



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου σε φωτοβολταϊκούς
σταθμούς με τη μέθοδο HAZOP (Hazard and Operability Study)»**

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ
ΤΖΕΒΕΛΕΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗ
ΜΑΡΧΑΒΙΛΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024**

© Το παρόν διπλωματικό έργο προέκυψε ως αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου (ΕΑΠ) και του φοιτητή Γεώργιου Τζεβελέκου, στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Διαχείρισης Τεχνικών Έργων. Και τα δύο μέρη έχουν το δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν και να αναπαράγουν το έργο αυτό, είτε ολικά είτε μερικώς, για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, κάνοντας πάντα αναφορά στον τίτλο, τον συγγραφέα, το ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε το έργο, καθώς και στον επιβλέποντα και την επιτροπή κρίσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση και αξιολόγηση του επαγγελματικού κινδύνου που συνδέεται με τη λειτουργία φωτοβολταϊκών σταθμών, με χρήση της εφαρμογής της μεθόδου HAZOP – (Hazard and Operability Study).

Στην αρχή της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα πραγματοποιηθεί σύγκριση με άλλες διαδεδομένες τεχνικές εκτίμησης κινδύνου, βάσει του πρότυπου ISO/IEC 31010:2019. Η HAZOP θεωρείται ως μια από τις πλέον κατάλληλες τεχνικές εκτίμησης κινδύνου για τον εντοπισμό πιθανών αστοχιών και κινδύνων στη λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Η ανάλυση HAZOP προχωρά μέσα από προσεκτικά οργανωμένα βήματα, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας, της εξέτασης και της τεκμηρίωσης των ανιχνευμένων κινδύνων. Κατά τη διαδικασία αυτή, γίνεται προσεκτική ανάλυση των διαφόρων στοιχείων του συστήματος, με στόχο την πιθανή εντοπισμό και αντιμετώπιση των πιθανών κινδύνων λειτουργίας.

Επιπλέον, παρουσιάζεται μια ενδεικτική μελέτη περίπτωσης που εφαρμόστηκε σε έναν συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό σταθμό επί εδάφους. Αυτή η περίπτωση μελέτης αναλύει την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου HAZOP σε πραγματικό περιβάλλον και παρέχει σημαντικά δεδομένα για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Τα συμπεράσματα και οι προτάσεις που προκύπτουν από αυτήν τη μελέτη επισημαίνουν τη σημασία της ανάλυσης κινδύνου στον τομέα της φωτοβολταϊκής ενέργειας και προτείνουν συγκεκριμένα μέτρα για την αποτελεσματική διαχείριση των εντοπισμένων κινδύνων και την αύξηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Λέξεις-Κλειδιά: Κίνδυνος, Διαχείριση Κινδύνου, HAZOP, Ποιοτική Ανάλυση, Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου, Εργασίες σε Φωτοβολταϊκούς σταθμούς

ABSTRACT

The present thesis focuses on the analysis and evaluation of occupational risk associated with the operation of photovoltaic stations, using the Hazard and Operability Study (HAZOP) method.

At the outset of this thesis, a comparison will be made with other widely used risk assessment techniques, based on the ISO/IEC 31010:2019 standard. HAZOP is considered one of the most suitable risk assessment techniques for identifying potential failures and hazards in the operation of facilities.

The HAZOP analysis proceeds through carefully organized steps, including preparation, examination, and documentation of identified risks. During this process, a thorough analysis of various system elements is conducted, aiming to identify and address potential operational risks.

Additionally, an indicative case study applied to a specific ground-mounted photovoltaic station is presented. This case study analyzes the practical application of the HAZOP method in a real-world environment and provides significant data to evaluate the effectiveness of the method.

The conclusions and recommendations resulting from this study highlight the importance of risk analysis in the field of photovoltaic energy and propose specific measures for effectively managing identified risks and enhancing the safety and reliability of photovoltaic installations.

Keywords: Risk, Risk Management, HAZOP, Qualitative Analysis, Occupational Risk Assessment, Photovoltaic Installations

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας	8
1.2 Σκοπός και ζητούμενα της Διπλωματικής Εργασίας.....	8
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	9
2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟ ISO/IEC 31010 2019	10
2.1 Εισαγωγή.	10
2.2. Λίστες Ελέγχου – Κατηγοριοποιήσεις και Ταξινομίες.	11
2.2.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ	11
2.2.2. Χρήση – Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ	12
2.2.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ	13
2.2.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ.....	13
2.3. Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών και Επιπτώσεων (FMEA) – Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών, Επιπτώσεων και Κρισιμότητας (FMECA).....	14
2.3.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA).....	14
2.3.2. Χρήση – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA).....	14
2.3.2. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA).....	15
2.3.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA).....	15
2.4. Ανάλυση Σεναρίων.....	16
2.4.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	16
2.4.2. Χρήση – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	16

2.4.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	17
2.4.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	17
2.5. Μέθοδος SWIFT (Structured What If Technique).....	18
2.5.1. Επισκόπηση - Μέθοδος SWIFT.....	18
2.5.2. Χρήση – Μέθοδος SWIFT.....	18
2.5.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος SWIFT	19
2.5.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος SWIFT	19
2.6. Μέθοδος HAZOP (Hazard And Operability Study).	20
2.6.1. Επισκόπηση - Μέθοδος HAZOP	20
2.6.2. Χρήση – Μέθοδος HAZOP	20
2.6.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος HAZOP	21
2.6.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος HAZOP	21
2.7. Αξιολόγηση μεθόδων - Επιλογή HAZOP.	22
3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (HAZOP) ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC 61882:2019	23
3.1 Εισαγωγή.	23
3.1.1 Η έννοια της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP).....	23
3.1.2 Ιστορία της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP)	23
3.1.3 Το πρότυπο IEC 61882:2019	24
3.1.4 Συμπεράσματα.....	24
3.2 Βασικά χαρακτηριστικά της μελέτης HAZOP.	25
3.2.1 Γενικά.....	25
3.2.2 Αρχές εξέτασης.....	26
3.3 Απεικόνιση του σχεδιασμού της μελέτης HAZOP.....	28
3.3.1 Γενικά.....	28
3.3.2 Απαιτήσεις σχεδιασμού και σχεδιαστική πρόθεση	29
3.4 Εφαρμογές της μελέτης HAZOP.....	30
3.4.1 Απαιτήσεις σχεδιασμού και σχεδιαστική πρόθεση	30
3.4.2 Συνδυασμός με άλλες μεθόδους τεχνικής εκτίμησης κινδύνου.....	31
3.4.3 Περιορισμοί της μελέτης HAZOP	32
3.4.4 Μελέτη αναγνώρισης κινδύνων κατά τα διάφορα στάδια κύκλου ζωής του συστήματος.....	33
3.5 Η διαδικασία της μελέτης HAZOP.....	35
3.5.1 Γενικά.....	35
3.5.2 Ορισμοί	36
3.5.3 Προετοιμασία	38
3.5.4 Συλλογή δεδομένων και τεκμηρίωση.....	40

3.5.5	Ορισμός λέξεων οδηγών και αποκλίσεων	41
3.5.6	Εξέταση	42
3.5.7	Τεκμηρίωση και παρακολούθηση	46
4.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ HAZOP ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΕΠΙ ΕΛΑΦΟΥΣ	50
4.1	Περιγραφή της εγκατάστασης	50
4.2	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	50
4.3	Βάσεις στήριξης	52
4.4	Αντιστροφείς (Inverter).....	54
4.5	Υποσταθμός Χαμηλής τάσης (XT) /Μέσης τάσης (MT)	56
4.5.1	Χώρος Γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης (Medium Voltage Room)	57
4.5.2	Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος (Transformer Room).....	58
4.5.3	Χώρος Γενικού πίνακα Μέσης Τάσης (Medium Voltage Room)	61
4.6	Σύστημα Γείωσης-Ισοδυναμικές Γειώσεις.....	63
4.7	Καλωδιώσεις	64
5.	ΜΕΛΕΤΗ HAZOP ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΕΠΙ ΕΛΑΦΟΥΣ	65
5.1	Μεθοδολογία Μελέτης HAZOP.	65
5.2	Φύλλα εργασίας της Μελέτης HAZOP.....	74
5.2.1	Υποσύστημα Διασύνδεσης με το δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ.....	74
5.2.2	Υποσύστημα Διασύνδεσης με το δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ.....	77
5.2.3	Υποσύστημα Χώρου Μετασχηματιστή Ισχύος	80
5.2.4	Υποσύστημα Χώρου Χαμηλής Τάσης.....	84
5.2.5	Υποσύστημα Αντιστροφέων.....	88
5.2.6	Υποσύστημα Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών.....	92
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	93
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	97

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών "Διαχείριση Τεχνικών Έργων" του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου και αφορά την εκτίμηση του επαγγελματικού κινδύνου σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής ενός συστήματος διαχείρισης κινδύνων, Hazard and Operability Study, το οποίο υιοθετεί μία συστηματική μεθοδολογία προκειμένου να εντοπίσει, να αναλύσει και να αξιολογήσει τους κινδύνους που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν τα εν λόγω συστήματα.

1.2 Σκοπός και ζητούμενα της Διπλωματικής Εργασίας

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας με τον τίτλο "Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς με τη μέθοδο HAZOP" είναι να πραγματοποιηθεί διερεύνηση καθώς και η αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με τη λειτουργία φωτοβολταϊκών σταθμών, καθώς και η πρόταση προληπτικών μέτρων για την εξάλειψη ή μείωση αυτών των κινδύνων.

Τα κύρια ζητήματα που θα επιδιώξουμε να αναλύσουμε στην συνέχεια της Διπλωματικής Εργασίας είναι :

1.Αναγνώριση Κινδύνων: Ανάλυση του εξοπλισμού, των διεργασιών και των λειτουργιών των φωτοβολταϊκών σταθμών με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια και τη λειτουργία.

2.Αξιολόγηση Κινδύνων: Αξιολόγηση της σοβαρότητας και της πιθανότητας εκδήλωσης κινδύνων, καθώς και των πιθανών επιπτώσεων στην ασφάλεια, το περιβάλλον και τη λειτουργία του σταθμού.

3.Εφαρμογή Μεθόδου HAZOP: Εφαρμογή της μεθόδου HAZOP για τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των κινδύνων σε διάφορες λειτουργίες και διαδικασίες των φωτοβολταϊκών σταθμών.

4.Προτάσεις για Βελτίωση: Ανάπτυξη συστάσεων και προτάσεων για την ενίσχυση της ασφάλειας και της πρόληψης κινδύνων, με βάση τα ευρήματα της ανάλυσης

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία θα αναπτυχθεί σε 6 κεφάλαια .

Ξεκινώντας στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση στο τι θα διαπραγματευτεί το αντικείμενο της εργασίας, θα αναλυθεί ο σκοπός και τα ζητούμενα του αντικειμένου της εργασίας και στο τέλος θα γίνει μια περιγραφή της συνολικής δομής της διπλωματικής εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει μια σύγκριση των τεχνικών εκτίμησης κινδύνων με βάση το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 31010 2019. Θα αναλυθούν οι τεχνικές «Λίστες ελέγχου (Check List), What – IF, Δέντρο αστοχιών (Fault Tree) , Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) και Hazard and Operability Study (HAZOP) με σκοπό να γίνει μια ανάλυση για ποιους λόγους επιλέχθηκε η μέθοδος HAZOP σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους.

Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο θα πραγματοποιήσουμε μια ανάλυση της προτεινόμενης μεθόδου σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61882:2019. Θα γίνει αναφορά γενικά και ιστορικά στην μέθοδο HAZOP, θα γίνει αναφορά και ανάπτυξη στην μεθοδολογία, στους ορισμούς, στην προετοιμασία, στην εξέταση και στο τέλος στην τεκμηρίωση και στη παρακολούθηση της μεθόδου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση της περίπτωσης που στην περίπτωσή μας είναι οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους. Θα γίνει μια περιγραφή μια τυπικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και θα γίνει ανάλυση των διάφορων διατάξεων που διέπουν την συγκεκριμένη εγκατάσταση. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει προσπάθεια να πραγματοποιηθεί η εκπόνηση της μελέτης βασισμένη στην μέθοδο HAZOP για την παραπάνω εγκατάσταση.

Στο τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα συμπεράσματα της εργασίας και θα γίνουν οι οποίες προτάσεις προκύψουν για μελλοντική έρευνα.

2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟ ISO/IEC 31010 2019

2.1 Εισαγωγή.

Το Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 αποτελεί ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών για την αξιολόγηση κινδύνων σε διάφορους τομείς, όπως η επιχειρηματική διαχείριση, οι χρηματοοικονομικές δραστηριότητες, η ασφάλεια, ο τομέας της κατασκευής κ.α. Το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 παρέχει ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη και την εφαρμογή μεθόδων αξιολόγησης κινδύνων με σκοπό τη μείωση των αβεβαιοτήτων και τη βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Επίσης προσφέρει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων αξιολόγησης κινδύνων, όπως η ανάλυση πιθανότητας και επιπτώσεων, η ανάλυση προβλεπόμενων απωλειών, οι τεχνικές που βασίζονται στην εμπειρία και οι τεχνικές που βασίζονται σε μοντέλα. Αυτές οι μέθοδοι επιτρέπουν στις οργανώσεις να αναγνωρίζουν, να αξιολογούν και να διαχειρίζονται τους κινδύνους που επηρεάζουν τη λειτουργία τους.

Κάθε μέθοδος που προτείνεται στο Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και προσφέρει μια προσεκτική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των κινδύνων. Το πρότυπο επιτρέπει στις οργανώσεις ή τις επιχειρήσεις να επιλέξουν τη μέθοδο που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες και τις προτεραιότητές τους.

Συνολικά, το Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τις οργανώσεις ή τις επιχειρήσεις που επιθυμούν να διαχειριστούν τους κινδύνους τους με πιο συστηματικό και αποτελεσματικό τρόπο, παρέχοντάς τους την απαραίτητη δομή και τα εργαλεία για να επιτύχουν αυτόν τον στόχο.

Ο σκοπός των τεχνικών εκτίμησης κινδύνων που βρίσκουμε στο Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 είναι η αναγνώριση, η αξιολόγηση και η διαχείριση των πιθανών κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν έναν οργανισμό, μια επιχείρηση, ένα έργο ή μια διαδικασία. Αυτές οι τεχνικές βοηθούν τους οργανισμούς ή τις επιχειρήσεις να κατανοήσουν και να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους με πιο συστηματικό και δομημένο τρόπο. Συγκεκριμένα, τα κύρια οφέλη των τεχνικών εκτίμησης κινδύνων είναι τα εξής:

- **Αναγνώριση Κινδύνων:** Οι τεχνικές εκτίμησης κινδύνων βοηθούν στο να αναδειχθούν οι πιθανοί κίνδυνοι που μπορεί να αντιμετωπίσει ένας οργανισμός, μια επιχείρηση, ένα έργο ή μια διαδικασία. Η αναγνώριση αυτών των κινδύνων τους επιτρέπει να είναι προετοιμασμένοι για τις πιθανές απειλές και να λάβει τα αναγκαία μέτρα προστασίας.

- **Αξιολόγηση Κινδύνων:** Με τη χρήση τεχνικών εκτίμησης κινδύνων, οι οργανισμοί ή οι επιχειρήσεις να μπορούν να αξιολογήσουν την πιθανότητα εκδήλωσης κάθε κινδύνου καθώς και το πιθανό αντίκτυπο από αυτή. Αυτό τους επιτρέπει να κατανοήσουν το βαθμό κινδύνου και να προετοιμαστούν ώστε να αντιμετωπίσουν με προτεραιότητά τις καταστάσεις που μπορεί να έχουν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις.
- **Λήψη Αποφάσεων:** Οι τεχνικές εκτίμησης κινδύνων παρέχουν σε αυτούς που είναι επιβαρυνμένοι με την λήψη αποφάσεων την απαραίτητη πληροφόρηση και ανάλυση για να λάβουν της απαραίτητες αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση των κινδύνων και την εφαρμογή αντίστοιχων μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης.
- **Βελτίωση της Αποτελεσματικότητας:** Μέσω της διαρκούς αξιολόγησης και διαχείρισης κινδύνων, οι οργανισμοί μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών τους, να μειώσουν την πιθανότητα εμφάνισης αρνητικών συμβάντων και να προσαρμοστούν κατάλληλα σε αβεβαιότητες και αλλαγές.

Παρακάτω ακολουθεί μια παρουσίαση των τεχνικών που αφορά την αναγνώριση των πιθανών κινδύνων που αναφέρονται στο Διεθνές Πρότυπο ISO/IEC 31010:2019 που μπορούν να εμφανιστούν σε έναν οργανισμό, μια επιχείρηση, ένα έργο ή μια διαδικασία.

2.2. Λίστες Ελέγχου – Κατηγοριοποιήσεις και Ταξινομίες.

2.2.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ

Οι λίστες ελέγχου, οι κατηγοριοποιήσεις και οι ταξινομίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατά την αξιολόγηση κινδύνου σε ποικίλους τομείς, όπως για να βοηθήσουν στην κατανόηση του πλαισίου, τον εντοπισμό κινδύνων και την ομαδοποίησή τους για ανάλυση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαχείριση κινδύνου, για παράδειγμα για την κατηγοριοποίηση ελέγχων και αντιμετώπισεων πιθανών κινδύνων που προκύπτουν, στον καθορισμό ευθυνών και αρμοδιοτήτων, ή την αναφορά και επικοινωνία των κινδύνων. Μια λίστα ελέγχου μπορεί να βασίζεται σε εμπειρίες από παλαιότερες αποτυχίες και επιτυχίες, ενώ επίσης μπορούν να αναπτυχθούν τυπολογίες κινδύνων και ταξινομίες για να οργανωθούν οι κίνδυνοι βάσει κοινών χαρακτηριστικών. Τόσο οι κατηγοριοποιήσεις όσο και οι ταξινομίες μπορούν να είναι ιεραρχικές, επιτρέποντας την κατάλληλη οργάνωση και την αποδοτική ανάλυση των κινδύνων

2.2.2. Χρήση – Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ

Οι λίστες ελέγχου, οι κατηγοριοποιήσεις και οι ταξινομίες μπορούν να σχεδιαστούν για να εφαρμόζονται σε επίπεδο στρατηγικής ή λειτουργικότητας. Η εφαρμογή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ερωτηματολογίων, συνεντεύξεων, δομημένων εργαστηρίων ή συνδυασμών όλων των παραπάνω, είτε δια ζώσης είτε απομακρυσμένα με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Παραδείγματα κοινών καταλόγων ελέγχου, ταξινομήσεων ή ταξινομιών που χρησιμοποιούνται σε στρατηγικό επίπεδο περιλαμβάνουν τα εξής.

- Η **SWOT** (Δυνατά σημεία, Αδυναμίες, Ευκαιρίες και Απειλές) αναγνωρίζει παράγοντες στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον για να βοηθήσει στον καθορισμό στόχων και στρατηγικών, λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο.
- Οι **PESTLE, STEEP, STEEPLED** κλπ. είναι ακρώνυμα που αντιπροσωπεύουν τύπους παραγόντων προς εξέταση κατά τον καθορισμό πλαισίου ή αναγνώριση κινδύνων.
- Μπορούν να επιλεγούν κατηγορίες που είναι σχετικές με την συγκεκριμένη κατάσταση και να αναπτυχθούν λίστες ελέγχου για παραδείγματα κάθε κατηγορίας.

Σε επίπεδο λειτουργίας, οι λίστες ελέγχου κινδύνου χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση κινδύνων στις αναλύσεις **HAZID** και αρχικής ανάλυσης κινδύνου (**PHA**). Αυτές είναι προκαταρκτικές αξιολογήσεις κινδύνου ασφάλειας που συνήθως πραγματοποιούνται στο νωρίς στο στάδιο σχεδιασμού ενός έργου.

Οι γενικές κατηγοριοποιήσεις κινδύνου περιλαμβάνουν:

- Ανά πηγή κινδύνου: τιμές αγοράς, προεπιλεγμένος αντίπαλος, απάτη, κίνδυνοι ασφάλειας κλπ.
- Ανά συνέπεια, πτυχές ή διαστάσεις στόχων ή επίδοσης.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκαθορισμένες κατηγορίες κινδύνου για να μπορέσει να γίνει πιο εύκολη η καθοδήγηση της σκέψης σχετικά με τον κίνδυνο σε μία πιο ευρεία περιοχή θεμάτων, αλλά θα είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί ότι οι κατηγορίες θα είναι αρκετά συνεκτικές και από υποδιαίρεση του κινδύνου με προκαθορισμένο τρόπο, η σκέψη μπορεί να κατευθυνθεί σε συγκεκριμένες γραμμές με αποτέλεσμα σημαντικές πτυχές του κινδύνου να παραλειφθούν.

Γενικά, όσο πιο συγκεκριμένη είναι μια λίστα ελέγχου, τόσο πιο περιορισμένη είναι η χρήση της. Οι λέξεις που παρέχουν γενικές υποδείξεις ενθαρρύνουν συνήθως τη δημιουργικότητα κατά την αναγνώριση κινδύνου.

2.2.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ

Για να δημιουργηθεί μια λίστα ελέγχου λαμβάνονται ως είσοδοι (inputs), δεδομένα ή μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία έγκυρων λιστών ελέγχου, ταξινομιών ή κατηγοριοποιήσεων. Στη συνέχεια, παράγονται διάφορα αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένων των λιστών ελέγχου (Checklist Analysis), των υποδείξεων ή των κατηγοριών και σχημάτων οργάνωσης. Τέλος παρέχεται μια κατανόηση του κινδύνου μέσω της χρήσης αυτών των αποτελεσμάτων, συμπεριλαμβανομένων πιθανών λιστών κινδύνων και ομαδοποιήσεων των κινδύνων.

2.2.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΙΕΣ

Τα πλεονεκτήματα των λιστών ελέγχου, των ταξινομιών και των κατηγοριοποιήσεων είναι :

- Μπορούν και προωθούν την κοινή κατανόηση του κινδύνου μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών
- Όταν είναι πλήρως σχεδιασμένα, συγκεντρώνουν ευρεία επιτυχία εμπειρογνωμοσύνη σε ένα εύκολο στη χρήση σύστημα για τους μη ειδικούς.
- Μόλις αναπτυχθούν, απαιτούν ελάχιστη εξειδικευμένη εμπειρογνωμοσύνη.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Η χρήση τους είναι περιορισμένη σε νέες καταστάσεις όπου δεν υπάρχει σχετική ιστορία ή σε περιπτώσεις που διαφέρουν από αυτές για τις οποίες αναπτύχθηκαν.
- Αντιμετωπίζουν αυτό που είναι ήδη γνωστό ή υπάρχει περίπτωση να συμβεί.
- Συχνά είναι γενικευμένα και ενδέχεται να μην εφαρμόζονται στις συγκεκριμένες συνθήκες που εξετάζονται.
- Η πολυπλοκότητα μπορεί να δυσκολέψει τον εντοπισμό των σχέσεων.
- Η έλλειψη πληροφοριών μπορεί να οδηγήσει σε επικαλύψεις ή κενά.
- Μπορεί να ενθαρρύνουν τον τύπο συμπεριφοράς "τσεκάρισμα του κουτιού" αντί να εμβαθύνουν στην διερεύνηση του προβλήματος

2.3. Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών και Επιπτώσεων (FMEA) – Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών, Επιπτώσεων και Κρισιμότητας (FMECA)

2.3.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA)

Με την τεχνική ανάλυσης κινδύνου, Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών και επιπτώσεων (FMEA), μια ομάδα διαχωρίζει ένα σύστημα ή μια διαδικασία σε μικρότερα στοιχεία και εξετάζει τις πιθανές αποτυχίες, τις αιτίες τους και τις επιπτώσεις τους για κάθε ένα από αυτά. Μετά την FMEA, μπορεί να ακολουθήσει η Ανάλυση Τύπων Αποτυχιών, Επιπτώσεων και Κρισιμότητας (FMECA), η οποία καθορίζει τη σημασία κάθε τύπου αποτυχίας.

Για κάθε στοιχείο που αναλύεται, καταγράφονται:

- Η λειτουργία του.
- Οι πιθανοί τύποι αποτυχιών.
- Οι μηχανισμοί που μπορούν να προκαλέσουν τέτοιες αποτυχίες.
- Οι επιπτώσεις αν η αποτυχία συμβεί.
- Εάν η αποτυχία είναι αβλαβής ή επιβλαβής.
- Πώς και πότε η αποτυχία μπορεί να ανιχνευθεί.
- Οι υφιστάμενες προβλέψεις που υπάρχουν για να αντισταθμιστεί η αποτυχία.

Στην FMECA, η ομάδα αξιολογεί τη σοβαρότητα κάθε τύπου αποτυχίας. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους, όπως ποιοτική, ημι-ποσοτική ή ποσοτική αξιολόγηση των συνεπειών και πιθανότητα εκδήλωσης αυτών, ή με τον αριθμό προτεραιότητας κινδύνου.

2.3.2. Χρήση – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA)

Η διαδικασία της ανάλυσης τύπων αποτυχιών (FMEA) ή της ανάλυσης τύπων αποτυχιών, επιπτώσεων και κρισιμότητας (FMECA) μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της παραγωγής ή της λειτουργίας ενός φυσικού συστήματος με σκοπό τη βελτίωση του σχεδιασμού ή την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών σχεδιασμών. Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί σε διαδικασίες και διαδικασίες, όπως ιατρικές επεμβάσεις ή διαδικασίες κατασκευής. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε επίπεδο ανάλυσης ενός συστήματος, από γενικά διαγράμματα μέχρι λεπτομερείς περιγραφές συστατικών ή βημάτων διαδικασίας.

Επιπλέον, η διαδικασία FMEA μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή πληροφοριών για άλλες τεχνικές ανάλυσης, όπως η ανάλυση δέντρου αποτυχιών, και μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία για την ανάλυση των αιτίων ενός προβλήματος.

2.3.2. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA)

Η μεθοδολογία για την μέθοδο FMEA/FMECA αποτελεί ένα σύνολο διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των τύπων αποτυχιών, των επιπτώσεων και της κρισιμότητας τους σε ένα σύστημα. Η μεθοδολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της κατασκευής ή της λειτουργίας του φυσικού συστήματος. Ακόμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαδικασίες όπως ιατρικές επεμβάσεις ή διαδικασίες κατασκευής.

Η διαδικασία ξεκινά με τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με το σύστημα που θα αναλυθεί, συμπεριλαμβανομένων σχεδίων, διαγραμμάτων ροής και ιστορικών πληροφοριών αποτυχιών. Έπειτα, οι ειδικευμένοι αναλυτές αναλύουν κάθε στοιχείο του συστήματος για να προβλέψουν τους πιθανούς τρόπους αποτυχίας, τις αιτίες και τις επιπτώσεις τους.

Στη συνέχεια, ανάλογα με το αν επιλέγεται η FMECA, κάθε τύπος αποτυχίας κρίνεται ως προς την κρισιμότητά του. Τέλος, η διαδικασία παράγει ένα φύλλο εργασίας με τους τύπους αποτυχιών, τις επιπτώσεις, τις αιτίες και τους υπάρχοντες ελέγχους, καθώς και προτεινόμενες ενέργειες για μελλοντικές αναλύσεις ή αλλαγές στο σχεδιασμό.

2.3.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (FMEA) ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΥΠΩΝ ΑΠΟΤΥΧΙΩΝ, ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑΣ (FMECA)

Τα πλεονεκτήματα για την μέθοδο FMEA/FMECA είναι :

- Ευρεία εφαρμογή τόσο σε ανθρώπινους όσο και σε τεχνικούς τρόπους συστημάτων, υλικού, λογισμικού και διαδικασιών.
- Αναγνώριση τύπων αποτυχιών, αιτίων και επιπτώσεων στο σύστημα, παρουσιασμένη σε εύκολα κατανοητή μορφή.
- Αποφυγή δαπανηρών τροποποιήσεων εξοπλισμού, εντοπίζοντας προβλήματα στην αρχική φάση σχεδίασης.
- Παροχή εισόδου σε προγράμματα συντήρησης και παρακολούθησης, επισημαίνοντας κύρια χαρακτηριστικά προς παρακολούθηση.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Αδυναμία προσδιορισμού συνδυασμών τύπων αποτυχιών, μόνο μοναδικοί τύποι μπορούν να αναγνωριστούν.

- Η μελέτη μπορεί να είναι χρονοβόρα και δαπανηρή αν δεν ελέγχεται και εστιάζεται επαρκώς.
- Το FMEA μπορεί να είναι περίπλοκο και δύσκολο για πολύ επίπεδα συστήματα.

2.4. Ανάλυση Σεναρίων.

