.λπ.) που θα πρέπει να αναπτυχθούν σε ολόκληρο τον οργανισμό ταυτόχρονα. Με τον ίδιο τρόπο που οι εργαζόμενοι και οι οργανισμοί πρέπει να αλλάξουν το στυλ και τον τρόπο εργασίας τους για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που συνδέονται με την εκτέλεση των ψηφιακών μετασχηματισμών (Kazim, 2019), οι οργανισμοί χρειάζονται νέα πλαίσια και εργαλεία για να κατευθύνουν τις προσπάθειες μετασχηματισμού τους.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός αλλάζει τα επιχειρηματικά πρότυπα. Επαναπροσδιορίζει υφιστάμενες επιχειρήσεις και δημιουργεί νέα επιχειρηματικά εγχειρήματα (Gosh, 2021). Το ΠoT και οι αναδυόμενες τεχνολογίες δρουν καταλυτικά για την λειτουργία των διυλιστηρίων με αναλύσεις δεδομένων και έλεγχο σε πραγματικό χρόνο, με έλεγχο και προβλεπτική συντήρηση του εξοπλισμού με χρήση τεχνητής νοημοσύνης, προβλέψεις σε πραγματικό χρόνο για όλη την πορεία της εφοδιαστικής αλυσίδας και ψηφιακή ολοκλήρωση των διεργασιών με στόχο την αριστοποίηση, την λειτουργική αριστεία και την εξασφάλιση της ασφάλειας, της υγείας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

### 3.3.1 Industry 4.0

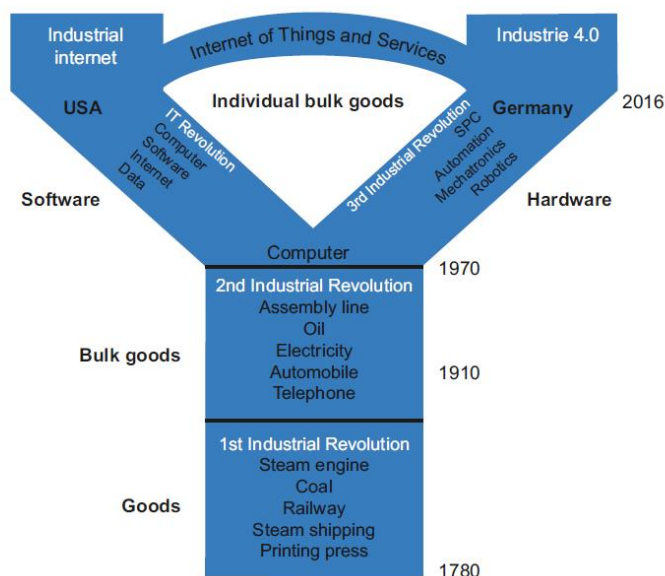
Κατά τη διάρκεια της Πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης, διαμορφώθηκε ένας νέος τεχνολογικός τρόπος λειτουργίας της βιομηχανίας ο οποίος αντικατέστησε τη χειρωνακτική εργασία. Το γεγονός αυτό απαιτούσε νέες υποδομές και νέο βιομηχανικό εξοπλισμό.

Η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση έλαβε χώρα στα τέλη του 19<sup>ου</sup> - αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα και προκλήθηκε από συσσωρευμένες τεχνολογικές καινοτομίες στη βιομηχανία (παραγωγή χάλυβα υψηλής ποιότητας, σιδηρόδρομοι, ηλεκτρισμός, χημικές ουσίες).

Το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα σηματοδότησε την Τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση, που προκλήθηκε από τις τεχνολογίες που επέτρεψαν τη συσσώρευση και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις ψηφιακές τεχνολογίες και τη δικτυακή οργάνωση

των επιχειρηματικών διαδικασιών. Ο τύπος του τεχνολογικού τρόπου που εμφανίστηκε ήταν η παγκόσμια (δικτυακή) παραγωγή στη βάση των ψηφιακών τεχνολογιών. Αυτό απαιτούσε ψηφιακό εξοπλισμό και παγκόσμια υποδομή.

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0) συμβαίνει σήμερα ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT), η ρομποτική, η εικονική πραγματικότητα, τα ψηφιακά δίδυμα, η προηγμένη ανάλυση δεδομένων (data analytics), το cloud computing, κ.λπ. Η πλήρως αυτοματοποιημένη παραγωγή είναι το είδος του τεχνολογικού τρόπου που θα καθιερωθεί κατά τη διάρκεια αυτής της επανάστασης. Αυτό θα απαιτήσει υποδομές όπως οι υψηλές ταχύτητες δικτύων και Διαδικτύου, ρομποτικός εξοπλισμός κ.λπ. (Ρορκονα, 2019).

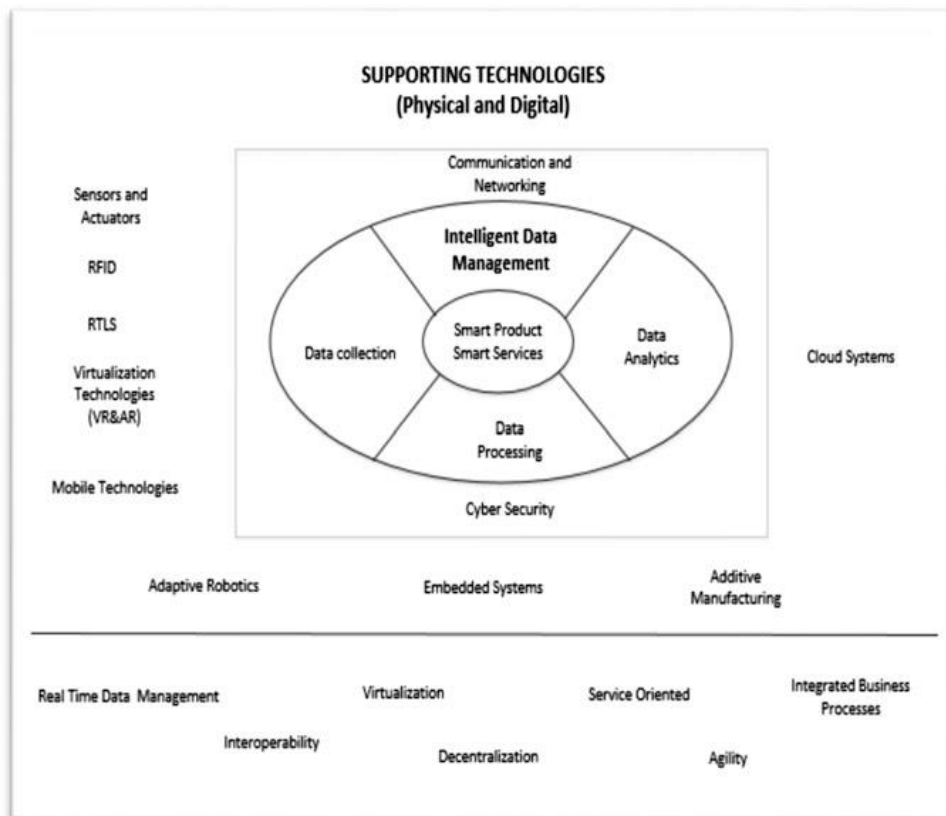


Σχήμα 7. Με την εμφάνιση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η ανάπτυξη της βιομηχανίας χωρίστηκε σε εξοπλισμό και λογισμικό (Sendler, 2016)

Η βιομηχανική επανάσταση επέφερε πολλές βελτιώσεις τόσο στον κατασκευαστικό τομέα όσο και στις υπηρεσίες συντήρησης βιομηχανικού εξοπλισμού. Λόγω των αξιοσημείωτων και ταχέων αλλαγών που εμφανίστηκαν στον τομέα της κατασκευής και της τεχνολογίας των πληροφοριών, προέκυψε η αναπόφευκτη σύνδεση τους γεγονός που οδήγησε στην αύξηση της παραγωγικότητας τόσο στις υπηρεσίες συστημάτων όσο και στον κατασκευαστικό τομέα. Τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστικές και τα συστήματα παροχής υπηρεσιών έχουν αντιμετωπίσει σημαντικές προκλήσεις λόγω της αναγκαιότητας για συντονισμό και σύνδεση εννοιών όπως η επικοινωνία και η δικτύωση, τα ενσωματωμένα συστήματα, η

ρομποτική, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, η ανάλυση δεδομένων και η τεχνητή νοημοσύνη. Οι συντονισμένες και επικοινωνιακές τεχνολογίες συνθέτουν τον όρο Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0), και οριοθετούν μια νέα βιομηχανική επανάσταση (Ustundag, 2018). Η Βιομηχανία 4.0 υποδεικνύει πιο παραγωγικά συστήματα και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εννοιών συμπεριλαμβανομένων την μηχανοποίηση, την αυτοματοποίηση, την ψηφιοποίηση, τη δικτύωση και τη μικρογραφία (Lasi, 2014).

Σύμφωνα με την έννοια της Βιομηχανίας 4.0, η έρευνα και η καινοτομία, η τυποποίηση και η ασφάλεια των δικτυωμένων συστημάτων αποτελούν τα θεμελιώδη στοιχεία για την εφαρμογή της. Ο μετασχηματισμός αυτός μπορεί να γίνει εφικτός με την παροχή κατάλληλων υποδομών που υποστηρίζονται από αισθητήρες, μηχανές, χώρους εργασίας και συστήματα πληροφορικής που επικοινωνούν πρώτα μεταξύ τους σε ένα ενιαίο σύστημα καθώς και με τα υπόλοιπα επικοινωνιακά συστήματα της επιχείρησης. Αυτοί οι τύποι συστημάτων αναφέρονται ως κυβερνοσυστήματα και ο συντονισμός τους γίνεται με βάση πρωτόκολλα και πρότυπα που βασίζονται στο Διαδίκτυο. Ο μετασχηματισμός προς τη Βιομηχανία 4.0 βασίζεται σε οκτώ θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις: προσαρμοστική ρομποτική, ανάλυση δεδομένων και τεχνητή νοημοσύνη (big data analytics), προσομοίωση, ενσωματωμένα συστήματα, επικοινωνία και δικτύωση όπως το Βιομηχανικό Διαδίκτυο (IIoT), τα cloud συστήματα, η τρισδιάστατη κατασκευή (additive manufacturing) και η εικονικοποίηση (virtualization) (Ustundag, 2018).



Σχήμα 8. Το πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0 (Ustundag, 2018)

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι μια μετάβαση στον ψηφιακό μετασχηματισμό της βιομηχανίας, μια συγχώνευση του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου η οποία επιφυλάσσει και άλλες δυνατότητες και δεν σημαίνει απαραίτητα μείωση προσωπικού (Gilchrist, 2016).

### 3.3.2 Big Data – Data Analytics

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί νέες τεχνολογίες για τη συλλογή, αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων για την παραγωγή χρήσιμων εφαρμογών. Ορισμένες από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις που σχετίζονται με την εκπαίδευση στη Βιομηχανία 4.0 είναι οι εξής:

- Μοντελοποίηση δεδομένων και μεγάλες βάσεις δεδομένων (Data Modelling & Big Data): Τα δεδομένα είναι ζωτικής σημασίας για πολλές εφαρμογές πληροφορικής, επομένως η μοντελοποίηση που ασχολείται με την αποτελεσματική αποθήκευση για τις παραδοσιακές πηγές δεδομένων είναι ένα σημαντικό θέμα. Τα δεδομένα τα οποία αναφέρονται σε μεγάλο όγκο δομημένων

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής      Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία  
πετρελαίου κ πετροχημικών  
και μη δομημένων δεδομένων, είναι ένας κρίσιμος τομέας με εξειδικευμένες τεχνολογίες.

- **Ανάλυση δεδομένων (Data Analytics):** Η ανάλυση δεδομένων είναι η διαδικασία εξαγωγής νοήματος των ακατέργαστων δεδομένων με τη χρήση εξειδικευμένων υπολογιστικών συστημάτων. Διακρίνονται σε τρεις κύριες ομάδες ανάλυσης. Τα *descriptive analytics* ασχολούνται με την επεξεργασία δεδομένων για τη διατήρηση ιστορικού δεδομένων με σκοπό την παραγωγή χρήσιμων πληροφοριών. Η προγνωστική αναλυτική (*Predictive analytics*) που επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της πιθανότητας μελλοντικών αποτελεσμάτων και πιθανών ενεργειών χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους αλγορίθμους και ιστορικά δεδομένα και η προβλεπτική αναλυτική (*Prescriptive analytics*) που προσπαθεί να βρει την καλύτερη πορεία με βάση τους περιορισμούς και τους στόχους ενός προβλήματος (Ustundag, 2018).

Οι δραστηριότητες της Βιομηχανίας Πετρελαίου και Πετροχημικών είναι εξαιρετικά πολύπλοκες και επικίνδυνες. Τα δεδομένα και οι αναλύσεις έχουν τη δυνατότητα να μετασχηματίσουν τις διεργασίες διύλισης. Οι προηγμένες αναλύσεις μπορούν να δώσουν λεπτομέρειες που μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της απόδοσης και να μειώσουν τον κίνδυνο για την ασφάλεια τόσο του προσωπικού όσο και του εξοπλισμού (Kbc, 2021a).

### **3.3.3 Cloud Computing**

Το Cloud Computing ορίζεται ως η παροχή υπολογιστικής ισχύος, πόρων αποθήκευσης δεδομένων, λογισμικού και άλλων πόρων πληροφορικής μέσω μιας πλατφόρμας μέσω του διαδικτύου. Το Cloud Computing επιτρέπει την κεντρική διαχείριση πληροφοριών για εφαρμογές της Βιομηχανίας 4.0 και προσφέρει μια πλατφόρμα συνεργασίας για την πρόοδο και τη βελτίωση της έρευνας με στόχο την αύξηση των κερδών της βιομηχανίας (Ustundag, 2018).

Οι βασικές έννοιες του Cloud Computing είναι:

- κοινή χρήση των πόρων (συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών, των επεξεργαστών, της αποθήκευσης και των βάσεων δεδομένων).

- Όλα πραγματοποιούνται κατόπιν αιτήματος (οι χρήστες ανακτούν και χρησιμοποιούν πόρους πληροφοριών από το δίκτυο).
- Ευελιξία, ελαστικότητα και κλιμάκωση στην πληροφορία-ανάγκη (τα νέφη είναι δεκτικά στις ανάγκες των χρηστών).
- Δικτυακή πρόσβαση (ευρεία προσβασιμότητα από όλους και από παντού).

Ο συμβιβασμός που παρατηρείται μεταξύ της διευρυμένης διαθεσιμότητας του Cloud και της ανάγκης για προστασία των δεδομένων έχει προκαλέσει σοβαρά ζητήματα, όπως η ασφάλεια των πληροφοριών, η εμπιστευτικότητα και την προστασία της ιδιωτικής ζωής.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του Cloud Computing εντοπίζονται στην αποθήκευση και τη συντήρηση τεράστιου όγκου δεδομένων που είναι πλέον πραγματικότητα χάρη στις υποδομές που παρέχονται από τους παρόχους καθώς κλιμακώνεται δυναμικά με αποτελεσματική διαχείριση και των ξαφνικών αυξήσεων του φόρτου εργασίας. Η τεχνολογία Cloud συνδέεται και με την μείωση του κόστους καθώς η πληρωμή της πλατφόρμας είναι με βάση την κατανάλωση και η υποδομή δεν αγοράζεται γεγονός που μειώνει την διαχείριση. Το αρχικό και το επαναλαμβανόμενο κόστος είναι σημαντικά χαμηλότερα από ό,τι στην παραδοσιακή πληροφορική. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η ευελιξία που προσφέρεται. Με τις εταιρείες να πρέπει να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες επιχειρηματικές συνθήκες ακόμη ταχύτερα, η ταχύτητα παράδοσης είναι ζωτικής σημασίας. Το Cloud Computing θέτει ως προτεραιότητα τη δοκιμή της λειτουργικότητας στην αγορά όσο το δυνατόν γρηγορότερα (Wisetsri, 2021).

### **3.3.4 Βιομηχανικό Δίκτυο των Πραγμάτων (Industrial Internet of Things - IIoT)**

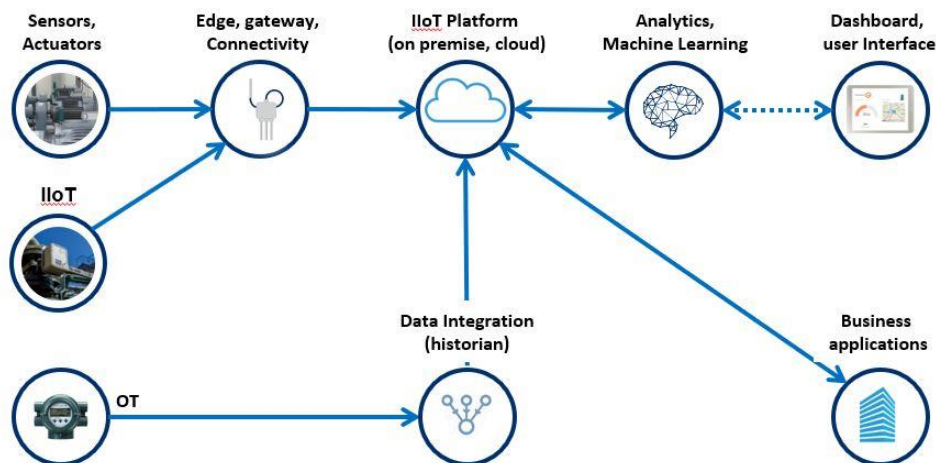
Το Βιομηχανικό Δίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) παρέχει έναν τρόπο για καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών της εταιρείας και των περιουσιακών στοιχείων της μέσω της ενσωμάτωσης αισθητήρων, ενδιάμεσου λογισμικού και συστημάτων Cloud Computing και αποθήκευσης. Ως εκ τούτου, παρέχει μια μέθοδο μετασχηματισμού των επιχειρησιακών διαδικασιών των επιχειρήσεων με ανατροφοδότηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εξέταση μεγάλων συνόλων δεδομένων μέσω προηγμένων αναλύσεων. Τα επιχειρηματικά οφέλη επιτυγχάνονται μέσω της αύξησης της απόδοσης και της επιτάχυνσης της παραγωγικότητας, η οποία έχει ως



αποτέλεσμα τη μείωση του μη προγραμματισμένου χρόνου διακοπής λειτουργίας και τη βελτιστοποιημένη αποδοτικότητα τα οποία τελικά μεταφράζονται σε κέρδη.

Μια εταιρεία που υιοθετεί το ΠοΤ πρέπει να δεσμευτεί για την καινοτομία , καθώς και να λάβει μια μακροπρόθεσμη προοπτική για την απόδοση των επενδύσεων του έργου ΠοΤ. Απαιτείται χρηματοδότηση για την κεφαλαιακή δαπάνη για αισθητήρες, συσκευές, μηχανήματα και συστήματα και υπομονή κατά την συλλογή των δεδομένων και τη διαμόρφωση των παραμέτρων και των αλγορίθμων της ανάλυσης καθώς ενδέχεται να μην οδηγήσει σε άμεσα αποτελέσματα. Είναι σημαντικό να εξεταστεί η στρατηγική της εταιρείας ώστε να επιστρέψουν αποτελέσματα που ευθυγραμμίζονται με τους στόχους (Gilchrist, 2016).