2.4.1. Επισκόπηση - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η ανάλυση σεναρίων είναι ένα σύνολο τεχνικών που αναπτύσσουν μοντέλα για το πώς μπορεί να εξελιχθεί το μέλλον. Αποτελείται από τον καθορισμό ενός πιθανού σεναρίου και την εξέταση του τι θα μπορούσε να συμβεί δεδομένων διαφόρων πιθανών μελλοντικών εξελίξεων. Για σύντομους χρονικούς ορίζοντες, μπορεί να περιλαμβάνει τον εξελικτικό συν επαγωγικό προσδιορισμό με βάση το τι έχει συμβεί στο παρελθόν. Σε πιο μακροπρόθεσμους ορίζοντες, μπορεί να περιλαμβάνει την κατασκευή ενός φανταστικού αλλά αξιόπιστου σεναρίου και την εξερεύνηση της φύσης των κινδύνων μέσα σε αυτό το σενάριο. Συνήθως εφαρμόζεται από μια ομάδα ενδιαφερομένων με διαφορετικά ενδιαφέροντα και εμπειρίες. Η ανάλυση σεναρίων περιλαμβάνει τον καθορισμό με λεπτομέρεια του σεναρίου ή των σεναρίων που πρέπει να εξεταστούν και την εξέταση των επιπτώσεών τους και του συναφούς κινδύνου. Οι αλλαγές που συνήθως λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν:

- Αλλαγές στην τεχνολογία.
- Πιθανές μελλοντικές αποφάσεις που μπορεί να έχουν διάφορα αποτελέσματα.
- Οι ανάγκες των ενδιαφερομένων μερών και πώς μπορεί να αλλάξουν.
- Αλλαγές στο μακρό περιβάλλον (κανονιστικό πλαίσιο, δημογραφικά στοιχεία, κλπ.).
- Αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον

2.4.2. Χρήση – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η ανάλυση σεναρίων είναι ένα εργαλείο που συχνά χρησιμοποιείται για την αναγνώριση κινδύνων και την εξερεύνηση των συνεπειών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε στρατηγικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο, είτε για το σύνολο του οργανισμού είτε για μέρος του.

Η ανάλυση σεναρίων μακροπρόθεσμα προσπαθεί να βοηθήσει στον σχεδιασμό για μείζονες αλλαγές στο μέλλον, όπως αυτές που έχουν συμβεί τα τελευταία 50 χρόνια στην τεχνολογία, τις προτιμήσεις των καταναλωτών, τις κοινωνικές απόψεις, κλπ. Η ανάλυση σεναρίων δεν μπορεί να προβλέψει τις πιθανότητες αλλαγών, αλλά μπορεί να εξετάσει τις επιπτώσεις τους και να βοηθήσει τους οργανισμούς να αναπτύξουν τις δυνάμεις και την ανθεκτικότητα που απαιτούνται για να προσαρμοστούν σε προβλέψιμες αλλαγές. Επιπλέον, μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει πώς ενδέχεται να εξελιχθούν τόσο οι απειλές όσο και οι ευκαιρίες και να χρησιμοποιηθεί για όλους τους τύπους κινδύνων.

Από την άλλη πλευρά, η ανάλυση σεναρίων σε σύντομο χρονικό πλαίσιο χρησιμοποιείται για να εξεταστούν οι συνέπειες ενός προκαλούμενου γεγονότος. Πιθανά σενάρια μπορούν να προβλεφθούν είτε με βάση τα προηγούμενα είτε από μοντέλα. Παραδείγματα εφαρμογών αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή διακοπές επιχειρήσεων. Εάν δεν υπάρχουν δεδομένα, χρησιμοποιούνται οι απόψεις εμπειρογνομόνων, αλλά σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις εξηγήσεις για τις απόψεις τους.

2.4.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η μέθοδος ανάλυσης σεναρίων απαιτεί τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τις τρέχουσες τάσεις και τις πιθανές αλλαγές, καθώς και ιδέες για μελλοντικές αλλαγές. Ειδικά σε περιπτώσεις πολύπλοκων ή μακροπρόθεσμων σεναρίων, απαιτείται εξειδίκευση στην τεχνική. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να περιλαμβάνουν μια σειρά από "ιστορίες" για κάθε σενάριο, που περιγράφουν πώς μπορεί κάποιος να μεταβεί από την παρούσα κατάσταση στο εν λόγω σενάριο. Επιπλέον, μπορεί να εξετάζονται οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, καθώς και οι πιθανοί κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν από τα μελλοντικά σενάρια.

2.4.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Τα πλεονεκτήματα για την μέθοδο της ανάλυσης σεναρίων είναι :

- Λαμβάνει υπόψη μια σειρά πιθανών μελλοντικών εξελίξεων. Αυτό μπορεί να είναι προτιμότερο από την παραδοσιακή προσέγγιση που βασίζεται σε προβλέψεις που υποθέτουν ότι τα μελλοντικά γεγονότα θα συνεχίσουν πιθανόν να ακολουθούν τις παρελθοντικές τάσεις. Αυτό είναι σημαντικό για καταστάσεις όπου υπάρχει λίγη τρέχουσα γνώση για να βασιστούν προβλέψεις ή όπου οι κίνδυνοι λαμβάνονται υπόψη στο μακροπρόθεσμο.
- Υποστηρίζει την ποικιλία του σκέψης.
- Ενθαρρύνει την παρακολούθηση των κύριων δεικτών αλλαγής.
- Οι αποφάσεις που λαμβάνονται για τους εντοπισμένους κινδύνους μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας για οτιδήποτε συμβεί.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα παρακάτω :

- Τα σενάρια που χρησιμοποιούνται ενδέχεται να μην έχουν επαρκή βάση, για παράδειγμα τα δεδομένα μπορεί να είναι εικαστικά. Αυτό μπορεί να παράγει

αποτελέσματα που δεν είναι ρεαλιστικά και που ενδέχεται να μην αναγνωρίζονται ως τέτοια.

- Υπάρχουν λίγες αποδείξεις ότι τα σενάρια που εξερευνούνται για το μακροπρόθεσμο μέλλον είναι αυτά που πραγματικά συμβαίνουν.

2.5. Μέθοδος SWIFT (Structured What If Technique).

2.5.1. Επισκόπηση - Μέθοδος SWIFT

Η μέθοδος SWIFT αποτελεί ένα εξειδικευμένο μέσο αναγνώρισης κινδύνων, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα ή να ενσωματωθεί σε μια σταδιακή διαδικασία για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας άλλων μεθόδων, όπως η HAZOP ή η FMEA. Η μέθοδος SWIFT χρησιμοποιεί δομημένο brainstorming σε ένα δια-δραστικό εργαστήριο, συνδυάζοντας προκαθορισμένες οδηγίες με ερωτήσεις που προκύπτουν από τους συμμετέχοντες. Αυτή η μέθοδος, παρόμοια με την HAZOP, εστιάζει σε συστήματα ή υποσυστήματα αντί για την πρόθεση του σχεδιαστή.

Πριν ξεκινήσει η ανάλυση, ο συντονιστής ετοιμάζει μια λίστα ερωτήσεων για να επιτρέψει μια ολοκληρωμένη αναθεώρηση των κινδύνων ή των πηγών κινδύνου. Στην αρχή του εργαστηρίου, συζητούνται οι περιοχή, το πλαίσιο και ο σκοπός της μεθόδου SWIFT και καθορίζονται κριτήρια επιτυχίας. Χρησιμοποιώντας τις οδηγίες και τις ερωτήσεις "τι θα συνέβαινε αν;", ο συντονιστής καλεί τους συμμετέχοντες να αναφέρουν και να συζητήσουν θέματα όπως οι γνωστοί κίνδυνοι, οι πηγές κινδύνου, οι έλεγχοι και οι νομικές απαιτήσεις.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, προκύπτουν συγκεκριμένοι κίνδυνοι, οι οποίοι τεκμηριώνονται με περιγραφή, αιτίες και συνέπειες, ενώ αναδεικνύονται και πιο γενικές πηγές κινδύνου και προβλήματα ελέγχου. Η μέθοδος καταλήγει σε μια λίστα κινδύνων, η οποία αξιολογείται συνήθως με ποιοτικούς ή ημι-ποσοτικούς τρόπους, λαμβάνοντας υπόψη τους υφιστάμενους ελέγχους και την αποτελεσματικότητά τους.

2.5.2. Χρήση – Μέθοδος SWIFT

Η μέθοδος SWIFT μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα, στοιχεία εγκαταστάσεων, διαδικασίες και οργανισμούς γενικά. Ειδικότερα, χρησιμοποιείται για να εξετάσει τις συνέπειες των αλλαγών και τους κινδύνους που έχουν αλλάξει ή δημιουργηθεί. Και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν υπόψη. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αναγνωριστούν τα συστήματα ή οι διαδικασίες για τις οποίες αξίζει να επενδυθούν πόροι για μια πιο λεπτομερή μέθοδο HAZOP ή FMEA.

2.5.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος SWIFT

Η διαδικασία απαιτεί πλήρη κατανόηση του συστήματος, της διαδικασίας, του στοιχείου της εγκατάστασης και/ή της αλλαγής, καθώς και του εξωτερικού και εσωτερικού πλαισίου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω συνεντεύξεων, συγκέντρωσης μιας πολύ λειτουργικής ομάδας και μέσω της μελέτης εγγράφων, σχεδίων από τον συντονιστή. Συνήθως, το σύστημα για μελέτη διαιρείται σε στοιχεία για να διευκολυνθεί η διαδικασία ανάλυσης. Αν και ο συντονιστής πρέπει να έχει εκπαιδευθεί στην εφαρμογή της μεθόδου SWIFT, αυτό συνήθως επιτυγχάνεται γρήγορα.

Στο τέλος της διαδικασίας, παρέχεται ένα μητρώο κινδύνων με κινδύνους και έχουν καταταχθεί ανά κατάταξη κινδύνου με ενέργειες ή εργασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για ένα σχέδιο αντιμετώπισης.

2.5.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος SWIFT

Τα πλεονεκτήματα για την μέθοδο SWIFT είναι:

- Είναι ευρέως εφαρμόσιμη σε όλες τις μορφές φυσικών εγκαταστάσεων ή συστημάτων, καταστάσεων ή περιστάσεων, οργανισμών ή δραστηριοτήτων.
- Απαιτεί ελάχιστη προετοιμασία από την ομάδα.
- Είναι σχετικά γρήγορη και οι κύριοι κίνδυνοι και πηγές κινδύνου γίνονται γρήγορα εμφανείς μέσα στην εργαστηριακή συνεδρία.
- Η μελέτη είναι "συστηματοποιημένη" και επιτρέπει στους συμμετέχοντες να εξετάσουν την αντίδραση του συστήματος σε αποκλίσεις αντί να εξετάζουν απλώς τις συνέπειες αποτυχίας συστατικών.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση ευκαιριών βελτίωσης διαδικασιών και συστημάτων και γενικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση ενεργειών που οδηγούν σε και ενισχύουν τις πιθανότητες επιτυχίας τους.
- Η συμμετοχή στο εργαστήριο από εκείνους που είναι υπεύθυνοι για τους υφιστάμενους ελέγχους και για περαιτέρω ενέργειες επεξεργασίας κινδύνου ενισχύει την ευθύνη τους.
- Δημιουργεί ένα μητρώο κινδύνων και ένα σχέδιο επεξεργασίας κινδύνων με ελάχιστη προσπάθεια.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Εάν η ομάδα του εργαστηρίου δεν έχει ευρεία βάση εμπειριών ή εάν το σύστημα ερωτήσεων δεν είναι περιεκτικό, ορισμένοι κίνδυνοι ενδεχομένως να μην αναγνωριστούν.
- Η υψηλού επιπέδου εφαρμογή της τεχνικής ενδέχεται να μην αποκαλύψει πολύπλοκες, λεπτομερείς ή συσχετισμένες αιτίες.

- Οι συστάσεις είναι συχνά γενικές, π.χ. η μέθοδος δεν παρέχει υποστήριξη για ανθεκτικούς και λεπτομερείς ελέγχους χωρίς να πραγματοποιηθεί περαιτέρω ανάλυση.

2.6. Μέθοδος HAZOP (Hazard And Operability Study).

2.6.1. Επισκόπηση - Μέθοδος HAZOP

Η μέθοδος HAZOP είναι μια δομημένη και συστηματική διερεύνηση μιας υπό σχεδίασης ή υπάρχοντος διαδικασίας ενός συστήματος. Στόχος της είναι να αναγνωρίσει πιθανές αποκλίσεις από τη σχεδίαση, εξετάζοντας τις πιθανές αιτίες και συνέπειες τους.

Κατά τη διάρκεια μιας εργασιακής συνεδρίας που πραγματοποιείται, η ομάδα μελέτης υποδιαιρεί το σύστημα ή τη διαδικασία σε μικρότερα στοιχεία. Στη συνέχεια, συμφωνεί στη σχεδίαση για κάθε στοιχείο και καθορίζει τις σχετικές παραμέτρους. Εφαρμόζει δείκτες καθοδήγησης σε κάθε παράμετρο για να υποθέσει πιθανές αποκλίσεις από τη σχεδίαση που θα μπορούσαν να έχουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Κατόπιν, συμφωνεί στην αιτία και τις συνέπειες κάθε περίπτωσης και προτείνει πώς θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν. Τέλος, τεκμηριώνει τη συζήτηση και συμφωνεί σε πιθανές ενέργειες για την αντιμετώπιση των αναγνωρισμένων κινδύνων.

Οι δείκτες καθοδήγησης εφαρμόζονται σε παραμέτρους όπως φυσικές ιδιότητες, φυσικές συνθήκες, χρονισμό, συγκεκριμένες προθέσεις ενός στοιχείου ενός συστήματος ή λειτουργικές πτυχές.

2.6.2. Χρήση – Μέθοδος HAZOP

Οι μελέτες HAZOP αναπτύχθηκαν αρχικά για την ανάλυση χημικών συστημάτων επεξεργασίας, αλλά έχουν επεκταθεί σε άλλους τύπους συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων μηχανικών, ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συστημάτων ενέργειας, λογισμικού, οργανωτικών αλλαγών, ανθρώπινης συμπεριφοράς και σχεδιασμού και αναθεώρησης νομικών συμβολαίων.

Η διαδικασία HAZOP μπορεί να αντιμετωπίσει όλες τις μορφές απόκλισης από τη σχεδιαστική πρόθεση λόγω ατελειών στον σχεδιασμό, το στοιχείο(α), τις προγραμματισμένες διαδικασίες και τις ανθρώπινες ενέργειες.

Χρησιμοποιείται συχνότερα για τη βελτίωση ενός σχεδιασμού ή τον εντοπισμό κινδύνων που σχετίζονται με μια αλλαγή σχεδιασμού. Συνήθως πραγματοποιείται στο στάδιο του αρχικού σχεδιασμού, όταν ένα πλήρες διάγραμμα της διαδικασίας και οι σχετικές πληροφορίες σχεδιασμού είναι διαθέσιμες και ενώ οι αλλαγές σχεδιασμού είναι ακόμα εφικτές. Μπορεί όμως να πραγματοποιηθεί με σταδιακή προσέγγιση με διαφορετικούς οδηγούς για κάθε στάδιο καθώς ο σχεδιασμός αναπτύσσεται λεπτομερέστερα. Μια μελέτη HAZOP μπορεί επίσης να

πραγματοποιηθεί κατά τη λειτουργία, αλλά οι απαιτούμενες αλλαγές μπορεί να είναι δαπανηρές σε αυτό το στάδιο.

2.6.3. Μεθοδολογία – Μέθοδος HAZOP

Η μεθοδολογία της μεθόδου HAZOP περιλαμβάνει τη συγκέντρωση τρεχουσών πληροφοριών σχετικά με το σύστημα που θα εξεταστεί και τις προδιαγραφές απόδοσης του σχεδιασμού. Το υλικό αυτό μπορεί να περιλαμβάνει σχέδια, φύλλα προδιαγραφών, διαγράμματα ροής, διαγράμματα ελέγχου διαδικασίας και λογικής, καθώς και διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης. Για το υλικό που δεν είναι σχετικό με το HAZOP, οι πηγές δεδομένων μπορεί να είναι οποιοδήποτε έγγραφο που περιγράφει λειτουργίες και στοιχεία του συστήματος ή της διαδικασίας που εξετάζεται, για παράδειγμα, οργανωτικά διαγράμματα και περιγραφές ρόλων, ή ένα προσχέδιο συμβολαίου ή διαδικασίας. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει επίσης την επιλογή ενός πολυδιάστατου τμήματος που θα πρέπει να περιλαμβάνει σχεδιαστές και χειριστές του συστήματος, καθώς και πρόσωπα που δεν είναι άμεσα εμπλεκόμενα στον σχεδιασμό ή το σύστημα ή τη διαδικασία που εξετάζεται. Ο ηγέτης/συντονιστής της μελέτης θα πρέπει να έχει εκπαιδευτεί και να έχει εμπειρία στη διεξαγωγή μελετών HAZOP.

Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τα πρακτικά των συνεδριάσεων HAZOP με τις αποκλίσεις για κάθε σημείο επανεξέτασης καταγεγραμμένες, συμπεριλαμβανομένων των guideword που χρησιμοποιήθηκαν και των πιθανών αιτιών αποκλίσεων. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ενέργειες για την αντιμετώπιση των εντοπισμένων προβλημάτων και το άτομο το οποίο είναι υπεύθυνο για την ενέργεια.

2.6.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα - Μέθοδος HAZOP

Τα πλεονεκτήματα για την μέθοδο HAZOP περιλαμβάνουν τα εξής:

- Παρέχει τα μέσα για την συστηματική εξέταση ενός συστήματος ή διαδικασίας για να εντοπίσει το πώς ενδέχεται να αποτύχει στην επίτευξη του σκοπού του.
- Παρέχει μια λεπτομερή και εκτεταμένη εξέταση από μια πολυδιάστατη ομάδα.
- Αναγνωρίζει πιθανά προβλήματα στο στάδιο σχεδιασμού μιας διαδικασίας.
- Δημιουργεί λύσεις και ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνου.
- Είναι εφαρμόσιμη σε μια ευρεία γκάμα συστημάτων, διαδικασιών και διαδικασιών.
- Επιτρέπει τη σαφή εξέταση των αιτιών και συνεπειών του ανθρώπινου λάθους.
- Δημιουργεί μια γραπτή καταγραφή της διαδικασίας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιδείξει την κατάλληλη προσοχή.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μια λεπτομερής ανάλυση μπορεί να απαιτεί χρόνο και συνεπώς να είναι δαπανηρή.
- Η τεχνική τείνει να επαναλαμβάνεται, εντοπίζοντας τα ίδια θέματα πολλές φορές, επομένως μπορεί να είναι δύσκολο να διατηρηθεί η συνοχή.
- Μια λεπτομερής ανάλυση απαιτεί υψηλό επίπεδο τεκμηρίωσης ή προδιαγραφών συστήματος / διαδικασίας.
- Μπορεί να επικεντρωθεί στην εύρεση λεπτομερών λύσεων αντί να προκαλεί τις θεμελιώδεις υποθέσεις (όμως, αυτό μπορεί να αμβλυνθεί με μια φασική προσέγγιση).
- Η συζήτηση μπορεί να επικεντρωθεί σε λεπτομερή ζητήματα σχεδιασμού, και όχι σε ευρύτερα ή εξωτερικά ζητήματα.
- Περιορίζεται από το (προσχέδιο) σχεδιασμό και την πρόθεση σχεδιασμού, καθώς και το πεδίο και τους στόχους που δίνονται στην ομάδα.
- Η διαδικασία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εμπειρία των σχεδιαστών, οι οποίοι ενδέχεται να βρουν δύσκολο να είναι επαρκώς αντικειμενικοί για να αναζητήσουν προβλήματα στα σχέδιά τους.

2.7. Αξιολόγηση μεθόδων - Επιλογή HAZOP.

Η μέθοδος HAZOP έχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ανάλυσης κινδύνου, όπως η SWIFT, η ανάλυση σεναρίων, η FMEA, η FMCA και οι έλεγχοι, η κατηγοριοποίηση και οι ταξινομίες. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Εκτεταμένη εξέταση: Η μέθοδος HAZOP παρέχει μια λεπτομερή και συστηματική εξέταση του συστήματος ή της διαδικασίας, επιτρέποντας στην ομάδα να εξετάσει εκτενώς πιθανές αποκλίσεις από τη σχεδίαση και τις πιθανές συνέπειές τους.
- Πολυδιάστατη ομάδα: Η HAZOP συνήθως εκτελείται από μια πολυδιάστατη ομάδα που περιλαμβάνει σχεδιαστές και χειριστές του συστήματος, καθώς και άτομα που δεν είναι άμεσα εμπλεκόμενα με τον σχεδιασμό ή το σύστημα. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση των διαφορών πτυχών του κινδύνου.
- Αναγνώριση σε στάδιο σχεδιασμού: Η μέθοδος HAZOP συνήθως χρησιμοποιείται στο στάδιο του λεπτομερούς σχεδιασμού, επιτρέποντας την αναγνώριση προβλημάτων σε νωρίτερο στάδιο πριν από την εφαρμογή ή τη λειτουργία του συστήματος.
- Δημιουργία λύσεων: Η HAZOP παράγει λύσεις και ενέργειες αντιμετώπισης κινδύνου που μπορούν να βελτιώσουν τον σχεδιασμό ή να αντιμετωπίσουν τυχόν προβλήματα που εντοπίζονται.

3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ - ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (HAZOP) ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEC 61882:2019

3.1 Εισαγωγή.

Η μελέτη επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP) αποτελεί μία τεχνική ανάλυσης κινδύνων που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση πιθανών κινδύνων και ελαττωμάτων σε διαδικασίες, συστήματα και εγκαταστάσεις. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στον δομημένο τρόπο σκέψης και ανάλυσης, με στόχο την αποτελεσματική εξαγωγή πρακτικών λύσεων για την αντιμετώπιση κινδύνων και τη βελτίωση της ασφάλειας και λειτουργίας των συστημάτων. Μέσω αυτής της μεθοδολογίας, είναι δυνατή η συστηματική αναθεώρηση των διεργασιών, των εξοπλισμών και των διαδικασιών ελέγχου προκειμένου να εντοπιστούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και ασφαλείας.(Choi and Byeon2020)

3.1.1 Η έννοια της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP)

Το HAZOP (Ανάλυση Επικινδυνότητας και Λειτουργίας) αναφέρεται σε μια μεθοδολογία ανάλυσης κινδύνων, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη λειτουργία συστημάτων και διεργασιών. Το HAZOP έχει στόχο να ανιχνεύσει πιθανές ανωμαλίες, αποτυχίες ή περιστατικά που μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα ή επικίνδυνες καταστάσεις. Με την εφαρμογή της μεθόδου HAZOP, είναι δυνατό να αναδειχθούν οι πιθανοί κίνδυνοι και να ληφθούν μέτρα προφύλαξης και αποφυγής αυτών των καταστάσεων. Η μελέτη HAZOP είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της ασφάλειας και της προστασίας της υγείας στις βιομηχανικές διεργασίες.(Joubert et al.2021)

3.1.2 Ιστορία της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP)

Η μέθοδος HAZOP (Ανάλυση Επικινδυνότητας και Λειτουργίας) πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1970 και αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για την ανάλυση κινδύνου σε βιομηχανικές διεργασίες. Η πρώτη αναφορά στη μέθοδο HAZOP έγινε από τους θεωρητικούς Trevor A. Kletz και Frank P. Lees, οι οποίοι κατέδειξαν την σημαντικότητα και αξία της μεθόδου. Από τότε, η μέθοδος HAZOP έχει εξελιχθεί σε ένα εξαιρετικά απαραίτητο και ευρέως αποδεκτό εργαλείο για την αναγνώριση, αξιολόγηση και διαχείριση κινδύνων και ανεπιθύμητων συμβάντων σε διάφορους κλάδους της βιομηχανίας, όπως η ενέργεια, οι μεταφορές και η χημική βιομηχανία. Η χρήση της μεθόδου HAZOP επιτρέπει την αποτελεσματική αναγνώριση και αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων και προβλημάτων,

συμβάλλοντας έτσι στην προώθηση της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας στις βιομηχανικές διεργασίες. Με τη συνεχή εξέλιξή της, η μέθοδος HAZOP συνεχίζει να αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας στη βιομηχανία και άλλους κλάδους. (Crawley, 2020)

3.1.3 Το πρότυπο IEC 61882:2019

Το πρότυπο IEC 61882:2019 αφορά στη μεθοδολογία της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP) και περιέχει κατευθυντήριες αρχές και πρακτικές για την εφαρμογή της. Το πρότυπο προσφέρει ένα συστηματικό πλαίσιο για την αναγνώριση, την αξιολόγηση και τον έλεγχο των κινδύνων που απειλούν την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα και τη βιωσιμότητα των διεργασιών και των συστημάτων. Το πρότυπο παρέχει οδηγίες για τη συγκρότηση της ομάδας HAZOP, τη διεξαγωγή της μελέτης, την καταγραφή των αποτελεσμάτων και την ανάλυση των ευκαιριών βελτίωσης. Επίσης, περιέχει πληροφορίες για την εφαρμογή της μεθόδου HAZOP σε διάφορα στάδια ενός έργου, από τον σχεδιασμό μέχρι την επίβλεψη της λειτουργίας. Το πρότυπο αποτελείται από διάφορες ενότητες που καλύπτουν τους στόχους, τους ορισμούς, τους όρους και τις προϋποθέσεις, καθώς και τα βήματα και τη διαδικασία της μελέτης HAZOP. Συνολικά, το πρότυπο IEC 61882:2019 προσφέρει ένα αξιόπιστο πλαίσιο για την ασφαλή προγραμματισμό και τη διαχείριση κινδύνων σε βιομηχανικά περιβάλλοντα.

3.1.4 Συμπεράσματα

Με βάση την ανάλυση της ιστορίας της μελέτης επικινδυνότητας και λειτουργίας (HAZOP), μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυτή η μέθοδος έχει εξελιχθεί σημαντικά από την πρώτη της εφαρμογή στα μέσα του 20ο αιώνα. Μέσω της HAZOP, είναι δυνατή η αναγνώριση και η εκτίμηση των πιθανών κινδύνων και βλαβών, καθώς και η αποτύπωση των μέτρων πρόληψης. Η προσθήκη του πρότυπου IEC 61882:2019 προσφέρει ένα ενιαίο πλαίσιο για την εφαρμογή της HAZOP, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία της διαδικασίας. Οι μελέτες HAZOP αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των διεργασιών και προσφέρουν αξιόπιστα αποτελέσματα για τις βελτιώσεις που απαιτούνται.

3.2 Βασικά χαρακτηριστικά της μελέτης HAZOP.

3.2.1 Γενικά

Μια μελέτη HAZOP είναι μια λεπτομερής διαδικασία που πραγματοποιείται από μια συγκεκριμένη ομάδα για τον εντοπισμό κινδύνων και προβλημάτων λειτουργικότητας. Οι μελέτες HAZOP ασχολούνται με τον εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων από την αρχική σκέψη του σχεδιασμού, την εξέταση των πιθανών αιτιών τους και την αξιολόγηση των συνεπειών τους.

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας μελέτης HAZOP περιλαμβάνουν τα εξής:

- Η μελέτη είναι ένα δημιουργικό εγχείρημα που προχωρά συστηματικά χρησιμοποιώντας μια σειρά από λέξεις καθοδήγησης για τον εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων από την αρχική σκέψη του σχεδιασμού και χρησιμοποιώντας αυτές για να ενθαρρύνει τα μέλη της ομάδας να φανταστούν πώς μπορεί να προκύψει η απόκλιση και ποιες μπορεί να είναι οι συνέπειές της.
- Η μελέτη διεξάγεται υπό την καθοδήγηση ενός εκπαιδευμένου και έμπειρου επικεφαλής μελέτης, ο οποίος πρέπει να εξασφαλίζει την ολοκληρωμένη κάλυψη του συστήματος που εξετάζεται, χρησιμοποιώντας λογική και αναλυτική σκέψη. Ο επικεφαλής της μελέτης υποστηρίζεται από έναν βοηθό που καταγράφει τα σχετικά δεδομένα που σχετίζονται με τους εντοπισμένους κινδύνους και/ή τις λειτουργικές διαταραχές για ανάλυση, αξιολόγηση και επεξεργασία κινδύνων.
- Η μελέτη βασίζεται σε ειδικούς από διάφορες επιστημονικές περιοχές με κατάλληλες δεξιότητες και εμπειρία που εμφανίζουν ενστικτώδη και καλή κρίση.
- Η μελέτη πρέπει να διεξάγεται σε μια ατμόσφαιρα κριτικής σκέψης σε ένα ειλικρινές και ανοικτό περιβάλλον.
- Μια μελέτη HAZOP παράγει πρακτικές ή λογισμικό για την καταγραφή των αποκλίσεων, των αιτιών τους, των συνεπειών και των συνιστάμενων ενεργειών, μαζί με επισημάνσεις σε σχέδια, έγγραφα ή άλλες αναπαραστάσεις του συστήματος που δείχνουν τον σχετιζόμενο αριθμό πρακτικής και όπου είναι δυνατόν την συνιστάμενη ενέργεια.
- Η ανάπτυξη ενεργειών για την επεξεργασία κινδύνων ή προβλημάτων λειτουργικότητας δεν είναι ένας κύριος στόχος της εξέτασης HAZOP, αλλά θα πρέπει να γίνουν συστάσεις όπου είναι κατάλληλο και να καταγράφονται για εξέταση από εκείνους που είναι υπεύθυνοι για τον σχεδιασμό του συστήματος.