Η τεχνολογία του ΠοΤ έχει διευκολύνει τους οργανισμούς στην αποτελεσματική διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού. Η παρακολούθηση και η μέτρηση της οργανωτικής συμπεριφοράς είναι πολύ πιο εύκολη με την βοήθεια αυτού. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα συνεργατικό οικοσύστημα που διευκολύνει τη σύνδεση και την επικοινωνία με όλα τα στοιχεία ενός χώρου εργασίας. Με τη βοήθεια του ΠοΤ, οι διαχειριστές είναι σε θέση να συγκεντρώνουν και να αξιολογούν τα δεδομένα με επίκεντρο τον εργαζόμενο, ώστε να μπορούν να λαμβάνονται αποτελεσματικές αποφάσεις. Τα έξυπνα τηλέφωνα θεωρούνται ως ένα από τα κέντρα του ΠοΤ (Seth, 2018). Το ολοκληρωμένο σύστημα του Διαδικτύου των πραγμάτων δίνει τη δυνατότητα στους εργαζομένους να έχουν πρόσβαση στις δικές τους πληροφορίες και στη βασική έρευνα, ώστε οι σκέψεις τους να μεταδίδονται στους συνεργάτες μέσω ιεραρχικών συντονισμένων προσπάθειών. Δημιουργείται μια παραγωγική ένωση μεταξύ των επικεφαλής και των συναδέλφων, καθιστώντας ευκολότερη και γρηγορότερη την εκτέλεση των εργασιών (Lane, 2015).



Σχήμα 9. Η πλατφόρμα ανοιχτής αρχιτεκτονικής του IIoT (Kelder, 2019)

Το Cloud Computing και το IIoT βοηθούν στην ανάπτυξη των συμπεριφορών των εργαζομένων και της σχέσης μεταξύ τους. Η επικοινωνία είναι ένα αναπόσπαστο μέρος που ενισχύει τη σχέση μεταξύ των εργαζομένων εντός του οργανισμού. Η σύνδεση μεταξύ της επιστήμης των υπολογιστών και της διοίκησης είναι απαραίτητη για την μείωση του χρόνου λήψης των αποφάσεων, την καλλίτερη διαχείριση των εργασιών αλλά και του προσωπικού της εγκατάστασης. Έχει διαπιστωθεί ότι το IIoT βοηθά στην ανάπτυξη συνεργατικού συστήματος όπου οι εργαζόμενοι συνδέονται καθώς και επικοινωνούν μεταξύ τους. Το IIoT θα αυξήσει την παραγωγικότητα του οργανισμού και το cloud computing θα βελτιώσει την οργανωτική απόδοση (Garcia-Tadeo, 2022).

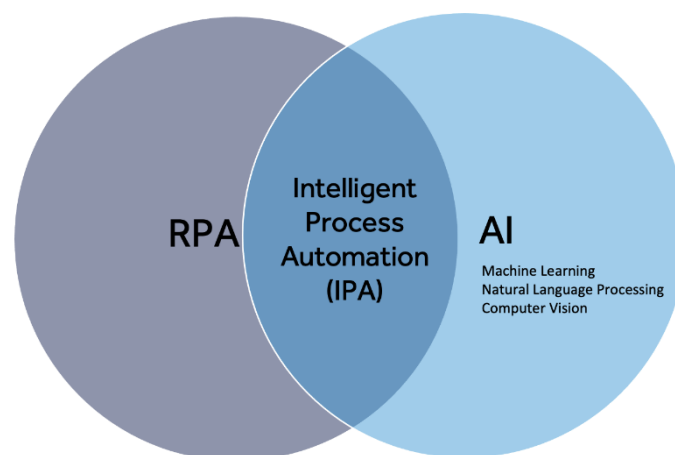
Το Cloud Computing και το IIoT δημιούργησαν την ευκαιρία για απομακρυσμένη πρόσβαση σε δεδομένα από τις επιχειρήσεις των πελατών και τις αλυσίδες εφοδιασμού τους, επιτρέποντας την παράδοση νέων τρόπων διατήρησης της απόδοσης με χαμηλότερο κόστος. Δεδομένα διεργασιών εγκαταστάσεων όταν συνδυάζονται με μη δομημένα δεδομένα, όπως τα καθημερινά γραπτά αρχεία των χειριστών μονάδων, δημιουργούν δεδομένα μεγάλης έκτασης (Big Data). Με αναλύσεις σε πραγματικό χρόνο, βάση στατιστικών μοντέλων μπορούμε να ερμηνεύσουμε αυτά τα δεδομένα και να παράγουμε πληροφορίες που μπορούν να

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής      Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία  
πετρελαίου κ πετροχημικών

χρησιμοποιηθούν με στόχο την λειτουργική και κατ' επέκταση την Επιχειρησιακή Αριστεία (Kbc, 2021a).

### 3.3.5 Intelligent Process Automation (IPA)

Η ευφυής αυτοματοποίηση διαδικασιών (IPA) είναι ένα αναδυόμενο σύνολο νέων τεχνολογιών που συνδυάζει τον επανασχεδιασμό θεμελιωδών διαδικασιών με την αυτοματοποίηση ρομποτικών διαδικασιών και τη μηχανική μάθηση. Πρόκειται για βελτίωση επιχειρηματικών διαδικασιών μέσω εργαλείων νέας γενιάς που βοηθούν τον εργαζόμενο στη γνώση, καταργώντας τις επαναλαμβανόμενες εργασίες ρουτίνας. Στόχος είναι να βελτιώσει ριζικά την εφοδιαστική αλυσίδα απλοποιώντας τις αλληλεπιδράσεις και επιταχύνοντας τις διαδικασίες. Στην ουσία, το IPA "βγάζει το ρομπότ από τον άνθρωπο" (Dias, 2017).



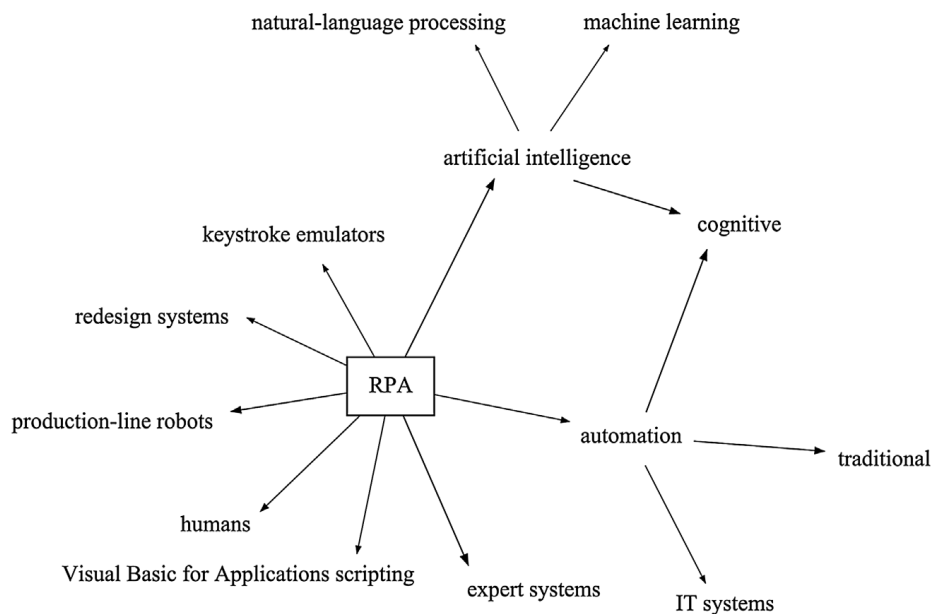
*Σχήμα 10. Οι τεχνολογίες που συνθέτουν την Ευφυή Αυτοματοποίηση Διαδικασιών (Blueprintsys, 2021)*

Η αυτοματοποίηση γίνεται είτε με τη βοήθεια ρομπότ λογισμικού είτε με τη βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης ώστε να εκτελούνται με ακρίβεια επαναλαμβανόμενες εργασίες. Οι οδηγίες των εργασιών καθορίζονται από τον προγραμματιστή με τη χρήση κάποιας μορφής καταγραφής οθόνης και τον ορισμό μεταβλητών (Ribeiro, 2021).

Η έξυπνη ροή εργασιών είναι ένα εργαλείο λογισμικού διαχείρισης διαδικασιών που ενσωματώνει εργασίες που εκτελούνται από ομάδες ανθρώπων και μηχανών. Αυτό

επιτρέπει στους χρήστες να ξεκινούν και να παρακολουθούν την κατάσταση μιας διαδικασίας/εργασίας σε πραγματικό χρόνο. Το λογισμικό θα διαχειρίζεται τις μεταβιβάσεις μεταξύ διαφορετικών ομάδων, συμπεριλαμβανομένων των ρομπότ και των ανθρώπινων χρηστών και θα παρέχει στατιστικά δεδομένα σχετικά με τα σημεία συμφοράς (Dias, 2017).

Η μηχανική μάθηση χρησιμοποιείται για να "διδάξει" στις μηχανές πώς να χειρίζονται τα δεδομένα πιο αποτελεσματικά, προσομοιάζοντας την έννοια της μάθησης των λογικών όντων και μπορεί να υλοποιηθεί με αλγορίθμους (ή τεχνικές) τεχνητής νοημοσύνης, που αντικατοπτρίζουν τα παραδείγματα/προσεγγίσεις των λογικών χαρακτηριστικών, όπως η συνδεσμολογία, η στατιστική και οι πιθανότητες, με βάση περιπτώσεις κ.λπ. Με τους αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης και με βάση την προσέγγιση μηχανικής μάθησης, είναι δυνατή η εξερεύνηση και η εξαγωγή πληροφοριών για την ταξινόμηση, τη συσχέτιση, τη βελτιστοποίηση, την ομαδοποίηση, την πρόβλεψη, τον εντοπισμό προτύπων κ.λπ. (Ribeiro, 2021).



Σχήμα 11. Εννοιολογικό γράφημα με επίκεντρο την RPA (Syed, 2019)

### 3.4 Ο ρόλος της μηχανικής μάθησης στην προβλεπτική συντήρηση

Οι βιομηχανίες απαιτούν ο κρίσιμος εξοπλισμός να λειτουργεί με μέγιστη απόδοση και αποτελεσματικότητα για να αξιοποιήσουν την απόδοση των κεφαλαιουχικών τους επενδύσεων. Οι περισσότερες επιχειρήσεις βασίζονται εξ ορισμού στη διορθωτική συντήρηση, όπου τα εξαρτήματα αντικαθίστανται όταν και εφόσον παρουσιάζουν βλάβη. Η διορθωτική συντήρηση διασφαλίζει ότι τα εξαρτήματα χρησιμοποιούνται πλήρως (επομένως δεν μειώνεται η διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων), αλλά κοστίζει στην επιχείρηση σε χρόνο διακοπής λειτουργίας, εργασία και απαιτήσεις μη προγραμματισμένης συντήρησης (εκτός ωραρίου ή σε άβολες τοποθεσίες).

Σε επόμενο επίπεδο, οι επιχειρήσεις εφαρμόζουν προληπτική συντήρηση, όπου καθορίζουν τη διάρκεια ζωής ενός εξαρτήματος και το συντηρούν ή το αντικαθιστούν πριν από την αποτυχία. Η προληπτική συντήρηση αποφεύγει τις απρογραμμάτιστες και καταστροφικές βλάβες. Όμως, το υψηλό κόστος του προγραμματισμένου χρόνου διακοπής λειτουργίας, της υποαπασχόλησης του εξαρτήματος κατά τη διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του και της εργασίας εξακολουθούν να παραμένουν.

Στόχος της προβλεπτικής συντήρησης είναι η βελτιστοποίηση της ισορροπίας μεταξύ της διορθωτικής και της προληπτικής συντήρησης, επιτρέποντας την έγκαιρη αντικατάσταση των εξαρτημάτων. Η προσέγγιση αυτή αντικαθιστά τα εξαρτήματα αυτά μόνο όταν βρίσκονται κοντά σε βλάβη. Με την παράταση της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων (σε σύγκριση με την προληπτική συντήρηση) και τη μείωση της μη προγραμματισμένης συντήρησης και του κόστους εργασίας (σε σχέση με τη διορθωτική συντήρηση), οι επιχειρήσεις μπορούν να κερδίσουν λόγω της μείωσης του κόστους και των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων (Microsoft, 2021).

Καθώς η Βιομηχανία 4.0 εξελίσσεται συνεχώς, πολλές εταιρείες προσπαθούν να κατανοήσουν και να ενσωματώσουν εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης στην καθημερινότητά τους. Τα οφέλη της προβλεπτικής συντήρησης, όπως η βοήθεια στον προσδιορισμό της κατάστασης του εξοπλισμού και η πρόβλεψη του πότε πρέπει να γίνει συντήρηση, είναι στρατηγικής σημασίας. Η εφαρμογή λύσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους, υψηλότερη προβλεψιμότητα και αυξημένη διαθεσιμότητα των συστημάτων.

### 3.4.1 Μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας

Η προγνωστική συντήρηση δεν απαιτεί τίποτα περισσότερο από έναν άτυπο μαθηματικό υπολογισμό σχετικά με το πότε το μηχάνημα βρίσκεται σε κατάσταση που χρειάζεται επισκευή ή ακόμη και αντικατάσταση, ώστε η συντήρηση να μπορεί να εκτελεστεί ακριβώς όταν και όπως είναι πιο αποτελεσματικό. Ωστόσο, η μηχανική μάθηση εξαλείφει το μεγαλύτερο μέρος της εικασίας και βοηθά τους διαχειριστές εγκαταστάσεων να επικεντρωθούν σε άλλα καθήκοντα. Η μηχανική μάθηση δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας μοντέλων πρόβλεψης για τη μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής των περιουσιακών στοιχείων, της λειτουργικής αποδοτικότητας και του χρόνου διαθεσιμότητας. Βελτιστοποιεί τις εργασίες περιοδικής συντήρησης με αποφυγή ή ελαχιστοποίηση των διακοπών λειτουργίας λόγω της αξιοποίησης μεγάλου όγκου δεδομένων του παρελθόντος αποφεύγοντας έτσι δυσαρεστημένους πελάτες αλλά και παράλληλα εξοικονομώντας χρήματα και αποφεύγοντας επικίνδυνες εργασίες και καταστάσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ατύχημα. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης τροφοδοτούνται με δεδομένα από την παραγωγή (αισθητήρες, PLC, SCADA) και με πληροφορίες για τη διαδικασία παραγωγής που περιγράφουν τον συγχρονισμό μεταξύ των μηχανών και τον ρυθμό ροής της παραγωγής. Στη βιομηχανική τεχνητή νοημοσύνη, η διαδικασία που είναι γνωστή ως "εκπαίδευση", επιτρέπει στους αλγορίθμους ML να εντοπίζουν ανωμαλίες και να δοκιμάζουν συσχετίσεις, αναζητώντας παράλληλα μοτίβα στις διάφορες τροφοδοσίες δεδομένων. Στις εφαρμογές μηχανικής μάθησης, χρειαζόμαστε αρκετά ιστορικά δεδομένα για να κατανοήσουμε τις προηγούμενες αποτυχίες. Επιπλέον, τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες, όπως οι μηχανικές ιδιότητες, η μέση χρήση και οι συνθήκες λειτουργίας. Ωστόσο, όταν έχω πολλά δεδομένα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι και τα καλύτερα (Gonfalonieri, 2019).

Με την προβλεπτική συντήρηση, εστιάζουμε σε συμβάντα αποτυχίας. Επομένως, είναι λογικό να ξεκινήσουμε με τη συλλογή ιστορικών δεδομένων σχετικά με τις επιδόσεις των μηχανημάτων και τα αρχεία συντήρησης για να σχηματίσουμε προβλέψεις σχετικά με μελλοντικές βλάβες. Τα δεδομένα ιστορικού χρήσης είναι ένας σημαντικός δείκτης της κατάστασης του εξοπλισμού. Θέλουμε επίσης πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό συντήρησης και σέρβις. Δεδομένου ότι η λειτουργική διάρκεια ζωής των μηχανημάτων παραγωγής είναι συνήθως αρκετά

χρόνια, τα ιστορικά δεδομένα πρέπει να φτάνουν αρκετά πίσω ώστε να αντικατοπτρίζουν σωστά τις διαδικασίες φθοράς των μηχανημάτων. Επιπλέον, άλλες στατικές πληροφορίες σχετικά με το μηχάνημα/σύστημα είναι επίσης χρήσιμες, όπως δεδομένα σχετικά με τα χαρακτηριστικά ενός μηχανήματος, τις μηχανικές του ιδιότητες, την τυπική συμπεριφορά χρήσης και τις περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας.

Η ποιότητα των δεδομένων που τροφοδοτούν το μοντέλο μηχανικής μάθησης είναι απαραίτητη καθώς διαφορετικά οι προβλέψεις που θα προκύψουν θα είναι άχρηστες. Η προεπεξεργασία δεδομένων είναι απαραίτητη για τον καθαρισμό και τη μετατροπή τους σε μορφή η οποία είναι επεξεργάσιμη για την εξαγωγή δεικτών κατάστασης όπου πρόκειται για μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία. Οι εταιρείες χρησιμοποιούν αισθητήρες παρακολούθησης της κατάστασης του κρίσιμου εξοπλισμού συλλέγοντας πρόσθετα δεδομένα για τα μοντέλα πρόβλεψης, καθώς και στην παροχή συνεχώς επικαιροποιημένων πληροφοριών σχετικά με το κατά πόσον έχουν επιτευχθεί τα όρια βλάβης. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο και βοηθά στην αυτόματη ειδοποίηση της ομάδας συντήρησης για εργασίες που πρέπει να γίνουν. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να προσθέσει ισχύ στα δεδομένα προληπτικής συντήρησης με δύο τρόπους: Προσθέτοντας πολλαπλούς τύπους δεδομένων στα μοντέλα: εικόνες, ήχο ή βίντεο, πάνω από τα υπάρχοντα δεδομένα αισθητήρων, για ένα ενισχυμένο σύνολο δεδομένων που τροφοδοτεί ένα ολοκληρωμένο μοντέλο πρόβλεψης. Για παράδειγμα, τα δεδομένα ήχου, ειδικότερα, είναι μια ισχυρή πηγή δεδομένων για τα μοντέλα προγνωστικής συντήρησης. Οι αισθητήρες μπορούν να λαμβάνουν ήχο και κραδασμούς και να χρησιμοποιούνται στα μοντέλα μηχανικής μάθησης. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν και ένδειξη χρόνου, σε ένα σύνολο ενδείξεων αισθητήρων που συλλέγονται ταυτόχρονα. Μέσω των αισθητήρων, ο στόχος είναι η πρόβλεψη της χρονικής στιγμής "t", χρησιμοποιώντας τα δεδομένα μέχρι εκείνη τη στιγμή, όπου ο εξοπλισμός θα αποτύχει σύντομα (Churina, 2020).