- Η αρχική μελέτη HAZOP μπορεί να γίνει σε βαθμιαία βάση ώστε να ενσωματωθούν αλλαγές στο σχέδιο, αλλά η ολοκληρωμένη μελέτη HAZOP πρέπει να αντανακλά την τελική αρχική σκέψη.
- Οι υφιστάμενες μελέτες HAZOP πρέπει να αναθεωρούνται σε τακτικά χρονικά διαστήματα για να αξιολογηθούν εάν έχει σημειωθεί κάποια αλλαγή στην αρχική σκέψη του σχεδιασμού ή στους κινδύνους και επίσης κατά τη διάρκεια άλλων σταδίων στον κύκλο ζωής, όπως το στάδιο ενισχυμένης διαχείρισης.

3.2.2 Αρχές εξέτασης

Η βασική αρχή μιας μελέτης HAZOP αποτελεί μια "εξέταση με λέξεις οδηγούς", η οποία αποτελεί μια σκόπιμη αναζήτηση για αποκλίσεις από την αρχική σκέψη του σχεδιασμού. Για να διευκολύνει την εξέταση, ένα σύστημα διαιρείται σε μέρη με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η αρχική σκέψη ή λειτουργία για κάθε μέρος να οριστεί επαρκώς. Το μέγεθος του επιλεγμένου τμήματος είναι πιθανό να εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του συστήματος και το δυνητικό μέγεθος και την σημασία των συνεπειών. Σε πολύπλοκα συστήματα ή σε αυτά όπου θα μπορούσε να αναμένεται υψηλό επίπεδο κινδύνου, τα μέρη είναι πιθανό να είναι μικρά σε σύγκριση με το σύστημα. Σε απλά συστήματα ή σε αυτά όπου θα μπορούσε να αναμένεται χαμηλό επίπεδο κινδύνου, η χρήση μεγαλύτερων τμημάτων θα επιταχύνει τη μελέτη.

Ο σκοπός του σχεδιασμού για ένα δεδομένο τμήμα ενός συστήματος εκφράζεται σε όρους ιδιοτήτων, οι οποίες μεταφέρουν τα ουσιώδη χαρακτηριστικά του τμήματος και αντιπροσωπεύουν φυσικές διαιρέσεις του τμήματος. Η επιλογή των ιδιοτήτων που θα εξεταστούν είναι, μέχρι ένα σημείο, μια υποκειμενική απόφαση, καθώς ενδέχεται να υπάρχουν αρκετοί συνδυασμοί που θα επιτύχουν τον επιθυμητό σκοπό και η επιλογή μπορεί επίσης να εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα τμήματα μπορούν να είναι διακριτά βήματα ή στάδια σε μια διαδικασία, όροι σε ένα συμβόλαιο, μεμονωμένα σήματα και εξοπλισμός σε ένα σύστημα ελέγχου, εξοπλισμός ή στοιχεία σε ένα διαδικαστικό ή ηλεκτρονικό σύστημα, κ.λπ.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, θα μπορούσε να είναι χρήσιμο να εκφράσετε τη λειτουργία ενός τμήματος σε όρους:

- του υλικού εισόδου που προέρχεται από μια πηγή
- μιας δραστηριότητας που πραγματοποιείται σε αυτό το υλικό
- ενός αποτελέσματος που προέρχεται σε μια προορισμό

Επομένως, ο σκοπός του σχεδιασμού θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: εισόδους και εξόδους, λειτουργίες, δραστηριότητες, πηγές και προορισμούς, τα οποία μπορούν να

θεωρηθούν ως ιδιότητες του τμήματος. Οι ιδιότητες μπορούν συχνά να οριστούν περαιτέρω σε χαρακτηριστικά που μπορεί να είναι είτε ποσοτικά είτε ποιοτικά. Για παράδειγμα, σε ένα χημικό σύστημα, οι εισοδοί θα μπορούσαν να καθοριστούν περαιτέρω σε χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία, η πίεση και η σύσταση. Για μια δραστηριότητα μεταφοράς, χαρακτηριστικά όπως η ταχύτητα κίνησης, το φορτίο ή ο αριθμός των επιβατών μπορεί να είναι σημαντικά. Για συστήματα βασισμένα σε υπολογιστές, η επικοινωνία, οι δι' επαφές και η επεξεργασία δεδομένων είναι πιθανό να είναι τα χαρακτηριστικά κάθε μέρους.

Για κάθε τμήμα, η ομάδα μελέτης HAZOP εξετάζει κάθε ιδιότητα για απόκλιση από τον αρχικό σκοπό του σχεδιασμού, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες (ή επιθυμητές) συνέπειες. Ο εντοπισμός των αποκλίσεων από τον αρχικό σκοπό του σχεδιασμού επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας ερωτήσεων χρησιμοποιώντας προκαθορισμένες λέξεις οδηγούς. Ο ρόλος της λέξης οδηγού είναι να διεγείρει τη φαντασία, να εστιάζει τη μελέτη και να εξάγει ιδέες και συζήτηση, με σκοπό τη μέγιστη επιτυχία της μελέτης. Ένα παράδειγμα βασικών λέξεων οδηγού και των σημασιών τους δίνεται στον πίνακα 1.

ΛΕΞΗ ΟΔΗΓΟΣ	ΣΗΜΑΣΙΑ
OXI	Πλήρη αντίθεση με τον σκοπό του σχεδιασμού
ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ	Ποσοτική αύξηση
ΛΙΓΟΤΕΡΟ	Ποσοτική μείωση
ΠΟΛΥ	Ποιοτική τροποποίηση/αύξηση
ΛΙΓΟ	Ποιοτική τροποποίηση/μείωση
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ-Η	Λογικά αντίθετό με τον σκοπό του σχεδιασμού
ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΟ-Η	Πλήρης αντικατάσταση

Πίνακας 1 – Παράδειγμα βασικών λέξεων και των σημασιών τους.

Ένα ακόμα παράδειγμα επιπλέον λέξεων οδηγών που σχετίζονται με τον χρόνο και την χρονική ακολουθία γεγονότων δίνεται στον Πίνακα 2.

ΛΕΞΗ ΟΔΗΓΟΣ	ΣΗΜΑΣΙΑ
ΝΩΡΙΣ	Σχετικό με τον χρόνο
ΑΡΓΑ	Σχετικό με τον χρόνο
ΠΡΙΝ	Σχετικό με την ακολουθία γεγονότων
ΜΕΤΑ	Σχετικό με την ακολουθία γεγονότων

Πίνακας 2 – Παράδειγμα βασικών λέξεων που σχετίζονται με τον χρόνο και την χρονική ακολουθία γεγονότων

Οι επιπλέον λέξεις οδηγοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διευκολύνουν την αναγνώριση της απόκλισης, παρέχοντας ότι αυτές θα αναγνωριστούν πριν από την έναρξη της εξέτασης. Έχοντας επιλέξει ένα μέρος για εξέταση, η σχεδιαστική πρόθεση αυτού του μέρους καθορίζεται σε όρους διακριτών ιδιοτήτων. Κάθε σχετική λέξη οδηγός εφαρμόζεται στην κάθε

ιδιότητα, έτσι πραγματοποιείται μια συστηματική αναζήτηση αποκλίσεων. Αφού εφαρμοστεί μια λέξη οδηγός εξετάζονται οι πιθανές αιτίες και συνέπειες μιας δοθείσας απόκλισης και μπορούν επίσης να εξεταστούν μηχανισμοί για τον έλεγχο των προβλεπόμενων συνεπειών. Τα αποτελέσματα της εξέτασης καταγράφονται σε ένα συμφωνημένο πίνακα (δείτε 6.5.2).

Οι συσχετίσεις λέξεων οδηγών και των ιδιοτήτων μπορούν να θεωρηθούν ως ένας πίνακας. Εντός κάθε κελιού του έτσι διαμορφωμένου πίνακα θα υπάρχει μια συγκεκριμένη συνδυασμένη λέξη οδηγός και ιδιότητα. Για να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη αναγνώριση κινδύνου, είναι αναγκαίο να καλυφθούν όλες οι πτυχές του σχεδιαστικού σκοπού από τις ιδιότητες και να καλυφθούν όλες οι πιθανές αποκλίσεις από τις λέξεις οδηγούς. Δεν θα δίνουν όλοι οι συνδυασμοί αξιόπιστες αποκλίσεις, οπότε ο πίνακας μπορεί να έχει αρκετούς κενούς χώρους όταν εξετάζονται όλοι οι συνδυασμοί λέξεων οδηγών και ιδιοτήτων.

Γενικά, ο ηγέτης της μελέτης θα προκαθορίσει τους εφαρμόσιμους συνδυασμούς λέξεων οδηγών και ιδιοτήτων για να καταστήσει τη διαδικασία αναγνώρισης κινδύνου πιο αποτελεσματική και να εκμεταλλευτεί στο έπακρο την εμπειρία και τον χρόνο των συμμετεχόντων.

Υπάρχουν δύο πιθανές ακολουθίες με τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κελιά του πίνακα για την εξέταση του επιλεγμένου μέρους: στήλη με στήλη (δηλαδή, πρώτα η ιδιότητα), ή γραμμή με γραμμή (δηλαδή, πρώτα η λέξη οδηγός). Οι λεπτομέρειες της εξέτασης περιγράφονται στο 5.4 και οι δύο μορφές εξέτασης απεικονίζονται στα Σχήματα 2 και 3. Κατά βάση, τα αποτελέσματα της εξέτασης θα πρέπει να είναι τα ίδια.

Εκτός από την εφαρμογή των λέξεων οδηγών σε καθορισμένες ιδιότητες ενός μέρους, υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά όπως η πρόσβαση, η απομόνωση, ο έλεγχος και το περιβάλλον εργασίας (θόρυβος, φωτισμός, κλπ.) που είναι σημαντικά για την επιθυμητή λειτουργία του συστήματος και στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί ένα υποσύνολο των λέξεων οδηγών.

3.3 Απεικόνιση του σχεδιασμού της μελέτης HAZOP.

3.3.1 Γενικά

Μια ακριβής και πλήρης απεικόνιση σχεδιασμού του συστήματος που εξετάζεται είναι προϋπόθεση για την εργασία εξέτασης. Μια απεικόνιση σχεδιασμού είναι ένα περιγραφικό μοντέλο του συστήματος που περιγράφει επαρκώς το σύστημα που εξετάζεται, τα μέρη του και τα χαρακτηριστικά τους. Η αναπαράσταση μπορεί να αφορά τον φυσικό σχεδιασμό ή τον λογικό σχεδιασμό και πρέπει να είναι σαφές τι αναπαρίσταται.

Η απεικόνιση του σχεδιασμού πρέπει να μεταφέρει τη λειτουργία του συστήματος κάθε μέρους και στοιχείου με ποιοτικό ή ποσοτικό τρόπο. Πρέπει επίσης να περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις του συστήματος με άλλα συστήματα, με τον χειριστή/χρήστη και πιθανώς με το περιβάλλον. Για παράδειγμα, τα P&IDs πιθανόν να παρέχουν το επίπεδο λεπτομερειών που απαιτείται για την αναπαράσταση σχεδιασμού. Η συμμόρφωση των ιδιοτήτων ή των χαρακτηριστικών με τη σχεδιαστική πρόθεση καθορίζει την ορθότητα των λειτουργιών και σε μερικές περιπτώσεις την ασφάλεια του συστήματος.

Η αναπαράσταση του συστήματος αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία:

- τις απαιτήσεις του συστήματος και
- μια φυσική και/ή λογική περιγραφή του σχεδιασμού.

Η αξία μιας μελέτης HAZOP εξαρτάται από την πληρότητα, την επαρκή και την ακρίβεια της απεικόνισης του σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της σχεδιαστικής πρόθεσης. Οποιοσδήποτε τροποποιήσεις από τον αρχικό σχεδιασμό πρέπει να φαίνονται στην απεικόνιση του σχεδιασμού. Πριν ξεκινήσει η εξέταση, η ομάδα πρέπει να εξετάσει αυτό το πακέτο πληροφοριών και, αν είναι απαραίτητο, να το αναθεωρήσει έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει ακριβώς το σύστημα.

3.3.2 Απαιτήσεις σχεδιασμού και σχεδιαστική πρόθεση

Οι απαιτήσεις σχεδιασμού αποτελούνται από ποιοτικές και ποσοτικές απαιτήσεις που το σύστημα πρέπει να ικανοποιήσει και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του σχεδιασμού του συστήματος και τη σχεδιαστική πρόθεση. Όλοι οι λογικά προβλέψιμοι τρόποι με τους οποίους το σύστημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ή να μην χρησιμοποιηθεί πρέπει να αναγνωριστούν. Και οι απαιτήσεις σχεδιασμού και η αντίστοιχη σχεδιαστική πρόθεση πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του πελάτη καθώς και αυτές τυχόν σχετικής νομοθεσίας, κανονισμών ή προτύπων.

Με βάση τις απαιτήσεις του συστήματος, ένας σχεδιαστής αναπτύσσει τον σχεδιασμό του συστήματος· για παράδειγμα, φτάνει σε μια διάταξη του συστήματος και αναθέτει συγκεκριμένες λειτουργίες σε υποσυστήματα και εξαρτήματα. Τα εξαρτήματα καθορίζονται και επιλέγονται. Ο σχεδιαστής δεν πρέπει μόνο να σκέφτεται τι πρέπει να κάνει το σύστημα, αλλά να εξασφαλίζει επίσης ότι δεν θα αποτύχει υπό κανένα προβλέψιμο σύνολο συνθηκών, ή ότι δεν θα αποτύχει ή θα υποβαθμιστεί κατά τη διάρκεια της καθορισμένης διάρκειας ζωής. Πρέπει επίσης να αναγνωρίζονται ανεπιθύμητες συμπεριφορές ή χαρακτηριστικά, ώστε να

μπορούν να σχεδιαστούν εκτός ή να μειωθούν οι επιπτώσεις τους με κατάλληλο σχεδιασμό ή συντήρηση.

Η σχεδιαστική πρόθεση αποτελεί μια βάση για την εξέταση και πρέπει να είναι ακριβής και σωστή, όσο είναι δυνατόν. Ο έλεγχος της σχεδιαστικής πρόθεσης (δείτε IEC 61160) βρίσκεται εκτός του πεδίου εφαρμογής της μελέτης HAZOP, αλλά ο υπεύθυνος της μελέτης πρέπει να διασφαλίσει ότι είναι ακριβής και σωστή για να επιτρέψει την πραγματοποίηση της μελέτης. Γενικά, η περισσότερη τεκμηριωμένη σχεδιαστική πρόθεση περιορίζεται σε βασικές λειτουργίες του συστήματος και παραμέτρους κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Οι λογικά προβλέψιμες ανώμαλες συνθήκες λειτουργίας και οι ανεπιθύμητες δραστηριότητες που θα μπορούσαν να συμβούν (π.χ. σοβαροί δονήσεις, ακραία καιρικά φαινόμενα, ανώμαλες διακοπές ή παρεμβάσεις τρίτων) πρέπει να αναγνωριστούν και να ληφθούν υπόψη κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Επίσης, μηχανισμοί υποβάθμισης, όπως η αποσύνθεση, η διάβρωση και η μη συμμόρφωση με διαδικασίες και άλλοι μηχανισμοί που προκαλούν υποβάθμιση των ιδιοτήτων του συστήματος, πρέπει να αναγνωριστούν και να ληφθούν υπόψη σε μια μελέτη με χρήση κατάλληλων λέξεων οδηγών. Εάν είναι απαραίτητο, ενδέχεται να απαιτείται μια πιο λεπτομερής μελέτη που να εξετάζει ειδικά τρόπους αποτυχίας και επιπτώσεις (δείτε IEC 60812).

Αναμενόμενη διάρκεια ζωής, αξιοπιστία, συντήρηση και υποστηριζόμενη υποστήριξη πρέπει επίσης να αναγνωριστούν και να ληφθούν υπόψη μαζί με πηγές κινδύνου που θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων συντήρησης και λογιστικής υποστήριξης, εφόσον αυτές συμπεριλαμβάνονται στο πεδίο εφαρμογής της μελέτης HAZOP.

3.4 Εφαρμογές της μελέτης HAZOP.

3.4.1 Απαιτήσεις σχεδιασμού και σχεδιαστική πρόθεση

Αρχικά, μια μελέτη HAZOP ήταν μια τεχνική που αναπτύχθηκε για συστήματα που εμπλέκουν την επεξεργασία ενός ρευστού μέσου ή άλλης ροής υλικού στις βιομηχανίες επεξεργασίας, όπου αποτελεί τώρα σημαντικό στοιχείο της διαχείρισης της ασφάλειας των διεργασιών. Ωστόσο, ο τομέας εφαρμογής της έχει επεκταθεί σταθερά τα τελευταία χρόνια και περιλαμβάνει, για παράδειγμα, τη χρήση για:

- εφαρμογές λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων των προγραμματιζόμενων ηλεκτρονικών συστημάτων
- συστήματα που εμπλέκουν τη μετακίνηση ανθρώπων με μέσα μεταφοράς όπως ο δρόμος, ο σιδηρόδρομος και ο αέρας

- εξέταση διαφορετικών ακολουθιών λειτουργίας και διαδικασιών
- αξιολόγηση διοικητικών διαδικασιών σε διάφορους τομείς βιομηχανίας
- αξιολόγηση συγκεκριμένων συστημάτων, για παράδειγμα, ιατρικές συσκευές
- ανάπτυξη λογισμικού και κώδικα
- αξιολόγηση προτεινόμενης οργανωτικής αλλαγής και καθορισμός των μηχανισμών για την επίτευξή του
- δοκιμή και βελτίωση προσχεδίων συμβολαίων και άλλων νομικών εγγράφων
- δοκιμή και βελτίωση εγγράφων, συμπεριλαμβανομένων οδηγιών και διαδικασιών για κρίσιμες δραστηριότητες

Μια μελέτη HAZOP είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανίχνευση αδυναμιών σε συστήματα (υπάρχοντα ή προτεινόμενα) που εμπλέκουν τη ροή υλικών, ανθρώπων ή πληροφοριών, ή έναν αριθμό γεγονότων ή δραστηριοτήτων σε μια προγραμματισμένη ακολουθία ή τις διαδικασίες που ελέγχουν μια τέτοια ακολουθία. Οι μελέτες HAZOP μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για μη λειτουργικές συνθήκες, όπως αποθήκευση και μεταφορά. Εκτός από το να αποτελεί ένα εργαλείο αξιόλογο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων συστημάτων, η HAZOP μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση κινδύνων και πιθανών προβλημάτων που σχετίζονται με διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας ενός συγκεκριμένου συστήματος, για παράδειγμα, για την εκκίνηση, την ετοιμότητα, την κανονική λειτουργία, την κανονική απενεργοποίηση, την απενεργοποίηση έκτακτης ανάγκης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για διαδικασίες και ακολουθίες σε παρτίδες και αστάθειας κατάστασης, καθώς και για συνεχείς. Η μελέτη HAZOP είναι μέρος της συνολικής διαδικασίας σχεδιασμού και μία από της μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση κινδύνων ως μέρος της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων (δείτε ISO 31000).

3.4.2 Συνδυασμός με άλλες μεθόδους τεχνικής εκτίμησης κινδύνου

Μια μελέτη HAZOP μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους αναγνώρισης κινδύνου και ανάλυσης (δείτε IEC/ISO 31010) όπως η FMEA (δείτε IEC 60812) και FTA (δείτε IEC 61025) ή LOPA (δείτε IEC 61511-3:2003). Τέτοιοι συνδυασμοί μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε καταστάσεις όπου:

- η μελέτη HAZOP δείχνει σαφώς ότι η απόδοση ενός συγκεκριμένου εξαρτήματος ενός συστήματος είναι κρίσιμη και χρειάζεται να εξεταστεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια· η μελέτη HAZOP μπορεί τότε να συμπληρωθεί χρήσιμα με ένα FMEA αυτού του εξαρτήματος;

- έχοντας εξετάσει μοναδικές αποκλίσεις ιδιοτήτων με μια μελέτη HAZOP, αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί FTA και ETA για να αναλυθεί ο αντίκτυπος των πολλαπλών αποκλίσεων ή για να κατανοηθεί η πιθανότητα του γεγονότος αποτυχίας και οι συνέπειές του.

Η μέθοδος FMEA ξεκινά με μια πιθανή αποτυχία εξαρτήματος/λειτουργίας και στη συνέχεια εξετάζει τις συνέπειες αυτής της αποτυχίας στο σύστημα συνολικά. Έτσι, η έρευνα είναι μονόδρομη, από αιτία σε συνέπεια. Από την άλλη πλευρά, η μελέτη HAZOP ασχολείται με την αναγνώριση πιθανών αποκλίσεων από τη σχεδιαστική πρόθεση και στη συνέχεια εξετάζει τις πιθανές αιτίες της απόκλισης και προβλέπει τις συνέπειές της.

Η μέθοδος FTA μπορεί να χρησιμοποιηθεί αφού έχουν αναγνωριστεί μοναδικές αποκλίσεις ιδιοτήτων από τη μέθοδο HAZOP, για να αναλυθεί ο αντίκτυπος των πολλαπλών αποκλίσεων ή για να κατανοηθεί η πιθανότητα του γεγονότος αποτυχίας και οι συνέπειές του.

Η μέθοδος LOPA χρησιμοποιεί τα δεδομένα που αναπτύχθηκαν από τη HAZOP και τεκμηριώνει την προσωρινή αιτία και τα επίπεδα προστασίας που τροποποιούν τον κίνδυνο. Αυτό μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει το ποσό μείωσης του κινδύνου που επιτυγχάνεται από τους υπάρχοντες ελέγχους και για να διαπιστωθεί εάν απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία.

3.4.3 Περιορισμοί της μελέτης HAZOP

Ενώ οι μελέτες HAZOP έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμες σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους, η τεχνική έχει περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εξέταση μιας πιθανής εφαρμογής. Ορισμένοι από τους περιορισμούς αναφέρονται παρακάτω.

- Μια μελέτη HAZOP είναι μια τεχνική αναγνώρισης κινδύνου που εξετάζει τα μέρη του συστήματος ατομικά και μεθοδικά εξετάζει τις επιπτώσεις των αποκλίσεων σε κάθε μέρος. Μερικές φορές ένας πολύ υψηλός κίνδυνος θα εμπλέξει την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αρκετά μέρη του συστήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο κίνδυνος θα πρέπει να αναλυθεί με περισσότερες λεπτομέρειες χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η ETA (δείτε IEC 62502) και η FTA (δείτε IEC 61025).
- Όπως και με οποιαδήποτε τεχνική για την αναγνώριση κινδύνων ή προβλημάτων λειτουργίας, δεν υπάρχει εγγύηση ότι όλα θα αναγνωριστούν σε μια μελέτη HAZOP. Η μελέτη ενός πολύπλοκου συστήματος δεν θα πρέπει, επομένως, να εξαρτάται μόνο από μια μελέτη HAZOP. Η τεχνική θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες κατάλληλες

προσεγγίσεις και άλλες σχετικές μελέτες θα πρέπει να συντονίζονται σε ένα αποτελεσματικό, συνολικό σύστημα διαχείρισης.

- Πολλά συστήματα είναι υψηλά διασυνδεδεμένα, και μια απόκλιση σε ένα μέρος μπορεί να έχει αιτίες και συνέπειες σε άλλα μέρη του συστήματος. Για να κατανοήσετε τον κίνδυνο και να λάβετε κατάλληλες ενέργειες για την αντιμετώπιση του κινδύνου, οι αιτίες και συνέπειες πρέπει να ακολουθηθούν σε όλο το σύστημα. Ωστόσο, όταν το σύστημα είναι υψηλά διασυνδεδεμένο, υπάρχει ο κίνδυνος ότι η παρακολούθηση δεν είναι εξαντλητική για κάθε πιθανότητα και μπορεί να απαιτηθεί μια πιο αυστηρή ανάλυση γεγονότων.
- Η επιτυχία μιας μελέτης HAZOP εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα και την εμπειρία του ηγέτη της μελέτης και τη γνώση, εμπειρία και επίπεδο αλληλεπίδρασης μεταξύ των μελών της ομάδας.
- Μια μελέτη HAZOP μπορεί να εξετάσει μόνο τα μέρη που εμφανίζονται στην αναπαράσταση σχεδίασης. Δραστηριότητες και λειτουργίες που δεν εμφανίζονται στην αναπαράσταση ενδέχεται να μην λαμβάνονται πάντα υπόψη. Αυτό μπορεί να ξεπεραστεί εν μέρει εφαρμόζοντας ένα σύνολο επιπλέον, μη-συγκεκριμένων λέξεων καθοδήγησης σε ένα μέρος που δεν είναι αυστηρά ιδιότητες, όπως πρόσβαση και συντήρηση και επίσης προσθέτοντας στη διαδικασία ένα βήμα όπου, κατά την ολοκλήρωση, εφαρμόζεται ένα τελικό "κοινό νόημα ελέγχου" χρησιμοποιώντας έναν κατάλογο ελέγχου.

3.4.4 Μελέτη αναγνώρισης κινδύνων κατά τα διάφορα στάδια κύκλου ζωής του συστήματος

- Στάδιο ορισμού

Στο στάδιο ορισμού του κύκλου ζωής ενός συστήματος, αποφασίζονται η σχεδιαστική έννοια και τα κύρια μέρη του συστήματος, αλλά η λεπτομερής σχεδίαση και η τεκμηρίωση που απαιτούνται για τη διεξαγωγή της μελέτης HAZOP δεν υπάρχουν ακόμα. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν οι κύριοι κίνδυνοι αυτήν την περίοδο, ώστε να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία σχεδίασης και να διευκολυνθούν μελλοντικές μελέτες HAZOP. Για την πραγματοποίηση αυτών των μελετών, πρέπει να χρησιμοποιηθούν άλλες βασικές μέθοδοι (π.χ. περιγραφές κάποιων από αυτές τις μεθόδους βλ. IEC/ISO 31010).

- Στάδιο υλοποίησης

Κατά το στάδιο της υλοποίησης, είναι συμβουλευτικό να διεξαχθεί μια επιπλέον μελέτη πριν από την τελική παράδοση, όταν η αρχική λειτουργία ή η εκκίνηση του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά επίπεδα κινδύνου και οι κατάλληλες ακολουθίες λειτουργίας και

οδηγίες είναι κρίσιμες. Η μελέτη πρέπει επίσης να διεξαχθεί ή να επαναληφθεί όταν έχει υπάρξει μια σημαντική αλλαγή στη σχεδίαση ή την έννοια σε μεταγενέστερο στάδιο. Επιπλέον δεδομένα όπως οδηγίες παραγωγής και λειτουργίας πρέπει να είναι διαθέσιμα την περίοδο αυτή. Επιπλέον, η μελέτη πρέπει επίσης να εξετάσει όλες τις ενέργειες που έχουν αναφερθεί κατά τις προηγούμενες μελέτες για να διασφαλίσει ότι αυτές έχουν ολοκληρωθεί.

- Στάδιο χρήσης

Η εφαρμογή ή η ενημέρωση μιας μελέτης HAZOP πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν από την εφαρμογή οποιωνδήποτε αλλαγών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την κανονική λειτουργία ενός συστήματος, ιδιαίτερα εάν αυτές οι αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλά επίπεδα κινδύνου. Περιοδικά, το σύστημα πρέπει επίσης να εξετάζεται για να ανιχνευθούν και να κατανοηθούν οι επιπτώσεις και οι επιπλοκές των αργά δρώντων αλλαγών. Είναι σημαντικό τα έγγραφα σχεδίασης και οι οδηγίες λειτουργίας που χρησιμοποιούνται σε μια τέτοια μελέτη να είναι ενημερωμένα.

- Στάδιο βελτίωσης

Το στάδιο βελτίωσης αφορά τη βελτίωση της απόδοσης, τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν για να ανταποκριθούν σε νέες συνθήκες λειτουργίας, την επέκταση της διάρκειας λειτουργίας και την αντιμετώπιση της απαρχαίωσης. Οι μελέτες HAZOP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατανοήσουν τις επιπτώσεις οποιωνδήποτε προτεινόμενων αλλαγών για να κριθεί εάν είναι αποδεκτές και εάν απαιτούνται νέοι έλεγχοι ή αλλαγές στους υφιστάμενους ελέγχους. Κατά τη διεξαγωγή μελετών για την αναγνώριση κινδύνων που συνδέονται με οποιεσδήποτε προτεινόμενες αλλαγές, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι επιπτώσεις και οι αντιδράσεις για το σύνολο του συστήματος και όχι μόνο να περιορίζεται η μελέτη στο τμήμα ή την ιδιότητα που αλλάζει.