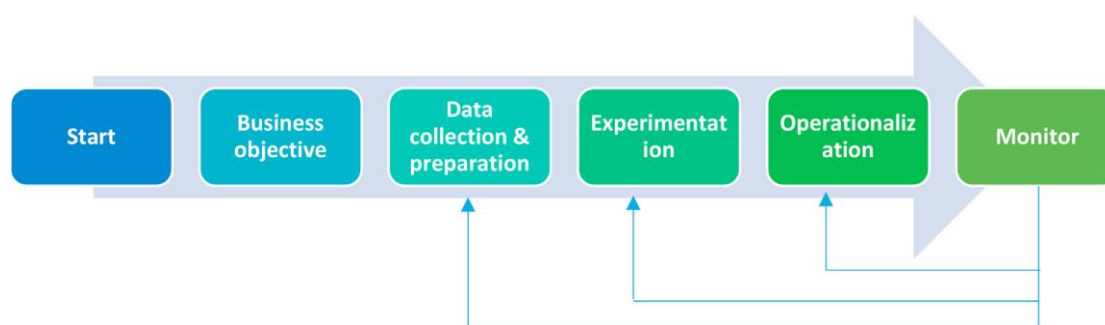
Η προβλεπτική συντήρηση αποφεύγει τη μεγιστοποίηση της χρήσης των πόρων της. Με τη βοήθεια των μοντέλων μηχανικής μάθησης γίνεται εφικτός ο έγκαιρος εντοπισμός ανωμαλιών και των πρότυπων βλάβης με αποτέλεσμα την μείωση των διακοπών λειτουργίας του εργοστασίου και την μεγιστοποίηση των κερδών. Η

λειτουργική αριστεία επιβάλει το μέγιστο χρόνο λειτουργίας και τα μοντέλα μηχανικής μάθησης συμβάλουν καίρια σε αυτό.

### 3.4.2 Ελαχιστοποίηση απώλειας παραγωγής

Τα διυλιστήρια για να επιτύχουν κορυφαία απόδοση παραγωγής επωφελούνται σε μεγάλο βαθμό από το χαμηλό λειτουργικό κόστος, την αύξηση της παραγωγής των προϊόντων και την μέγιστη αξιοποίηση των περιουσιακών στοιχείων. Ένα πρώτο βήμα προς την επίτευξη ενός υψηλότερου επιπέδου απόδοσης περιλαμβάνει την απόκτηση γνώσης της κατάστασης των περιουσιακών στοιχείων του διυλιστηρίου, ώστε οι χειριστές λειτουργίας να μπορούν να λαμβάνουν σωστά δεδομένα και σχετικά με την απόδοση, για να λάβουν διορθωτικά μέτρα πριν η βλάβη του εξοπλισμού οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας ή επιβράδυνση (Emerson, 2019).

Μετά και από την προετοιμασία του συνόλου δεδομένων εκπαίδευσης, παρέχεται ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης το οποίο περιλαμβάνει μάθηση με επίβλεψη και αναλύει τα σύνολα ζευγών εκπαίδευσης και συμπεραίνει μια λειτουργία. Έπειτα επιλέγεται ένας αλγόριθμος ανάδρασης για την ανάπτυξη του αναλυτικού μοντέλου επειδή ο αλγόριθμος έχει τη δύναμη να υπολογίζει την πολύπλοκη σχέση λόγω των πολλών συνόλων εισόδου (Ustundag, 2018).



Σχήμα 12. Ροή εργασιών του σύγχρονου αγωγού μηχανικής μάθησης (Sircar, 2021)

Η μηχανική μάθηση έχει τη δυνατότητα να αλλάξει αναμφισβήτητα τις πολυάριθμες κρίσιμες ενέργειες που γίνονται καθημερινά από τους διαχειριστές και τους μηχανικούς στον τομέα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Τα μελλοντικά πλεονεκτήματα των πληροφοριών μπορούν να εξασφαλιστούν εάν χρησιμοποιηθούν κατάλληλες τεχνικές για την εφαρμογή διαφορετικών τύπων ή δομών δεδομένων και τη μετατροπή τους σε χρήσιμες πληροφορίες που συμβάλλουν σε ευφείς αποφάσεις.



Πολλές τέτοιες λύσεις που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη, επιβλεπόμενη μάθηση, ασαφή λογική, γραμμική παλινδρόμηση και ανάλυση βασικών συνιστωσών θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για να αντιμετωπιστούν διάφορες δυσκολίες που συναντώνται στις βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου και να βοηθήσουν στην ωρίμανση για κερδοφόρες στρατηγικές. Στα επόμενα έτη, η αύξηση της χρήσης της μηχανικής μάθησης θα επεκταθεί με ταχείς ρυθμούς, καθώς και η αξία της θα χρησιμοποιηθεί σημαντικά σε όλες τις βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου (Sircar, 2021).

### 3.5 Η παραγωγική αξία του εξοπλισμού

Μια τυπική διαδικασία διαχείρισης της αλυσίδας εφοδιασμού λαμβάνει υπόψιν την τοποθεσία των εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής (η οποία στις περισσότερες βιομηχανίες είναι ανεξάρτητη από την εγγύτητα των φυσικών πόρων και του τρόπου μεταφοράς των πρώτων υλών), ο σχεδιασμός της ζήτησης, η στρατηγική για την αγορά προμηθειών, οι αγορές και η εισερχόμενη εφοδιαστική παραγωγή, η διαχείριση, η αποθήκευση και η διανομή των προϊόντων. Τα κύρια στοιχεία της στρατηγικής της εφοδιαστικής αλυσίδας για τη βιομηχανία πετρελαίου είναι εστιασμένα. Οι εταιρείες πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών έχουν περιουσιακά στοιχεία έντασης, οπότε πολλές από τις βασικές επιχειρηματικές τους διαδικασίες έχουν να κάνουν με την προμήθεια, την εγκατάσταση, την ανάπτυξη, τη λειτουργία και την εκμετάλλευση περιουσιακών στοιχείων αλλά και με την συντήρηση αυτών (Jacoby , 2012).

Οι βελτιώσεις του περιθωρίου κέρδους και της απόδοσης των περιουσιακών στοιχείων συνήθως μετριοούνται σε επίπεδο έργου, όπου επιδιώκονται σε στοχευμένους τομείς όπως οι ακόλουθοι:

Μειωμένο αρχικό κόστος αγοράς: Το χαμηλότερο αρχικό κόστος είναι το πιο δια αισθητικό πλαίσιο εξοικονόμησης.

Μειωμένο λειτουργικό κόστος: Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένας κοινός τρόπος για τη μείωση του λειτουργικού κόστους. Μικρές μεταβολές στην λειτουργία των μονάδων μπορούν να επηρεάσουν την εξοικονόμηση, ιδίως όταν πρόκειται για

μεγάλες καταναλώσεις (π.χ. κλίβανοι, συμπιεστές, κινητήρες) καθώς και για το σύνολο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού διανομής και ελέγχου.

Αυξημένη απόδοση ή παραγωγικότητα: Βελτιώσεις που αυξάνουν την ταχύτητα μιας διαδικασίας μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερη συνολική παραγωγή. Η εξοικονόμηση πόρων για αυτούς τους τύπους βελτιώσεων μπορεί να υπολογιστεί με βάση είτε την εξοικονόμηση κόστους είτε την αύξηση του κέρδους. Η εξοικονόμηση κόστους μπορεί να εκτιμηθεί, για παράδειγμα, από τη μείωση στον αριθμό των ημερών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας διεργασίας (π.χ. το πλύσιμο ενός εναλλάκτη) ή μιας προγραμματισμένης συντήρησης εξοπλισμού (π.χ. αλλαγή καταλύτη). Εάν η αυξημένη παραγωγικότητα οδηγεί σε μείωση του χρόνου μέχρι την πρώτη παραγωγή, τότε το όφελος μπορεί να είναι η βελτίωση της κερδοφορίας.

Μικρότεροι χρόνοι παράδοσης εξοπλισμού ή υπηρεσιών: Για τα κεφαλαιουχικά στοιχεία, μπορεί κανείς να καθορίσει ότι οι χρόνοι παράδοσης παραγγελιών περιορίζουν την παραγωγή που διαφορετικά θα γινόταν. Η μείωση του χρόνου παράδοσης σημαίνει λιγότερο χρόνο εκτός λειτουργίας και σαφώς μεγαλύτερη παραγωγή. Επίσης το κόστος αποθήκευσης των αποθεμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την εξοικονόμηση κόστους.

Αυξημένη αξιοπιστία ή χρόνος διαθεσιμότητας: Μεγαλύτερος μέσος χρόνος μεταξύ αστοχίας σημαίνει την ίδια ποσότητα παραγωγής με λιγότερο εξοπλισμό, εξοικονομώντας χρήματα με την αποφυγή της ανάγκης αγοράς εξοπλισμού. Τα οφέλη μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με πόσο λιγότερος εξοπλισμός απαιτείται (Jacoby, 2012).

Η κύρια δραστηριότητα της παραγωγής επικεντρώνεται στη μείωση του χρόνου κύκλου και στις προσπάθειες εξάλειψης των αποβλήτων. Μέθοδοι βελτίωσης της παραγωγής (lean manufacturing, keizen, JIT) μαζί με τη μείωση των αποβλήτων στο χώρο παραγωγής αποτελούν ευκαιρίες για σημαντικές μειώσεις του κόστους εργασίας και των υλικών. Για τη μείωση του χρόνου κύκλου, η παραγωγή χρησιμοποιεί τις ίδιες μεθοδολογίες που εφαρμόζει η αλυσίδα εφοδιασμού και η μηχανική στην μείωση του κόστους των υλικών και των πρώτων υλών. Ως πρώτο βήμα η ομάδα παραγωγής παραθέτει κάθε τι παραγωγικό και τα ταξινομεί σε σειρά Pareto. Η

εστίαση θα ξεκινήσει από τα βήματα παραγωγής εντάσεως εργασίας, τα οποία τελικά είναι οι κορυφαίες ευκαιρίες για μείωση του χρόνου κύκλου. Αυτές συνδέονται με έργα μείωσης του χρόνου κύκλου και επανεξετάζονται περιοδικά. Σημαντική μείωση μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας δομημένης και κοινής εργασίας του τμήματος της συντήρησης, των προμηθειών και του προγραμματισμού. Μια εκστρατεία μείωσης του χρόνου κύκλου συνιστάται προκειμένου να παρακινηθούν και να δημιουργηθούν καινοτόμες ιδέες. Οι καθημερινές συναντήσεις για την παρακολούθηση του έργου, η επίδειξη και ο αντικατοπτρισμός των βελτιώσεων είναι σημαντικές για τους συμμετέχοντες στην αποστολή μείωσης του κύκλου ζωής (Issar, 2016).

### **3.5.1 Διαχείριση των υλικών – εξοπλισμού**

Η επίτευξη εξαιρετικών αποδόσεων στο σημερινό επιχειρησιακό περιβάλλον είναι δυνατή μόνο με περιουσιακά στοιχεία που είναι διαθέσιμα με αξιόπιστο και προβλέψιμο τρόπο. Η βαθιά κατανόηση της αξιοπιστίας και των προτύπων υποβάθμισης λειτουργίας είναι επομένως μια πηγή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Για παράδειγμα, η αξιοπιστία των φυγοκεντρικών αντλιών μπορεί να επηρεαστεί σοβαρά από τη λειτουργία σε μειωμένες ταχύτητες. Σε ορισμένες αντλίες, η λειτουργία στο 40-50% του σχεδιασμού της είναι επαρκής για να μειωθεί η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού και να αυξηθεί το ενεργειακό κόστος. Ομοίως, σε χαμηλότερες συνθήκες ροής, οι συμπιεστές είναι πιθανό να παρουσιάσουν προβλήματα (surge) με αποτέλεσμα αυξημένη χρήση ενέργειας αλλά και απώλειες, κακή σταθερότητα της μονάδας διεργασίας, προβλήματα ελέγχου, στεγανοποίηση ή βλάβη στην φερωτή ακόμα και αστοχία του μηχανήματος. Συμβιβασμοί όσον αφορά την αξιοπιστία του εξοπλισμού υπάρχουν γύρω από την επιδίωξη της βέλτιστης ροής, διαχωρισμού, κατανάλωσης ενέργειας και των σχετικών παραγόντων διάβρωσης (Kbc, 2020a).

#### **3.5.1.1 Μέθοδος Λιτής Παραγωγής (Lean manufacturing)**

Η λιτή παραγωγή μπορεί να οριστεί καλύτερα ως η απομάκρυνση των αποβλήτων σε ένα σύστημα παραγωγής που μπορεί να σχετίζονται με την ανθρώπινη προσπάθεια και τον χρόνο απογραφής σε διάφορα στάδια της παραγωγής. Η λιτή παραγωγή είναι ένα αποτελεσματικό και δημοφιλές εργαλείο στους τομείς της παραγωγής και των υπηρεσιών για την αντιμετώπιση των μη πολύτιμων δραστηριοτήτων και των αποβλήτων (Nandakumar, 2020). Κάθε είδους σπατάλη, με την πραγματική έννοια η

δραστηριότητα που δεν προσθέτει καμία αξία στο τελικό προϊόν, πρέπει να μειωθεί ή να εξαλειφθεί για να μειωθεί το κόστος παραγωγής. Η λιτή παραγωγή δεν είναι ένα τέχνασμα αλλά είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τον εντοπισμό των μη πολύτιμων πραγμάτων σε οποιοδήποτε στάδιο της επεξεργασίας και προσπαθεί για την αύξηση της παραγωγικότητας και του κέρδους. Επιταχύνει την εταιρεία, την καθιστά πιο άγρυπνη και δυναμική για να ανταποκριθεί στις μελλοντικές προσδοκίες και ενθαρρύνει μια κουλτούρα συνεχούς βελτίωσης των δραστηριοτήτων σε διάφορα τμήματα και μεταξύ όλων των εργαζομένων. Η επιτυχία της λιτής παραγωγής εξαρτάται από τη γνησιότητα των δεδομένων που συλλέγονται, τη συνολική ενσωμάτωση των διαφόρων τμημάτων παραγωγής και την ανάπτυξη των συγχρονισμένων στοιχείων με τη σωστή σειρά. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην εφαρμογή του είναι η νοοτροπία του εργοδότη και των εργαζομένων. Ο εργοδότης στο επίπεδό του έχει την ανησυχία της αποτυχίας και του κόστους που συνδέεται με αυτήν. Οι εργαζόμενοι είναι πολύ άκαμπτοι στο να δεχτούν τις αλλαγές και απρόθυμοι να αλλάξουν τη συνήθεια εργασίας τους. Το αποτέλεσμά της παρατηρείται αν ακολουθείται συστηματικά και με μια θετική στάση (Palange, 2021).

Υπάρχει ένας αριθμός εργαλείων που πρέπει να εφαρμοστούν για την επίτευξη του στόχου:

- Εφαρμογές Kaizen για τη βελτίωση των διαδικασιών, όπως η παραγωγή, η εφοδιαστική αλυσίδα και η αποθήκευση, κ.λπ. (Masaaki, 2012).
- Η εστίαση στην τάξη και την καθαριότητα στους χώρους παραγωγής, τα εργαστήρια και τις αποθήκες (Masaaki, 2012).
- Όλες οι εργασίες να γίνονται σωστά την πρώτη φορά.
- Κατάλληλη λύση των προβλημάτων και επικοινωνία με τους συναδέλφους για την επίλυση τους και τις βελτιώσεις.

Όλες αυτές οι καινοτόμες διαδικασίες για την επίτευξη αλλαγής στη συμπεριφορά θα οδηγήσουν στη βελτίωση των επιδόσεων τόσο στην ποιότητα όσο και συνολικά στην λειτουργία της επιχείρησης. Αλλά όλες αυτές οι αλλαγές δεν θα διαρκέσουν για πολύ, χωρίς μια θεμελιώδη αλλαγή του τρόπου σκέψης μας προς την επιστημονική σκέψη λιτής διαχείρισης. Η επιχείρηση συνεχώς εξελίσσεται και χρησιμοποιείται ως μια ευκαιρία μάθησης.

Υπάρχουν πέντε βασικές αρχές για την εφαρμογή της μεθοδολογίας (Flinchbaugh, 2005) στις επιχειρήσεις:

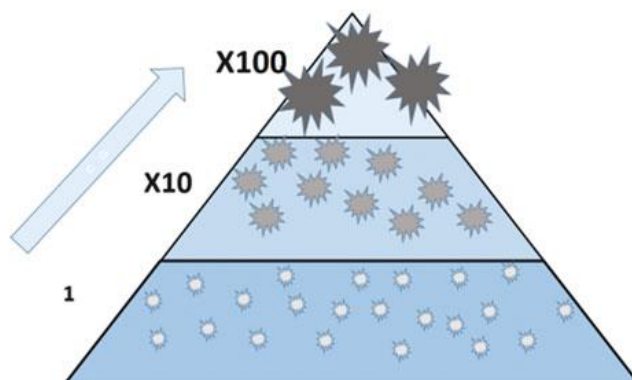
Άμεση παρατήρηση: Η παρατήρηση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον τόπο στον οποίο οι δραστηριότητες εκτελούνται, χωρίς την παρουσία φίλτρων. Αυτή η πρακτική είναι το κλειδί για την κατανόηση της τρέχουσας πραγματικότητας και τον καθορισμό των σωστών βημάτων για μάθηση και βελτίωση.

Συστηματική εξάλειψη αποβλήτων: Η βασική πρακτική για τη συστηματική εξάλειψη των αποβλήτων είναι η αμφισβήτηση των τρεχουσών παραδοχών, αποκτώντας έτσι μια νέα άποψη για τα δεδομένα. Αυτός ο τρόπος παρατήρησης μας επιτρέπει να εντοπίζουμε τη σπατάλη εν κινήσει, και με το χρόνο να μην ανεχόμαστε τη σπατάλη υλικού, χρόνου ή δραστηριότητας. Με τη συστηματική μείωση της σπατάλης, βήμα προς βήμα προσεγγίζουμε ένα πιο LEAN εργασιακό περιβάλλον.

Υψηλό επίπεδο συμφωνίας: Αυτή η βασική αρχή αντιμετωπίζει σημαντικές παγίδες στην εφαρμογή του με κύρια την διαδικασία επηρεασμού της συμπεριφοράς των ανθρώπων για την επίτευξη συμφωνίας σχετικά με το τι πρέπει να βελτιωθεί και πώς να βελτιωθεί. Περιέχει επίσης μια δεύτερη η οποία είναι πιο τεχνική και σχετίζεται με όλες τις τεχνικές και τα εργαλεία που επιτρέπουν το εργατικό δυναμικό να εκτελεί την εργασία και πώς πρέπει να γίνεται (π.χ. οδηγίες εργασίας, λίστες ελέγχου, διαγράμματα κ.λπ.)