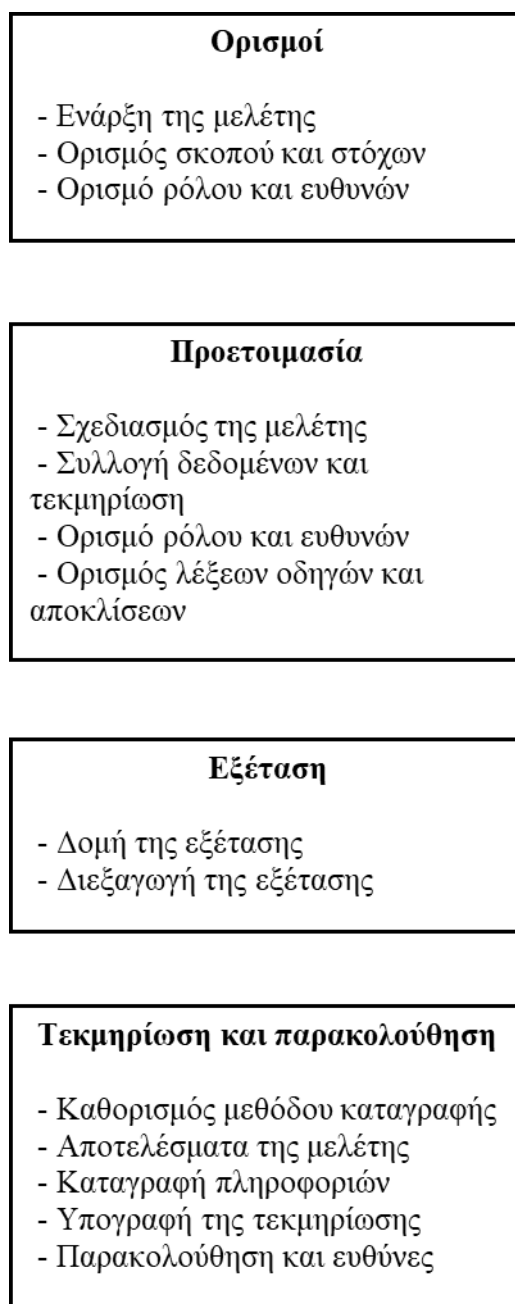
- Στάδιο παροπλισμού

Στο στάδιο του παροπλισμού, μια μελέτη των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την αποσύνδεση, τη διακοπή χρήσης ή την απόρριψη ενός συστήματος ενδέχεται να απαιτηθεί εάν οδηγεί σε διαφορετικούς κινδύνους από αυτούς στις κανονικές λειτουργίες. Μόλις οριστεί η ακολουθία των δραστηριοτήτων, οι μελέτες HAZOP μπορούν να εφαρμοστούν στην ακολουθία και στις διαδικασίες, καθώς και σε οποιεσδήποτε προσωρινές λειτουργικές καταστάσεις.

3.5 Η διαδικασία της μελέτης HAZOP.

3.5.1 Γενικά

Οι μελέτες HAZOP αποτελούνται από τέσσερα βασικά συνεχόμενα βήματα, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.



Εικόνα 1 – Διαδικασία της μελέτης HAZOP.

3.5.2 Ορισμοί

- **Έναρξη της μελέτης**

Η μελέτη εκκινεί συνήθως από ένα άτομο που είναι υπεύθυνο για ένα έργο, μια δραστηριότητα ή μια οργάνωση, το οποίο σε αυτόν τον οδηγό αποκαλείται διευθυντής έργου. Ο διευθυντής έργου θα πρέπει να καθορίσει πότε απαιτείται μια μελέτη, να διορίσει έναν υπεύθυνο της μελέτης και να παράσχει τους απαραίτητους πόρους για να την εκτελέσει. Η ανάγκη για μια τέτοια μελέτη συχνά θα έχει προσδιοριστεί κατά την αρχική σχεδίαση του έργου, είτε λόγω νομικών απαιτήσεων είτε επειδή αποτελεί πολιτική της εταιρείας. Με τη βοήθεια του υπεύθυνου της μελέτης, ο διευθυντής έργου θα πρέπει να ορίσει το πεδίο και τους στόχους της μελέτης και να διασφαλίσει ότι τα μέλη που διορίζονται στην ομάδα μελέτης έχουν τις κατάλληλες δεξιότητες για να την πραγματοποιήσουν. Τέλος, ο διευθυντής έργου είναι υπεύθυνος τελικά για να διασφαλίσει ότι οποιεσδήποτε ενέργειες προκύπτουν από τη μελέτη θα πραγματοποιηθούν.

- **Ορισμός σκοπού και στόχων**

Ο σκοπός μιας μελέτης πρέπει να διατυπώνεται με σαφήνεια, για να εξασφαλιστεί ότι:

- τα όρια του συστήματος και οι επαφές του με άλλα συστήματα και το περιβάλλον έχουν οριστεί με σαφήνεια· και
- η ομάδα μελέτης είναι εστιασμένη και δεν αποκλίνει σε πτυχές που δεν σχετίζονται με τους στόχους.

Ο σκοπός θα εξαρτηθεί από αρκετούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων:

- των ορίων και της έκτασης του συστήματος
- του αριθμού και του επιπέδου λεπτομέρειας των αναπαραστάσεων σχεδιασμού που είναι διαθέσιμες
- του εύρους οποιωνδήποτε προηγούμενων μελετών που έχουν διεξαχθεί για το σύστημα και
- οποιωνδήποτε νομοθετικών απαιτήσεων, προτύπων ή κανονισμών που εφαρμόζονται στο σύστημα.

Οι ακόλουθοι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον ορισμό των στόχων της μελέτης:

- οι σχετικοί στόχοι της εταιρείας
- ο σκοπός για τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα της μελέτης και πώς σχετίζεται με τους στόχους της εταιρείας
- η φάση του κύκλου ζωής στην οποία πρόκειται να διεξαχθεί η μελέτη

- οι σκέψεις για το πως θα πραγματοποιηθεί η εκτέλεση του έργου, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων στην ποιότητα του προϊόντος
- οι άνθρωποι ή τα περιουσιακά στοιχεία που ενδέχεται να βρίσκονται σε κίνδυνο, για παράδειγμα το προσωπικό, ο γενικός κοινός, το περιβάλλον, το σύστημα·
- οι απαιτήσεις απόδοσης του συστήματος.

- **Ορισμός ρόλων και ευθυνών**

Οι ρόλοι και ευθύνες μιας ομάδας μελέτης πρέπει να ορίζονται με σαφήνεια από τον διευθυντή έργου και να συμφωνούνται με τον υπεύθυνο της μελέτης στην έναρξη της μελέτης. Ο υπεύθυνος της μελέτης πρέπει να αναθεωρήσει την αναπαράσταση του σχεδιασμού για να καθορίσει ποιες πληροφορίες είναι διαθέσιμες και ποιες δεξιότητες απαιτούνται από τα μέλη της ομάδας μελέτης. Θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα δραστηριοτήτων, το οποίο θα αντικατοπτρίζει το χρονικό πλαίσιο λήψης αποφάσεων, προκειμένου να επιτραπεί η εκτέλεση οποιωνδήποτε προτάσεων με ταχύτητα.

Είναι ευθύνη του υπεύθυνου της μελέτης να εξασφαλίσει ότι υπάρχει κατάλληλος μηχανισμός για την επικοινωνία των αποτελεσμάτων της μελέτης. Είναι ευθύνη του διευθυντή του έργου να διασφαλίσει ότι τα αποτελέσματα της μελέτης ακολουθούνται και ότι οι αποφάσεις σχετικά με τυχόν απαραίτητες ενέργειες τεκμηριώνονται σωστά.

Ο διευθυντής του έργου και ο υπεύθυνος της μελέτης πρέπει να συμφωνήσουν εάν η δραστηριότητα της ομάδας μελέτης θα περιοριστεί στον εντοπισμό κινδύνων και περιοχών προβλημάτων (τα οποία στη συνέχεια αναφέρονται πίσω στο διευθυντή του έργου και στους σχεδιαστές για επίλυση) ή εάν θα πρέπει επίσης να προτείνουν δυνητικές επεξεργασίες κινδύνου. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει επίσης να υπάρχει συμφωνία ως προς την ευθύνη και τον μηχανισμό για την επιλογή προτιμώμενων επεξεργασιών κινδύνου και την ασφαλή εξασφάλιση εξουσιοδότησης για οποιεσδήποτε ενέργειες πρέπει να ληφθούν.

Η μελέτη HAZOP είναι μια ομαδική προσπάθεια, με κάθε μέλος της ομάδας να επιλέγεται για έναν καθορισμένο ρόλο. Η ομάδα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη και συναφή με τις σχετικές δεξιότητες και εμπειρίες που είναι διαθέσιμες. Όσο πιο μεγάλη είναι η ομάδα, τόσο πιο αργή είναι η διαδικασία, ωστόσο, πρέπει να εκπροσωπούνται όλες οι σχετικές πτυχές της γνώσης.

Εκεί που ένα σύστημα έχει σχεδιαστεί από έναν ανάδοχο, η ομάδα μελέτης πρέπει να περιλαμβάνει προσωπικό και από τον ανάδοχο και από τον πελάτη.

Οι συνιστάμενοι ρόλοι για τα μέλη της ομάδας είναι οι εξής:

- Υπεύθυνος μελέτης: δεν συσχετίζεται στενά με την ομάδα σχεδίασης και το έργο. Είναι εκπαιδευμένος και έμπειρος στην πραγματοποίηση μελετών HAZOP. Είναι υπεύθυνος για τις επικοινωνίες μεταξύ της διοίκησης και της ομάδας μελέτης. Σχεδιάζει τη μελέτη. Συμφωνεί για τη σύνθεση της ομάδας μελέτης. Βεβαιώνεται ότι στην ομάδα μελέτης παρέχεται με πακέτο αναπαράστασης σχεδίασης. Προτείνει τις λέξεις οδηγούς και συνδυασμούς των λέξεων οδηγών / ιδιοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν στη μελέτη. Επιτρέπει την εξέταση της μελέτης. Βεβαιώνει την ακριβή καταγραφή των αποτελεσμάτων.
- Γραμματέας: καταγράφει τις εξελίξεις των συναντήσεων. Τεκμηριώνει τους κινδύνους και τις περιοχές προβλημάτων που εντοπίστηκαν, τις προτεινόμενες προτάσεις και τυχόν προτεινόμενες ενέργειες. Βοηθά τον υπεύθυνο της μελέτης στα καθήκοντα σχεδιασμού και διαχείρισης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο υπεύθυνος της μελέτης μπορεί να αναλάβει αυτόν τον ρόλο. Ο γραμματέας θα πρέπει να έχει καλή τεχνική γνώση του θέματος που μελετάται, γλωσσικές δεξιότητες και καλή ικανότητα ακρόασης και κατανόησης.
- Σχεδιαστής(ες): εξηγεί το σχεδιασμό και την αναπαράστασή του. Εξηγεί πώς μπορεί να συμβεί μια καθορισμένη απόκλιση και η αντίστοιχη αντίδραση του συστήματος ή της οργάνωσης.
- Χρήστης(ες): εξηγεί το λειτουργικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα λειτουργεί το σύστημα, τις λειτουργικές συνέπειες μιας απόκλισης και το βαθμό στον οποίο οι αποκλίσεις μπορεί να οδηγήσουν σε αποδεκτές συνέπειες.
- Ειδικοί: παρέχουν εμπειρογνωμοσύνη σχετικά με το σύστημα, τη μελέτη, τους κινδύνους και τις συνέπειές τους. Μπορεί να κληθούν για περιορισμένη συμμετοχή.
- Συντηρητής : κάποιος που θα συντήρηση το σύστημα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.
- Άλλα άτομα όπως οι προμηθευτές μείζονων στοιχείων του συστήματος, ο κατασκευαστής και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς ενδέχεται επίσης να είναι απαραίτητοι.

Η άποψη του σχεδιαστή και του χρήστη είναι πάντα απαραίτητη για τη μελέτη. Ωστόσο, ανάλογα με τη συγκεκριμένη φάση του κύκλου ζωής στην οποία διεξάγεται η μελέτη, ο τύπος των ειδικών που είναι πιο κατάλληλοι για τη μελέτη μπορεί να ποικίλει.

Όλα τα μέλη της ομάδας πρέπει να έχουν επαρκείς γνώσεις της μεθόδου HAZOP για να μπορούν να συμμετέχουν αποτελεσματικά στη μελέτη, και αν δεν υπάρχουν αυτές οι γνώσεις θα πρέπει να παρέχεται κατάλληλη κατάρτιση.

3.5.3 Προετοιμασία

- Σχεδιασμός της μελέτης

Ο υπεύθυνος της μελέτης είναι υπεύθυνος για την ακόλουθη προετοιμασία:

- α) Απόκτηση πληροφοριών σχετικά με το σύστημα.
- β) Μετατροπή των πληροφοριών σε κατάλληλη μορφή.
- γ) Προγραμματισμός της συχνότητας των συναντήσεων μελέτης ή εργαστηρίων.
- δ) Διευθέτηση των απαραίτητων συναντήσεων.

Επιπλέον, ο υπεύθυνος της μελέτης ενδέχεται να οργανώσει μια έρευνα σε βάσεις δεδομένων, κλπ., για να περιγράψει την ιστορική εμπειρία των ίδιων ή παρόμοιων συστημάτων.

Ο υπεύθυνος της μελέτης είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση ενός επαρκούς αναπαριστανόμενου σχεδιασμού. Εάν ο αναπαριστανόμενος σχεδιασμός είναι ελαττωματικός ή ατελής, πρέπει να διορθωθεί πριν από την έναρξη της μελέτης. Κατά τον σχεδιασμό μιας μελέτης, θα πρέπει να αναγνωριστούν και να συμφωνηθούν τα μέρη και οι ιδιότητες με κάποιον πολύ γνώριμο με τον σχεδιασμό.

Ο υπεύθυνος της μελέτης είναι υπεύθυνος για την προετοιμασία ενός σχεδίου μελέτης που πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

1. Στόχους και σκοπός της μελέτης.
2. Την ομάδα μελέτης.
3. Τεχνικές λεπτομέρειες:
 - Ένας αναπαραστατικός σχεδιασμός χωρίζεται σε μέρη με ορισμένη σχεδιαστική πρόθεση και για κάθε μέρος, μια λίστα συστατικών, υλικών και δραστηριοτήτων και τις ιδιότητές τους.
 - Μια λίστα προτεινόμενων λέξεων οδηγών που θα χρησιμοποιηθούν και η εφαρμογή τους στις ιδιότητες του συστήματος,
4. Μια λίστα κατάλληλων αναφορών, σχεδιαστικών κριτηρίων, προτύπων ή κανονισμών.
5. Διοικητικές ρυθμίσεις, πρόγραμμα συναντήσεων, συμπεριλαμβανομένων των ημερομηνιών και των χρόνων και των τοποθεσιών τους.
6. Μορφή καταγραφής που απαιτείται (βλ. Παράρτημα Α).
7. Πρέπει να παρέχονται επαρκείς χώροι και οπτικά και ηχητικά μέσα καταγραφής για τη διευκόλυνση της αποτελεσματικής διεξαγωγής των συναντήσεων.

Ένα πακέτο ενημέρωσης που αποτελείται από το σχέδιο μελέτης και τις αναγκαίες αναφορές πρέπει να αποσταλεί στα μέλη της ομάδας μελέτης πριν από την πρώτη συνάντηση για να τους

επιτρέπει να εξοικειωθούν με το περιεχόμενό του. Είναι επιθυμητή μια φυσική ανασκόπηση του συστήματος.

Η επιτυχία της μελέτης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εγρήγορση και τη συγκέντρωση των μελών της ομάδας και είναι συνεπώς σημαντικό να μην είναι πολύ μακριές οι συνεδρίες και να υπάρχουν κατάλληλα διαστήματα μεταξύ τους. Πώς επιτυγχάνονται αυτές οι απαιτήσεις είναι τελικά υπόθεση του υπεύθυνου της μελέτης.

3.5.4 Συλλογή δεδομένων και τεκμηρίωση

Συνήθως αυτό μπορεί να αποτελείται από ορισμένα από τα ακόλουθα τεκμηριώσεις που πρέπει να είναι σαφώς και μοναδικά αναγνωρισμένες, εγκεκριμένες και χρονολογικά καθορισμένες:

α) για όλα τα συστήματα: - προθέσεις σχεδιασμού, απαιτήσεις και περιγραφές.

β) για συστήματα υλικού: - διαγράμματα ροής, λειτουργικά διαγράμματα τετραγωνικών τμημάτων, διαγράμματα ελέγχου, διασυνδέσεις, ηλεκτρικά κυκλώματα, φύλλα μηχανικής, σχέδια διάταξης, 3D μοντέλα (όπου είναι διαθέσιμα), προδιαγραφές υπηρεσιών, απαιτήσεις και οδηγίες λειτουργίας και συντήρησης.

γ) για συστήματα ροής διαδικασίας: - διαγράμματα σωλήνωσης/διεργασίας και μηχανολογικά διαγράμματα επιρροών, προδιαγραφές και πρότυπα υλικών εξοπλισμού, διάταξη σωλήνων και συστήματος.

δ) για προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά συστήματα: - διαγράμματα ροής δεδομένων, διαγράμματα σχεδίασης αντικειμένων, διαγράμματα μετάβασης κατάστασης, διαγράμματα χρονισμού, λογικά διαγράμματα.

ε) για συστήματα σχετικά με διαδικασία ή έγγραφο: - πρόχειρα έγγραφα. - αποτελέσματα οποιασδήποτε ανάλυσης εργασίας ή πινάκων λειτουργικής κατανομής.

Επιπλέον, ενδέχεται επίσης να παρέχονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- το εύρος και η τοποθεσία των ορίων του συστήματος που μελετάται και τα σύνορα των διασυνδέσεων.
- πληροφορίες σχετικά με το εξωτερικό και το εσωτερικό περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργεί το σύστημα.
- διατάξεις λειτουργίας και συντήρησης για το σύστημα.
- πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό της διεπαφής χρήστη.
- ιστορική εμπειρία με παρόμοια συστήματα.

3.5.5 Ορισμός λέξεων οδηγών και αποκλίσεων

Κατά τη φάση σχεδιασμού μιας μελέτης HAZOP, ο υπεύθυνος της μελέτης θα πρέπει να προτείνει μια αρχική λίστα λέξεων οδηγών που θα χρησιμοποιηθούν. Ο υπεύθυνος της μελέτης θα πρέπει να δοκιμάσει τις προτεινόμενες λέξεις οδηγούς στο σύστημα και να επιβεβαιώσει την καταλληλότητά τους. Η επιλογή των λέξεων οδηγών πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά, καθώς μια λέξη οδηγός που είναι πολύ συγκεκριμένη μπορεί να περιορίσει τις ιδέες και τη συζήτηση, ενώ μια που είναι πολύ γενική ενδέχεται να μην εστιάσει αποτελεσματικά στη μελέτη HAZOP. Ορισμένα παραδείγματα διαφορετικών τύπων απόκλισης και των σχετικών λέξεων οδηγών παρουσιάζονται στον πίνακα 3

Τύπος Απόκλισης	Λέξη Οδηγός	Παράδειγμα Ερμηνείας για τη βιομηχανία επεξεργασίας	Παράδειγμα Ερμηνείας για ένα προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό σύστημα
Αρνητικό	Όχι	Καμία μερίδα της πρόθεσης που έχει επιτευχθεί, π.χ. καμία ροή.	Δεν διαβιβάστηκαν δεδομένα ή σήματα ελέγχου.
Ποσοτική τροποποίηση	Περισσότερο	Μια ποσοτική αύξηση, π.χ. υψηλότερη θερμοκρασία	Τα δεδομένα διαβιβάζονται με μεγαλύτερο ρυθμό από αυτόν που προβλεπόταν.
	Λιγότερο	Μια ποσοτική αύξηση, π.χ. Χαμηλότερη θερμοκρασία	Τα δεδομένα διαβιβάζονται με μικρότερο ρυθμό από αυτόν που προβλεπόταν.
Ποιοτική τροποποίηση	Καθώς και	Παρουσία προσμίξεων και ταυτόχρονη εκτέλεση ενός άλλου βήματος/λειτουργίας	Υπάρχει κάποιο επιπλέον ή παράταιρο σήμα.
	Μέρος του	Επιτυγχάνεται μόνο κάποιο μέρος της πρόθεσης, δηλαδή πραγματοποιείται μόνο μέρος μιας προτεινόμενης μεταφοράς ρευστού.	Τα δεδομένα ή τα σήματα ελέγχου είναι ατελή.
Αντικατάσταση	Αντίστροφα	Καλύπτει αντίστροφη ροή σε σωλήνες και αντίστροφες χημικές αντιδράσεις.	Συνήθως δεν είναι σχετικό.
	Εκτός από	Επιτυγχάνεται ένα αποτέλεσμα διαφορετικό από την αρχική πρόθεση, δηλαδή μεταφέρεται λανθασμένο υλικό.	Τα δεδομένα ή τα σήματα ελέγχου είναι εσφαλμένα.

Χρόνος	Νωρίς	Κάτι συμβαίνει νωρίτερα από την χρονική αναφορά, π.χ. ψύξη ή φιλτράρισμα.	Τα σήματα φτάνουν πολύ νωρίς σε σχέση με την χρονική αναφορά.
	Αργά	Κάτι συμβαίνει αργότερα από την χρονική αναφορά, π.χ. ψύξη ή φιλτράρισμα.	Τα σήματα φτάνουν πολύ αργά σε σχέση με την χρονική αναφορά.
Σειρά και Συχνότητα	Πριν	Κάτι συμβαίνει πολύ νωρίς σε μια ακολουθία, π.χ. ανάμειξη ή θέρμανση.	Τα σήματα φτάνουν νωρίτερα από ό,τι είχε προβλεφθεί σε μια ακολουθία.
	Μετα	Κάτι συμβαίνει πολύ αργά σε μια ακολουθία, π.χ. ανάμειξη ή θέρμανση.	Τα σήματα φτάνουν αργότερα από ό,τι είχε προβλεφθεί σε μια ακολουθία.

Πίνακας 3 – Παραδείγματα αποκλίσεων και οι συνδεδεμένες λέξεις οδηγοί

Οι συνδυασμοί των λέξεων οδηγών/ιδιοτήτων μπορούν να ερμηνευθούν διαφορετικά σε μελέτες διαφορετικών συστημάτων, σε διαφορετικές φάσεις του κύκλου ζωής του συστήματος, και όταν εφαρμόζονται σε διαφορετικές αναπαραστάσεις σχεδιασμού. Κάποιοι από τους συνδυασμούς ενδέχεται να μην έχουν σημαντικές ερμηνείες για μια δεδομένη μελέτη και θα πρέπει να αγνοηθούν. Γενικά, ο υπεύθυνος της μελέτης θα προκαθορίσει τους κατάλληλους συνδυασμούς λέξεων οδηγών/ιδιοτήτων για τη μελέτη. Η ερμηνεία όλων των συνδυασμών λέξεων οδηγών/ιδιοτήτων πρέπει να οριστεί και να καταγραφεί. Αν ένας δεδομένος συνδυασμός έχει περισσότερες από μια λογικές ερμηνείες στο πλαίσιο του σχεδιασμού, πρέπει να καταχωριστούν όλες οι ερμηνείες. Από την άλλη πλευρά, μπορεί επίσης να διαπιστωθεί ότι η ίδια ερμηνεία προέρχεται από διαφορετικούς συνδυασμούς. Όταν συμβαίνει αυτό, θα πρέπει να γίνουν κατάλληλες διασυνδέσεις.

3.5.6 Εξέταση

- **Δομή της εξέτασης**

Οι συνεδρίες εξέτασης θα πρέπει να είναι δομημένες, με τον ηγέτη της μελέτης να διευκολύνει τη συζήτηση και να ακολουθεί το σχέδιο της μελέτης. Στην έναρξη μιας συνεδρίας μελέτης, ο ηγέτης της μελέτης ή ένα μέλος της ομάδας που είναι εξοικειωμένο με τη διαδικασία που πρόκειται να εξεταστεί και τα προβλήματά της θα πρέπει:

- να παρουσιάσει το σχέδιο της μελέτης, για να διασφαλίσει ότι η ομάδα είναι εξοικειωμένη με το σύστημα και τους στόχους και το πεδίο της μελέτης

- να εξηγήσει την αναπαράσταση του σχεδιασμού και να εξηγήσει τις προτεινόμενες λέξεις οδηγούς και τις ιδιότητες που θα χρησιμοποιηθούν
- να επανεξετάσει οποιουδήποτε προηγούμενως αναγνωρισμένους κινδύνους και προβλήματα λειτουργίας και περιοχές πιθανής ανησυχίας.

- **Διεξαγωγή της εξέτασης**

Η ανάλυση θα πρέπει να ακολουθεί τη ροή ή την ακολουθία που σχετίζεται με το θέμα της ανάλυσης, εντοπίζοντας τις εισόδους και τις εξόδους σε μια λογική ακολουθία. Υπάρχουν δύο δυνατές ακολουθίες εξέτασης: "ιδιότητα πρώτα" και "λέξη οδηγός πρώτα", όπως φαίνεται στα Σχήματα 1 και 2 αντίστοιχα. Ο υπεύθυνος της μελέτης και η ομάδα πρέπει να συμφωνήσουν ποια ακολουθία θα χρησιμοποιηθεί. Η απόφαση θα επηρεαστεί από τον λεπτομερή τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η μελέτη HAZOP. Άλλοι παράγοντες που συμμετέχουν στην απόφαση περιλαμβάνουν τη φύση των τεχνολογιών που εμπλέκονται, την ανάγκη ευελιξίας στη διεξαγωγή της εξέτασης και, κατά κάποιον τρόπο, την εκπαίδευση που έχουν λάβει οι συμμετέχοντες.

Η ακολουθία "ιδιότητα πρώτα" περιγράφεται παρακάτω.

α) Ο υπεύθυνος της μελέτης αρχίζει επιλέγοντας ένα μέρος της αναπαράστασης του σχεδιασμού ως αφετηρία και το επισημαίνει. Στη συνέχεια εξηγεί τη σχεδιαστική πρόθεση του μέρους και εντοπίζει τις σχετικές ιδιότητες.

β) Ο υπεύθυνος της μελέτης επιλέγει μία από τις ιδιότητες και συμφωνεί με την ομάδα εάν η λέξη οδηγός θα εφαρμοστεί άμεσα στον όρο ή στα χαρακτηριστικά αυτής της ιδιότητας. Ο υπεύθυνος της μελέτης προσδιορίζει ποια λέξη οδηγός θα εφαρμοστεί πρώτη.

γ) Η πρώτη εφαρμόσιμη ερμηνεία της λέξης οδηγού εξετάζεται στο πλαίσιο της ιδιότητας ή του χαρακτηριστικού που εξετάζεται για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει μια πιθανή απόκλιση από τη σχεδιαστική πρόθεση. Εάν εντοπιστεί μια πιθανή απόκλιση, εξετάζεται για πιθανές αιτίες και συνέπειες.

δ) Η ομάδα πρέπει να προσδιορίσει εάν θα υπάρχει κάποιος έλεγχος που θα ανιχνεύσει και/ή θα εντοπίσει μια απόκλιση ή θα αντιδράσει σε αυτή, ο οποίος θα μπορούσε να συμπεριληφθεί εντός του επιλεγμένου μέρους ή άλλων μερών του συστήματος. Η παρουσία τέτοιων ελέγχων δεν πρέπει να σταματήσει τον εντοπισμό του κινδύνου ή του προβλήματος λειτουργίας ή τον καθορισμό περαιτέρω μέτρων αντιμετώπισής τους.

ε) Η ομάδα πρέπει να καθορίσει τις ενέργειες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση του κινδύνου, εάν αυτό είναι κατάλληλο. Οι συνιστώμενες αλλαγές πρέπει να σημειωθούν στην διαδικασία της μελέτης και να ληφθούν υπόψη καθώς προχωρά η μελέτη. Εάν είναι

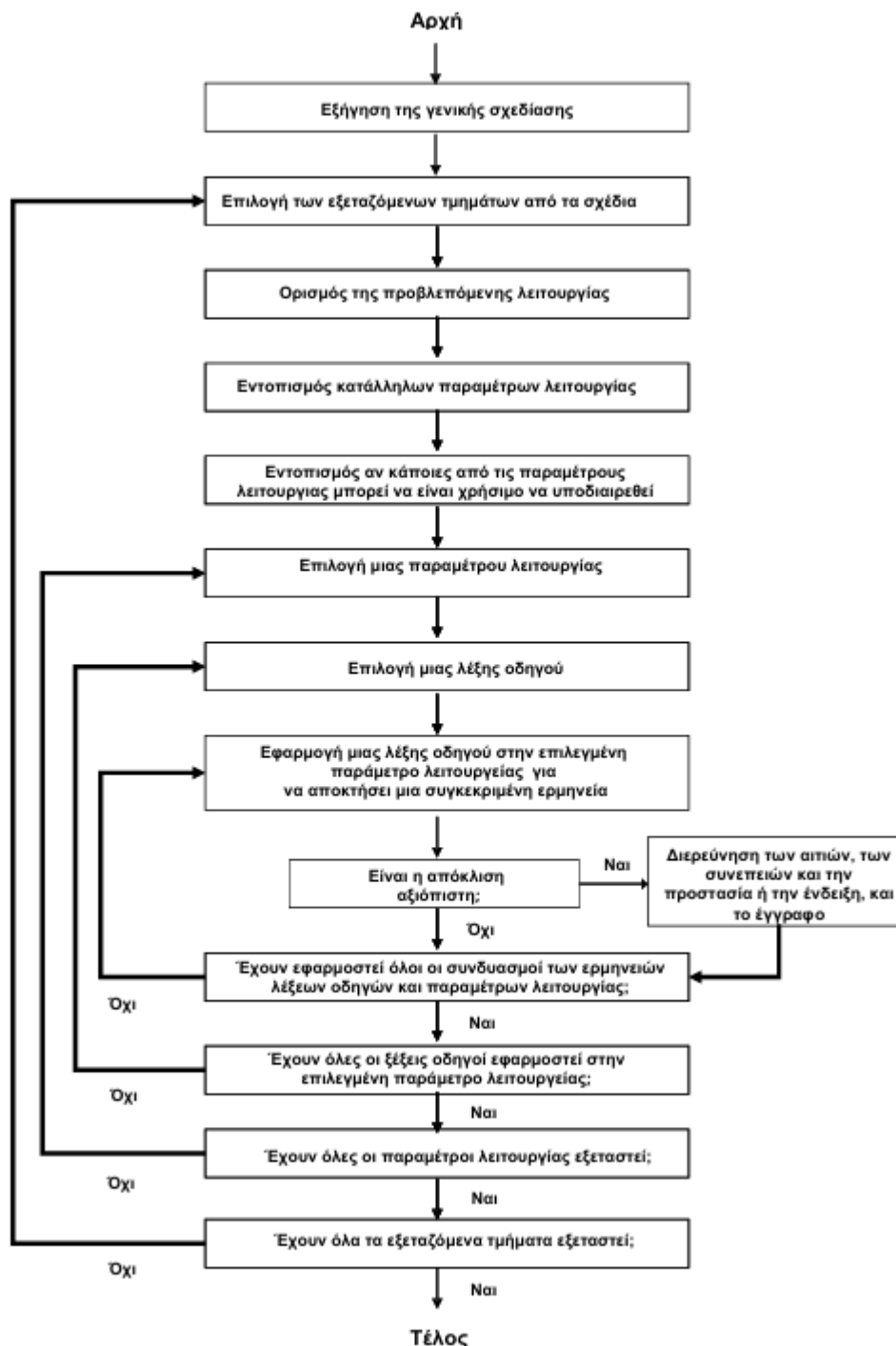
απαραίτητο, ένα ολοκληρωμένο μέρος πρέπει να επανεξεταστεί λόγω αλλαγής σε άλλο μέρος.

στ) Ο υπεύθυνος της μελέτης πρέπει να περιλαμβάνει συνοπτικά τα αποτελέσματα καθώς καταγράφονται από τον γραμματέα. Εάν υπάρχει ανάγκη για πρόσθετη εργασία παρακολούθησης, πρέπει επίσης να καταγραφεί το όνομα του υπεύθυνου για την εκτέλεση της εργασίας. Η πρόοδος της μελέτης πρέπει επίσης να καταγράφεται στο τέλος μιας συνεδρίας μελέτης.

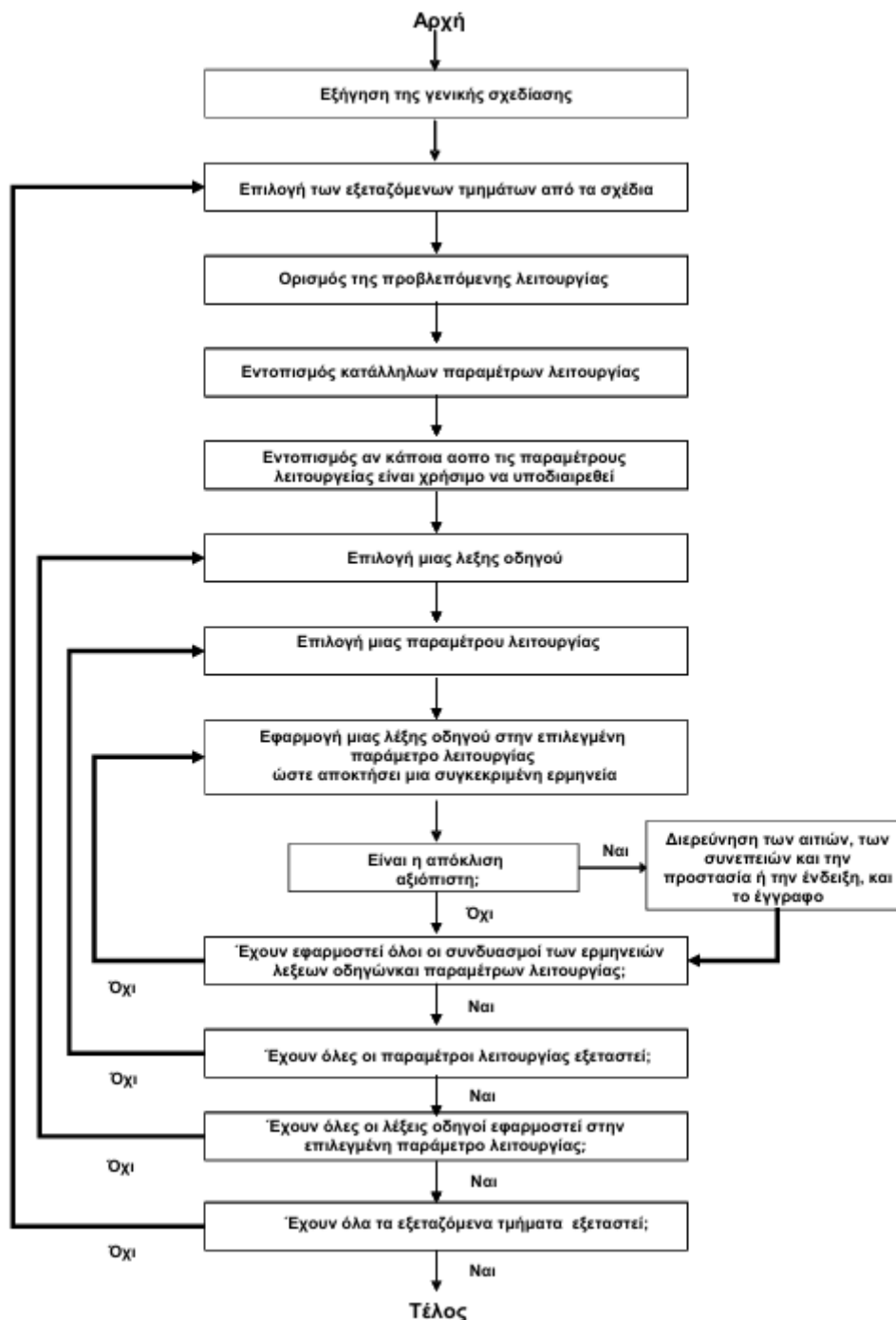
ζ) Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για οποιαδήποτε άλλη ερμηνεία για αυτήν την λέξη οδηγό, στη συνέχεια για μια άλλη λέξη οδηγό, και στη συνέχεια για κάθε ιδιότητα του μέρους που εξετάζεται. Αφού ένα μέρος έχει εξεταστεί πλήρως, πρέπει να επισημανθεί ως ολοκληρωμένο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να μελετηθούν όλα τα μέρη.

Κατά την ολοκλήρωση της μελέτης κάθε μέρους του συστήματος, η ομάδα καλείται να εξετάσει οποιεσδήποτε άλλες ιδιότητες όπως η πρόσβαση, η απομόνωση, ο έλεγχος και το περιβάλλον εργασίας (θόρυβος, φωτισμός, κλπ.) που είναι σημαντικές για την επιθυμητή λειτουργία του συστήματος. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει την εξέταση του συστήματος συνολικά αντί να ασχοληθεί με κάθε μέρος ξεχωριστά.

Ένα εναλλακτικός τρόπος εφαρμογής των λέξεων οδηγών από αυτόν που περιεγράφηκε παραπάνω είναι να εφαρμοστεί η πρώτη λέξη οδηγός σε κάθε μία από τις ιδιότητες που ισχύουν για ένα μέρος σε σειρά. Αφού ολοκληρωθεί αυτό, η μελέτη συνεχίζεται με την επόμενη λέξη οδηγό, η οποία πάλι εφαρμόζεται σε όλες τις ιδιότητες σε σειρά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να χρησιμοποιηθούν όλες οι λέξεις οδηγοί για όλες τις ιδιότητες που ισχύουν για ένα συγκεκριμένο μέρος πριν προχωρήσει σε άλλο μέρος.



Σχήμα 1. –Διάγραμμα ροής της διαδικασίας εξέτασης του HAZOP- Πρώτη η ακολουθία της παραμέτρου λειτουργίας



Σχήμα 2.-Διάγραμμα ροής της διαδικασίας εξέτασης τους HAZOP – Πρώτη η ακολουθία της λέξης οδηγού

3.5.7 Τεκμηρίωση και παρακολούθηση

• Γενικά

Μια μελέτη HAZOP περιλαμβάνει την συστηματική, πειθαρχημένη και τεκμηριωμένη μελέτη ενός συστήματος. Για να επιτευχθούν πλήρως τα οφέλη από μια μελέτη, πρέπει να τεκμηριωθεί σωστά και να ολοκληρωθούν οι προτεινόμενες ενέργειες. Ο υπεύθυνος της μελέτης είναι υπεύθυνος για να εξασφαλίσει ότι παράγονται κατάλληλα αρχεία για κάθε συνάντηση.

- **Καθορισμός μεθόδου καταγραφής**

Υπάρχουν δύο βασικές μορφές καταγραφής: η πλήρης και η μόνο κατά εξαίρεση. Η μέθοδος καταγραφής πρέπει να αποφασιστεί πριν από οποιοσδήποτε συνεδρίες πραγματοποιηθούν, και ο γραμματέας πρέπει να ενημερωθεί ανάλογα.

1. Η πλήρης καταγραφή περιλαμβάνει την τεκμηρίωση όλων των αποτελεσμάτων εφαρμογής κάθε συνδυασμού λέξη οδηγού/ιδιότητας σε κάθε τμήμα ή στοιχείο της αναπαράστασης του σχεδιασμού. Αυτή η μέθοδος, αν και επίπονη, παρέχει τα στοιχεία ότι η μελέτη ήταν λεπτομερής και θα πρέπει να ικανοποιεί τις περισσότερες κανονιστικές ή εταιρικές απαιτήσεις.
2. Η καταγραφή με εξαίρεση περιλαμβάνει την τεκμηρίωση μόνο των εντοπισμένων κινδύνων και προβλημάτων λειτουργικότητας μαζί με τις μετέπειτα ενέργειες. Οι συνδυασμοί ιδιοτήτων/λέξεων οδηγών όπου δεν εντοπίζεται κανένα πρόβλημα κινδύνου ή λειτουργικότητας δεν συμπεριλαμβάνονται. Η καταγραφή με εξαίρεση οδηγεί σε πιο εύκολη διαχείριση της τεκμηρίωσης. Ωστόσο, δεν τεκμηριώνει τη λεπτομέρεια της μελέτης και μπορεί να οδηγήσει σε μια περιττή, επαναλαμβανόμενη μελέτη στο μέλλον.

Κατά τον καθορισμό της μορφής αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- κανονιστικές απαιτήσεις
- συμβατικές υποχρεώσεις
- πολιτικές της εταιρείας
- η ανάγκη για ιχνηλασιμότητα και έλεγχος της μελέτης
- η σημασία του συστήματος για τους στόχους της οργάνωσης
- η χρονική περίοδος και οι διαθέσιμοι πόροι.

- **Αποτελέσματα της μελέτης**

Τα αποτελέσματα μιας μελέτης HAZOP πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής:

- λεπτομέρειες των εντοπισμένων κινδύνων και προβλημάτων λειτουργικότητας μαζί με λεπτομέρειες οποιωνδήποτε παροχών για την αντιμετώπισή τους, συμπεριλαμβανομένων των μέσων με τα οποία θα ανιχνευθούν
- την αναπαράσταση του σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη
- προτάσεις για οποιοσδήποτε περαιτέρω μελέτες συγκεκριμένων πτυχών του σχεδιασμού χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές, εάν είναι απαραίτητο

- προτάσεις επιλογών για την αντιμετώπιση κινδύνων βασισμένες στη γνώση της ομάδας για το σύστημα (εάν εμπίπτουν στο πεδίο της μελέτης) σημειώσεις που επισημαίνουν συγκεκριμένα σημεία που πρέπει να αντιμετωπιστούν στις λειτουργίες και τη συντήρηση
- μια λίστα με τα μέλη της ομάδας για κάθε συνεδρία
- μια λίστα με όλα τα τμήματα που εξετάστηκαν στην ανάλυση μαζί με την επιχειρηματολογία εάν κάποια έχουν εξαιρεθεί
- μια λίστα με τις λέξεις οδηγούς και τις ιδιότητες που χρησιμοποιήθηκαν και
- κατάλογος όλων των σχεδίων, προδιαγραφών, φύλλων δεδομένων, αναφορών κ.λπ. που χρησιμοποιήθηκαν, με αναφορά σε αριθμούς αναθεώρησης.

Με την καταγραφή μόνο κατά εξαίρεση, αυτά τα αποτελέσματα θα περιλαμβάνονται κανονικά μέσα στις φύλλα εργασίας HAZOP. Με την πλήρη καταγραφή, τα απαιτούμενα αποτελέσματα μπορούν να συνοψιστούν από τα φύλλα εργασίας της μελέτης.

- **Καταγραφή πληροφοριών**

Οι καταγεγραμμένες πληροφορίες πρέπει να συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

- κάθε κίνδυνος και πρόβλημα λειτουργίας πρέπει να καταγράφεται ως ξεχωριστό στοιχείο
- όλοι οι κίνδυνοι και τα προβλήματα λειτουργίας μαζί με τις αιτίες τους πρέπει να καταγράφονται ανεξαρτήτως τυχόν υφιστάμενου ελέγχου στο σύστημα
- κάθε ερώτηση που θα τεθεί από την ομάδα για εξέταση μετά τη συνεδρία, πρέπει να καταγράφεται, μαζί με το όνομα ενός ατόμου που θα μπορούσε να την απαντήσει
- πρέπει να υιοθετηθεί ένα σύστημα αρίθμησης για να διασφαλιστεί ότι κάθε κίνδυνος, πρόβλημα λειτουργίας, ερώτηση, πρόταση κ.λπ. είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο
- τα έγγραφα της μελέτης πρέπει να αρχειοθετηθούν για ανάκτηση, όποτε απαιτείται, και να αναφέρονται στο αρχείο διαχείρισης για το σύστημα (εάν υπάρχει); Ποιος ακριβώς πρέπει να λάβει αντίγραφο της τελικής έκθεσης θα εξαρτηθεί κυρίως από την εσωτερική πολιτική της εταιρείας ή από κανονιστικές απαιτήσεις, αλλά συνήθως θα περιλαμβάνει τον διευθυντή, τον ηγέτη της μελέτης και τα άτομα που είναι υπεύθυνα για τις ενέργειες (βλ. 3.5.2).

- **Υπογραφή της τεκμηρίωσης**

Στο τέλος της μελέτης, η έκθεση της μελέτης πρέπει να παραχθεί και να συμφωνηθεί από την ομάδα. Θα πρέπει να υπάρχει μια επίσημη υπογραφή και έγκριση της τελικής έκθεσης από τον

υπεύθυνο της ομάδας και τον αντιπρόσωπο της διοίκησης (προτιμώμενα τον διευθυντή που ξεκίνησε τη μελέτη). Εάν δεν επιτευχθεί συμφωνία, οι λόγοι για τις διαφορετικές απόψεις πρέπει να καταγραφούν.

- **Παρακολούθηση και ευθύνες**

Ο σκοπός της μελέτης HAZOP είναι η αναθεώρηση και όχι η επανασχεδίαση ενός συστήματος. Δεν είναι επίσης συνηθισμένο να είναι ο υπεύθυνος της μελέτης υπεύθυνος για την ολοκλήρωση των ενεργειών που συνιστώνται από την ομάδα.

Πριν υλοποιηθούν οποιεσδήποτε σημαντικές αλλαγές που προκύπτουν από τα ευρήματα της μελέτης HAZOP και αφού είναι διαθέσιμη μια αναθεωρημένη αναπαράσταση του σχεδιασμού, ο διευθυντής θα πρέπει να εξετάσει την ανασύνταξη της ομάδας μελέτης HAZOP για να διασφαλίσει ότι δεν έχουν εισαχθεί νέοι κίνδυνοι ή προβλήματα λειτουργικότητας ή συντήρησης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως αναφέρεται στο 3.5.2, ο διευθυντής μπορεί να εξουσιοδοτήσει την ομάδα μελέτης HAZOP να υλοποιήσει τις προτάσεις και να πραγματοποιήσει αλλαγές στο σχεδιασμό. Σε αυτήν την περίπτωση, η ομάδα μελέτης HAZOP μπορεί να απαιτηθεί να εκτελέσει τα παρακάτω επιπλέον έργα:

- συμφωνήσει σχετικά με τις εκκρεμείς ενέργειες και να αναθεωρήσει τον σχεδιασμό ή τις λειτουργικές και συντηρητικές διατάξεις
- επαληθεύσει τις αλλαγές και να ενημερώσει για την ολοκλήρωσή τους τον διευθυντή και να λάβει την έγκρισή του ή της
- διεξάγει περαιτέρω μελέτες HAZOP του αναθεωρημένου συστήματος.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ HAZOP ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΕΠΙ ΕΛΑΦΟΥΣ

4.1 Περιγραφή της εγκατάστασης

Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους είναι εγκαταστάσεις οι οποίες βρίσκονται σε αγροκτήματα/χωράφια οι οποίοι αναλαμβάνουν να μετατρέψουν την ηλιακή ενέργεια σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στην συνέχεια να την εκχύσουν στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κυρία χαρακτηρίστηκα από τα οποία αποτελείτε ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργεια από τον ήλιο είναι τα παρακάτω :

- Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες
- Βάσεις στήριξης
- Μετατροπείς/ inverter
- Υποσταθμός Χαμηλής/Μέσης τάσης ο οποίος περιλαμβάνει :
 - Τα πεδία χαμηλής τάσης (Low Voltage Room)
 - Τον μετασχηματιστή ανύψωσης (μετασχηματιστής μέσης τάσης)
 - Τα πεδία μέσης τάσης (Medium Voltage Room)
 - Επιμέρους βοηθητικά κυκλώματα όπως :
 - Μονάδες αδιάλειπτης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (UPS)
 - Μονάδες Πυρανίχνευσης
 - Μονάδες συστημάτων ασφαλείας
 - Μονάδες απομακρυσμένης παρακολούθησης του σταθμού
- Σύστημα Γείωσης-Ισοδυναμικές Γειώσεις
- Καλωδιώσεις AC/DC

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα επιμέρους στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού σταθμού , το τι ρόλο παίζει το κάθε ένα σε αυτόν καθώς και την μεταξύ τους σύνδεση.

4.2 Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

Κύριος εξοπλισμός των φωτοβολταϊκών σταθμών είναι οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες, οι οποίοι αποτελούνται από φωτοβολταϊκές κυψέλες (εικόνα 2) συνήθως κατασκευασμένες από κρυσταλλικό πυρίτιο (μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό η άμορφο πυρίτιο) οι οποίες λαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια

μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.. Υπάρχουν τρεις τρόποι σύνδεσής των φωτοβολταϊκών συλλεκτών :

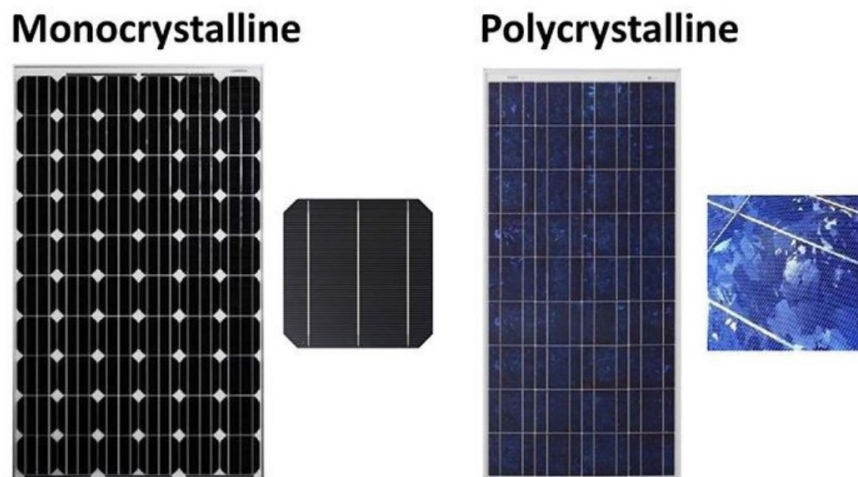
- Σε σειρά
- Παράλληλα και
- Μεικτά

Στην περίπτωση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού επι εδάφους μπορούμε να διακρίνουμε την σύνδεσή των φωτοβολταϊκών συλλεκτών σε σειρά έτσι ώστε να δημιουργηθούν φωτοβολταϊκές συστοιχίες έτσι ώστε να έχουμε αυξημένη ηλεκτρική ισχύ. Κατά την σύνδεση σε σειρά επιτυγχάνεται μεγαλύτερη τάση σε σχέση με την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκός συλλέκτης χωριστά . Η σύνδεση επιτυγχάνεται συνδέοντας τον θετικό πόλο του ενός συλλέκτη με τον αρνητικό πόλο του επόμενου μέχρις ότου δημιουργηθεί η στοιχειοσειρά. Το πλήθος των φωτοβολταϊκών συλλεκτών που αποτελεί μια στοιχειοσειρά καθορίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετατροπέα (inverter) στον οποίο θα συνδεθούν.

Η παραγόμενη ενέργεια των στοιχειοσειρών είναι σε μορφή συνεχούς ρεύματος (DC) και διοχετεύεται στους μετατροπείς (Inverter)

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού συλλέκτη είναι :

- Ισχύς (P_{max}) Είναι το μέγιστο ωφέλιμο ηλεκτρικό ισχύ που μπορεί να παραχθεί από έναν φωτοβολταϊκό συλλέκτη σε κανονικές συνθήκες δοκιμής (STC). Μετριέται σε watt-peak (W_p).
- Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (V_{mp}): Αυτή είναι η τάση στην οποία το φωτοβολταϊκό πάνελ παράγει τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ και είναι συνήθως μεταξύ των 30 έως 40 Volts
- Ρεύμα στο σημείο μέγιστης ισχύος (I_{mp}): Αυτό είναι το ρεύμα όταν η ισχύς που παράγεται από το φωτοβολταϊκό πάνελ είναι η μέγιστη σε κανονικές συνθήκες δοκιμής (STC), και μετριέται συνήθως σε αμπέρ (A).
- Ανοικτή τάση (V_{oc}): Αυτή είναι η τάση που εμφανίζεται στον φωτοβολταϊκό συλλέκτη όταν η έξοδος του είναι ανοικτή, δηλαδή όταν δεν υπάρχει φορτίο που να τραβάει ρεύμα από αυτό. Συνήθως είναι γύρω στα 35-50 volts.
- Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (I_{sc}): Αυτό είναι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να παραχθεί από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ όταν οι ακροδέκτες του είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους, δηλαδή όταν υπάρχει κλειστό-κύκλωμα. Μετριέται συνήθως σε αμπέρ (A).

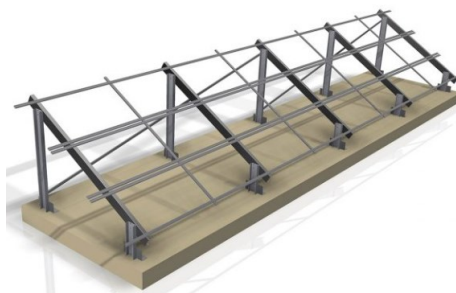


Εικόνα 2 Φωτοβολταϊκές κυψέλες-συλλέκτες

4.3 Βάσεις στήριξης

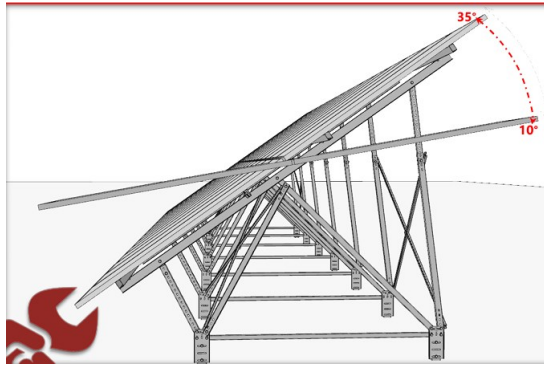
Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες τοποθετούνται πάνω σε βάσεις στήριξης κατάλληλα διαμορφωμένες έτσι ώστε να επιτρέπεται η βέλτιστη έκθεση τους στον ήλιο και να αποτρέπουν πιθανές σκιάσεις μεταξύ τους. Οι βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών συλλεκτών μπορούν να καταταχθούν στα παρακάτω είδη :

- **Σταθερές** (εικόνα 3) βάσεις με προσανατολισμό τον Νότο χωρίς την δυνατότητα αυξομείωσης κλίσης.



Εικόνα 3. Σταθερή βάση

- **Αρθρωτές** (εικόνα 4) με δυνατότητα αυξομείωσης της κλίσης και προσανατολισμένες προς τον Νότο.



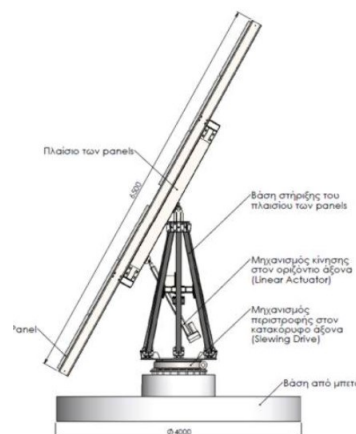
Εικόνα 4. Αρθρωτή βάση με δυνατότητα αυξομείωσης της κλίσης

- **Κινούμενες μόνο-αξονικά** (εικόνα 5) με πορεία από Ανατολή προς την Δύση κατά την διάρκεια της ημέρας και προσανατολισμό ως προς τον Νότο.



Εικόνα 5. Βάση κινούμενη μόνο-αξονικά

- **Κινούμενες με αυτόματη παρακολούθηση** της κίνησης του ήλιου καθημερινά καθόλη την διάρκεια του χρόνου έτσι ώστε να έχουμε συνεχώς κάθετη πρόσπτωση των ηλιακών ακτίνων πάνω στους συλλέκτες



Εικόνα 6. Κινούμενη βάση με αυτόματη παρακολούθηση της κίνησης του ήλιου

4.4 Αντιστροφείς (Inverter)

Η παραγόμενη ενέργεια που προσέρχεται σε μορφή συνεχούς ρεύματος από τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες διοχετεύεται στους αντιστροφείς (Inverter) .

Οι αντιστροφείς είναι διατάξεις ηλεκτρονικών ισχύος οι οποίες μετατρέπουν την συνεχή τάση (DC) που παράγεται από τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε εναλλασσόμενη τάση (AC). Οι αντιστροφείς είναι ένα ζωτικής σημασίας κομμάτι στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς καθώς είναι οι συσκευές που διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια προς του μετασχηματιστές ανύψωσης και στην συνέχεια διοχετεύεται η ενέργεια προς το δίκτυο.

Σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς επι εδάφους και ανάλογα την κατηγοριοποίηση ανάλογα με την ισχύ του εκάστοτε σταθμού μπορούν διαχωρίζονται οι αντιστροφείς (inverter) στις παρακάτω κατηγορίες :

- **Κεντρικοί αντιστροφείς** (εικόνα 7) οι οποίοι εμφανίζουν μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος και συνήθως τους συναντάμε σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς επι εδάφους μεγάλης ισχύος



Εικόνα 7. Κεντρικοί αντιστροφείς

- **Αντιστροφείς στοιχειοσειρών** (εικόνα 8) οι οποίοι είναι οι πιο διαδεδομένοι κατηγορία αντιστροφέων σε σταθμούς μικρής και μέσης ισχύος φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Η αρχή λειτουργίας των αντιστροφέων βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού στοιχειοσειρών σε εισόδους των αντιστροφέων.



Εικόνα 8.Αντιστροφείς στοιχειοσειρών

- Αντιστροφείς πολλαπλών στοιχειοσειρών (εικόνα 9) οι οποίοι έχουν χρήση στην περίπτωση που έχουμε διαφορετικά είδη φωτοβολταϊκών συλλεκτών όσο αφορά τα χαρακτηριστικά τους (διαφορετική ονομαστική ισχύ, η διαφορετικός αριθμός πάνελ κτλ.) καθώς και σε περιπτώσεις που μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (προβλήματα σκιάσεων, κλίση των πάνελ κτλ.). Σε αυτούς τους μετατροπείς η κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος.