Συστηματική επίλυση προβλημάτων: Η σημασία της συστηματικής επίλυσης προβλημάτων έγκειται στον στόχο της να φτάσει στην πραγματική αιτία ενός προβληματικού γεγονότος και να εξαλείψει την επανάληψή του. Επιπλέον, το μήνυμα πέρα από την απαίτηση για την εισαγωγή της συστηματικής επίλυσης προβλημάτων είναι ότι κάθε εργαζόμενος μπορεί και πρέπει να ασκεί την εν λόγω επίλυση προβλημάτων σε κάθε επίπεδο των δραστηριοτήτων του. Οι άνθρωποι είναι γενικά επιφυλακτικοί ως προς την εφαρμογή αυτού του κανόνα και της δικής τους ικανότητας επίλυσης των προβλημάτων. Τα προβλήματα που παραμένουν άλυτα γίνονται όλο και πιο περίπλοκα με την πάροδο του χρόνου και η επίλυσή τους μπορεί να γίνει πιο δύσκολη. Η χρήση των τεσσάρων αρχών της παρατήρησης, της εξάλειψης της σπατάλης, των βελτιώσεων και της επίλυσης προβλημάτων με την

πάροδο του χρόνου εξαλείφει τα προβλήματα και αποτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξη τους σε μεγαλύτερα προβλήματα.

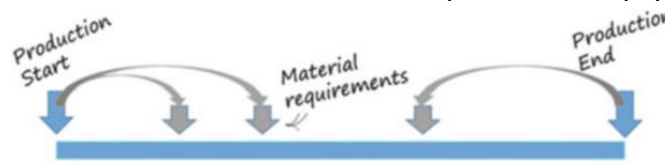


Σχήμα 13. Η πολυπλοκότητα ενός προβλήματος αυξάνεται εάν δεν επιλυθεί στο χαμηλότερο επίπεδο λειτουργιών (Issar, 2016)

Δημιουργία ενός οργανισμού μάθησης: Η μάθηση είναι ο τρόπος για να την δημιουργία αλλαγής με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας και της απόδοσης. Η Kaizen, ως φιλοσοφία της "αλλαγής για καλό", βασίζεται στα άτομα και τον οργανισμό οι οποίοι μαθαίνουν τόσο από τις επιτυχίες όσο και από τις αποτυχίες τους. Η σωστή εφαρμογή της σκέψης LEAN γυρίζει συνεχώς τον τροχό της βελτίωσης μέσω μιας συνεχούς διαδικασίας μάθησης σε όλα τα επίπεδα. Εν τέλει, οι "μαθητές" θα γίνουν δάσκαλοι, οι οποίοι στη συνέχεια θα γίνουν ηγέτες. Καθώς η μεθοδολογία συνδέει όλους τους εργαζόμενους στον οργανισμό, η επιτυχής προώθηση της πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους εργαζόμενους ως μέρος της αλλαγής. Κάθε εργαζόμενος που διδάσκει ή προπονεί έναν συνάδελφό του αναπτύσσει ταυτόχρονα τη δική του άνοδο στην επιχείρηση. Οι ηγέτες πρέπει να είναι δάσκαλοι και μαθητές. Είναι ένα κρίσιμο μέρος της νοοτροπίας της συνεχούς βελτίωσης (Issar, 2016).

### 3.5.1.2 Μέθοδος Just In Time

Η διαχείριση υλικού JIT συγχρονίζει το χρόνο άφιξης του υλικού και των εξαρτημάτων με την ακριβή ημερομηνία και ώρα κατά την οποία χρειάζονται για την παραγωγή (Issar, 2016).



Σχήμα 14. Διάγραμμα ροής των υλικών – μέθοδος Just In Time (Issar, 2016)

Στο σημερινό παγκόσμιο και ανταγωνιστικό περιβάλλον η φιλοσοφία της κατασκευής JIT βοηθά στη μείωση του προβλήματος. Πρόκειται για μια φιλοσοφία διοίκησης που περιλαμβάνει τη διάθεση των σωστών ειδών της σωστής ποιότητας και ποσότητας στο σωστό μέρος και τη σωστή στιγμή. Η ορθή χρήση της μεθοδολογίας οδηγεί σε αύξηση της ποιότητας, της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας, σε βελτίωση της επικοινωνίας και σε μείωση του κόστους και των αποβλήτων. Είναι πολύ χρήσιμη για την αύξηση της παραγωγικότητας των επιχειρήσεων, τη μείωση του χρόνου παράδοσης, τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος, τη βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών και την αύξηση της αποδοτικότητας της επιχείρησης. Μια επιτυχημένη εφαρμογή μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη για τη λειτουργία ολόκληρης της επιχείρησης. Όταν εφαρμόζεται με επιτυχία είναι εφικτή η μείωση των επιπέδων των αποθεμάτων, η βελτίωση της ποιότητας, η μείωση των ποσοστών απόρριψης και επανεπεξεργασίας, η μείωση των χρόνων κατασκευής, η βελτίωση του επίπεδου εξυπηρέτησης πελατών, η βελτίωση του ηθικού των εργαζομένων (Chaudhari, 2015).

### 3.5.1.3 Μέθοδος Start, Stop & Continue

Κάθε στοιχείο κόστους σε όλη την πορεία της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να ελέγχεται για την τιμολόγηση του. Υπάρχει σημαντικό περιθώριο για κέρδος μέσω της αλλαγής των διαδρομών της εφοδιαστικής, της συγκέντρωσης των αποθηκών και την ελαχιστοποίηση του όγκου αποθήκευσης. Όλες αυτές οι δραστηριότητες θα μειώσουν σημαντικά το τελικό κόστος. Μια πρώτη ενέργεια για την ανανέωση και τον επαναπροσδιορισμό των επιχειρησιακών δομών όταν απαιτείται μείωση του γενικού κόστους παραγωγής, είναι η μέθοδος Start, Stop & Continue. Μια κοινή ομαδική σκέψη όπου καθορίζεται ποιες δραστηριότητες είναι κρίσιμες για να συνεχιστούν, τι δραστηριότητες δεν είναι πλέον σημαντικές και μπορούν να σταματήσουν και ποιες δραστηριότητες λείπουν και πρέπει να ξεκινήσουν (Issar 2016).

### 3.5.1.4 Η Θεωρία των Περιορισμών (The Theory of constraints)

Η φιλοσοφία της θεωρίας των περιορισμών (TOC) μπορεί να εφαρμοστεί σε καταστάσεις που εξετάζονται για βελτίωση της διαχείρισης και της ταχύτητας της παραγωγής. Η χρήση της θεωρίας σε όλα τα τμήματα της επιχείρησης μπορεί να αποκαλύψει σημεία συμφόρησης και να μειώνει συνεχώς τις επιπτώσεις τους στην παραγωγή. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια συνολική αύξηση της παραγωγικής ικανότητας σε όλα τα διαφορετικά τμήματα της επιχείρησης.

Οι βασικές αρχές της συνοψίζονται στον προσδιορισμό του περιορισμού και την εκμετάλλευσή του, στην προετοιμασία της παραγωγής για ένα διάστημα πριν από τον περιορισμό και στην μετάβαση του στη ροή της παραγωγής. Προκειμένου να αποτραπούν οι διακοπές της παραγωγής, η διαχείριση των περιορισμών είναι απαραίτητη σε όλα τα τμήματα της επιχείρησης.

Στην βιομηχανία πετρελαίου και πετροχημικών είναι συχνή η αντικατάσταση εξοπλισμού λόγω βλάβης ή για λόγους αναβάθμισης της μονάδας. Κατά την εισαγωγή ενός νέου εξοπλισμού, η παραγωγή και οι τεχνικές γνώσεις εξακολουθούν να είναι ανώριμες καθώς δεν έχει ακόμη εκτεθεί στον ευρύ πληθυσμό της επιχείρησης. Κατά τη διάρκεια αυτού του ευαίσθητου σταδίου του κύκλου ζωής του προϊόντος/εξοπλισμού, οι τεχνικές γνώσεις μπορεί να αποτελέσουν τον περιορισμό της παραγωγής. Εκμετάλλευσή του περιορισμού που προκαλείται από το κενό γνώσης του νέου προϊόντος, επιτυγχάνεται με την κατανομή όλων των πόρων κατάρτισης του προσωπικού από το τμήμα και τους μηχανικούς προκειμένου να κλείσει αυτό το κενό γνώσεων. Μέσω εντατικής προσπάθειας και της εκπαίδευσης, η εκμάθηση της νέων γνώσεων, οδηγιών και εκπαίδευσης θα καλύψει το κενό γνώσης και θα πάψει να αποτελεί περιορισμό για την γραμμή παραγωγής (Issar, 2016).

Σύμφωνα με τις αρχές της Θεωρίας των Περιορισμών (Goldratt, 1992), η διαχείριση νέου εξοπλισμού και η ενσωμάτωση νέων δραστηριοτήτων όπως η αναβάθμιση διεργασιών και η εισαγωγή νέου προϊόντος, αποτρέπει την ενεργοποίηση λειτουργικών περιορισμών.



### 3.5.1.5 Βασικοί Δείκτες Απόδοσης (KPI's)

Οι βασικοί δείκτες απόδοσης (KPI's) χρησιμοποιούνται σε εταιρικό επίπεδο, για να απεικονίσουν ποιο είναι το εταιρικό επίπεδο ασφάλειας, να προσδιορίσουν ποιες είναι οι κρίσιμες καταστάσεις και πάνω απ' όλα να αποφασίσουν τι πρέπει να βελτιωθεί, δηλαδή πού να επικεντρωθούν οι πόροι. Δεν βασίζονται σε παραμέτρους που σχετίζονται με τον άνθρωπο και την οργάνωση και αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές ικανότητες του συστήματος ώστε να ανταποκρίνεται σε κρίσιμες καταστάσεις.

Ένας δείκτης KPI διακρίνεται από τα ακόλουθα στοιχεία. Πρέπει να συνδέεται με ένα επιχειρησιακό σύστημα ή μια διαδικασία, να ανήκει στο άτομο που έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη βελτίωση του δείκτη και στην επίτευξη των συμφωνηθέντων στόχων, να είναι μια εύκολα μετρήσιμη τιμή. Οι τιμές των KPI να έχουν μια βραχυπρόθεσμη και μια μακροπρόθεσμη τιμή και μια πραγματική αξία με απόκλιση (προγραμματισμένη/πραγματική). Οι δείκτες πρέπει να έχουν άμεση σχέση με τη δήλωση επιχειρηματικής κατεύθυνσης και κάθε μια θετική αλλαγή σε έναν KPI να προσθέτει σημαντική αξία στο επιχειρησιακό σύστημα ή τη διαδικασία (Hey, 2017).

Οι δείκτες (KPI's) μπορεί να είναι διακριτές μετρήσεις, όπως τα μετρούμενα ελαττώματα ή τα αποτελέσματα ποιότητας, αλλά συχνά σχετίζονται με την απόδοση της επιχειρηματικής διαδικασίας, όπως ο χρόνος διάθεσης στην αγορά για ένα νέο προϊόν ή ο χρόνος μέχρι την πρώτη παρτίδα για τον έλεγχο. Οι KPI μπορούν να βασίζονται σε χειροκίνητες διαδικασίες ή να υποστηρίζονται από το τμήμα προγραμματισμού. Πολλές εταιρείες χρησιμοποιούν πολυεπίπεδα KPI's, τα οποία αποτελούνται από συστήματα παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, επιχειρησιακά συστήματα συναλλαγών και συστήματα που έχουν πρόσβαση σε ιστορικά δεδομένα. Μια μέτρηση KPI στην παραγωγή μπορεί να προκαλέσει μια φυσική ενέργεια, όπως η εκκίνηση μιας αντλίας, ή μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό μιας αιτίας και στην αλλαγή μιας επιχειρησιακής διαδικασίας επομένως, η ακριβής ανάλυση και χαρτογράφηση είναι ζωτικής σημασίας. Για να αξιοποιηθεί πλήρως η αξία των KPI ως εργαλείο για την προώθηση και τη διατήρηση της αλλαγής, πρέπει να καθοριστεί από την κορυφή προς τα κάτω. Η αλλαγή και η διαχείριση των επιδόσεων που αξιοποιούνται από τις πρωτοβουλίες των KPI εξαρτάται από τους δεσμούς μεταξύ των KPI, των προσωπικών στόχων, των επαγγελματιών της επιχείρησης και των διαδικασιών διαχείρισης των επιδόσεων (Greeff, 2004).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ακρίβεια των δεικτών απόδοσης που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση απόδοσης του εξοπλισμού ή της διαδικασίας. Στην περίπτωση αυτή η κατάσταση είναι συχνά πιο περίπλοκη, καθώς ακόμη και ένα μόνο κομμάτι εξοπλισμού μπορεί να περιέχει πολυάριθμες παραμέτρους λειτουργίας. Ένα από τα πιο σημαντικά καθήκοντα που οι ομάδες μηχανικών απαιτείται να εκτελέσουν κατά το στάδιο της ανάπτυξης της διαδικασίας είναι ο προσδιορισμός των KPI και της ευαισθησίας της διεργασίας στις αποκλίσεις. Η μη ακριβής διάκριση μεταξύ ποιοτικών και μη ποιοτικών επιδόσεων των μηχανών παραγωγής ή διεργασιών οδηγεί σε σπάταλη χρονο και πόρων για τους μηχανικούς για την αντιμετώπιση προβλημάτων που είτε εντοπίζονται λόγω λάθους είτε λόγω μη ανακριβών μετρήσεων. Ο χρόνος κύκλου παραγωγής μπορεί να αμφισβητηθεί από την ομάδα παραγωγής, και οι αποκλίσεις στην απόδοση του προϊόντος από τον σχεδιαστή. Σε αυτά τα παραδείγματα, μια αντικειμενική μέτρηση όπως η έρευνα πολλαπλών παρατηρήσεων ή η ανάλυση από τρίτους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό αποδεκτών στόχων KPI. Κατά τον υπολογισμό του αποθέματος χρειάζεται ακρίβεια στην καταμέτρηση των στοιχείων πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παραγωγή, καθένα από τα οποία είναι και ένας χρηματοοικονομικός δείκτης (Issar, 2016).

Για να είναι επιτυχείς οι KPI's πρέπει επίσης να υπάρχει ένα σύστημα παρακολούθησης, επικοινωνίας, και βελτίωσης των επιδόσεων. Εάν τα δεδομένα συλλέγονται αλλά δεν κοινοποιούνται στο κατάλληλο κοινό, οι προσπάθειες δεν θα είναι επιτυχείς. Για τη βελτίωση της απόδοσης της λειτουργίας, οι μετρούμενοι δείκτες, πρέπει να είναι κρίσιμοι, ακριβείς και σημαντικοί. Για την επίτευξη υψηλών στόχων, όπως η απόδοση 99%, επιδιώκουμε συνεχώς σταδιακή βελτίωση των δεικτών ενθαρρύνοντας τις καινοτομίες της ομάδας, και ανταμείβοντας το προσωπικό σε όλες τις βαθμίδες για την αφοσίωση του στους στόχους (Nolan, 2015).

### **3.6 Ψηφιακά δίδυμα (Digital Twins)**

Η σύζευξη των μοντέλων αξιοπιστίας περιουσιακών στοιχείων με ολοκληρωμένα μοντέλα διεργασιών περιουσιακών στοιχείων παρέχει το κλειδί για τη διατήρηση του περιουσιακού στοιχείου εντός των ασφαλών ορίων λειτουργίας βέλτιστης ακεραιότητας. Με τον τρόπο αυτό, εξισορροπούνται οι πολλαπλοί παράγοντες που

εμπλέκονται στη μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του περιουσιακού στοιχείου (Kbc, 2020a). Η ενισχυμένη αυτοματοποίηση και η τεχνολογία παρακολούθησης είναι ο τρόπος για να ανταποκριθεί η βιομηχανία πετρελαίου και πετροχημικών στην αυστηροποίηση των προδιαγραφών και παράλληλα στην διαχείριση της αύξησης της απόδοσης.

Μια νέα προσέγγιση για την αριστεία στη σημερινή αγορά η οποία διαθέτει ψηφιακές τεχνολογίες που μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις ροές εργασίας και ασύρματα όργανα που μπορούν να εξαλείψουν το κόστος της μηχανικής και της καλωδίωσης στο πεδίο είναι οι αναλύσεις που δημιουργούν πιο έξυπνες εγκαταστάσεις και η δυνατότητα δημιουργίας πλήρη ψηφιακών διδύμων τόσο της εγκατάστασης όσο και του συστήματος ελέγχου. Ένας τέτοιος αυτοματισμός θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε κοστοβόρες περιόδους επισκευής μονάδων για να κάνει το χρονοδιάγραμμα θέσης σε λειτουργία συντομότερο, πιο προβλέψιμο και να διασφαλίσει την έγκαιρη ολοκλήρωση του (Emerson, 2019).

Ένα ψηφιακό δίδυμο είναι συνήθως η περιγραφή μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος, εμπλουτισμένη με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η ίδια η περιγραφή μπορεί να κυμαίνεται από μια απλή σχηματική αναπαράσταση του συστήματος έως ένα δυναμικό μοντέλο αριθμητικής προσομοίωσης, αλλά τη στιγμή που τη συνδέουμε με δεδομένα του πραγματικού κόσμου, γίνεται ένα ψηφιακό δίδυμο (Palensky, 2021). Η τεχνολογία των ψηφιακών διδύμων κατέχει εξέχοντα ρόλο στην επίτευξη της επιχειρησιακής αριστείας με τον εξ ορθολογισμό των επιχειρηματικών διαδικασιών, τη μείωση των χρονοδιαγραμμάτων επιθεώρησης και τη δραστική μείωση των κινδύνων υγιεινής και ασφάλειας. Με ψηφιακές ροές εργασίας και τρισδιάστατα μοντέλα η βιομηχανία είναι λειτουργικά πιο λιτή και παράλληλα συσσωρεύει δεδομένα για τα περιουσιακά της στοιχεία που είναι εύκολα προσβάσιμα μέσω ενός κοινού συστήματος διαχείρισης και ελέγχου (Twi-global, 2022).

Η δρομολόγηση μιας ισχυρής ψηφιακής λύσης επιτρέπει στις επιχειρήσεις να επωφεληθούν από άμεσες μειώσεις κόστους. Η εξοικονόμηση αυτή επιτείνεται με την καθιέρωση επαναλαμβανόμενων μελλοντικών διαδικασιών, οι οποίες θα εκτελούνται και θα διαχειρίζονται από λιγότερους ανθρώπινους πόρους και σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα από την τρέχουσα κατάσταση. Όσον αφορά τη

διαχείριση των λειτουργικών δαπανών, η αρχική επένδυση για τη μετάβαση σε μια λύση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων μπορεί να αποδοθεί στις δαπάνες αναδιάρθρωσης, αφήνοντας τον οργανισμό με λιτές λειτουργικές δαπάνες.

Οι χειροκίνητες επιθεωρήσεις είναι δαπανηρές και χρονοβόρες εργασίες. Η τρέχουσα, μη ψηφιακή διαδικασία περιλαμβάνει την αποστολή προσωπικού από και προς τον χώρο, που μεταφέρει σημαντικές ποσότητες ακριβού εξοπλισμού και αποθέματος που μπορεί να χρησιμοποιούν ή να μην χρησιμοποιούν. Συχνά δε, πρόκειται και για εργασίες σε ύψος όπου η έκθεση στον κίνδυνο είναι σημαντική συνυπολογίζοντας και το συχνά μη μετρήσιμο κόστος που συνδέεται με τους τραυματισμούς στους χώρους εργασίας. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι συχνά μη ικανοποιητικό και παρά το σημαντικό κόστος σε χρόνο, πόρους και κινδύνους, τα δεδομένα που προκύπτουν είναι συχνά υποκειμενικά, ασυνεπή ή ελλιπή (Twi-global, 2022).

Αξιοποιώντας μια λύση ψηφιακής τρισδιάστατης μοντελοποίησης, οι οργανισμοί επωφελούνται από άμεσες και μακροπρόθεσμες αποδόσεις της επένδυσης.

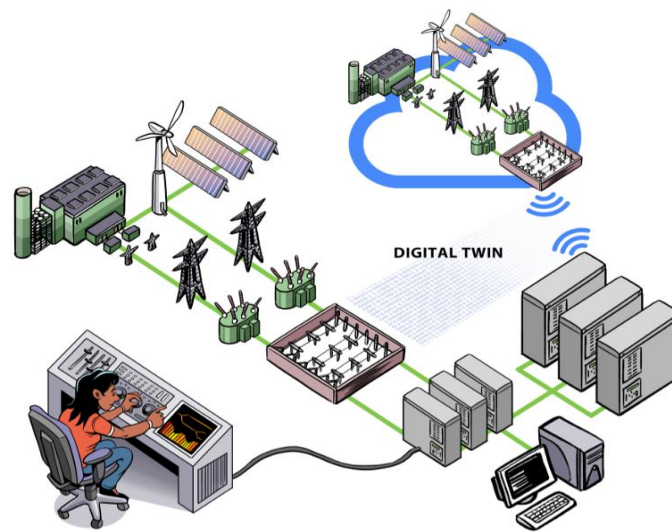
- Μείωση του προσωπικού που απαιτείται για την καταγραφή των δεδομένων
- Μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης των επιθεωρήσεων
- Μείωση όλων των δαπανών που σχετίζονται με τα ταξίδια.
- Μείωση των δαπανών για τον εξοπλισμό που εμπλέκεται στη σύλληψη δεδομένων.
- Μείωση ή εξάλειψη του ανθρώπινου κινδύνου που σχετίζεται με τη συλλογή δεδομένων.

Τα παραπάνω είναι μόνο ένα κλάσμα της εξοικονόμησης κόστους που μπορεί να αναμένει μια επιχείρηση. Με τον πολλαπλασιασμό αυτών των μειώσεων κόστους σε ολόκληρο το χαρτοφυλάκιο περιουσιακών στοιχείων, η εξοικονόμηση είναι αξιοσημείωτη.

Τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ικανοποίηση των ασφαλιστών, ώστε ένας οργανισμός να έχει πρόσβαση σε μειωμένα ασφάλιστρα ή ως εργαλείο επίλυσης διαφορών, να αξιολογεί και να συγκρίνει τις αποτιμήσεις

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής      Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία  
πετρελαίου κ πετροχημικών

περιουσιακών στοιχείων ακόμα και να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τον εντοπισμό επενδυτικών κινδύνων και απαιτήσεων ανακεφαλαιοποίησης (Twi-global, 2022).



*Εικόνα 4. Το ψηφιακό δίδυμο θα μπορούσε να επεκταθεί και πέρα από τις τοπικές εγκαταστάσεις, ενσωματώνοντας και παρέχοντας τις υπηρεσίες που βασίζονται στην τεχνολογία cloud (Palensky, 2021)*

Ένα από τα κύρια στοιχεία για αποτελεσματικό ψηφιακό μετασχηματισμό είναι η ικανότητα χρήσης και επαναχρησιμοποίησης των διαδικασιών, των συστημάτων και του εξοπλισμού σε ολόκληρη την επιχείρηση. Η τεχνολογία προσομοίωσης μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία έργων που δεν είναι ανεξάρτητα αλλά μέρος του συνόλου. Οι προσομοιώσεις ψηφιακών διδύμων καθιστούν εύκολη την τυποποίηση σε όλες τις επιχειρηματικές μονάδες και τα εργοστάσια. Μπορούν να εξοικονομήσουν σημαντικό χρόνο και κόστος καθώς τα έργα κλιμακώνονται. Οι τεχνολογίες ψηφιακών διδύμων είναι ανεξάρτητες από το υλικό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικά συστήματα αυτοματισμού. Για να επιτευχθεί η ταχύτερη απόδοση της επένδυσης, η τυποποίηση θα πρέπει να σχεδιάζεται από τα πρώτα στάδια ενός έργου για να καταστεί δυνατή η αναπαραγωγή με την ελάχιστη δυνατή ανακατασκευή. Η υιοθέτηση τεχνολογίας προσομοίωσης απλοποιεί τη διαδικασία τυποποίησης. Τα συστήματα που βασίζονται στο νέφος καταργούν την ανάγκη για μια εγκατάσταση που πρέπει να διατηρεί τη δική της υποδομή πληροφορικής, καθιστώντας το ψηφιακό δίδυμο της ευκολότερο να αναπαραχθεί, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται. Απομακρυσμένες εγκαταστάσεις και τοποθεσίες με περιορισμένο χώρο μπορούν πλέον να χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία προσομοίωσης που εφαρμόζεται στα κεντρικά γραφεία (Berutti, 2020).

Η ψηφιακή δίδυμη προσομοίωση με VR μπορεί να παράγει προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας υπάρχοντα σχέδια CAD, σαρώσεις με λέιζερ και φωτογραφικές απεικονίσεις των εγκαταστάσεων. Ο οργανισμός γνωρίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε οποιαδήποτε από τις εγκαταστάσεις του. Η δημιουργία ενός μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί και για άλλα έργα που βασίζονται στον ίδιο εξοπλισμό, συντομεύει δραματικά το χρόνο που απαιτείται για την κατασκευή νέων μοντέλων σε μελλοντικά ψηφιακά δίδυμα. Με την τυποποίηση σε μία τεχνολογία αυξάνεται η αποδοτικότητα μειώνοντας την εγκατάσταση και το χρόνο υλοποίησης και επαναχρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες. Είναι αξιοσημείωτη και η γρήγορη εξοικείωση του προσωπικού με το σύστημα. Μηχανικοί, χειριστές και τεχνικοί μπορούν να ταξιδεύουν από τοποθεσία σε τοποθεσία, με την πεποίθηση ότι το υποκείμενο λογισμικό θα είναι το ίδιο, κάθε φορά και σε κάθε τόπο.

Η γνώση των ψηφιακών τεχνολογιών αποφέρει μείωση των ωρών που δαπανά το πλήρωμα για εξάσκηση σε ζωντανό εξοπλισμό και εξοικονομούν το κόστος της. Η συνεργασία για προσομοίωση των ψηφιακών δίδυμων σε μια εικονική πραγματικότητα προσφέρει μια άρτια εκπαίδευση στο προσωπικό της εγκατάστασης με κύριο γνώμονα την υγιεινή και την ασφάλεια.



*Εικόνα 5. Μια προσομοίωση ψηφιακού διδύμου παρέχει ένα αντίγραφο του περιβάλλοντος λειτουργίας για αλληλεπίδραση από τους χρήστες. Με την προσθήκη της εικονικής πραγματικότητας, οι χρήστες αισθάνονται σαν να βρίσκονται πραγματικά στο χώρο (Berutti, 2020)*

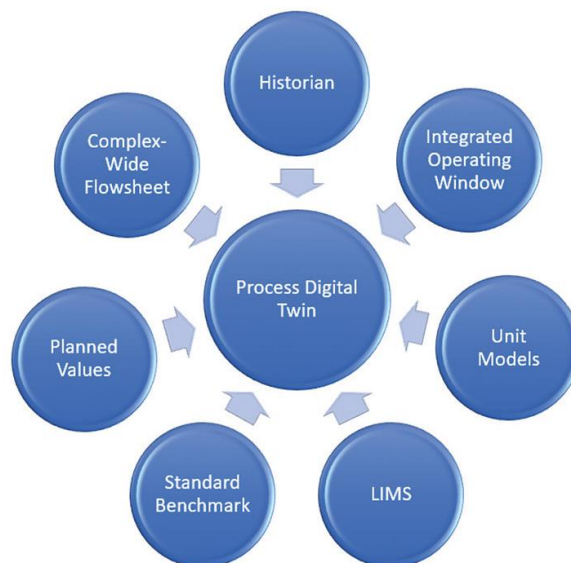
Στο εικονικό περιβάλλον, οι χειριστές μπορούν να εκτελούν τις ίδιες εργασίες που θα έκαναν στο πραγματικό κόσμο, αποκτώντας εξοικείωση με τις θέσεις των βαλβίδων, των χειριστηρίων της αντλίας και τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Το πλήρως διαδραστικό περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας τους εκπαιδεύει για εργασίες από την ασφάλεια μιας ψηφιακής εγκατάστασης. Το σύστημα επιτρέπει στην ομάδα να μεταβάλλει τα επίπεδα πολυπλοκότητας του μοντέλου και να το εφαρμόζει σε άλλες περιπτώσεις χρήσης. Εάν η ομάδα αποφασίσει να προσθέσει νέες λειτουργίες ή μονάδες στο ψηφιακό δίδυμο, η επιλεκτική τεχνολογία πιστότητας παρέχει την ευελιξία να μεταβάλλεται η πολυπλοκότητα του μοντέλου για την υποστήριξη των νέων λειτουργιών και εξοπλισμού. Η ομάδα μπορεί να προσθέσει διαδικασίες και να προσθέσει, να αναβαθμίσει ή να αντικαταστήσει εξοπλισμό, γνωρίζοντας ότι οι όποιες αλλαγές θα υποστηρίζονται από το ψηφιακό δίδυμο (Berutti, 2020).

Τα οφέλη ενός ψηφιακού δίδυμου που είναι σε θέση να αντικατοπτρίζει το σύστημα ελέγχου μιας εγκατάστασης κάνει δύο ζωτικά πράγματα ταυτόχρονα: παρέχει άμεσα και απτά αποτελέσματα για τους φορείς εκμετάλλευσης των εγκαταστάσεων και τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τα αποτελέσματα αυτά βοηθούν στη δημιουργία δυναμικής για έναν πιο ολιστικό ψηφιακό μετασχηματισμό. Τελικά, ο μακροχρόνιος διαχωρισμός μεταξύ των συστημάτων των εγκαταστάσεων και του ψηφιακού δίδυμου θα εξαφανιστεί εντελώς. Αν και αυτό δεν ισχύει απόλυτα σήμερα, αυτό που μπορεί να προσφέρει ένα εξελιγμένο ψηφιακό δίδυμο όσον αφορά τη βελτίωση της αποδοτικότητας, τον περιορισμό του κόστους και την αποφυγή ατυχήματος είναι κάτι παραπάνω από αρκετό για να υπογραμμίσει την αξία της έξυπνης εφαρμογής των ψηφιακών τεχνολογιών στη βιομηχανία πετρελαίου και πετροχημικών. Ένα ψηφιακό δίδυμο μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή του δυνητικού κόστους συντήρησης που προκύπτει από την αποτυχία του εξοπλισμού, εντοπίζοντας την έγκαιρα και διαγνώσκοντας τη διόρθωση πριν από την πραγματική αποτυχία. Αυτό μπορεί να ισοδυναμεί με εξοικονόμηση κόστους και ενδεχομένως πολύ περισσότερων, αν αναλογιστεί κανείς τα χρήματα που μπορεί να χαθούν από τη μη συμμετοχή στις αγορές έστω και για λίγες ημέρες. Δεν είναι μόνο το κόστος αντικατάστασης, μιας αντλίας τροφοδοσίας, ενός εναλλάκτη, ενός συμπιεστή σε μια μονάδα επεξεργασίας, αλλά όταν τα εργοστάσια δεν μπορούν να προμηθεύσουν τα τελικά προϊόντα τους το κόστος μπορεί να είναι ακόμα και πολλαπλάσιο (Emerson, 2022).

Βαθιά γνώση των μηχανισμών και των συνθηκών λειτουργίας της διεργασίας επιτρέπει την πρόβλεψη ρυθμών και τύπων διάβρωσης, καθώς και την ανάπτυξη λειτουργικών παραθύρων ακεραιότητας για την πρόληψη της αποτυχίας του εξοπλισμού. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση των ισορροπιών υγρής και αέριας φάσης και της πίεσης στην αναρρόφηση μιας αντλίας για την αποφυγή οριακών καταστάσεων όπου εμφανίζεται το φαινόμενο της σπηλαιώσης (Cavitation), η δυναμική μοντελοποίηση των συμπιεστών για υπολογισμούς φαινομένων Surge, η τάση που παράγεται από την ροή ως σημαντική παράμετρος στη διάβρωση του CO<sub>2</sub>. Εκτός από τη διασφάλιση της ροής, τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ενέργειας, επιτρέπει την πρόβλεψη του σχηματισμού στερεών (solids formation), της ρύπανσης σε εναλλάκτες (fouling) καθώς και προβλημάτων διάβρωσης σε όλο τον εξοπλισμό επεξεργασίας (Kbc, 2020a).

Η τεχνολογία ψηφιακών διδύμων υποστηρίζει την βελτιστοποίηση σε ολόκληρη την επιχείρηση με συντονισμό των διεργασιών, μεγιστοποίηση των κερδών με την αξιοποίηση των συνεργειών συντήρησης και λειτουργίας και με βελτιστοποίηση της ενέργειας προσαρμόζοντας κάθε φορά το μοντέλο αυτόματα. Τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο επικυρώνουν το ενσωματωμένο μοντέλο και δίνουν τη δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων (καύσιμο, ατμός, ισχύς, νερό, υδρογόνο) λαμβάνοντας υπόψιν και τις εκπομπές ρύπων ως μεταβλητές απόφασης και περιορισμού. Είναι καθοριστικά για την περαιτέρω βελτίωση της μονάδας και της βελτιστοποίησης των διεργασιών, με αύξηση κάθε φορά του στόχου και αυτοματοποιημένη ανάλυση των κενών στην διεργασία (Ruiz, 2019).





Σχήμα 15. Δεδομένα που χρησιμοποιεί το ψηφιακό δίδυμο (Chellani, 2021)

Ένα ψηφιακό δίδυμο στοχεύει στην ακριβή αναπαράσταση ενός περιουσιακού στοιχείου σε όλο το εύρος λειτουργίας του και σε όλο το εύρος του κύκλου ζωής. Ιδανικά δημιουργείται κατά τη διάρκεια της αρχικής μελέτης για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας του περιουσιακού στοιχείου. Χρησιμοποιείται και αναπτύσσεται περαιτέρω κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της κατασκευής και της θέσης σε λειτουργία. Διευκολύνει το βέλτιστο σχεδιασμό και την εκπαίδευση του προσωπικού λειτουργίας και συντήρησης, λειτουργεί στο παρόν, αντικατοπτρίζοντας την πραγματική εγκατάσταση σε προσομοιωμένη λειτουργία αλλά με πλήρη γνώση της ιστορικής απόδοσής της και ακριβή κατανόηση των μελλοντικών δυνατοτήτων του (Kbc,2020b).

### 3.7 Ψηφιοποίηση συντήρησης και αποθήκης

Τεχνολογίες συμβατές με τη Βιομηχανία 4.0 για διαχείριση της συντήρησης που επιτρέπουν σε πραγματικό χρόνο την αυτόνομη αντιμετώπιση προβλημάτων και την επίλυση τους, μειώνουν σημαντικά την ανησυχία για την ασφάλεια των περιουσιακών στοιχείων και της παραγωγής (Braganca, 2019). Είναι αυτές οι ικανότητες των συσκευών IIoT να συλλέγουν δεδομένα, να τα αποθηκεύουν και στη συνέχεια να τα χρησιμοποιούν για να αυτοματοποιήσουν χειροκίνητες εργασίες, οι οποίες υπόσχονται πολλά για τις βιομηχανικές εφαρμογές. Ένας από τους τρόπους με τους οποίους αυτή η τεχνολογία έχει αλλάξει τον στρεφόμενο εξοπλισμό στην βιομηχανία,

είναι η σημαντική βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης και του εξορθολογισμού της συντήρησης του εξοπλισμού. Πριν από την έλευση της τεχνολογίας ΠoT, εάν ένα περιουσιακό στοιχείο σταματούσε να λειτουργεί, οι μηχανικοί και το προσωπικό συντήρησης προσπαθούσαν να εντοπίσουν και να επιλύσουν το πρόβλημα. Ωστόσο, με την παρακολούθηση του εξοπλισμού όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία του ΠoT, οι συνδεδεμένοι αισθητήρες στο εσωτερικό του εξοπλισμού μπορούν να ειδοποιήσουν αμέσως τις ομάδες συντήρησης τη στιγμή που ένα περιουσιακό στοιχείο παρουσιάζει βλάβη. Γνωρίζοντας τη στιγμή που ένα περιουσιακό στοιχείο αστοχεί επιτρέπει στις ομάδες συντήρησης να αρχίσουν την αξιολόγηση και να επιδιορθώσουν το πρόβλημα αμέσως. Η ανάκτηση του περιουσιακού στοιχείου όσο το δυνατόν γρηγορότερα, περιορίζει το χρόνο διακοπής λειτουργίας και τις απώλειες στην παραγωγή. Η προγνωστική ανάλυση αναφέρεται στην ανάλυση και τη διάγνωση που παρέχεται από αλγόριθμους που αναλύουν συνεχώς δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Αυτοί οι αλγόριθμοι αναλύουν την απόδοση του εξοπλισμού, αναζητούν συγκεκριμένους δείκτες και κάνουν προβλέψεις σχετικά με τι είναι πιθανό να συμβεί στο μέλλον (Zurec, 2020).

Η επόμενη γενιά προγνωστικών συνδυάζει δύο κρίσιμες πτυχές της παρακολούθησης του εξοπλισμού: καινοτόμους αισθητήρες εξοπλισμού και αλγόριθμους που ερμηνεύουν τα δεδομένα. Διασυνδεδεμένοι αισθητήρες εγκατεστημένοι στην οθόνη του εξοπλισμού για αλλαγές στη θερμοκρασία, την πίεση, τις δονήσεις, τις ροές, την ροπή στρέψης, την ώθηση και άλλες συνθήκες. Τα ιδιόκτητα αναλυτικά μοντέλα συγκρίνουν τα δεδομένα που καταγράφονται από αυτούς τους αισθητήρες για να δώσουν μια πλήρη εικόνα της εναπομένουσας διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, τους πιο πιθανούς τρόπους βλάβης και τις ενδεχόμενες ενέργειες. Με αυτήν την πληροφορία, οι χρήστες μπορούν να αναλάβουν προληπτική δράση για να ανταποκριθούν σε δυσμενείς συνθήκες του εξοπλισμού πριν αυτές επηρεάσουν την παραγωγή. Αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν επίσης στους μηχανικούς αξιοπιστίας τη δυνατότητα να παρακολουθούν τον εξοπλισμό και να προβλέπουν τη συμπεριφορά σε μεγάλη κλίμακα. Με τη σύνδεση της παρακολούθησης του εξοπλισμού σε ολόκληρο το δίκτυο - όχι μόνο σε ένα εργοστάσιο, αλλά σε όλες τις λειτουργίες σε παγκόσμιο επίπεδο - οι εταιρείες μπορούν να εφαρμόζουν προηγμένους αλγόριθμους για τη σύγκριση διασυνδεδεμένων δεδομένων από πολλαπλά συστήματα για να ανακαλύψουν λειτουργικές βελτιώσεις, να προβλέψουν βλάβες του εξοπλισμού, να

αξιολογήσουν τον εξοπλισμό, τη διάρκεια ζωής του και να σχεδιάζουν την αλλαγή του εξοπλισμού (Zurec, 2020).