Εικόνα 9.Αντιστροφείς πολλαπλών στοιχειοσειρών

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των αντιστροφέων (Inverters) είναι :

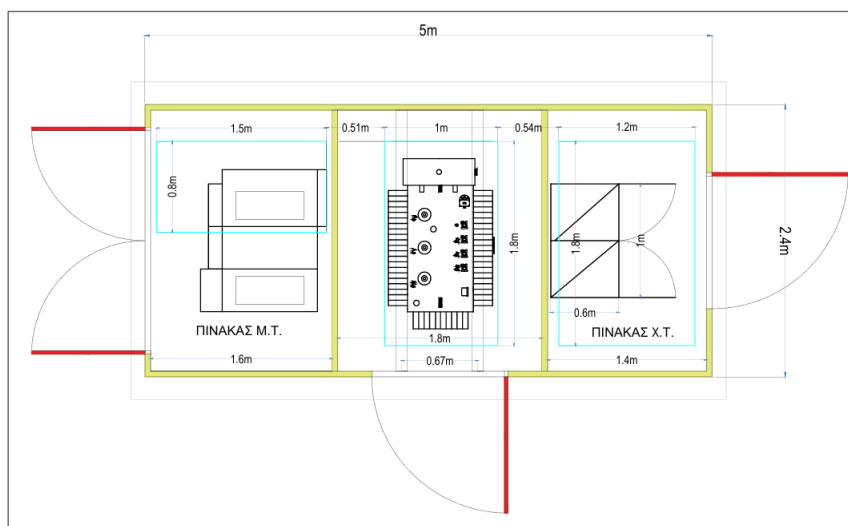
- Μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας υπό την μορφή συνεχούς ρεύματος (DC) σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας υπό την μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC)
- Ρύθμιση και συγχρονισμό της Ισχύος . Οι αντιστροφείς/Inverter ρυθμίζουν την παραγόμενη ισχύ και προσαρμόζουν την παραγωγή τους ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού και τις ανάγκες του δικτύου. Επίσης, συγχρονίζουν την παραγωγή τους με τη φάση και τη συχνότητα του δικτύου.
- Παρακολούθηση και Διαχείριση: Οι σύγχρονοι αντιστροφείς/Inverter διαθέτουν λειτουργίες παρακολούθησης και διαχείρισης που επιτρέπουν την παρακολούθηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συλλεκτών και την αντιμετώπιση προβλημάτων.
- Προστασία του Συστήματος: Οι αντιστροφείς/Inverter παρέχουν προστασία από υπερφόρτωση, υπέρταση, υπόταση και άλλες καταστάσεις που μπορεί να δημιουργήσουν ζημία στο σύστημα.

4.5 Υποσταθμός Χαμηλής τάσης (XT) /Μέσης τάσης (MT)

Οι υποσταθμοί μέσης τάσης είναι αναγκαίοι όταν συνδέονται φωτοβολταϊκοί σταθμοί με εγκατεστημένη ισχύ που υπερβαίνει τα 100 kWp. Σε αυτή την περίπτωση, ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εγκαταστήσει υποσταθμό για τη σύνδεση του σταθμού απευθείας στο δίκτυο μέσης τάσης (MT) 20 kV της ΔΕΗ.

Ένας υποσταθμός MT/XT (εικόνα 10) αποτελείται από τους παρακάτω χώρους :

- Χώρος Γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης (Medium Voltage Room)
- Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος (Transformer Room)
- Χώρος Γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης (Low Voltage Room)



Εικόνα 10 Κάτοψη υποσταθμού MT/XT φωτοβολταϊκού σταθμού

Παρακάτω αναλύουμε ποιο διεξοδικά τους χώρους του υποσταθμού MT/XT ενός φωτοβολταϊκού.

4.5.1 Χώρος Γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης (Medium Voltage Room)

Μέσα σε αυτών τον χώρο καταλήγουν τα κεντρικά (παροχικά) καλώδια των αντιστροφών (inverters) και διοχετεύουν την ενέργεια που παράγεται από αυτούς στον μετασχηματιστή του υποσταθμού μέσω του πίνακα χαμηλής τάσης. Στο πίνακά χαμηλής τάσης εκτός από τον τερματισμό των παροχικών καλωδίων είτε σε αυτόματους διακόπτες ισχύος είτε σε ασφάλειες τήξης θα βρούμε :

- Τον κεντρικό αυτόματο διακόπτη ισχύος από τον οποίος αναχωρούν τα καλώδια διασύνδεσης με τον μετασχηματιστή ισχύος
- Ψηφιακό πολυόργανο που μας παρέχει πληροφορίες για το δίκτυο όπως : Τάση, ένταση, συνολική παραγόμενη ισχύς κτλ
- Ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης
- Ασφάλειες βοηθητικών κυκλωμάτων υποσταθμού (φωτισμός, παροχές προς συναγερμούς, συστήματα UPS, ανεμιστήρες χώρου του μετασχηματιστή κτλ.)
- Ρελέ διαρροής που ασφαλίζει για τυχόν διαρροή ρεύματος ως προς την γη για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας τα βοηθητικά κυκλώματα του υποσταθμού
- Αντί υπερτασικές ασφάλειες που προστατεύουν το δίκτυο από κρουστικές υπερτάσεις που οφείλονται σε ανωμαλίες του δικτιού πχ υπέρταση δικτιού που έχει δημιουργηθεί από κεραυνικό πλήγμα εσωτερικά του σταθμού.

Στον χώρο των πινάκων της XT τον πίνακα προστασίας του M/Σ με ενσωματωμένες λυχνίες Alarm/Trip και ενσωματωμένα τα μπουτόν test/stop της σειρήνας (εικόνα 11).

Συνηθίζεται εντός του συγκεκριμένου χώρου να βρίσκονται τα συστήματα ασφαλείας του σταθμού (συστήματα συναγερμού, καταγραφής καμερών και συστήματα πυρανίχνευσης) καθώς και τα συστήματα παρακολούθησης (monitoring) για την απομακρυσμένη παρακολούθηση αυτού απομακρυσμένα.



Εικόνα 11. Ενδεικτικές φωτογραφίες πίνακα XT φωτοβολταϊκού σταθμού και πινάκων συστημάτων ασφάλειας

4.5.2 Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος (Transformer Room)

Στον χώρο αυτόν βρίσκεται ο Μετασχηματιστής Ισχύος της εγκατάστασης. Σε αυτόν καταλήγουν τα καλώδια από τον κεντρικό αυτόματο διακόπτη Ισχύος του πίνακα της XT και στην συνέχεια αναλαμβάνει την ανύψωση της τάσης στα 20KV έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η διασύνδεση με το δίκτυο της μέσης τάσης της ΔΕΗ μέσω των πεδίων μέσης τάσης.

Η ισχύς του μετασχηματιστή ενός υποσταθμού υπολογίζεται βάσει της μέγιστης ενεργού ισχύος του σταθμού, η οποία καθορίζεται στη φάση της μελέτης. Η επιλογή του μετασχηματιστή καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος, τη χωροθέτηση του φωτοβολταϊκού σταθμού και τις επιπτώσεις αυτών στις απώλειες του σταθμού, καθώς και για λόγους εφεδρείας. Για την επιλογή του μετασχηματιστή πρέπει επίσης να καθοριστεί η τάση βραχυκύκλωσής του, η ομάδα συνδεσμολογίας του και το είδος της μόνωσης του.

Συνήθεις τύπους μετασχηματιστών που βρίσκουμε με βάση την μόνωση είναι οι:

- Μετασχηματιστές ελαίου που χρησιμοποιούν το λάδι ως μονωτικό υλικό απαιτούν αυστηρά μέτρα πυροπροστασίας και ειδική διαμόρφωση χώρου για την συλλογή του ελαίου και είναι φθηνότεροι (εικόνα 12).
- Μετασχηματιστές ξηρού τύπου που χρησιμοποιούν εποξικές ρητίνες ως μόνωση, θεωρούνται άκαυστοι και για αυτόν τον λόγο δεν απαιτούν ειδική διαμόρφωση χώρου και αυστηρά μέτρα πυροπροστασίας.(εικόνα 12).



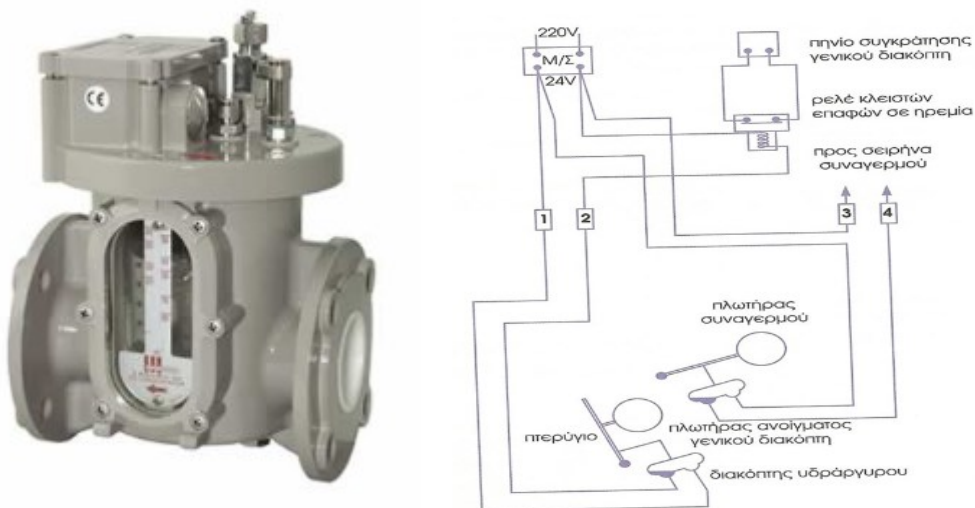
Εικόνα 12.Ενδεικτικές φωτογραφίες μετασχηματιστή ξηρού τύπου και ελαίου

Για τους μετασχηματιστές εκτός από τα γενικά μέτρα προστασίας που λαμβάνονται υπάρχουν κάποια ειδικά μέτρα προστασίας όπως παρουσιάζονται παρακάτω :

- Επιτήρηση της θερμοκρασίας : Οι απώλειες χαλκού και σιδήρου του μετασχηματιστή μετατρέπονται σε θερμότητα μέσα στο εσωτερικό του, οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας του λαδιού (αν ο μετασχηματιστής είναι ελαίου) ή της χυτορητίνης (αν ο μετασχηματιστής είναι ξηρού τύπου). Ένας από τους κύριους στόχους για την αποτελεσματική προστασία του μετασχηματιστή είναι η παρακολούθηση της θερμοκρασίας, ώστε να μην υπερβαίνει τα όρια που έχει θέσει ο κατασκευαστής. Συνήθως, η θερμοκρασία παρακολουθείται με ειδικές αντιστάσεις και, αν ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, η παροχή ρεύματος διακόπτεται. Η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να προκληθεί από βραχυκύκλωμα ή παρατεταμένη υπερφόρτωση.
- Ο ηλεκτρονόμος Buchholz (εικόνα 13) είναι μια διάταξη η οποία τοποθετείται μεταξύ του δοχείου διαστολής του μετασχηματιστή και το δοχείο ελαίου του και διαθέτει δυο επαφές μία για σήμανση κινδύνου ALARM και μία για απόζευξη TRIP. Ενεργοποιείται Με τη συγκέντρωση φυσαλίδων στο εσωτερικό του. Έτσι όταν ο

όγκος του αερίου ξεπεράσει κάποιο όριο δίνει αρχικά εντολή σήμανσης κινδύνου και, αν ο όγκος εξακολουθεί να αυξάνει, εντολή απόζευξης. Με την έντονη ροή του λαδιού στο σωλήνα που συνδέει το δοχείο διαστολής με το δοχείο ελαίου του μετασχηματιστή με εντολή απόζευξης. Με την πτώση της στάθμης του λαδιού (λόγω διαρροής κτλ). Όταν η στάθμη του λαδιού κατέβει κάτω από το επιτρεπτό όριο δίνει αρχικά σήμανση κινδύνου και εάν η στάθμη εξακολουθεί να κατεβαίνει και πέσει κάτω και από το όριο ασφαλείας τότε δίνει εντολή απόζευξης.

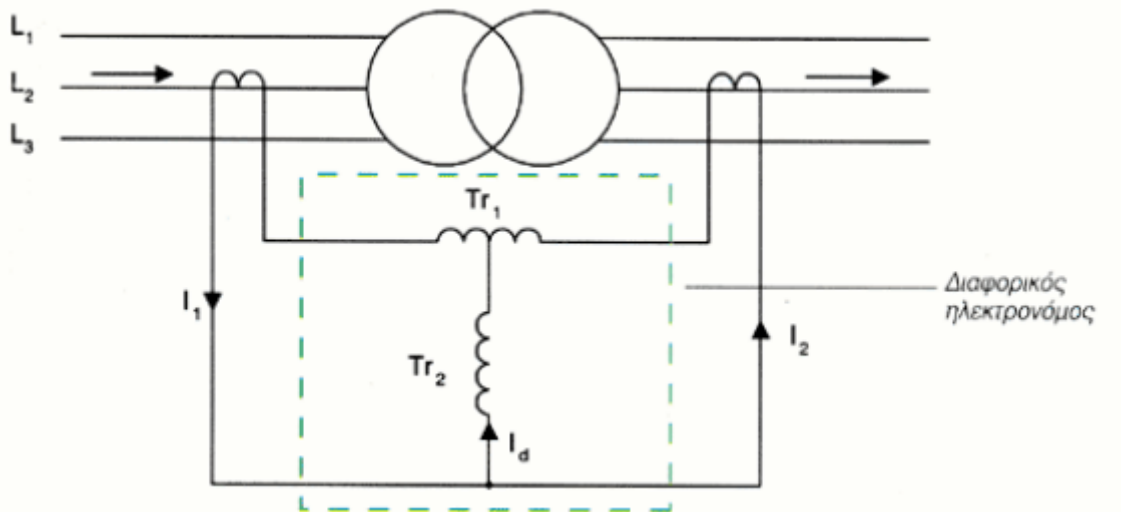
Η ανίχνευση των ανωτέρω είναι κρίσιμες και σε περίπτωση μη λειτουργίας υπάρχει κίνδυνος καταστροφή του μετασχηματιστή. Σε περίπτωση εσωτερικού σφάλματος στο Μ/Σ λαδιού, π.χ. βραχυκύκλωμα μεταξύ των σπειρών στα πηνία μέσης ή χαμηλής τάσης, εξαιτίας αστοχίας στη μόνωση, τοπικά η θερμοκρασία του λαδιού ανεβαίνει απότομα με συνέπεια την εξάτμισή του και τη δημιουργία φυσαλίδων (αερίου) που οδεύουν προς τα πάνω και την έντονη ροή του λαδιού.



Εικόνα 13 Ηλεκτρονόμος Buchholz Και διάγραμμα σύνδεσης

- Η Διαφορική προστασία (εικόνα 14) κατά την οποία γίνεται σύγκριση των ανοιγμένων ρευμάτων του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος. Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειαζόμαστε τρεις μετασχηματιστές έντασης στην μεριά της μέσης τάσης και τρεις μετασχηματιστές έντασης στην μεριά της χαμηλής τάσης. Τα δευτερεύοντα τυλίγματα των μετασχηματιστών καταλήγουν σε έναν διαφορικό ηλεκτρονόμο ο οποίος πραγματοποιεί μια διαρκή σύγκριση των εισερχομένων και εξερχομένων ρευμάτων. Η διαφορική προστασία έχει το πλεονέκτημα ότι περιορίζει τη ζημιά στο ελάχιστο, σε σχέση με την προστασία του Η/Ν Buchholz. Επειδή όμως

είναι μια σχετικά ακριβή προστασία τη συναντάμε σε πολύ μεγάλους Μ/Σ (πάνω από 1600 kV A).



Εικόνα 14. Αρχή λειτουργίας διαφορικής προστασίας Μ/Σ

4.5.3 Χώρος Γενικού πίνακα Μέσης Τάσης (Medium Voltage Room)

Στον χώρο αυτόν βρίσκεται ο Γενικός πίνακας Μέσης Τάσης (εικόνα 15) ο οποίος είναι πίνακας αρθρωτών πεδίων, μειωμένων διαστάσεων, με διακοπτικό υλικό, του οποίου τα ενεργά μέρη, δηλ. διακόπτης και γειωτής, περικλείονται σε ερμητικά κλειστό κέλυφος από ανοξείδωτο χάλυβα με αέριο SF6.

Ο Γενικός πίνακας Μέσης Τάσης συνήθως απαρτίζεται από 3 πεδία (υπάρχουν και περιπτώσεις που είναι 2) και αυτά είναι το πεδίο διασύνδεσης με την ΔΕΗ, το πεδίο μετρήσεων και το Πεδίο προστασίας που σε αυτό γίνεται διασύνδεση το μετασχηματιστή ισχύος του φωτοβολταϊκού σταθμού. Τα πεδία είναι διαμερισματοποιημένα (κατά EN62271) σε :

- Διαμέρισμα ζυγών
- Διαμέρισμα διακοπτικού υλικού
- Διαμέρισμα μηχανισμού λειτουργίας
- Διαμέρισμα σύνδεσης καλωδίων ισχύος
- Διαμέρισμα εξοπλισμού χαμηλής τάσης

Στο πεδίο Διασύνδεσης συνδέονται τα καλώδια Μέσης Τάσης από το Δημόσιο Δίκτυο, και τοποθετούνται οι διατάξεις προστασίας από υπερτάσεις ανά γραμμή Τύπου-I κατάλληλα για τάση λειτουργίας $U_n = 20\text{kV}$.

Στο πεδίο Προστασίας τοποθετούνται:

- Αποζεύκτης 24kV σε κοινό κέλυφος με γειωτή, πληρωμένο με SF₆ χειροκίνητο μηχανισμό λειτουργίας, και βοηθητικές επαφές.
- Αυτόματος διακόπτης ισχύος, με πηνία ανοίγματος και κλεισίματος, βοηθητικές επαφές και κινητήρα τηλεχειρισμού.
- Γειωτής καλωδίων με χειροκίνητο μηχανισμό λειτουργίας
- Ηλεκτρονόμος δευτερογενούς προστασίας που θα είναι προγραμματισμένος να επανασυνδέει αυτόματα το φ/β σταθμό αν τεθεί εκτός λόγω σφάλματος από υπόταση, υπέρταση, ομοπολική συχνότητα της τάσης, υπερσυχνότητα ή υποσυχνότητα.

Στο πεδίο μέτρησης τοποθετούνται :

- Μετασχηματιστές τάσεων για τον έλεγχο του δικτιού της ΔΕΗ

Η λειτουργία των κυκλωμάτων χαμηλής τάσης για την επιτήρηση, αυτοματισμό και έλεγχο του ΓΠΜΤ θα υποστηρίζεται από αυτόνομο UPS,

Εκτός από τις προστασίες του ηλεκτρονόμου, θα υλοποιηθούν οι ακόλουθες μηχανικές μανδαλώσεις:

- Ο διακόπτης μπορεί να κλείσει μόνον όταν ο γειωτής είναι ανοιχτός
- Ο γειωτής μπορεί να κλείσει μόνον όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός
- Η θύρα της κυψέλης μπορεί να ανοίξει μόνον όταν ο γειωτής είναι κλειστός.

Η σχεδίαση και η κατασκευή του Πίνακα Μέσης Τάσης θα είναι σύμφωνη με τα πρότυπα

IEC60694 “Κοινές Προδιαγραφές Για Πίνακες Μέσης Τάσης” και IEC60298 “Πίνακες Μέσης Τάσης Με Μεταλλικό Περίβλημα (1 To 52kV)”.



Εικόνα 15. Γενικός πίνακας Μέσης Τάσης

4.6 Σύστημα Γείωσης-Ισοδυναμικές Γειώσεις

Η Γείωση είναι από τα πιο σημαντικά τμήματα ενός υποσταθμού και ενός φωτοβολταϊκού σταθμού καθώς προστατεύει το προσωπικό από τάσεις επαφής. Ως τάση επαφής θεωρούμε την τάση μεταξύ δύο μεταλλικών η ενός μεταλλικού σημείου και του εδάφους η οποία εμφανίζεται κατά την διάρκεια ενός σφάλματος.

Ως καλύτερη γείωση θεωρείται η θεμελιακή γείωση και θα πρέπει να είναι μικρής τιμής και για αυτό επιβάλλεται η κατασκευή αυτής (ΦΕΚ 1525/Β-15/31.12.73).

Η γείωση διακρίνεται σε :

- Γείωση προστασίας κατά την οποία συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη τους εξοπλισμού που λειτουργούν με ονομαστική τάση μεγαλύτερη του 1KV για την μέση τάση και μικρότερη του 1KV για την χαμηλή τάση και ανήκουν στο ενεργό κύκλωμα και θα μπορούσαν να γίνουν ενεργά σε περίπτωση σφάλματος (πχ πίνακες μέσης τάσης, μεταλλικά μέρη μετασχηματιστή, αντιστροφείς , πίνακας χαμηλής τάσης κα.).
- Γείωση λειτουργίας η οποία είναι η γείωση ενός μόνο σημείου του ενεργού κυκλώματος και συγκεκριμένα η γείωση του ουδέτερου κόμβου της χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή.

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι οι βάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων γειώνονται τόσο για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή (λόγω βλάβης της ηλεκτρικής εγκατάστασης), όσο και για την παροχέτευση ρευμάτων διαρροής από τα φωτοβολταϊκά

στοιχεία. Για τον δεύτερο λόγο πρέπει να διασφαλίζεται η καλή αγωγή της επαφής των φ/β πλαισίων με τις μεταλλικές τους βάσεις.

4.7 Καλωδιώσεις

Σε ένα φωτοβολταϊκό σταθμό γίνεται χρήση καλωδίων για AC για την εναλλασσόμενη τάση και καλωδίων DC για την συνεχή τάση.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για την συνεχή τάση DC, χρησιμοποιούνται για την μεταξύ σύνδεση των πάνελ για να σχηματίσουν τις στοιχειοσειρές που στην συνέχεια συνδέονται με τις εισόδους DC των αντιστροφέων. Τα συγκεκριμένα καλώδια (εικόνα 16) είναι κατασκευασμένα για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, είναι πολύκλινα για να διαθέτουν την καλύτερη ευελιξία και η διατομή τους κυμαίνεται από 4mm² έως 6mm² για την διασύνδεση μεταξύ των πάνελ και από 4mm² έως 16mm² για την διασύνδεση των στοιχειοσειρών με τις εισόδους DC των αντιστροφέων. Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60°C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά - - 55 τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125°C).

Για τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στην εναλλασσόμενη τάση γίνεται χρήση των συμβατικών τύπου καλωδίων (πχ NYΥ, NYM κτλ) εφαρμόζοντας τις συνήθειες πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας αναφορικά με τον υπολογισμό της διατομής τους, τον τρόπο τοποθέτησης και την προστασία τους.



Εικόνα 16. Καλώδια Solar συνεχής τάσης DC

5. ΜΕΛΕΤΗ HAZOP ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΕΠΙ ΕΛΑΦΟΥΣ

Για την τρέχουσα έρευνα επιλέχθηκε συγκεκριμένα ένα παράδειγμα μελέτης, ώστε να γίνει κατανοητή η εφαρμογή της μεθόδου HAZOP σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση επί εδάφους.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν σε αυτήν την υποθετική περίπτωση και περιγράφονται στη συνέχεια είναι τα εξής:

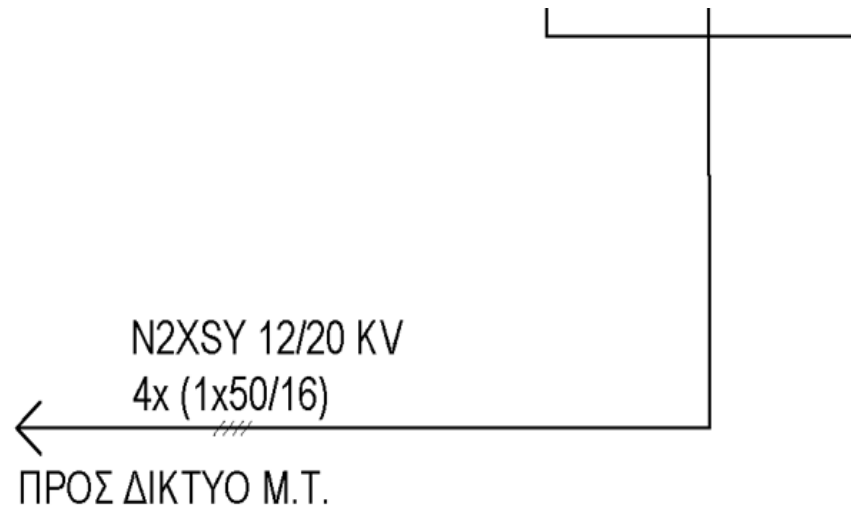
- Η αποτύπωση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε μονογραμμικά σχέδια – Εικόνα 5.1.
- Δημιουργία πίνακα (Πίνακας 4) εξεταζόμενων τμημάτων της εγκατάστασης βάση του μονογραμμικού σχεδίου
- Δημιουργία πίνακα (Πίνακας 5) παραμέτρων διεργασιών και συσχέτιση τους με τις λέξεις οδηγούς και δημιουργία αποκλίσεων με βάση αυτές .
- Δημιουργία φύλου εργασίας HAZOP (Πίνακας 6).
- Δημιουργία της μελέτης HAZOP για το παράδειγμα μελέτης βάση του κεφαλαίου 3 και κατάξη των παρατηρήσεων που προέκυψαν κατά την μελέτη με την εφαρμογή της μεθόδου DMRA (Μαρχαβίλας κ.α., 2019).

5.1 Μεθοδολογία Μελέτης HAZOP.

Στην εικόνα 17 παρουσιάζεται το μονογραμμικό σχέδιο μια τυπικής εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού επί εδάφους ισχύος 500KWp που αποτελείται από πεδία Μέσης Τάσης με χαρακτηρίστηκα 24KV/630A/16KA, μετασχηματιστή ισχύος 500KVA, 5αντιστροφείς (inverter) πολλαπλών στοιχειοσειρών, 1256 τεμάχια φωτοβολταϊκών συλλεκτών ονομαστικής ισχύος 395Wp και σταθερό σύστημα στήριξης .Ο τρόπος που αλληλοεπιδρούν τα παραπάνω στοιχεία μεταξύ τους έχει πραγματοποιηθεί στο κεφάλαιο 4 του παρόντος συγγράμματος.

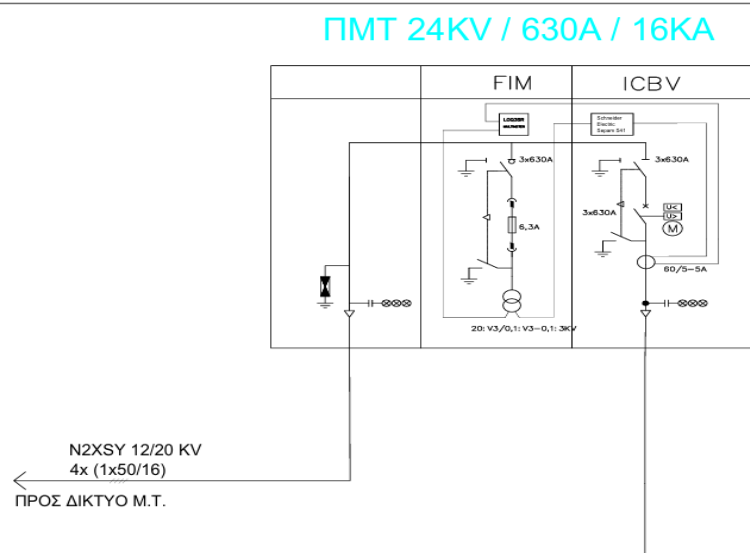
Στο μονογραμμικό σχέδιο της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης επι εδάφους διακρίνουμε τα παρακάτω τμήματα της εγκατάστασης.

- Την διαδρομή της διασύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το δίκτυο της Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ (εικόνα 18)



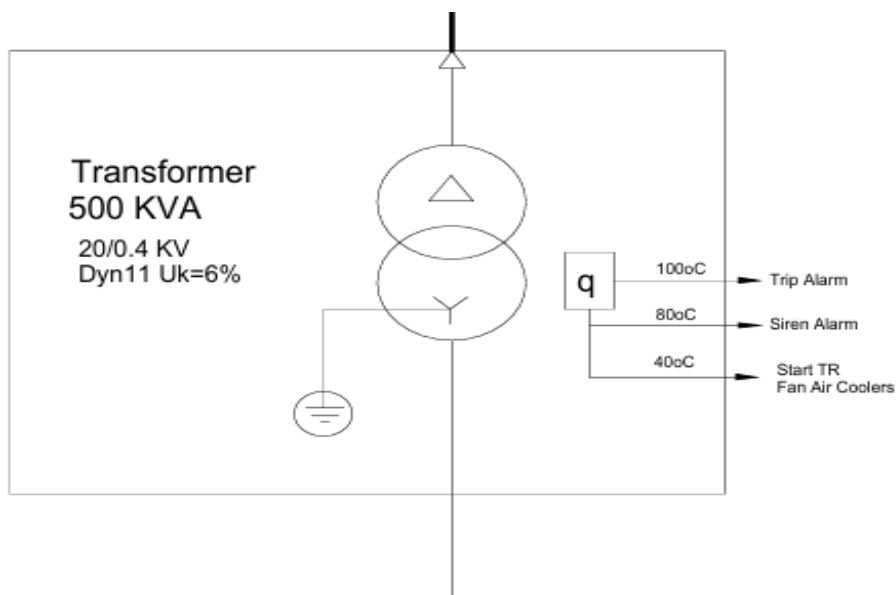
Εικόνα 19. Διαδρομή διασύνδεσης φ/β προς δίκτυο ΜΤ

- Τα πεδία της Μέσης Τάσης στα οποία συνδέεται ο μετασχηματιστής της εγκατάστασης και γίνεται η διασύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού με το δίκτυο της Μέσης Τάσης του ΔΕΔΗΕ (εικόνα 19)



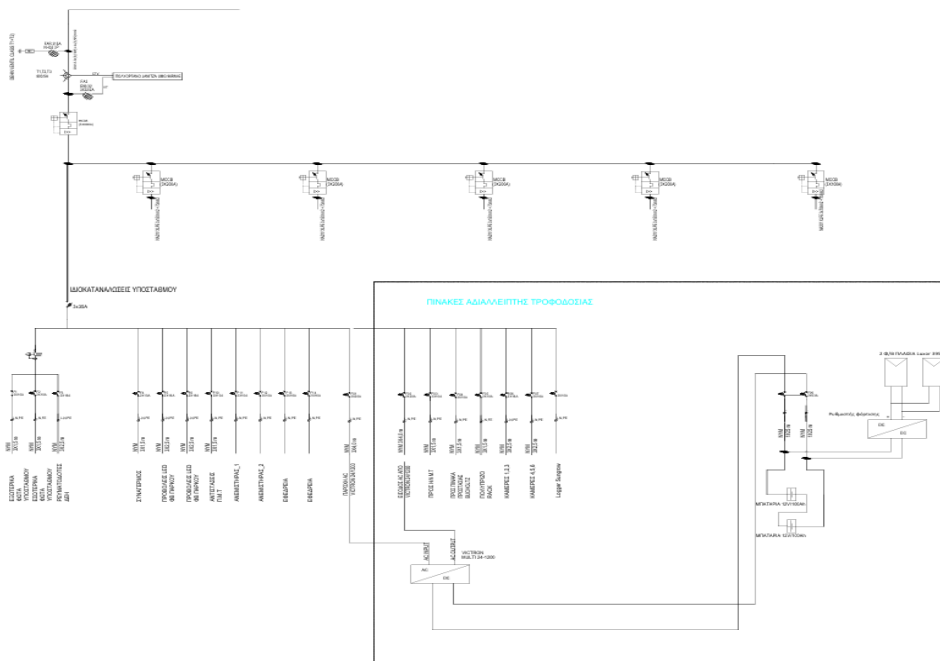
Εικόνα 19. Πεδία Μέσης Τάσης

- Τον μετασχηματιστή της εγκατάστασης (εικόνα 20).