Στα εργοστάσια, η συντήρηση μιας παραγωγικής διαδικασίας είναι ένας από τους βασικότερους σχεδιασμούς για τη διάγνωση των προβλημάτων των μηχανών και τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας λόγω αυτών των προβλημάτων. Οι άνθρωποι εξακολουθούν να είναι υπεύθυνοι για αυτό το έργο, αλλά προτείνονται διάφορα συστήματα που επιτρέπουν στις μηχανές να έχουν ικανότητα αυτοσυντήρησης. Για παράδειγμα, η πρόγνωση και η διαχείριση της λειτουργίας (Prognostics & Health Management - PHM) (Pecht, 2008) είναι ένας κλάδος για μηχανές και ρομπότ που αξιολογεί την υγεία των συστημάτων προκειμένου να διαγνώσουν ανωμαλίες με τη χρήση αισθητήρων και προκειμένου να προβλέψουν την απόδοση κατά τη διάρκεια της ζωής των μηχανών. Η ανάπτυξη του ΠoT παρέχει ευκαιρίες για την αποτελεσματική χρήση της εν λόγω τεχνολογίας στην παραγωγή, όπως η ταχύτητα λήψης αποφάσεων, η βελτιωμένη αξιοπιστία και η υπευθυνότητα, η αυξημένη ευθύνη και η επάρκεια του εργατικού δυναμικού. Για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της δικής του υγείας και της συνολικής του απόδοσης, η αυτογνωσία και η αυτοσυντήρηση είναι απαιτούμενες ικανότητες για τα ρομπότ. Με την επεξεργασία των πληροφοριών από τα μεγάλα δεδομένα, τα βιομηχανικά ρομπότ είναι σε θέση να διαχειρίζονται την υγεία και τη συντήρησή τους. Οι δεξιότητες των ρομπότ για την κατασκευή και τις νέες εργασίες μπορούν να προκύψουν από τη μεταφορά πληροφοριών από τις γνώσεις των εργατών του εργοστασίου, προκειμένου να αναπτυχθεί η ικανότητα αυτοεπιβεβαίωσης. Η συντήρηση του ρομπότ και η διάγνωση βλαβών, γίνεται με μέτρηση της δόνησης, μετράτε με επιταχυνσιόμετρα και αξιολογείται με την εφαρμογή γρήγορου μετασχηματισμού Fourier για την ανάλυση του ακουστικού φάσματος της δόνησης (Vagas, 2014). Επίσης, οι αστοχίες των τροχών σε ένα βιομηχανικό ρομπότ, όπως η τριβή, η ρωγμή, η διάβρωση, η φθορά, η κάμψη και η θραύση διαγιγνώσκονται με τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Jaber, 2016).

### 3.7.1 Κόστος λειτουργίας και συντήρησης

Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας, συχνά αποτελεί περισσότερο από το μισό του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής. Η αξιοπιστία της επιχείρησης μπορεί να αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό με την εφαρμογή προληπτικής συντήρησης και με τη χρήση τεχνολογίας πληροφοριών και

αισθητήρων. Οι λειτουργικές δαπάνες συχνά εκτιμώνται ως ένα σταθερό ποσοστό των κεφαλαιουχικών δαπανών μη αξιοποιώντας τη δύναμη των βέλτιστων πρακτικών στη λειτουργία και τη συντήρηση για τη μείωση του κόστους.

Μια προσέγγιση για τη λειτουργία και τη συντήρηση είναι η αξιολόγηση της συνολικής αποτελεσματικότητας του εξοπλισμού (Overall Equipment Effectiveness - OEE).

### 3.7.2 Τυποποίηση ειδών και υπηρεσιών

Η μείωση του αριθμού των τύπων ή των εμπορικών σημάτων εξοπλισμού ή του αριθμού των παραλλαγών των εξαρτημάτων μπορεί να αυξήσει τον όγκο των αγοραζόμενων μονάδων ανά είδος, μειώνοντας έτσι τη μέση τιμή αγοράς, καθώς και το κόστος κύκλου ζωής των ανταλλακτικών, της συντήρησης, της επισκευής και της εκπαίδευσης. Η υπόθεση της τυποποίησης στηρίζεται συνήθως στο κόστος της μη τυποποίησης. Για παράδειγμα, με τη λειτουργία πολλών διαφορετικών τύπων ή μάρκες ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, ένας χειριστής θα χρειαζόταν πολλαπλές δεξαμενές ανταλλακτικών, η καθεμία ενδεχομένως με το δικό της δίκτυο συνεργατών. Θα υπήρχαν επικαλύψεις και πιθανώς αντικρουόμενες προσπάθειες τεκμηρίωσης και εκπαίδευσης, με αποτέλεσμα την επανάληψη και τελικά τον πλεονασμό πόρων. Με τη σειρά του, ο πλεονασμός θα προκαλούσε κάποια σύγχυση, η οποία θα αύξανε την πιθανότητα σφαλμάτων και αποκλίσεων στις διαδικασίες λειτουργίας, οι οποίες θα μείωναν την αξιοπιστία και τον χρόνο λειτουργίας του εργοστασίου. Αντίθετα, τα δυνητικά οφέλη και οι εξοικονομήσεις από την τυποποίηση είναι η ταχύτητα (π.χ. ταχύτερος χρόνος για την έναρξη λειτουργίας μιας νέας μονάδας με βάση τη χρήση οικείου εξοπλισμού καθώς και τυποποιημένου σχεδιασμού και κατασκευής εγκαταστάσεων), ταχύτερη εγκατάσταση, χαμηλότερο αρχικό κόστος απόκτησης με βάση τις εκπτώσεις λόγω όγκου παραγγελιών, χαμηλότερο κόστος εκπαίδευσης, χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης και χαμηλότερο ρίσκο σε τεχνολογικό αλλά και οικονομικό επίπεδο. Τα προγράμματα τυποποίησης είναι καλύτερα εφαρμόσιμα στις παραγωγικές διαδικασίες περιορίζοντας τον αριθμό των προμηθευτών, των τεχνολογικών πλατφορμών και των εξαρτημάτων (Jacoby, 2012).

Η τυποποίηση των διαδικασιών περιλαμβάνει την εναρμόνιση των εργασιών και των λειτουργικών διαδικασιών, οδηγίες εργασίας (για την συντήρηση) και πρακτικές σχεδιασμού. Οι περισσότερες μεγάλες πετρελαϊκές εταιρείες έχουν εφαρμόσει τυποποιημένες διαδικασίες όπως οι πρακτικές σχεδιασμού μέσω προδιαγραφών, καταλογοποίηση των προτύπων και του κώδικα του εξοπλισμού, μελέτες περιπτώσεων για συγκεκριμένα πρότυπα με βασικό κορμό την ενθάρρυνση για ανταλλαγή πληροφοριών και βέλτιστων πρακτικών η οποία προσφέρει στους μηχανικούς λεπτομερείς μελέτες, υπολογισμούς και σχέδια για τη βελτιστοποίηση των διεργασιών και κατ' επέκταση την επίτευξη του στόχου της επιχειρησιακής αριστείας στον κλάδο. Η συνεχής μείωση του κόστους μπορεί να μειώσει το κόστος λειτουργίας κατά 1%-5% μέσω πρωτοβουλιών όπως ο ευέλικτος προγραμματισμός της ζήτησης, η σωστή διαχείριση της ακανόνιστης κατανάλωσης αποθεμάτων, οι αποστολές και τα προγράμματα διαχείρισης αποθεμάτων από προμηθευτές, η εξωτερική ανάθεση της εφοδιαστικής και η λιτή διανομή συμπεριλαμβανομένης και της διανομής Just In Time.

Η βελτιωμένη δρομολόγηση και ο προγραμματισμός των μεταφορών μπορεί να προσφέρει έναν γρήγορο τρόπο για τη μείωση του λειτουργικού κόστους, ειδικά αν η λειτουργία διαχείρισης του εμπορίου διεκπεραιώνεται χειροκίνητα ή εάν υπάρχει διακύμανση στην απόδοση των υπηρεσιών είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Τα συστήματα διαχείρισης μεταφορών μειώνουν τον όγκο των εργασιών χειροκίνητου ελέγχου τιμών και κρατήσεων και μπορούν να συνεισφέρουν στην μείωση του κόστους της εφοδιαστικής αλυσίδας (Jacoby, 2012).

### **3.7.3 Τεχνολογίες διαχείρισης αποθήκης**

Η Βιομηχανία 4.0 συνδυάζει τις προσπάθειες των επιστημόνων και της βιομηχανίας σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Η μετατροπή σε ψηφιακό εργοστάσιο γίνεται όλο και πιο σημαντικός παράγοντας για την επιβίωση της επιχείρησης.

Η αύξηση της ευφυΐας, της αυτονομίας και της πολυπλοκότητας στις διαδικασίες των σημερινών συστημάτων ενδο-εφοδιασμού απαιτεί νέες και καινοτόμες προσεγγίσεις διαχείρισης, οι οποίες επιτρέπουν την ταχεία ανταπόκριση στα μη αναμενόμενα γεγονότα και την προσαρμογή στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον, προκειμένου να μειωθούν οι αρνητικές συνέπειες αυτών των γεγονότων. Οι εταιρείες που

ενδιαφέρονται να κάνουν επενδύσεις στην τεχνολογία για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της ακρίβειας της συλλογής παραγγελιών της αποθήκης τους έχουν τεχνολογικές επιλογές για να επιλέξουν. Αυξημένη αποδοτικότητα, μείωση των σφαλμάτων συλλογής και βελτίωση της εξυπηρέτησης των πελατών είναι μερικά μόνο από τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει μια αυτοματοποιημένη λύση.

- Pick-by-Light: Σύστημα με εύκολα ορατά φώτα που βρίσκονται απευθείας στην υποδοχή αποθήκευσης και υποδεικνύουν πού πρέπει να γίνει η παραλαβή του επόμενου αντικειμένου και μια οθόνη που υποδεικνύει τον αριθμό των αντικειμένων που πρέπει να ανακτηθούν. Μετά την ανάκτηση, ο χειριστής επιβεβαιώνει τη διαδικασία με το πάτημα ενός κουμπιού και η οθόνη σβήνει.
- Pick-by-Voice: Τα συστήματα φωνητικής συλλογής έχουν σχεδιαστεί για την εξυπηρέτηση γρήγορων μέσων και μεσαίων χαμηλών προϊόντων πλήρους κιβωτίου και διαιρεμένου κιβωτίου, καθιστώντας τα μια ευέλικτη επιλογή για την εκτέλεση παραγγελιών
- Λειτουργίες συλλογής όρασης με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας. Χρήση κωδικών (barcodes) για την αλληλεπίδραση με τον χώρο αποθήκευσης. Η τεχνολογία αυτή εμφανίζει τις πληροφορίες στην ακριβή θέση, τη στιγμή που απαιτείται μέσω μιας οθόνης.
- Αυτοματοποιημένο καθοδηγούμενο όχημα (Augmented Guided Vehicle - AGV): Τα AGV μπορούν να μεταφέρουν αντικείμενα πίσω τους σε ρυμουλκούμενα τα οποία μπορούν να προσκολληθούν αυτόνομα. Τα ρυμουλκούμενα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετακίνηση πρώτων υλών ή τελικών προϊόντων. Τα AGV χρησιμοποιούνται σε βιομηχανίες επεξεργασίας χαρτιού, μετάλλου, και γενικής μεταποίησης. Επίσης σε μεταφορά τροφίμων, σεντονιών ή φαρμάκων στα νοσοκομεία.

Με τις παραπάνω μεθόδους επιτυγχάνεται μείωση του κόστους ενδο-εφοδιασμού ανταλλακτικών και υλικών, βελτίωση της παραγωγικότητας της αποθήκης, ακρίβεια στις παραγγελίες και εξοικονόμηση κόστους. Είναι επενδύσεις με γρήγορη απόδοση και εύκολη ενσωμάτωση με το ήδη υπάρχον σύστημα διαχείρισης (Fusko, 2017).

Ο στόχος της λειτουργικής αριστείας συνδέεται άμεσα με την διαχείριση των υλικών και την βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου που προσφέρουν τα αυτοματοποιημένα συστήματα.

### 3.8 Ενδυνάμωση του ανθρώπινου δυναμικού

Η Βιομηχανία 4.0 δεν αφορά μόνο την τεχνολογία και τις διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνο-φυσικών συστημάτων, το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (IIoT), το διαδίκτυο των υπηρεσιών (IoS), αλλά και για νέους τρόπους εργασίας και ρόλους των εργαζομένων στη βιομηχανία (Alcacer, 2019). Αυτό σημαίνει νέες προσδοκίες τόσο για τον εργοδότη όσο και για τον εργαζόμενο οι οποίοι καλούνται να προσαρμοστούν σε ένα ψηφιοποιημένο εργασιακό περιβάλλον. Ο εργοδότης είναι κατανοητό ότι θα έχει συγκεκριμένες προσδοκίες σχετικά με τις ικανότητες του εργαζομένου, ο οποίος θα πρέπει να αποδείξει ότι διαθέτει τις κατάλληλες δεξιότητες. Η επανάσταση της Βιομηχανίας 4.0 θα προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις δημιουργώντας νέα επαγγέλματα και επαγγελματικά προφίλ, με αλλαγές στις μορφές απασχόλησης διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην οικονομία και την κοινωνική πολιτική. Το εκπαιδευτικό προφίλ του εργαζομένου μεταβάλλεται για να ανταποκριθεί στις αλλαγές (Gajek, 2022).

Η διαχείριση μιας τέτοιας αλλαγής απαιτεί συνεχή εκμάθηση από το ατομικό επίπεδο έως ολόκληρο τον οργανισμό. Για να μάθει ο οργανισμός, η γνώση πρέπει πρώτα να αποκτηθεί από τα άτομα, να μοιραστεί μεταξύ των ατόμων, να ενσωματωθεί στις οργανωτικές διαδικασίες και να θεσμοθετηθεί. Ωστόσο, επειδή οι άνθρωποι είναι οι φορείς της γνώσης, είναι ανέφικτο να υποστηριχθεί ότι η διαχείριση της γνώσης από μόνη της χωρίς τη διαχείριση των ανθρώπων μπορεί να διευκολύνει επιτυχημένα έργα ψηφιοποίησης.

Η νέα κουλτούρα δεν μπορεί να προωθηθεί με επιτυχία εάν η ανώτατη διοίκηση δεν είναι δεσμευμένη, καθώς απαιτείται η εφαρμογή κινήτρων για να ωθηθεί η στάση και η συμπεριφορά των εργαζομένων, ανάπτυξη ικανοτήτων μέσω εκπαιδύσεων οι οποίες απαιτούν χρηματοδότηση, επενδύσεις στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας. Η συνεργασία είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας καθώς διευκολύνει την ανταλλαγή γνώσεων εντός του οργανισμού (Wolf, 2018). Εάν η ανώτατη διοίκηση

δεν έχει δεσμευτεί να την υποστήριξη της μάθησης, η συνεργασία μπορεί να μην έχει προτεραιότητα, συνεπώς η γνώση παραμένει στους λίγους επιλεγμένους.

Δεδομένου ότι η μάθηση επηρεάζεται από την αλλαγή, η δέσμευση των εργαζομένων δεν μπορεί να αγνοηθεί. Η στάση των εργαζομένων είναι ισχυρή επιρροή προς τη δημιουργία κοινής γνώσης και στην υιοθέτηση ενός έργου ψηφιοποίησης επηρεάζοντας θετικά την πραγματική χρήση του εν λόγω έργου (Huang, 2005). Επομένως, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμευση των εργαζομένων απέναντι στην αλλαγή ιδίως στο δυναμικό επιχειρηματικό περιβάλλον, πρέπει να εξεταστούν. Αυτοί προσδιορίζονται ως οργανωτικοί (ηγεσία, ευκαιρίες για εκπαίδευση) και χαρακτηριστικά εργασίας (αυτονομία, ποικιλία, ομαδική εργασία, ανατροφοδότηση, ενδιαφέρον, περιβάλλον εργασίας) (Nijhof, 1998). Όλοι οι εργαζόμενοι και η διοίκηση θα πρέπει να είναι πρόθυμοι και δεσμευμένοι να μάθουν και να προσφέρουν ένα υποστηρικτικό περιβάλλον για τα έργα ψηφιοποίησης που θα οδηγήσουν στην επιχειρησιακή αριστεία (Ngereja, 2021).

Με ένα σύγχρονο εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό, οι εταιρείες θα είναι σε θέση να κερδίσουν σε ευελιξία, αποτελεσματικότητα και κερδοφορία, ενώ παράλληλα θα είναι βιώσιμες και θα σέβονται τους ανθρώπους και το περιβάλλον. Θα μπορούν επίσης να ενταχθούν ευκολότερα στις νέες αλυσίδες εφοδιαστικής (από τους προμηθευτές έως τον τελικό πελάτη). Οι δεξιότητες θα αποτελέσουν μοχλό αποδοχής της τεχνολογίας και ανάπτυξης των εργαζομένων (Marmier, 2021).