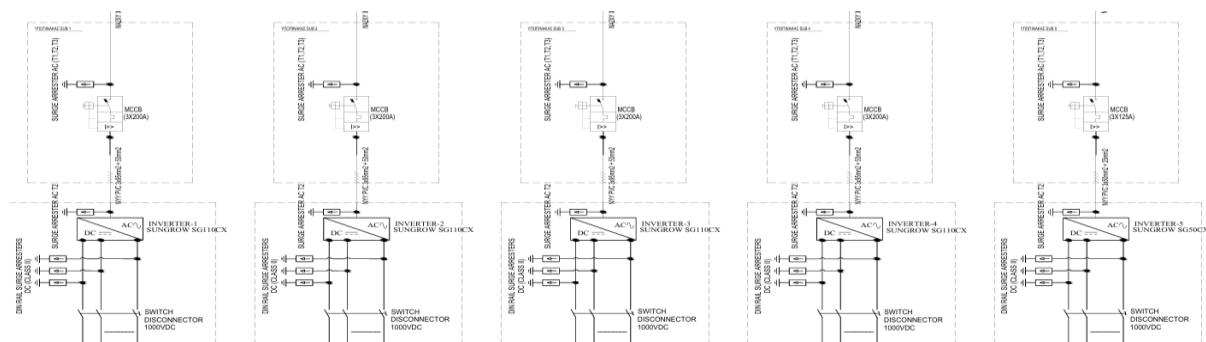
Εικόνα 20. Μετασχηματιστής

- Τον Γενικό Πεδίο Χαμηλής τάσης μαζί με τον πίνακα αδιάλειπτης τροφοδοσίας (εικόνα 21)



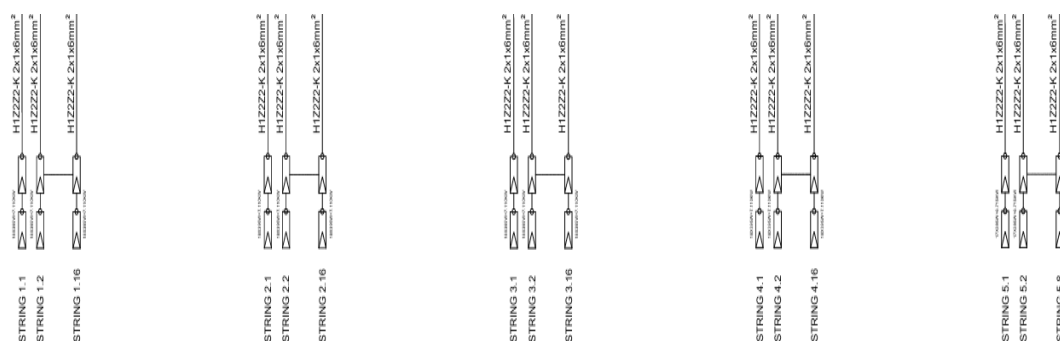
Εικόνα 21. Γενικό Πεδίο Χαμηλής Τάσης, Πίνακας Αδιάλειπτης Τροφοδοσίας και πίνακας Ίδιο καταναλώσεων

- Τους Αντιστροφείς-Inverters με τις προστασίες τους (εικόνα 22)



Εικόνα 22. Αντιστροφείς – Inverters

- Τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες (εικόνα 23)



Εικόνα 23. Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

Βασιζόμενοι στα παραπάνω σχηματίζουμε τον Πίνακα 4 που αφορά τον επιμερισμό προς φωτοβολταϊκής εγκατάστασης προς μελέτης σε τμήματα στα οποία θα πραγματοποιηθεί η μελέτη HAZOP.

A/A	Υποσύστημα	Εξεταζόμενο Τμήμα	Λειτουργία για την οποία έχει σχεδιαστεί.
1	Διασύνδεση με Δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ	Καλώδιο Μέσης Τάσης για Διασύνδεση με Δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ	Μεταφορά Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Δίκτυο Μέσης Τάση του ΔΕΔΔΗΕ
2	Χώρος Μέσης Τάσης	Πεδία Μέσης Τάσης	Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο MT του ΔΕΔΔΗΕ
3	Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος	Μετασχηματιστής Ισχύος	Ανύψωση Τάσης για εναρμονισμό με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ
4	Χώρος Χαμηλής Τάσης	Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης	Διασύνδεση Inverter με τον Μετασχηματιστή Ισχύος
		Πίνακας Ίδιο – καταναλώσεων	Τροφοδοτεί με τάση κρίσιμα φορτία του συστήματος όπως ανεμιστήρες – τον πίνακα

			αδιάλειπτης τροφοδοσίας καθώς και τον φωτισμό κτλ.
		Πίνακας Αδιάλειπτης Τροφοδοσίας	Τροφοδοτεί με τάση τα σύστημα ασφαλείας, τα σύστημα προστασίας του Μ/Σ και το σύστημα προς τηλεμετρίας προς φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
5	Αντιστροφείς	Αντιστροφείς	Μετατρέπουν την DC τάση σε AC
6	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια

Πίνακας 4. Τμήμα προς εξέταση HAZOP Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης

Στην συνέχεια δημιουργούμε τον Πίνακα 5 που αφορά τις παραμέτρους των διεργασιών και την συσχέτιση τους με τις λέξεις οδηγούς και την δημιουργία αποκλίσεων με βάση αυτές.

Παράμετροι Διεργασιών	Λέξη οδηγός	Απόκλιση
Τάση	Όχι	Καθόλου Τάση
	Περισσότερο	Υπέρταση
	Λιγότερο	Υπόταση
	Αντίστροφη	Αντίστροφη Διαδοχή
	Λανθασμένη	Λανθασμένη Τάση
	Πριν	Τάση σε λάθος σημείο
Ρεύμα	Όχι	Καθόλου Ρεύμα
	Περισσότερο	Περισσότερο Ρεύμα
	Λιγότερο	Λιγότερο Ρεύμα
	Ανάστροφο	Ανάστροφο Ρεύμα
Συχνότητα	Περισσότερη	Υπερσυχνότητα
	Λιγότερη	Υποσυχνότητα
Θερμοκρασία	Περισσότερη	Περισσότερη Θερμοκρασία
	Λιγότερη	Λιγότερη Θερμοκρασία
	Λανθασμένη	Λανθασμένη Θερμοκρασία
Στάθμη	Όχι	Καθόλου στάθμη
	Περισσότερη	Περισσότερη στάθμη
	Λιγότερη	Λιγότερη στάθμη
	Λανθασμένη	Λανθασμένη στάθμη
Πίεση	Όχι	Καθόλου πίεση
	Περισσότερη	Περισσότερη πίεση
	Λιγότερη	Λιγότερη πίεση
	Λανθασμένη	Λανθασμένη πίεση
Ροή	Όχι	Καθόλου ροή.

Πίνακας 5. Παράμετροι διεργασιών - λέξεις κλειδιά - δημιουργία αποκλίσεων

Αφού προσδιορίσαμε τα εξεταζόμενα τμήματα και αντιστοιχίσαμε τις παραμέτρους των διεργασιών με τις λέξεις οδηγούς και τις αποκλίσεις που θα δημιουργηθούν το επόμενο στάδιο είναι να δημιουργηθεί το φύλλο εργασίας για την εφαρμογή της μελέτης HAZOP (Πίνακας 6).

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp							
ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ:							
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ :							
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ :							
A/A	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Επίπτωση	Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Πίνακας 6. Φύλλο εργασίας HAZOP

Η χρήση της παραδοσιακής μεθόδου HAZOP, όπως περιγράφεται παραπάνω, οδηγεί στον εντοπισμό των προβλημάτων/προτάσεων χωρίς να τα ταξινομεί με βάση τον κίνδυνο. Η ιεράρχηση των αποτελεσμάτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεθόδου DMRA (Decision Matrix Risk Assessment), η οποία μπορεί να συνδυαστεί με τη μελέτη HAZOP (Marhavidas, Filippidis, Koulinas & Koulouriotis, 2019 & 2020).

Η μέθοδος DMRA είναι μια συστηματική και ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση για την αξιολόγηση του κινδύνου, βασισμένη στην κατηγοριοποίηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων και της πιθανότητας εμφάνισης ενός κινδύνου. Έτσι, κάθε κίνδυνος που έχει εντοπιστεί στη μελέτη HAZOP πρέπει να αντιστοιχιστεί με μια τιμή σοβαρότητας επιπτώσεων και μια τιμή πιθανότητας εμφάνισης (Πίνακας 7). Μέσω αυτής της αντιστοίχισης, θα είναι δυνατή η τοποθέτηση του συγκεκριμένου κινδύνου στον Decision Matrix (Πίνακας 8) για να καθοριστεί η κατηγορία στην οποία ανήκει (Marhavidas, κ.ά., 2019).

Κατηγορία	Πιθανότητα εμφάνισης	Σοβαρότητα επίπτωσης
1	Μια φορά το μήνα	Καταστροφική επίπτωση
2	Μια φορά το χρόνο	Σοβαρή επίπτωση
3	Μια φορά στα 10 χρόνια	Σημαντική επίπτωση
4	Μια φορά στα 25 χρόνια	Μικρή επίπτωση
5	Μια φορά στα 100 χρόνια	Καμία ή αμελητέα επίπτωση

Πίνακας 7. DMRA - Κατηγορίες Πιθανότητας & Επίπτωσης (Marhavidas, κ.ά., 2019)

Σοβαρότητα επίπτωσης	[1]	4	3	2	1	A	4: Critical Risk
	[2]	3	2	1	A	A	3: High Risk
	[3]	2	1	A	A	NSR	2: Medium Risk
	[4]	1	A	A	NSR	NSR	1: Low Risk
	[5]	A	A	NSR	NSR	NSR	A: Acceptable
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	NSR: No Special Risk
		Πιθανότητα εμφάνισης					

Πίνακας 8. DMRA - DMRA – Decision Matrix (Marhavidas, κ.ά., 2019)

Λαμβάνοντας υπόψιν και την μέθοδο DMRA θα δημιουργηθεί το νέο φύλλο εργασίας για την εφαρμογής της μελέτης HAZOP που περιλαμβάνει και την μέθοδο DMRA (Πίνακας 9) και βάση αυτού θα πραγματοποιηθεί η αποτύπωση της μελέτης . Η πιθανότητα εμφάνισης και σοβαρότητα των επιπτώσεων εκτιμήθηκε με βάση την κρίση του συγγραφέα λαμβάνοντας υπό τα παρόντα μέτρα προστασίας.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ:

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ :

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ :

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Μετά την μείωση του Κινδύνου		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														

Πίνακας 9 Νέο Φύλλο εργασίας HAZOP

5.2 Φύλλα εργασίας της Μελέτης HAZOP.

5.2.1 Υποσύστημα Διασύνδεσης με το δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp												Σελίδα 1 από 3		
ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Διασύνδεση με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ														
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Καλώδια Μέσης Τάσης														
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μεταφορά Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Δίκτυο Μέσης Τάση του ΔΕΔΔΗΕ														
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας														
Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Πριν	Υπαρξη τάσης στο καλώδιο πριν τη σύνδεσή του με τον Διακόπτη Εισόδου στα Πεδία Μέσης Τάσης .	Λάθος κλείσιμο των ασφαλειών στην κολώνα διασύνδεσής με το δίκτυο μέσης τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	1. Ηλεκτροπληξία Προσωπικού 2.Βραχυκύκλωμα	5	5	NSR	Προβλέπεται έλεγχος από τους Μηχανικούς καθώς και από το εξειδικευμένο συνεργείο της ΔΕΔΔΗΕ πριν από το κλείσιμο των ασφαλειών MT στην κολώνα του δικτύου				
2	Τάση	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Αντίστροφη	Αντίστροφη διαδοχή φάσεων	Λάθος τερματισμός των καλωδίων.	1.Βραχυκύκλωμα 2.Απώλεια παραγωγής	5	5	NSR	1.Κατα την εγκατάσταση χρησιμοποιείται όργανο διαδοχής φάσεων. 2.Υπαρξη Ηλεκτρονόμου που ελέγχει την διαδοχή φάσεων				

3	Τάση	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Όχι	Μηδενική Τάση στο Καλώδιο	1.Προβληματικό καλώδιο από εργοστασιακό λάθος. 2. Φθορά καλωδίου κατά την τοποθέτηση 3.Λάθος μήκος καλωδίου	1.Απώλεια παραγωγής	5	5	NSR	1.Υπαρξη Μηχανικών κατά την σύνδεση και τοποθέτηση των καλωδίων. 2.Υπαρξη συστήματος διαχείρισης ποιότητας για την φάση του σχεδιασμού.				
---	------	---------------------	-----	---------------------------	---	---------------------	---	---	-----	---	--	--	--	--

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Διασύνδεση με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Καλώδια Μέσης Τάσης ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μεταφορά Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας											Σελίδα 2 από 3			
Α/Α	Παράμετρος Λειτουργίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
4	Τάση	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Υπέρταση στα καλώδια. Δημιουργία κρουστικών υπερτάσεων.	1.Κεραυνικό πλήγμα στο δίκτυο της Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ 2.Δημιουργία υπέρτασης από στιγμιαίο ανοιγοκλείσιμο κεντρικού διακόπτη.	1.Φθορά καλωδίων και ενδεχόμενη μόνιμη βλάβη σε αυτά 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	3	NSR	1.Υπαρξη απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων στην κολώνα διασύνδεσης και εντός του πεδίου εισόδου Μέσης Τάσης του Υποσταθμού. 2.Μετά το άνοιγμα του διακόπτη ο ηλεκτρονόμος δεν δίνει αμέσως εντολή για αυτόματο κλείσιμο αλλά ύστερα από μεγάλο χρονικό όριο για να προλάβει να σταθεροποιηθεί το σύστημα.				
5	Ρεύμα	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Υπερένταση στα καλώδια Μέσης Τάσης	1.Βραχυκλώμα στο καλώδιο η στον Μετασχηματιστή του φωτοβολταϊκού σταθμού. 2.Κακή κατασκευή ακροκυβωτίων	1 Καταστροφή καλωδίου (σκάσιμο μόνωσης) 2.Καταστροφή τερματικών του καλωδίου (ακροκυβωτίων) 3.Προκλήση Πυρκαγιάς	3	4	A	1.Ο Ηλεκτρονόμος του σταθμού διαβάζει υπερεντάσεις από τον ΜΣ και διακόπτει το κύκλωμα, 2.Κατα την κατασκευή τα αρκوكύβωτια κατασκευάζονται υπό την επίβλεψη				

						4.Ηλεκτροπληξία προσωπικού 5.Απώλεια παραγωγής και εσόδων				Μηχανικού και σύμφωνα με το σύστημα διαχείρισης ποιότητας .				
6	Ρεύμα	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Διαπερνάει το καλώδιο περισσότερο ρεύμα από το ονομαστικό του.	Υπερφόρτιση Καλωδίου Μέσης τάσης από λάθος διαστασιολόγηση.	1.Πρόκληση φωτιάς 2.Καταστροφή της μόνωσης του καλωδίου και καταστροφή αυτού. 3.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	5	NSR	1.Η διαστασιολόγηση του καλωδίου πραγματοποιείται από τον κατασκευαστή και γίνεται προσομοίωση σε ειδικό λογισμικό 2.Ο Ηλεκτρονόμος του Υποσταθμού ελέγχει για πιθανή υπερφόρτιση και διακόπτει το κύκλωμα				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Διασύνδεση με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Καλώδια Μέσης Τάσης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μεταφορά Παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Δίκτυο Μέσης Τάση του ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Σελίδα 3 από 3

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
7	Θερμοκρασία	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Ύπαρξη τάσης στο καλώδιο πριν τη σύνδεσή του με τον Διακόπτη Εισόδου στα Πεδία Μέσης Τάσης . Περισσότερη Θερμοκρασία στα καλώδια Μέσης Τάσης από την ονομαστική τιμή τους	Λάθος διαστασιολόγηση του καλωδίου	1.Πρόκληση φωτιάς 2.Καταστροφή της μόνωσης και φθορά του καλωδίου 3.Ηλεκτροπληξία εργαζομένων	5	5	NSR	Η διαστασιολόγηση του καλωδίου πραγματοποιείτε από τον κατασκευαστή και γίνεται προσομοίωση σε ειδικό λογισμικό				
8	Θερμοκρασία	Καλώδιο Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Περισσότερη Θερμοκρασία στα καλώδια Μέσης Τάσης από την ονομαστική τιμή τους	Λάθος εγκατάσταση των καλωδίων Μέσης Τάσης	1.Πρόκληση φωτιάς 2.Καταστροφή της μόνωσης και φθορά του καλωδίου 3.Ηλεκτροπληξία εργαζομένων	5	5	NSR	Η εγκατάσταση πραγματοποιείτε υπό την επίβλεψη εμπειρών μηχανικών ακολουθούνται όλα τα προβλεπόμενα πρότυπα.				

5.2.2 Υποσύστημα Διασύνδεσης με το δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Πεδίων Μέσης Τάσης

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Πεδία Μέσης Τάσης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο ΜΤ του ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Σελίδα 1 από 3

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Πεδίο εισόδου	Όχι	Δεν υπάρχει τάση στο πεδίο εισόδου του διακόπτη	Διακοπή Παροχής από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ λόγω black out	1.Απώλεια παραγωγής και εσόδων. 2Μη τροφοδότηση των βοηθητικών κυκλωμάτων του σταθμού με αποτέλεσμα την μη απομακρυσμένη παρακολούθηση αυτού	1	5	NSR	Έχει γίνει πρόβλεψη για την εγκατάσταση συσκευής η διάταξης αδιάλειπτης παροχής ενέργειας για να μην χάνεται η επικοινωνία με τον σταθμό				
2	Τάση	Πεδία Μέσης Τάσης	Περισσότερη	Περισσότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης.	Υπέρταση από το δίκτυο από πχ κεραυνικό πλήγμα	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	2	2	2	Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερεκτάσεων στο πεδίο εισόδου των πεδίων της Μέσης Τάσης	Προτείνεται τουλάχιστον 2 φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων οπτικός έλεγχος του συστήματος απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων	2	4	A
3	Τάση	Πεδία Μέσης Τάσης	Περισσότερη	Περισσότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης.	Υπέρταση από το δίκτυο λόγω ανοίγω κλεισίματός διακοπών από ΚΥΤ υψηλής	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	5	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτρέπει τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				
4	Τάση	Πεδία Μέσης Τάσης	Λιγότερο	Λιγότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης	Υπόταση στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ λόγω βλάβης σε αυτό	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	5	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτρέπει τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Πεδίων Μέση Τάσης

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Πεδία Μέσης Τάσης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο MT του ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
5	Ρεύμα	Πεδία Μέσης Τάσης	Περισσότερο	Το ρεύμα που διαρρέει τα πεδία μέσης τάσης είναι μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα που μπορούν να αντέξουν	1.Υπερφόρτιση του Δικτύου ΔΕΔΔΗΕ MT 2.Βραχυκύκλωμα στα τυλίγματα του μετασχηματιστή Ισχύος	1.Πρόκληση φωτιάς 2.Καταστροφή Πεδίων Μέσης Τάσης 3.Τραυματισμός εργαζομένων.	4	5	NSR	Ο Ηλεκτρονόμος της εγκατάστασης επιτηρεί το δίκτυο για πιθανές υπερεντάσεις και θέτει τον σταθμό εκτός παραγωγής μόλις ξεπεραστούν τα όρια				
6	Τάση	Ηλεκτρονόμος Μέσης τάσης	Όχι	Δεν υπάρχει τάση στον ηλεκτρονόμο	Μη ύπαρξη τάσης στον πίνακα χαμηλής τάσης	1.Απολεία παραγωγής και εισόδων	2	4	A	Έχει γίνει πρόβλεψη για την εγκατάσταση συσκευής η διάταξης αδιάλειπτης παροχής ενέργειας για να μην χάνεται η επικοινωνία με τον σταθμό που τροφοδοτεί τα κρίσιμα στοιχεία σε περίπτωση διακοπής τάσης	Προτείνεται τουλάχιστον 2 φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων έλεγχος του πίνακα χαμηλής τάσης.	3	5	NSR
7	Πίεση	Διακόπτης εισόδου Μέσης Τάσης	Όχι	Δεν υπάρχει πίεση μονωτικού αερίου στον διακόπτη	Διαρροή του μονωτικού αερίου	Δεν μπορεί να γίνει διακοπή στο κύκλωμα	3	2	1	1.Υπάρχει αισθητήρας και ένδειξη για την πίεση του αερίου 2.Σε περίπτωση απώλειας του αερίου η διακοπή θα μπορεί να γίνει από τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος	Προτείνεται η τοποθέτηση διάταξης αποτροπής χειρισμού σε περίπτωση απώλειας του αερίου	3	5	NSR
8	Πίεση	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Όχι	Δεν υπάρχει πίεση μονωτικού αερίου στον διακόπτη	Διαρροή του μονωτικού αερίου	Δεν μπορεί να γίνει διακοπή στο κύκλωμα	3	2	1	1.Υπάρχει αισθητήρας και ένδειξη για την πίεση του αερίου 2.Σε περίπτωση απώλειας του αερίου η διακοπή θα μπορεί να	Προτείνεται η τοποθέτηση διάταξης αποτροπής χειρισμού σε περίπτωση	3	5	NSR

										γίνει από τον Διακόπτη στο πεδίο εισόδου	απώλειας του αερίου			
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Πεδίων Μέση Τάσης ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Πεδία Μέσης Τάσης ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Διασύνδεση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο MT του ΔΕΔΔΗΕ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας											Σελίδα 3 από 3			
Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
8	Πίεση	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Λανθασμένη	Η ένδειξη πίεσης αερίου SF6 είναι λάθος	Σφάλμα στο αισθητήριο πίεσης	Δεν μπορεί να γίνει διακοπή στο κύκλωμα	4	4	NSR	Θα πραγματοποιηθεί διακοπή από τον Διακόπτη εισόδου Μέσης Τάσης				
9	Πίεση	Διακόπτης εισόδου Μέσης Τάσης	Λανθασμένη	Η ένδειξη πίεσης αερίου SF6 είναι λάθος	Σφάλμα στο αισθητήριο πίεσης	Δεν μπορεί να γίνει διακοπή στο κύκλωμα	4	4	NSR	Θα πραγματοποιηθεί διακοπή από το σημείο της Διασύνδεσης του Φ/Β σταθμού με το Δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ				
10	Τάση	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Όχι	Δεν υπάρχει τάση τροφοδοσίας του μηχανισμού τανύσματος του ελατηρίου του διακόπτη	Σφάλμα στην τροφοδοσία του μοτέρ τανύσματος	Δεν μπορεί να γίνει τανύσει του ελατηρίου για να μπορέσει να όπλιση και να κλείσει ο διακόπτης	3	5	NSR	Υπάρχει μηχανισμός χειροκίνητης φόρτισης του ελατηρίου				
11	Τάση	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Περισσότερη	Περισσότερη τάση από την επιτρεπόμενη ονομαστική στον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος	Υπέρταση στο δίκτυο από κεραυνικό πλήγμα	Καταστροφή του Αυτόματου Διακόπτη Ισχύος	2	4	A	Υπάρχει στο εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων στα πεδία της Μέσης Τάσης που προστατεύουν και τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος				
12	Τάση	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Περισσότερη	Περισσότερη τάση από την επιτρεπόμενη ονομαστική στον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος	Υπέρταση από το δίκτυο λόγω ανοίγω κλεισίματός διακοπών από ΚΥΤ υψηλής	Καταστροφή του Αυτόματου Διακόπτη Ισχύος	2	4	A	Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτρέπει τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				

13	Συχνότητα	Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος	Περισσότερη	Περισσότερη Συχνότητα από την επιτρεπόμενη που έχει οριστεί από τον τοπικούς κανόνες	Πρόβλημα στο Δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	Καταστροφή του εξοπλισμού που είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί με συγκεκριμένη συχνότητα	5	5	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτηρεί τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				
----	-----------	----------------------------	-------------	--	--	--	---	---	-----	--	--	--	--	--

5.2.3 Υποσύστημα Χώρου Μετασχηματιστή Ισχύος

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Μετασχηματιστής Ισχύος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Ανύψωση Τάσης για εναρμονισμό με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Σελίδα 1 από 4

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Περισσότερη	Περισσότερη τάση στα τυλίγματα του μετασχηματιστή από την επιτρεπόμενη ονομαστική	Υπέρταση από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ από κεραυνικό πλήγμα	1.Καταστροφή της μόνωσης των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή ισχύος 2.Διακοπής παραγωγής και απώλεια εσόδων	2	5	A	1.Υπάρχει στο εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων στα πεδία της Μέσης Τάσης που προστατεύουν και τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος 2.Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτηρεί τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				
2	Τάση	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Λιγότερη	Λιγότερη τάση στα τυλίγματα του μετασχηματιστή από την επιτρεπόμενη ονομαστική	Υπόταση από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ	1.Καταστροφή της μόνωσης των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή ισχύος 2.Διακοπής παραγωγής και απώλεια εσόδων	2	5	A	1.Υπάρχει στο εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων στα πεδία της Μέσης Τάσης που προστατεύουν και τον Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος				

										2.Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτηρεί τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Μετασχηματιστής Ισχύος ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Ανύψωση Τάσης για εναρμονισμό με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας												Σελίδα 2 από 4		
Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
3	Τάση	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Όχι	Δεν υπάρχει τάση στο δευτερεύον τυλίγμα του Μετασχηματιστή Ισχύος	Σφάλμα κατά την κατασκευή του Μετασχηματιστή Ισχύος	Δεν λειτουργεί ο Μετασχηματιστής Ισχύος με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	5	NSR	Πραγματοποιούνται εργοστασιακές δοκιμές πριν την παραλαβή και τοποθέτηση του μετασχηματιστή ισχύος στο έργο .				
4	Τάση	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Όχι	Δεν υπάρχει τάση στο πρωτεύον τυλίγμα του Μετασχηματιστή Ισχύος	Σφάλμα κατά την κατασκευή του Μετασχηματιστή Ισχύος	Δεν λειτουργεί ο Μετασχηματιστής Ισχύος με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής και εσόδων	5	5	NSR	Πραγματοποιούνται εργοστασιακές δοκιμές πριν την παραλαβή και τοποθέτηση του μετασχηματιστή ισχύος στο έργο .				
5	Ρεύμα	Μετασχηματιστής Ισχύος	Περισσότερο	Ο Μετασχηματιστής Ισχύος διαρρέεται με πιο πολύ ρεύμα από το ονομαστικό του	Βραχυκύκλωμα στον Μετασχηματιστή .	1.Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή Μ/Σ 3.Εκρήξη Μ/Σ 4.Τραυματισμός εργαζομένων	5	5	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένη διάταξη (ηλεκτρονόμος) που επιτηρεί τα όρια λειτουργίας και θέτει εκτός τον σταθμό				

6	Ρεύμα	Μετασχηματιστής Ισχύος	Περισσότερο	Ο Μετασχηματιστής Ισχύος έχει περισσότερες απώλειες από αυτές που υπάρχουν στην προβλεπόμενες	1.Λανθασμένος σχεδιασμός 2.Πρόβλημα κατασκευής του Μετασχηματιστή Ισχύος	1.Απώλεια Παραγωγής 2.Απώλεια Εσόδων	5	5	NSR	Πραγματοποιούνται εργοστασιακές δοκιμές πριν την παραλαβή και τοποθέτηση του μετασχηματιστή ισχύος στο έργο. Γίνεται εξομοίωση κατά την διάρκεια του σχεδιασμού από το αρμόδιο τμήμα				
---	-------	------------------------	-------------	---	---	---	---	---	-----	--	--	--	--	--

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

Σελίδα 3 από 4

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Μετασχηματιστής Ισχύος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Ανύψωση Τάσης για εναρμονισμό με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
7	Πίεση	Κέλυφος Μετασχηματιστή Ισχύος	Περισσότερη	Αυξημένη Πίεση στο κέλυφος του Μετασχηματιστή Ισχύος	Βλάβη του Μετασχηματιστή	1.Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή Μ/Σ 3.Εκρήξη Μ/Σ 4.Τραυματισμός εργαζομένων	5	5	NSR	Υπάρχουν διάταξη εκτόνωσης της πίεσης με βαλβίδα στον Μετασχηματιστή Ισχύος				
8	Στάθμη	Έλαιο για την ψύξη του Μετασχηματιστή Ισχύος	Περισσότερη	Αύξηση της Στάθμης του ελαίου προς το δοχείο διαστολής του Μετασχηματιστή Ισχύος	Βλάβη του Μετασχηματιστή με πιθανή υπερθέρμανση	1.Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή Μ/Σ 3.Εκρήξη Μ/Σ 4.Τραυματισμός εργαζομένων	5	5	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένη η διάταξη Bucholz για τον εντοπισμό των συγκεκριμένων σφαλμάτων.				
9	Στάθμη	Έλαιο για την ψύξη του Μετασχηματιστή Ισχύος	Λιγότερη	Μείωση της Στάθμης του ελαίου προς το δοχείο διαστολής του Μετασχηματιστή Ισχύος	Βλάβη του Μετασχηματιστή με πιθανή διαρροή ελαίου	1.Αύξηση της Θερμοκρασίας του Μετασχηματιστή Ισχύος 2.Καταστροφή του Μετασχηματιστή Ισχύος 3.Μόλυνση υπεδάφους από τα έλαια	5	5	NSR	1.Υπάρχει εγκατεστημένη η διάταξη Bucholz για τον εντοπισμό των συγκεκριμένων σφαλμάτων. 2.Υπάρχει στεγανή έλαιο λεκάνη για την συλλογή πιθανών διαρροών				

10	Ροή	Μετασχηματιστής Ισχύος	Λιγότερη	Όχι σωστή ροή αέρα από τους ανεμιστήρες ψύξης του Μετασχηματιστή Ισχύος	Βλάβη στους Ανεμιστήρες Ψύξης του Μετασχηματιστή Ισχύος	1.Αύξηση της Θερμοκρασίας του Μετασχηματιστή Ισχύος και μείωση της απόδοσης του 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	2	4		1.Υπάρχουν 2 εγκατεστημένοι ανεμιστήρες 2.Γίνεται παρακολούθηση της θερμοκρασίας μέσω του συστήματος τηλεμετρίας 3.Γίνεται παρακολούθηση της λειτουργίας των ανεμιστήρων μέσω του συστήματος της τηλεμετρίας				
----	-----	------------------------	----------	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

Σελίδα 4 από 4

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Μετασχηματιστή Ισχύος

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Μετασχηματιστής Ισχύος

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Ανύψωση Τάσης για εναρμονισμό με το δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
11	Θερμοκρασία	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Λανθασμένη	Λάθος μέτρηση της Θερμοκρασίας του Μετασχηματιστή Ισχύος	Βλάβη στο αισθητήριο θερμοκρασίας .	Δεν υπάρχει κάποια επίπτωση	5	5	NSR	1.Υπάρχουν διπλές διατάξεις μέτρησης της θερμοκρασίας 2.Υπάρχει διάταξη μέτρησης και της θερμοκρασίας του χώρου				
12	Θερμοκρασία	Τυλίγματα Μετασχηματιστή Ισχύος	Περισσότερη	Περισσότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία λειτουργίας των τυλιγμάτων του Μετασχηματιστή ισχύος	1,Πρόβλημα με το σύστημα ψύξης του Μετασχηματιστή Ισχύος. 2,Βραχυκύκλωμα στα τυλίγματα του Μετασχηματιστή	1.Καταστροφή του μετασχηματιστή 2.Απώλεια Παραγωγής 3.Πρόκληση Φωτιάς.	4	5	NSR	Υπάρχει διάταξη μολινς ανίχνευσή άνοδο της θερμοκρασίας πάνω από προκαθορισμένο σημείο δίνει εντολή στον ηλεκτρονόμο και γίνεται διακοπή της σύνδεσης του σταθμού.				