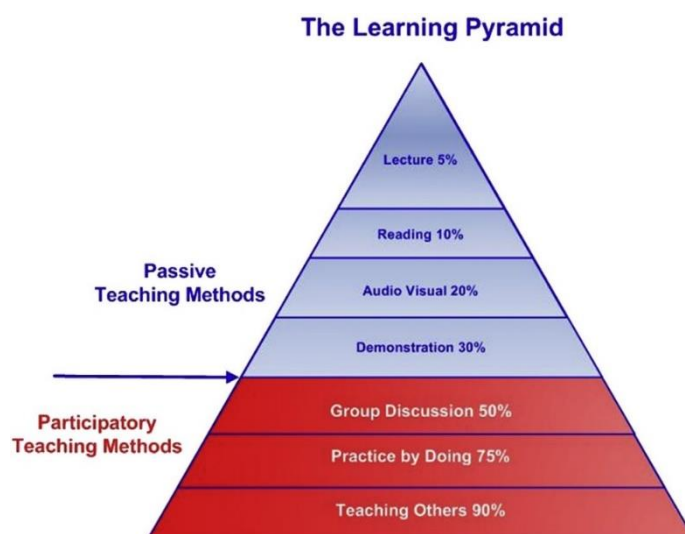
### **3.8.1 Προσωπική και ομαδική μάθηση και ανάπτυξη**

Η ανάπτυξη της προσωπικής και ομαδικής μάθησης είναι σημαντική και τα οφέλη της είναι άμεσα εμφανίσιμα και εκμεταλλεύσιμα στην επιχείρηση. Οι άνθρωποι μπορούν να αποκτήσουν σημαντικές ικανότητες γνώσης μέσω του διαδικτύου και να αναπτύξουν την ικανότητά τους στην ανεξάρτητη λήψη αποφάσεων. Οι διαδικτυακές πηγές γνώσης και η ηλεκτρονική μάθηση αξιοποιούν την επαγγελματική ανάπτυξη των ανθρώπων και της ομάδας. Όσο περισσότερο το άτομο και η ομάδα επενδύουν στην καινοτομία, στην προσωπική και ομαδική ανάπτυξη, τόσο περισσότερο η προσωπική και ομαδική επαγγελματική ανάπτυξη γίνεται κεντρικός κατευθυντήριος άξονας και κινητήρια δύναμη για την επιχειρηματική λειτουργία, τόσο μεγαλύτερες είναι οι ανακαλύψεις, τα αποτελέσματα και οι επιχειρηματικές νίκες που μπορούν να



συμβούν στις επιχειρήσεις. Συναισθηματική νοημοσύνη, coaching, καθοδήγηση, έμπνευση και ακρόαση από κοινού με την ηλεκτρονική μάθηση και την ανάπτυξη της ομάδας, οδηγούν τις τρέχουσες επιδόσεις των επιχειρήσεων στα καλύτερα αποτελέσματά τους (Issar, 2016).

Μια μαθησιακή πυραμίδα (Σχήμα 16) αναπαριστά γραφικά τις διάφορες μεθόδους που μπορεί να ακολουθήσει ένα άτομο για να μάθει πληροφορίες σε διάφορα επίπεδα διατήρησης.



Σχήμα 16. Μαθησιακή πυραμίδα (Nolan, 2015)

Τα τέσσερα πρώτα επίπεδα, δηλαδή η διάλεξη, η ανάγνωση, η οπτικοακουστική, και η επίδειξη, είναι παθητικές μέθοδοι μάθησης. Ενώ στα τρία χαμηλότερα επίπεδα, βρίσκονται οι ομάδες συζήτησης, οι πρακτικές μέσω της πράξης και η διδασκαλία άλλων όπου είναι ενεργητικές ή συμμετοχικές μαθησιακές δραστηριότητες. Η ενεργητική συμμετοχή βοηθάει σε μεγάλο βαθμό στη διατήρηση των πληροφοριών που πρόκειται να διδαχθούν. Η διαφορά στην διατήρηση μεταξύ ενεργητικών και παθητικών μέσων αποδίδεται στις μεγάλες περιόδους του αναστοχασμού και της βαθιάς νοητικής επεξεργασίας (Nolan, 2015).

Η εκπαίδευση εφαρμόζεται σε τρεις τομείς: το ίδιο το πρόγραμμα, τις διαδικασίες και τις δραστηριότητες που εκτελούνται σπάνια, και τους τομείς όπου η συνεχής κατάρτιση και επαναπιστοποίηση απαιτούνται από τον κανονισμό και τις διαδικασίες. Η εκπαίδευση απαιτείται επίσης σε τομείς όπου οι επιδόσεις και τα αποτελέσματα

υποδεικνύουν την ανάγκη πρόσθετης κατάρτισης. Η ίδια η δραστηριότητα και η αναγνώριση της ανάγκης μέσω αξιολογήσεων θα καθορίσει την έκταση και το διάστημα μεταξύ των εκπαιδύσεων. Συχνά, μια εγκατάσταση διαθέτει μόνο ένα άτομο με πλήρη προσόντα για μια συγκεκριμένη εργασία ή δραστηριότητα. Εάν αυτό το άτομο δεν είναι διαθέσιμο για οποιονδήποτε λόγο, η εργασία δεν μπορεί να εκτελεστεί με την απαραίτητη απαιτούμενη επάρκεια. Όταν η εργασία απαιτεί πιστοποίηση, η ανάγκη για έναν αναπληρωτή είναι ακόμη πιο σημαντική. Έτσι, είναι απαραίτητο να υπάρχουν πολλαπλά άτομα εκπαιδευμένα και πλήρως καταρτισμένα για την εκτέλεση όλων των καθηκόντων και των δραστηριοτήτων, ώστε να αποφεύγεται η πλήρης εξάρτηση από ένα μόνο άτομο. Για να διατηρηθούν τα πλήρη προσόντα και να εξασφαλιστεί η επάρκεια, οι δυνητικοί αντικαταστάτες πρέπει να εκτελούν πραγματικά το έργο ή τη δραστηριότητα σε τακτά χρονικά διαστήματα (Mitchell, 2015).

### **3.8.2 Ενθάρρυνση για ισχυρές αποφάσεις**

Οι άνθρωποι που συνεργάζονται εποικοδομητικά σε ομάδες για να επιτύχουν ένα κοινό, συμφωνημένο στόχο μπορούν να επιτύχουν σημαντικά περισσότερα από ό,τι τα ίδια άτομα που εργάζονται μόνα τους. Μια καλή ομάδα είναι καλλίτερη από το άθροισμα των μερών της. Ακόμη όμως και με την καλύτερη ομαδική εργασία, μπορεί να υπάρχουν οργανωτικά και θεσμικά εμπόδια για την επιτυχία. Αυτά πρέπει να εντοπίζονται όσο το δυνατόν νωρίτερα στο πρόγραμμα και να διορθώνονται. Καθώς το πρόγραμμα ωριμάζει, θα υπάρχουν και λιγότερα εμπόδια που θα απαιτούν την προσοχή. Η ενδυνάμωση του εργατικού δυναμικού και η απαίτηση περισσότερων και μεγαλύτερων αποτελεσμάτων και αποτελεσματικότητας είναι μια ανταγωνιστική αναγκαιότητα στο σημερινό λειτουργικό κλίμα στη βιομηχανία πετρελαίου και πετροχημικών. Εμπνέοντας τους ανθρώπους να πετύχουν το μέγιστο δυνατό και επιτυγχάνοντας σταθερή, μέγιστη απόδοση μπορεί και πιθανότατα να είναι η μεγαλύτερη πρόκληση για την επιτυχή Επιχειρησιακή Αριστεία. Η ομαδική εργασία και η συνεργασία είναι απαραίτητα. Η επιχειρησιακή αριστεία πρέπει να δημιουργεί ένα περιβάλλον και μια εργασιακή κουλτούρα κοινού οράματος, συνεργασίας, ιδιοκτησίας και ευθύνη για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης. Η αναζήτηση της οργανωτικής αριστείας ξεκινά ακούγοντας τους ανθρώπους που εκτελούν τα καθήκοντα, τι κάνουν, γιατί το κάνουν, ποια είναι τα δυνατά τους

σημεία, ποιες είναι οι αδυναμίες που μπορεί να γίνει βελτίωση, ποιες είναι οι βέλτιστες πρακτικές για να δημιουργηθεί το "καλύτερο από τα καλύτερα" (Mitchell, 2015).

Στο πλαίσιο της διαδικασίας ενδυνάμωσης, οι πρωτοβουλίες βελτίωσης θα πρέπει να εντοπίζονται και να αναπτύσσονται από εκείνους που θα έχουν την άμεση ευθύνη για την υλοποίηση κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την καθιέρωση της κυριότητας, της ευθύνης και της υπευθυνότητας για τα αποτελέσματα. Η διαδικασία ανακάλυψης ευκαιριών και η ανάπτυξη πρωτοβουλιών βελτίωσης είναι απαραίτητες για να αποκτήσουν τη δέσμευση και την ευθύνη που είναι απαραίτητη για την επίτευξη αποτελεσμάτων επιχειρησιακής αριστείας.

Βασικό στοιχείο της επιτυχίας κάθε οργανισμού είναι η κατανόηση τόσο των ορίων που μπορεί να αναμένεται να συνεισφέρει το κάθε άτομο όσο και των δυνατοτήτων που μπορεί να επιτύχει συλλογικά μια αφοσιωμένη ομάδα. Ενίοτε, μπορεί κανείς να βρει υπαλλήλους που ενσαρκώνουν τις περισσότερες ή όλες τις απαιτούμενες ικανότητες. Είναι προτιμότερο ωστόσο, να δημιουργηθεί μια ομάδα που να αποτελείται από άτομα που διαθέτουν συλλογικά όλες τις απαραίτητες ικανότητες. Τα χαρακτηριστικά των υπαλλήλων με γνώμονα τα δεδομένα θα είναι οι στοχαστές που μπορούν να εστιάζουν στη λεπτομέρεια, να ενεργοποιούνται από την ασάφεια, να επιδεικνύουν ανοιχτή σκέψη και δεκτικότητα σε διαφορετικές απόψεις, προθυμία να επαναλάβουν από κοινού για να παράγουν ιδέες που έχουν νόημα, και είναι αφοσιωμένοι στα αποτελέσματα του πραγματικού κόσμου (Dias, 2017).

Στόχος της λειτουργικής αριστείας είναι η διατήρηση ενδυναμωμένων εργαζομένων με θετική στάση και συνεχή βελτίωση των δραστηριοτήτων στο χώρο εργασίας, τηρώντας παράλληλα τα υψηλότερα πρότυπα για την ασφάλεια, την υγεία και την περιβαλλοντική διαχείριση με οικονομικά αποδοτικό και κερδοφόρο τρόπο (Nolan, 2015).

### 3.8.3 Ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα και τις διαδικασίες

Στο πλαίσιο της Επιχειρησιακής Αριστείας, η διαδικασία οργανωτικής βελτίωσης εξελίσσεται από ομάδες εργασίας πολλαπλών λειτουργιών. Οι ομάδες ενθαρρύνονται να διορθώνουν τις ελλείψεις και να αποδεικνύουν την επιτυχία, δεδομένου ότι οι άνθρωποι που εκτελούν άμεσα την εργασία έχουν μεγαλύτερη επίγνωση των ελλείψεων και των προβλημάτων. Με την κατάλληλη υποστήριξη θα έρθουν καινοτόμες βελτιώσεις για την αντιμετώπιση των ελλείψεων που προκύπτουν καθημερινά σε μια βιομηχανία. Με την πάροδο του χρόνου, οι ομάδες αποκτούν μεγαλύτερη αυτοδυναμία και κατεύθυνση, έλεγχο των καθηκόντων, ιεράρχηση των προτεραιοτήτων και την υπευθυνότητα για τα αποτελέσματα (Mitchell, 2015).

Ένα καλά διαμορφωμένο, ασφαλές και προσβάσιμο από το σύνολο των εργαζομένων σύστημα δεδομένων, πληροφοριών και αναφορών είναι απαραίτητο για τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των ευκαιριών βελτίωσης. Τα συστήματα διαχείρισης δεδομένων και πληροφοριών πρέπει να φέρνουν βασικές γνώσεις, δεδομένα, πληροφορίες και υποστήριξη στους ανθρώπους που είναι επιφορτισμένοι με την αντιμετώπιση. Οι πληροφορίες ενδυναμώνουν δημιουργικούς ανθρώπους που αναζητούν ιδέες για βελτίωση. Τα συστήματα πρέπει να είναι ακριβή και ενημερωμένα, ασφαλή από μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις, προσβάσιμα και εύχρηστα για τους ανθρώπους, που χρειάζονται πληροφορίες. Σχέδια και προδιαγραφές σχεδιασμού της εγκατάστασης, διαδικασίες και λεπτομερή σχέδια, κύριος κατάλογος εξοπλισμού, εγχειρίδια λειτουργίας και επισκευής, ιστορικό λειτουργίας και συντήρησης καθώς και ιστορικά δεδομένα και πληροφορίες πρέπει να είναι προσβάσιμα από όλους και σε κάθε σημείο της εγκατάστασης. Η ψηφιακή αυτή βιβλιοθήκη περιλαμβάνει επίσης μεθόδους για την ασφάλεια, τις ενημερώσεις και τις αλλαγές για τη διασφάλιση της επικαιρότητας και για την διασφάλιση της ποιότητας απαγορεύονται τα "ανεπίσημα", εναλλακτικά συστήματα πληροφοριών. Το σύστημα πληροφοριών πρέπει να είναι ικανό να συλλέγει και να ενοποιεί δεδομένα από διαφορετικές πηγές και να παρέχει αποτελέσματα για εμφάνιση σε εύκολα κατανοητές παρουσιάσεις (Mitchell, 2015).

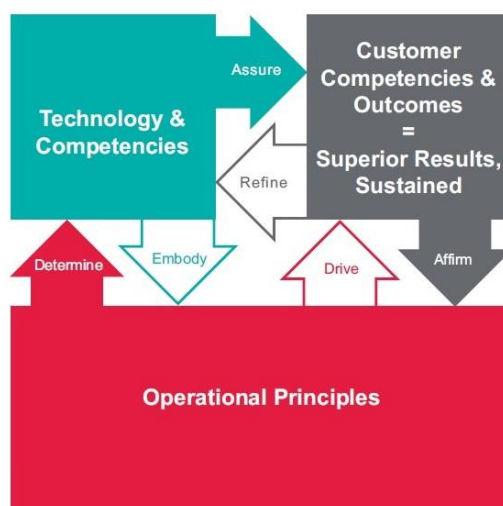
Το επιχειρησιακό σύστημα πληροφοριών, αν δημιουργηθεί σωστά, αποτελεί ζωτικής σημασίας πηγή για τον εντοπισμό της αναγκαιότητας και των στόχων για την εκπαίδευση σε διαδικασίες, τεχνικές και πρακτικές.

#### 4. Συμπεράσματα

Η επιχειρησιακή αριστεία είναι συνάρτηση τριών αλληλένδετων τομέων με αυτο-ενισχυόμενα χαρακτηριστικά.

- Ανώτερα αποτελέσματα, βιώσιμα και ορατά στην αγορά, επιτυγχάνοντας υψηλότερη απόδοση του απασχολούμενου δυναμικού και συνεχής ανάπτυξη.
- Γρήγορη ευθυγράμμιση των εργαζόμενων γύρω από υγιείς επιχειρησιακές αρχές, και ανάδειξη του εταιρικού ήθους, του οράματος και των αξιών της επιχείρησης.
- Εφαρμογή τεχνολογιών παγκόσμιας κλάσης και εξαιρετικές ικανότητες, για τη συνέπεια και την αποτελεσματικότητα στις καθημερινές συνήθειες και δράσεις που συνθέτουν την αριστεία.

Οι επιχειρησιακές αρχές καθορίζουν την τεχνολογία και τις ικανότητες που πρέπει να εφαρμοστούν. Η τεχνολογία και οι ικανότητες διασφαλίζουν τα ανώτερα αποτελέσματα, με την απαιτούμενη σταθερότητα και τελικά τα ανώτερα αποτελέσματα, που διατηρούνται, επιβεβαιώνουν την επιχειρησιακές μας αρχές (Shire, 2017).



Σχήμα 17. Διάγραμμα πλαισίου της επιχειρησιακής αριστείας (Shire, 2017)

Η επιχειρησιακή αριστεία στον κλάδο του πετρελαίου και των πετροχημικών απαιτεί την άψογη εκτέλεση πολλών βασικών, επιχειρηματικών ικανοτήτων με επίκεντρο την παραγωγή. Αυτοί οι τομείς αποτελούν το επίκεντρο για την αύξηση της αξίας και την παροχή ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος. Οι υπόλοιπες υποστηρικτικές λειτουργίες

του οργανισμού, η διοίκηση και η ηγεσία υπάρχουν για να υποστηρίζουν και να καθοδηγούν αυτές τις βασικές ικανότητες, οι οποίες είναι ολοκληρωμένες επιχειρηματικές διαδικασίες που καλύπτουν πολλά διαφορετικά τμήματα του οργανισμού. Ο σχεδιασμός των προγραμμάτων επιχειρησιακής αριστείας θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένος σε κάθε περιουσιακό στοιχείο - εξοπλισμό και ευθυγραμμισμένος με στοχευμένα αποτελέσματα. Ένα πρόγραμμα λειτουργικής αριστείας θα πρέπει να επικεντρώνεται σε συγκεκριμένους απτούς στόχους και να εξελίσσεται στο χρόνο. Η επιχειρησιακή αριστεία συχνά απαιτεί μετασχηματισμό της στάσης και της κουλτούρας σε όλη τη δομή του οργανισμού. Οι ηγέτες πρέπει να αναγνωρίζουν τόσο την ανάγκη για αλλαγή όσο και την ικανότητα, αλλά και τους περιορισμούς που την δυσχεραίνουν. Η προσήλωση της ηγετική ομάδα είναι καθοριστικό στοιχείο για την επιτυχία, δεδομένου ότι πρέπει να μιλήσουν με μια φωνή για να προωθήσουν τον νέο τρόπο εργασίας (Shire, 2017).

Τα λάθη που μπορούν να κάνουν οι εταιρείες στο πρόγραμμα επιχειρησιακής αριστείας τους ξεκινούν με την λανθασμένη αντίληψη ότι η Επιχειρησιακή Αριστεία είναι απλώς μια άλλη προσέγγιση διαχείρισης επιχειρηματικών διαδικασιών, όπου επικεντρώνονται σε ένα συγκεκριμένο ζήτημα ή στόχο. Ενώ τα εργαλεία και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούν οι κοινές διαδικασίες μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλούς τομείς, συχνά δεν βελτιστοποιούν εξίσου όλους τους πυλώνες. Η επιχειρησιακή αριστεία πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αριστεία όλων των ενδιαφερόμενων μερών και όχι μόνο του πελάτη. Είναι μια συνεχής καθημερινή προσπάθεια για το καλύτερο, δεν αρκεί μόνο να είναι αρκετά καλό. Η αξιολόγηση της απόδοσης θα πρέπει να γίνεται με μετρήσιμες παραμέτρους ώστε να είναι ορατή η πορεία προς τον στόχο ικανοποιώντας πάντα τον πελάτη καθώς τελικός στόχος είναι η κερδοφορία (Miklovic, 2017).

Η επιτυχής επιχειρησιακή αριστεία εξαρτάται από τα δεδομένα: δεδομένα που καθορίζουν τις ανωμαλίες στις επιδόσεις και δεδομένα που θα αποτελέσουν τη βάση για την ιεράρχηση των βελτιώσεων (Mitchell, 2015). Η ψηφιοποίηση της παραγωγής και των επιχειρηματικών διαδικασιών και η ανάπτυξη εξυπνότερων μηχανών προσφέρει αύξηση της παραγωγικότητας, αποδοτικότητα των πόρων και μείωση των αποβλήτων (Tortorella, 2018). Η έλευση της Βιομηχανίας 4.0 βοηθάει στην επίτευξη του στόχου της λειτουργικής αριστείας βάζοντας στην καθημερινότητα της

βιομηχανίας πετρελαίου τις έννοιες του Βιομηχανικού Δικτύου των Πραγμάτων (IIoT). Οι προηγμένες αναλύσεις αποθηκευμένων δεδομένων σε δίκτυα cloud εισάγονται σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και ρυθμίζουν τις διεργασίες με στόχο το κέρδος και με γνώμονα την ασφάλεια στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Τα ψηφιακά δίδυμα αποτελούν μια δικλίδα ασφαλείας, μειώνοντας στο ελάχιστο το ρίσκο των αλλαγών σε μια εγκατάσταση που λειτουργεί και παράλληλα αριστοποιεί τις διεργασίες. Τεχνολογίες εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας δίνουν στον χειριστή και στον τεχνικό την απαραίτητη πληροφορία χωρίς πολλές φορές να χρειάζεται φυσική παρουσία στον χώρο, προστατεύοντας τους από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες μέχρι το πιθανό ατύχημα εν ώρα εργασίας. Με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών η καθημερινή λειτουργία και συντήρηση της επιχείρησης γίνεται με ακρίβεια, αποτελεσματικότητα και πάνω από όλα ασφάλεια γιατί ίσως και να αρκεί «ένα μόνο ατύχημα» για την ακύρωση του προγράμματος της λειτουργικής και επιχειρησιακής αριστείας.

## 5. Επίλογος

Η επιχειρησιακή αριστεία είναι η συστηματική εφαρμογή τεχνολογίας και ικανοτήτων, με γνώμονα τις επιχειρησιακές αρχές, για τη διασφάλιση και την διατήρηση ανώτερων αποτελεσμάτων (Shire, 2017).



Σχήμα 18. Οι Βασικοί πυλώνες του συστήματος (Miklovic, 2017)

Οι εταιρείες πρέπει να είναι ανοιχτές σε ριζικούς επαναπροσδιορισμούς για την εξεύρεση νέων, σημαντικών και βιώσιμων πηγών εσόδων. Οι σταδιακές προσαρμογές ή η οικοδόμηση κάτι νέου εκτός της βασικής δραστηριότητας αποτελεί ένα κρίσιμο πρώτο βήμα για τον ψηφιακό μετασχηματισμό. Αν αυτές οι πρωτοβουλίες δεν οδηγήσουν σε πιο βαθιές αλλαγές στην επιχείρηση και δεν αποφύγουν την αναδιοργάνωση του τρόπου με τον οποίο η επιχείρηση κερδίζει χρήματα, τα οφέλη θα να είναι εφήμερα και ασήμαντα.



**Λίστα Αναφορών**

Alcacer V., Cruz-Machado V. (2019), Scanning the industry 4.0: a literature review on technologies for manufacturing systems, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, **22**(3):899-919

API Energy (2018), *Rules to live by*, Digital Media, ανακτημένο στις 25/12/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.api.org](http://www.api.org)

Aramco (2017), *New kind of knowledge transfer*, ανακτημένο στις 14/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.aramco.com](http://www.aramco.com)

Aramco (2018), *Technology Development - Digitalization*, ανακτημένο στις 14/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.aramco.com](http://www.aramco.com)

Argall P , Sica R. (2002), LIDAR, *Encyclopedia of imaging Science and technology*, John Wiley & Sons Inc.

Berutti M. (2020), *Twins Key to Digital Transformation*, ανακτημένο στις 20/01/2022, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.efficientplantmag.com](http://www.efficientplantmag.com)

Blueprint (2021), *What is Intelligent Process Automation (IPA)? All You Need to Know*, ανακτημένο στις 16/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.blueprintsys.com](http://www.blueprintsys.com)

Booth A., Patel N., Smith M., (2020), *Digital Transformation in energy: Achieving escape Velocity* ,McKinsey & Company, ανακτημένο στις 12/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)

Bragança S., Costa E., Castellucci I., Arezes P. (2019), A Brief Overview of the Use of Collaborative Robots in Industry 4.0: Human Role and Safety, in *P.Arezes, J. Baptista, M. Barroso, P. Carneiro, P. Cordeiro, N. Costa, R. Melo , S. Miguel, G. Perestrelo (eds), Occupational and Environmental Safety and Health*, Springer : 641-650

Chaudhari S., Patel A. (2015), JIT Implements in manufacturing industry – A Review, *International Journal of Engineering Research and General Science*, **3**(4):706-709

Chellani J., Winter G., Alshaikh A. (2021), *Enhanced unit monitoring enabled by digital twin*, ανακτημένο στις 01/02/2022, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.hydrocarbonprocessing.com](http://www.hydrocarbonprocessing.com)

Chen J., Zhao P., Liang H., Tao M. (2014), A Multiple Attribute-based Decision Making model for autonomous vehicle in urban environment, *2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings*, :480-485

Chuprina R., Kovalenko O. (2020), *The Complete Guide to Predictive Maintenance with Machine Learning*, ανακτημένο στις 12/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [spd.group](http://spd.group)

Consultancy (2018), *Improving margins at oil refineries through operational excellence*. ανακτημένο στις 05/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.consultancy.uk](http://www.consultancy.uk)

Dias J., Khanna S., Paquette C., Rohr M., Seitz B., Singla A., Sood R., Ouwerkerk J. (2017), *Introducing the next-generation operating model*, McKinsey & Company, ανακτημένο στις 05/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com)

Dreany H., Roncace R., Young P. (2017), Safety engineering of computational cognitive architectures within safety critical systems, *Safety science*, **103**:1-11

Elsevier (2019), *Challenges in Achieving Operational Excellence in Refining & Petrochemicals*, R&D Solutions for Oil and Gas, ανακτημένο στις 30/11/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)

Emerson (2019), Refiner's Guide to digital transformation and top quartile performance, Emerson Electric Co., USA, ανακτημένο στις 01/12/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [go.emersonautomation.com](http://go.emersonautomation.com)

Emerson (2022), *How the Digital Twin Delivers on the PROMISE OF DIGITAL TRANSFORMATION*, Custom content for Emerson by Utility Dive's Brand Studio, ανακτημένο στις 20/01/2022 από τον δικτυακό τόπο: [www.emerson.com](http://www.emerson.com)

Estrin D., Girod L., Pottie G., Srivastava M. (2001), *Instrumenting the world with wireless sensor networks*. Published in 2001 IEEE International conference on acoustics speech and signal proceedings, ανακτημένο στις 20/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: <https://ieeexplore.ieee.org>

Fernandez-Vidal J., Gonzalez R., Gasco J., Llopis J. (2021), Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms, *Technological Forecasting and Social Change*, (174),121293

Flinchbaugh J., Carlino A., Pawley D. (2005). *The Hitchhiker's guide to lean: Lessons from the road*. Society of Manufacturing Engineers

Furda A., Vlacic L. (2011), Enabling Safe Autonomous Driving in Real-World City Traffic Using Multiple Criteria Decision Making, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*,3(1):4-17, ανακτημένο στις 10/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο <https://ieeexplore.ieee.org>

Fusko M., Rakyta M., Manlig F. (2017), Reducing of intralogistics costs of spare parts and material of implementation digitization in maintenance, *Procedia Engineering*, (192):213-218

Gai H., Beath J., Fang J., Lou H. (2020), Alternative emission monitoring technologies and industrial internet of things–based process monitoring technologies for achieving operational excellence, *Current Opinion in Green and Sustainable*

*Chemistry*, (23):31-37

Gajek A., Fabiano B., Laurent A., Jensen N. (2022), Process safety education of future employee 4.0 in Industry 4.0, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **75**,104691

García-Tadeo D., Reddy P., Suresh K. (2022), Comparing the impact of Internet of Things and cloud computing on organizational behavior: A survey, *Materials Today: Proceedings*,**51**(8):2281-2285

Ghobakhloo M. (2019), Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability, *Journal of Cleaner Production*, **252**,119869

Ghosh S., Hughes M., Hodgkinson I., Hughes P. (2021), Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach, *Technovation*, article in press

Gilchrist A. (2016), *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress Media, New York

Goldberg D., Lu Z., Streets D., De Foy B., Griffin D., McLinden C., Lamsal L., Krotkov N., Eskes H. (2019), Enhanced capabilities of TROPOMI NO<sub>2</sub>: estimating NO<sub>x</sub> from North American cities and power plants, *Environmental Science & Technology*, **53**(21):12594-12601

Goldratt E. (1992), *The goal: A process of ongoing improvement*, North River Press, USA

Gonfalonieri A. (2019), *How to Implement Machine Learning For Predictive Maintenance*, ανακτημένο στις 12/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [towardsdatascience.com](https://towardsdatascience.com)

Goswami R. (2019), *AR and VR can Solve many of Core Oil and Gas Challenges*, ανακτημένο στις 16/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.infosys.com](http://www.infosys.com)

Greeff G., Ghoshal R. (2004), *Practical E-Manufacturing and Supply Chain Management*, Elsevier

Hajizadeh Y. (2019), Machine learning in oil and gas; a SWOT analysis approach, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **176**:661-663

Hey R. (2017), *Performance Management for the Oil, Gas, and Process Industries. A systems approach*, Gulf

Huang J, Newell S. (2005), Knowledge integration processes and dynamics within the context of cross-functional projects, *International Journal of Project Management*, **21**(3):167-176

Issar G., Navon L. (2016), *Operational Excellence: A Concise Guide to Basic Concepts and Their Application*, Springer, Switzerland

Jaber A, Bicker R. (2016), Fault diagnosis of industrial robot bearings based on discrete wavelet transform and artificial neural network, *International Journal of Prognostics and Health Management*, **7**(2):13

Jacoby D. (2012), *Optimal supply chain management in oil, gas, and power generation*, PennWell, USA

Kazim F. (2019), Digital Transformation and Leadership Style: A Multiple Case Study, *The ISM Journal of International Business*, **3**(1):24-33

Kbc (2018), *KBC VIEWPOINT: Is the maintenance function in need of some function?*, ανακτημένο στις 25/01/2022, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Kbc (2020a), *Buy time, Digitize and Transition*, ανακτημένο στις 08/12/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Kbc (2020b), *ENHANCED MOLECULAR MANAGEMENT For Integrated Refinery Petrochemicals Complexes Using the Digital Twin*, ανακτημένο στις 04/12/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Kbc (2021a), *Operational Excellence in Refining and Petrochemicals: Trends, Developments and Solutions affecting operations and leaders*, ανακτημένο στις 25/11/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο : [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Kbc (2021b), *Digitally Managing Energy Costs and Decarbonization*, ανακτημένο στις 01/12/2021, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Kelder M. (2019), *Why do I need IIoT?*, ανακτημένο στις 25/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.yokogawa.com](http://www.yokogawa.com)

Klein L., Ramachandran M., Kessel T., Nair D., Hinds N., Hamann H., Sosa N. (2018), Wireless sensor networks for fugitive methane emissions monitoring in oil and gas industry, *2018 IEEE International Congress on Internet of Things (ICIOT)*:41-48

Lane N., Bhattacharya S., Georgiev P., Forlivesi C., Kawsar F. (2015), An early resource characterization of deep learning on wearables, smartphones and Internet-of-things devices, *Proceedings of the 2015 international workshop on internet of things towards applications*:7-12

Lasi H., Fettke P., Feld T., Hoffmann M. (2014), Industry 4.0, *Business & Information Systems Engineering*, **6**:239–242

Marmier F., Deniaud I., Rasovska I., Michalak J. (2021), Towards a proactive vision of the training for the 4.0 industry. From the required skills diagnostic to the training

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής      Λειτουργική Αριστεία στην Βιομηχανία  
πετρελαίου κ πετροχημικών  
of employees, *IFAC-PapersOnLine*, **54**(1):1144-1149

Masaaki I. (2012), *Gemba Kaizen: A commonsense approach to a continuous improvement strategy*, McGraw-Hill

McCreery J., Phillips E., Cigala F. (2013), *Operational excellence: The imperative for oil and gas companies*, Bain & Company, ανακτημένο στις 30/01/2022, διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.bain.com](http://www.bain.com)

Microsoft (2021), *What is the Team Data Science Process?*, ανακτημένο στις 15/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [docs.microsoft.com](https://docs.microsoft.com)

Miklovic D. (2017), *5 Mistakes Companies Make In Their Operational Excellence Program*, ανακτημένο στις 30/01/2022 από το δικτυακό τόπο: [blog.insresearch.com](http://blog.insresearch.com)

Mitchell J. (2015), *Operational Excellence, Journey to Creating Sustainable Value*, John Wiley & Sons, New Jersey

Nandakumar N., Saleeshya P., Harikumar P. (2020), Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology, *Materials Today: Proceedings*, **24**(2):1217-1224

Ngereja J., Hussein B. (2021), Employee learning in the digitalization context: An evaluation from team members' and project managers' perspectives, *Procedia Computer Science*, **196**:902-909

Nijhof W., Jong M., Beukhof G. (1998), Employee commitment in changing organizations: an exploration, *Journal of European industrial training*, **22**(6):243-248

Nolan D., Anderson E. (2015), *Applied Operational Excellence for the Oil, Gas and Process Industries*, Gulf, USA

Raithankar A. (2019), Digital Transformation of chemical manufacturing plants, *Chemical Engineering World*, ανακτημένο στις 01/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.emerson.com](http://www.emerson.com)

Palange A., Dhattrak P. (2021), Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing, *Materials Today: Proceedings*, **46**(1):729-736

Palensky P., Cvetkovic M., Gusain D., Joseph A. (2021), Digital twins and their use in future power systems, *Digital Twin 2021*, **1**(4):1-14

Pecht M. (2008), *Prognostics and health Management of Electronics*, John Wiley & Sons, New Jersey

Popkova E., Ragulina Y., Bogoviz A. (2019), *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*, Springer, Switzerland

Ramachandran K., Apsara M., Hawladarv S., Assok D., Bhaskar B., Pitroda J. (2022), Machine learning and role of artificial intelligence in optimizing work performance and employee behavior, *Materials Today: Proceeding*, **51**(8):2327-2331

Ribeiro J., Lima R., Eckhardt T., Paiva S. (2021), Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review, *Procedia Computer Science*, **181**:51–58

Ruiz D., Shah V. (2019), *How to implement site -wide energy Real-time optimization using a digital twin*, ανακτημένο στις 08/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Sendler U. (2016), *The Internet of Things - Industrie 4.0 Unleashed*, Springer, Germany



Shell, *Augmented reality (AR) & Virtual reality (VR)*, ανακτημένο στις 10/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.shell.com](http://www.shell.com)

Sheth A., Srivastava B., Michahelles F.(2018), IoT-enhanced human experience, *IEEE Internet computing*, **22**(1):4-7, ανακτημένο στις 27/02/2022, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [corescholar.libraries.wright.edu/](http://corescholar.libraries.wright.edu/)

Shire T. (2018), *Addressing the importance of energy efficiency*, ανακτημένο στις 05/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Shire T., Isch J. (2017), *The hallmarks of operational excellence in the energy and chemical industry*, ανακτημένο στις 27/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.kbc.global](http://www.kbc.global)

Sigrist M., Winefordner J., Kolthoff M. (1994), *Air monitoring by spectroscopic techniques*, John Wiley & Sons, New York

Sircar A., Yadav K., Rayavarapu K., Bist N., Oza H. (2021), Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry, *Petroleum Research*, **6**(4):379-391

Syed R., Suriadi S., Adams M., Bandara W., Leemans W., Ouyang C., Hofstede A., Weerd I., Wynn M., Reijers H. (2019), Robotic Process Automation: Contemporary themes and challenges, *Computers in Industry*, **115**,103162

Tandon G. (2020), *BPA vs. RPA: How Are They Similar, How Are They Different?*, ανακτημένο στις 18/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.cmswire.com](http://www.cmswire.com)

Tarantola S., Wald S., Zhovtyak E. (2018), External emergency response plans: best practices and suggested guidelines, *JRC Technical Reports*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, διαθέσιμο στον ιστότοπο:

Teledyne FLIR (2015), *Infrared Camera for Methane and VOC Detection FLIR GF320*, ανακτημένο στις 15/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.flir.eu](http://www.flir.eu)

Tortorella G., Fettermann D. (2018), Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies, *International Journal of Production Research*, **56**(8):2975-2987, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)

TwI-global (2022), What is digital twin technology and how does it work?, ανακτημένο στις 11/01/2022 από τον δικτυακό τόπο: [www.twi-global.com](http://www.twi-global.com)

Τα Νέα Team (2020), *Τεχνητή Νοημοσύνη : Τα επιτεύγματα, οι φόβοι, τα ερωτήματα*, ανακτημένο στις 06/02/2022 από τον δικτυακό τόπο: [www.tanea.gr](http://www.tanea.gr)

Τσολάκης Θ. (2021α), *Διάλεξη 5, Μέρος 1 : Μέθοδοι ανάλυσης κινδύνων διεργασιών 2, FMEA FTA HAZOP* [Πανεπιστημιακές σημειώσεις], Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Χειμερινό Εξάμηνο 2021-2022, Αθήνα

Τσολάκης Θ. (2021β), *Διάλεξη 5, Μέρος 2 : Πίνακας Αξιολόγησης Κινδύνου* [Πανεπιστημιακές σημειώσεις], Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Χειμερινό Εξάμηνο 2021-2022, Αθήνα

Τσολάκης Θ., Καβαθάς Γ. (2021γ), *Διάλεξη 9: Νομοθεσία σχετικά με τον έλεγχο των μεγάλων κινδύνων. Οι απαιτήσεις της οδηγίας SEVESO. Μελέτες ασφάλειας & Συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας* [Πανεπιστημιακές σημειώσεις], Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Χειμερινό Εξάμηνο 2021-2022, Αθήνα

Τσολάκης Θ., Καβαθάς Γ. (2021δ), *Διάλεξη 11: Στοιχεία διερεύνησης περιστατικών, Πίνακας αξιολόγησης κινδύνου περιστατικού (IRAM)*[Πανεπιστημιακές σημειώσεις], Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Χειμερινό

Εξάμηνο 2021-2022, Αθήνα

US EPA (2005), Measurement and monitoring technologies for the 21st century, *Solid Waste and Emergency Response*, United States Environmental Protection Agency

Ustundag A., Cevikcan E. (2018), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*, Springer, Switzerland

Vagaš M., Semjon J., Baláž V., Varga J. (2014), Methodology for the vibration measurement and evaluation on the industrial robot KUKA, *2014 23rd International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD)* :1-6

Wilson C. (2017), *The Tangled Web of LDAR Requirements for the Oil and Gas Industry*, ανακτημένο στις 08/12/2021 από τον δικτυακό τόπο: [www.trinityconsultants.com](http://www.trinityconsultants.com)

Wisetsri W., Franklin J., Prasad A., Garg S., Mohiddin K., Bhaskar B. (2021), Analysing the importance and impact of cloud computing on organization's performance management during economic crises, *Materials Today: Proceedings*, article in press

Wolf M., Semm A., Erfurth C. (2018), Digital Transformation in Companies - Challenges and Success Factors, *Innovations for Community Services*:178-193, ανακτημένο στις 30/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Zurek A. (2020), *What IIoT and Predictive Analytics Mean for the Fluid Motion Industry*, Flowserve Corporation, Texas, ανακτημένο στις 17/12/2021, διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [flowserve.widen.net](http://flowserve.widen.net)