13	Ροή	Έλαιο για την ψύξη του Μετασχηματιστή Ισχύος	Λανθασμένη	Λάθος μέτρηση της ροής του ελαίου του Μετασχηματιστή Ισχύος	Σφάλμα λειτουργίας της διάταξης προστασίας Bucholz	1.Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή Μ/Σ 3.Εκρήξη Μ/Σ 4.Τραυματισμός εργαζομένων	5	5	NSR	Υπάρχει βαλβίδα εκτόνωσης της πίεσης που πιθανόν να δημιουργηθεί και διάταξη μέτρησης της θερμοκρασίας και διακοπής της τροφοδοσίας μόλις ανιχνευτεί άνοδος αυτής.				
----	-----	--	------------	---	--	--	---	---	-----	--	--	--	--	--

5.2.4 Υποσύστημα Χώρου Χαμηλής Τάσης

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp											Σελίδα 1 από 1			
ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Χαμηλής Τάσης														
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης														
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Διασύνδεση των Inverter με τον Μετασχηματιστή Ισχύος														
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας														
Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Γενικός Διακόπτης MCCB 3Χ800Α	Όχι	Δεν υπάρχει Τάση στην είσοδο του διακόπτη	Σφάλμα στο κύκλωμα πριν τον διακόπτη λόγω βλάβης δικτύου Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	Υπάρχει απώλεια παραγωγής ενέργειας και απώλεια εσόδων	1	5	NSR	Υπάρχει διάταξη ελέγχου και μόλις επανέλθει το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ θα επανέλθει η παραγωγή αυτόματα				
2	Τάση	Γενικός Διακόπτης MCCB 3Χ800Α	Περισσότερο	Περισσότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης.	Υπέρταση από το δίκτυο από πχ κεραυνικό πλήγμα	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	2	2	2	Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερεκτάσεων στο πεδίο εισόδου των πεδίων της Μέσης Τάσης	Προτείνεται τουλάχιστον 2 φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων οπτικός έλεγχος του συστήματος απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων	2	4	A

3	Ρεύμα	Γενικός Διακόπτης MCCB 3X800A	Περισσότερο	Περισσότερο Ρεύμα από το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη	Βραχυκύκλωμα στον εξοπλισμός (inverter)	1. Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή ΓΠΧΤ 3. Τραυματισμός εργαζομένων	3	5	NSR	Υπάρχει διάταξη πάνω στον διακόπτη και όταν ξεπεραστεί το όριο του ρεύματος τον θέτει εκτός λειτουργίας				
4	Τάση	Διακόπτες αναχώρησης Inverter MCCB 3X200A	Όχι	Δεν υπάρχει Τάση στην είσοδο του διακόπτη	Σφάλμα στο κύκλωμα πριν τον διακόπτη λόγω βλάβης δικτύου Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	Υπάρχει απώλεια παραγωγής ενέργειας και απώλεια εσόδων	1	5	NSR	Υπάρχει διάταξη ελέγχου και μόλις επανέλθει το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ θα επανέλθει η παραγωγή αυτόματα				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

Σελίδα 1 από 2

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Χαμηλής Τάσης

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Διασύνδεση των Inverter με τον Μετασχηματιστή Ισχύος

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Εφαρμογή DMRA			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις Βελτίωσης	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
5	Τάση	Διακόπτες αναχώρησης Inverter MCCB 3X200A	Περισσότερο	Περισσότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης.	Υπέρταση από το δίκτυο από πχ κεραυνικό πλήγμα	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	2	2	2	Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερεκτάσεων στο πεδίο εισόδου των πεδίων της Μέσης Τάσης	Προτείνεται τουλάχιστον 2 φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων οπτικός έλεγχος του συστήματος απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων	2	4	A
6	Ρεύμα	Διακόπτες αναχώρησης Inverter MCCB 3X200A	Περισσότερο	Περισσότερο Ρεύμα από το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη	Βραχυκύκλωμα στον εξοπλισμός (inverter)	1. Πρόκληση Φωτιάς 2. Καταστροφή ΓΠΧΤ 3. Τραυματισμός εργαζομένων	3	5	NSR	Υπάρχει διάταξη πάνω στον διακόπτη και όταν ξεπεραστεί το όριο του ρεύματος τον θέτει εκτός λειτουργίας				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Χαμηλής Τάσης

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Πίνακας Ιδιοκαταναλώσεων

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Τροφοδοσία κρίσιμων στοιχείων του συστήματος.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Γενικός Διακόπτης 3x35A	Όχι	Δεν υπάρχει Τάση στην είσοδο του διακόπτη	Σφάλμα στο κύκλωμα πριν τον διακόπτη λόγω βλάβης δικτύου Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	1.πάρχει απώλεια παραγωγής ενέργειας και απώλεια εσόδων 2.Απώλεια τηλεμετρίας του φ/β σταθμού	1	5	NSR	1.Υπάρχει διάταξη ελέγχου και μόλις επανέλθει το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ θα επανέλθει η παραγωγή αντόματα 2.Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα διάταξης αδιάλειπτης παροχής ενέργειας για να μην χάνεται η επικοινωνία με τον σταθμό που τροφοδοτεί τα κρίσιμα στοιχεία σε περίπτωση της διακοπής τάσης στον πίνακα των ιδιοκαταναλώσεων				
2	Τάση	Γενικός Διακόπτης 3x35A	Περισσότερο	Περισσότερη Τάση από την επιτρεπόμενη στα πεδία Μέσης Τάσης.	Υπέρταση από το δίκτυο από πχ κεραυνικό πλήγμα	Καταστροφή του εξοπλισμού και απώλεια παραγωγής και εσόδων	2	2	2	Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερεκτάσεων στο πεδίο εισόδου των πεδίων της Μέσης Τάσης	Προτείνεται τουλάχιστον 2 φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων οπτικός έλεγχος του συστήματος απαγωγής κρουστικών υπερτάσεων	2	4	A

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Χώρος Χαμηλής Τάσης

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Πίνακας Αδιάλειπτης Τροφοδοσίας

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Τροφοδοσία με τάση τα κρίσιμα φορτία σε περίπτωση διακοπής ρεύματος .

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Συσσωρευτές	Όχι	Πιθανή δυσλειτουργία των συσσωρευτών	1.Γυράνση 2.Ανθασμένη φόρτιση	Μη τροφοδοσία με τάση σε κρίσιμα φορτία όπως ο Ηλεκτρονόμος με αποτέλεσμα την μη αυτόματη επαναφορά του σταθμού με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής, Μη λειτουργία της Τηλεμετρίας Μη λειτουργία των συστημάτων ασφαλείας	3	2	1	Υπάρχουν δύο μπαταρίες στην διάταξη για την αποφυγή αστοχίας και τον δύο	Προτείνεται τουλάχιστον δυο φόρες τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων μέτρηση της εσωτερικής αντίστασης των συσσωρευτών	3	4	A
2	Τάση	Ρυθμιστής Φόρτισης	Όχι	Δυσλειτουργία Φορτιστή	Πιθανή βλάβη στον ρυθμιστή φόρτισης Πιθανή βλάβη στα πάνελ που είναι συνδεδεμένα σε αυτόν.	Μη φόρτιση των συσσωρευτών	3	4	A	Οι συσσωρευτές φορτίζονται και μέσω του inverter Victron από το δίκτυο της Χαμηλής Τάσης				
3	Τάση	Inverter Victron Multi 24-1200	Όχι	Δυσλειτουργία Inverter	Πιθανή βλάβη του Inverter	Μη ύπαρξη τάσης στον Ηλεκτρονόμο σε περίπτωση διακοπής του δικτύου της χαμηλής τάσης με αποτέλεσμα την μη αυτόματη επαναφορά της παραγωγής του σταθμούς και απώλεια εσόδων	3	2	A	Ο Ηλεκτρονόμος τροφοδοτείται απευθείας από το δίκτυο της χαμηλής	Προτείνεται τουλάχιστον δυο φόρες τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του Inverter	3	5	NSR

5.2.5 Υποσύστημα Αντιστροφών

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Αντιστροφών

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Αντιστροφείς

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μετατροπή DC ενέργειας σε AC ενέργεια.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Σελίδα 1 από 4

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Αντιστροφείς	Όχι	Μη ύπαρξη τάσης στην DC είσοδο των αντιστροφών	Μη σωστή σύνδεση των φωτοβολταϊκών πάνελ	Μη μετατροπή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την απώλεια εσόδων	4	4	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
2	Τάση	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη τάση στην DC είσοδο των αντιστροφών	Παραπάνω πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά	1.Βλάβη στον Μετατροπέα. 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων 3.Κίνδυνος ατυχήματος εργαζομένων	4	5	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
3	Τάση	Αντιστροφείς	Λιγότερη	Λιγότερη τάση στην DC είσοδο των αντιστροφών	Λιγότερα πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά	1.Μη λειτουργία του Μετατροπέα. 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Αντιστροφών

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Αντιστροφείς

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μετατροπή DC ενέργειας σε AC ενέργεια.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
4	Ρεύμα	Αντιστροφείς	Όχι	Μη ύπαρξη ρεύματος στην DC είσοδο των αντιστροφέων	Ανοιχτό κύκλωμα στις στοιχειοσειρές	Μη μετατροπή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την απώλεια εσόδων	4	4	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
5	Ρεύμα	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη ρεύμα στην DC είσοδο των αντιστροφέων	Λανθασμένη σύνδεση των πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά	1.Βλάβη στον Μετατροπέα. 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων 3.Κίνδυνος ατυχήματος εργαζομένων	4	5	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
6	Ρεύμα	Αντιστροφείς	Ανάστροφο	Λανθασμένη σύνδεση πολικότητας στη είσοδο DC	Ανθρώπινο σφάλμα	1.Μη λειτουργία του Μετατροπέα. 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Η σύνδεση των στοιχειοσειρών πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
7	Θερμοκρασία	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη θερμοκρασία από την αναμενόμενη	Δυσλειτουργία στο σύστημα ψύξης του Αντιστροφέα	1.Μείωση απόδοσης του Αντιστροφέα 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων. 3.Κίνδυνος εκδήλωσης φωτιάς 4.Καταστροφή	4	4	NSR	Υπάρχει διάταξη εντός του Αντιστροφέα που τον θέτει εκτός λειτουργίας σε περίπτωση υπερθέρμανσής	Προτείνεται τουλάχιστον δυο φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του συστήματος ψύξης του Αντιστροφέα.	4	5	NSR

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Αντιστροφών

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Αντιστροφείς

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μετατροπή DC ενέργειας σε AC ενέργεια.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ : ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης, ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
8	Συχνότητα	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη συχνότητα στους αντιστροφείς	Βλάβη στο Δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	1.Μη λειτουργία των Μετατροπέων 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Υπάρχει διάταξη εντός του Αντιστροφέα που τον θέτει εκτός λειτουργίας σε περίπτωση υπερσυχνότητα				
9	Συχνότητα	Αντιστροφείς	Λιγότερη	Λιγότερη συχνότητα στους αντιστροφείς	Βλάβη στο Δίκτυο Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	1.Μη λειτουργία των Μετατροπέων 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Υπάρχει διάταξη εντός του Αντιστροφέα που τον θέτει εκτός λειτουργίας σε περίπτωση υποσυχνότητα				
10	Θερμοκρασία	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη θερμοκρασία από την αναμενόμενη	Δυσλειτουργία στο σύστημα ψύξης του Αντιστροφέα	1.Μειωση απόδοσης του Αντιστροφέα 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων. 3.Κινδύνος εκδήλωσης φωτιάς 4.Καταστροφή	4	4	NSR	Υπάρχει διάταξη εντός του Αντιστροφέα που τον θέτει εκτός λειτουργίας σε περίπτωση υπερθέρμανσής	Προτείνεται τουλάχιστον δυο φορές τον χρόνο κατά την διάρκεια των συντηρήσεων ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του συστήματος ψύξης του Αντιστροφέα.	4	5	NSR
11	Τάση	Αντιστροφείς	Όχι	Μη ύπαρξη τάσης στην AC είσοδο των αντιστροφών	Βλάβη στο Δίκτυο μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ	Μη μετατροπή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αποτέλεσμα την απώλεια εσόδων	4	4	NSR	Υπάρχει διάταξη που θέτει τον Αντιστροφέα σε αναμονή και μόλις αποκατασταθεί το δίκτυο επανέρχεται σε παραγωγή				

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Αντιστροφών

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Αντιστροφείς

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μετατροπή DC ενέργειας σε AC ενέργεια.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
12	Τάση	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη τάση στην DC είσοδο των αντιστροφένων	Υπέρταση λόγω άμεσου κεραυνικό πλήγματος στα πάνελ του σταθμού	1.Καταστροφή του Μετατροπέα 2.Απώλεια παραγωγής 3.Απώλεια εσόδων	4	4	NSR	Υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα απαγωγής κρουστικών υπερεκτάσεων στο πεδίο εισόδου των πεδίων της Μέσης Τάσης				
14	Τάση	Αντιστροφείς	Περισσότερη	Περισσότερη τάση στην AC είσοδο των αντιστροφένων	Υπέρταση στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ	1.Μη Λειτουργία του Μετατροπέα 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Αυτόματη επιτήρηση του δικτύου και Επαναφορά του μετατροπέα μόλις ομαλοποιηθεί το δίκτυο				
	Τάση	Αντιστροφείς	Λιγότερη	Λιγότερη τάση στην AC είσοδο των αντιστροφένων	Υπόταση στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ	1.Μη Λειτουργία του Μετατροπέα 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Αυτόματη επιτήρηση του δικτύου και Επαναφορά του μετατροπέα μόλις ομαλοποιηθεί το δίκτυο				

5.2.6 Υποσύστημα Φωτοβολταϊκών Συλλεκτών

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ : Φωτοβολταϊκός σταθμός επί εδάφους ισχύος 500Kwp

ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ: Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΤΜΗΜΑ: Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ : Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ :ΠΕ Πιθανότητα Εμφάνισης , ΣΕ Σοβαρότητα Επίπτωσης, ΚΣ Κατηγοριοποίηση Σοβαρότητας

Σελίδα 1 από 4

Α/Α	Παράμετρος Διεργασίας	Στοιχείο Εξέτασης	Λέξη Οδηγός	Απόκλιση	Πιθανές Αιτίες	Επίπτωση	Πριν την μείωση του Κινδύνου			Μέσα Προστασίας	Προτάσεις HAZOP	Εφαρμογή DMRA μετά τις Προτάσεις Βελτίωσης		
							ΠΕ	ΣΕ	ΚΣ			ΠΕ	ΣΕ	ΚΕ
1	Τάση	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	Όχι	Μη υπάρξει τάσης στην έξοδο των φωτοβολταϊκών συλλεκτών	Λανθασμένη σύνδεση αυτών	1.Μειωμένη παραγωγή 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών συλλεκτών σε στοιχειοσειρές πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς				
2	Ρευμα	Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες	Όχι	Μη υπάρξει ρεύματος στην έξοδο των φωτοβολταϊκών στοιχειοσειρών	Χαλασμένος ενδιάμεσος φωτοβολταϊκός συλλέκτης	1.Μειωμένη παραγωγή 2.Απώλεια παραγωγής και εσόδων	4	5	NSR	Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών συλλεκτών σε στοιχειοσειρές πραγματοποιείται με παρουσία Μηχανικών και γίνεται μέτρηση τάση αυτών πριν την τοποθέτηση τους στους Αντιστροφείς Επίσης το κάθε πάνελ συνοδεύεται με τα έγγραφα εργοστασιακή δοκιμής				

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πρωτοτυπεί καθώς εφαρμόζει τη μέθοδο HAZOP (Hazard and Operability Study) σε έναν τομέα όπου δεν έχει ακόμα ευρέως χρησιμοποιηθεί: τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Η μέθοδος HAZOP είναι ευρέως γνωστή και εφαρμοσμένη σε βιομηχανικούς τομείς όπως η χημική βιομηχανία και η βιομηχανία πετρελαίου, αλλά η εφαρμογή της στην εκτίμηση κινδύνου σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς είναι πρωτοποριακή. Αυτή η εφαρμογή αναδεικνύει νέες πτυχές και πιθανές αποκλίσεις στη λειτουργία φωτοβολταϊκών σταθμών, που μπορεί να μην ήταν εμφανείς με άλλες μεθόδους εκτίμησης κινδύνου, όπως η FMEA ή η Ανάλυση Δένδρου Αστοχιών (FTA). Συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των φωτοβολταϊκών σταθμών, παρέχοντας μια συστηματική προσέγγιση για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των κινδύνων. Η ενσωμάτωση της HAZOP στα πρότυπα ασφαλείας για φωτοβολταϊκούς σταθμούς μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στην πρόληψη ατυχημάτων και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας των εγκαταστάσεων. Επίσης εισάγει νέες ιδέες σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές για την εκτίμηση κινδύνου σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κάτι που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς μέχρι σήμερα.

Η εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς μέσω της μεθόδου HAZOP ανέδειξε σημαντικά ευρήματα και κρίσιμες πτυχές της ασφάλειας και της λειτουργικότητας των εγκαταστάσεων αυτών. Αναλυτικά:

- **Αναγνώριση Κινδύνων:** Η εφαρμογή της μεθόδου HAZOP επέτρεψε την αναγνώριση πολλών πιθανών κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά τη λειτουργία των φωτοβολταϊκών σταθμών. Οι κύριοι κίνδυνοι που εντοπίστηκαν περιλαμβάνουν την ηλεκτροπληξία, την πιθανότητα πυρκαγιάς, και διάφορες μηχανικές βλάβες.
- **Ανάλυση Επιπτώσεων:** Για κάθε αναγνωρισμένο κίνδυνο, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση των πιθανών επιπτώσεων στην ασφάλεια των εργαζομένων, στην αποδοτικότητα της παραγωγής ενέργειας και στην προστασία του εξοπλισμού. Αυτή η ανάλυση έδωσε τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η σοβαρότητα και η πιθανότητα εμφάνισης κάθε κινδύνου.
- **Εφαρμογή Μέτρων Μείωσης των επιπτώσεων:** Βάσει των ευρημάτων της ανάλυσης, προτάθηκαν συγκεκριμένα μέτρα για τη μείωση των εντοπισμένων κινδύνων.

Για τη συνεχή βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των φωτοβολταϊκών σταθμών, προτείνονται οι εξής μελλοντικές ενέργειες:

1. **Ενσωμάτωση Νέων Τεχνολογιών:** Προτείνεται η διερεύνηση και ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών για την ανίχνευση και αντιμετώπιση κινδύνων σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιες τεχνολογίες μπορεί να περιλαμβάνουν συστήματα αυτόματης παρακολούθησης και ανίχνευσης βλαβών που μπορούν να βελτιώσουν την ταχύτητα αντίδρασης σε έκτακτα περιστατικά.
2. **Συνεχής Εκπαίδευση:** Η ανάπτυξη προγραμμάτων συνεχιζόμενης εκπαίδευσης και επιμόρφωσης για το προσωπικό είναι απαραίτητη. Αυτά τα προγράμματα θα διασφαλίσουν ότι οι εργαζόμενοι παραμένουν ενημερωμένοι για τις βέλτιστες πρακτικές και τις νέες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της ασφάλειας.
3. **Δημιουργία Δικτύων Ασφάλειας:** Προτείνεται η ενίσχυση της συνεργασίας των εταιριών που ανήκουν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί για την ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών σχετικά με την ασφάλεια. Μέσω αυτής της συνεργασίας μπορούν να αναπτυχθούν κοινά πρότυπα και βέλτιστες πρακτικές.
4. **Ανασκόπηση και Βελτίωση Διαδικασιών:** Είναι σημαντικό να γίνεται τακτική ανασκόπηση και βελτίωση των υφιστάμενων διαδικασιών ασφάλειας. Οι ανασκοπήσεις αυτές πρέπει να βασίζονται στα νέα δεδομένα και τις τεχνολογικές εξελίξεις, ώστε να διασφαλίζεται ότι οι διαδικασίες παραμένουν αποτελεσματικές.
5. **Διεξαγωγή Περισσότερων Μελετών:** Προτείνεται η επέκταση της έρευνας και της εφαρμογής της μεθόδου HAZOP και σε άλλες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Μέσω αυτής της διεύρυνσης μπορούν να δημιουργηθούν ολοκληρωμένα πρότυπα ασφάλειας που θα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας.

Η υλοποίηση αυτών των προτάσεων μπορεί να συμβάλει στη συνεχή βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των φωτοβολταϊκών σταθμών, ενώ παράλληλα θα προωθήσει τη βιώσιμη ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας.

Ως μελλοντική εξέλιξη της παρούσας εργασίας θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με :

1. Την διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής με τους παρακάτω τρόπους :
 - **Εφαρμογή της HAZOP σε Διάφορους Τύπους Ενεργειακών Εγκαταστάσεων:** Μία φυσική εξέλιξη της έρευνάς σου θα μπορούσε να είναι η εφαρμογή της HAZOP σε

άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι αιολικοί σταθμοί ή οι πλωτοί φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Αυτές οι εγκαταστάσεις αντιμετωπίζουν διαφορετικά περιβαλλοντικά και λειτουργικά προβλήματα, και η HAZOP θα μπορούσε να προσαρμοστεί για να εντοπίσει κινδύνους που είναι μοναδικοί για κάθε τύπο εγκατάστασης.

- **Συνδυαστική Εφαρμογή Μεθόδων:** Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη συνδυαστική εφαρμογή της HAZOP με άλλες μεθόδους, όπως η FMEA ή το FTA, για να προσφερθεί μια πιο ολοκληρωμένη και πολυδιάστατη ανάλυση των κινδύνων. Ο συνδυασμός των μεθόδων αυτών μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό τόσο συστημικών όσο και τεχνικών κινδύνων.

2. Με τεχνολογικές Βελτιώσεις και Ενσωμάτωση Καινοτομιών όπως :

- **Ενσωμάτωση Συστημάτων IoT (Internet of Things):** Στο μέλλον, η HAZOP θα μπορούσε να επωφεληθεί από την ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT που επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση αισθητήρων και αναλυτικών εργαλείων θα μπορούσε να προσφέρει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη βελτίωση της αξιοπιστίας της ανάλυσης και την άμεση ανίχνευση προβλημάτων.
- **Προληπτική Συντήρηση με Βάση Προβλέψεις:** Χρησιμοποιώντας τις αρχές της HAZOP σε συνδυασμό με τεχνολογίες machine learning, θα μπορούσαν να αναπτυχθούν μοντέλα πρόβλεψης που εντοπίζουν πιθανά σημεία αστοχίας πριν αυτά συμβούν, επιτρέποντας την προληπτική συντήρηση.

3. Πολιτική και Κανονιστική Υποστήριξη:

- **Ανάπτυξη Κανονισμών και Προτύπων:** Με βάση τα ευρήματα της εργασίας θα μπορούσαν να αναπτυχθούν νέοι κανονισμοί και πρότυπα ασφαλείας για τον τομέα των φωτοβολταϊκών σταθμών, που θα περιλαμβάνουν τη συστηματική εφαρμογή της HAZOP. Αυτοί οι κανονισμοί θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε εθνικά και διεθνή πρότυπα ασφαλείας.
- **Εκπαίδευση και Κατάρτιση:** Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε επίσης να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων που θα εκπαιδεύουν τους

μηχανικούς και τους τεχνικούς στον τρόπο εφαρμογής της HAZOP, προκειμένου να βελτιωθεί η ασφάλεια σε όλους τους τύπους ενεργειακών εγκαταστάσεων.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

IEC 61882. (2016). Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide

31010. (2019). Risk management - Risk assessment techniques.

Crawley, F., & Tyler, B. (2015). HAZOP: Guide to best practice. Elsevier.

Basu, S., & Basu, S. (2017). Basics of hazard, risk ranking, and safety systems. Plant Hazard Analysis and Safety Instrumentation Systems, 2017, 1-81.

Kloman, F. (2010). A brief history of risk management. Enterprise risk management: Today's leading research and best practices for tomorrow's executives, 9-29.

Basu, S., & Basu, S. (2017). Basics of hazard, risk ranking, and safety systems. Plant Hazard Analysis and Safety Instrumentation Systems, 2017, 1-81.

Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K & Koulouriotis, D. E. (2019). The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control points and prioritizing risks in industry – A case study. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol 62.

Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K & Koulouriotis, D. E. (2020). An expanded HAZOP study with fuzzy-AHP (XPA-HAZOP technique): Application in a sour crude-oil processing plant. Safety Science, Vol 124.

Δαμιανίδης Μωσής, Γεώργιος Κατσαρός, Ματθαίος Τόλης, Φώτιος Στεργιόπουλος (2011) Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC). (1990). *IEC 60298: Πίνακες Μέσης Τάσης Με Μεταλλικό Περίβλημα (1 To 52 kV)*. IEC.

Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC). (2002). *IEC 60694: Κοινές διατάξεις για τα πρότυπα υψηλής τάσης* (2η έκδοση). IEC.