



**Αξιολόγηση της διακινδύνευσης υπό το πρίσμα της συνέργειας της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας MCDM/AHP, της μεθόδου HAZOP, των Πινάκων Διακινδύνευσης DMRA και της χρωματικής χαρτογράφησης ασφάλειας SCM - Εφαρμογές στον βιομηχανικό τομέα**

*A SAFETY ASSESSMENT FRAMEWORK BY JOINING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING (MCDM) WITH HAZOP, DECISION RISK MATRICES (DRM) AND SAFETY COLOR MAPPING (SCM) – IMPLEMENTATIONS IN THE INDUSTRIAL SECTOR*

**Μαρχαβίλας Κ. Παναγιώτης**

Διπλ. Ηλεκ/γος Μηχ/κός & Μηχ/κός Η/Υ (Dipl., MSc., PhD x2)

Μέλος ΕΔΙΠ Τμ. ΜΠΔ/ΔΠΘ

email: marhaval@pme.duth.gr, τηλ. 2541079320





# Περίληψη

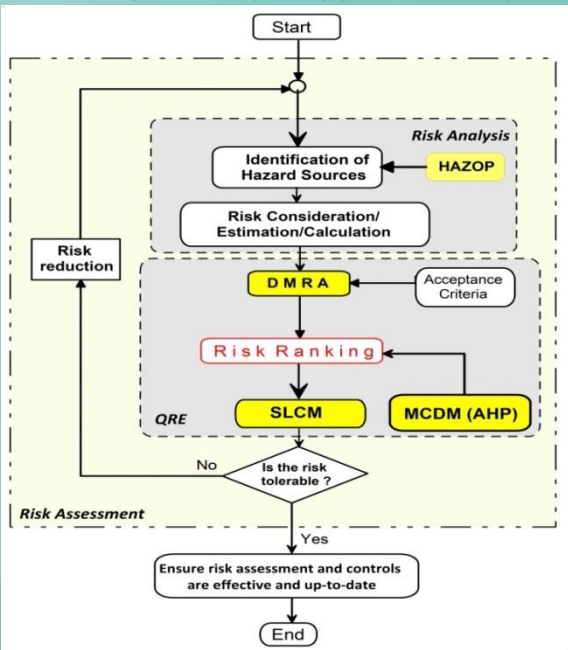


Στην εργασία, παρουσιάζεται μια συνεργατική μεθοδολογία, υβριδοποιώντας την **Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία AHP** (*Analytical Hierarchy Process*) – η οποία κατατάσσεται στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με πολυκριτήρια ανάλυση **MCDM** (*Multi-Criteria Decision-Making*) - με τις μεθόδους, αφενός της μελέτης πηγών κινδύνου και λειτουργικότητας **HAZOP** (*Hazard and Operability study*) και της τεχνικής των πινάκων διακινδύνευσης **DMRA** (*Decision-Matrices Risk Assessment*), και αφετέρου της χρωματικής χαρτογράφησης της ασφάλειας **SLCM** (*Safety's Level Colored Maps*), με στόχο τον εντοπισμό κρίσιμων θεμάτων ασφάλειας και την κατάταξη κινδύνων, την εκτίμηση της διακινδύνευσης, και επιπλέον την απεικόνιση και οριοθέτηση της κατάστασης της επαγγελματικής ασφάλειας/υγείας (**EAY**) στους χώρους εργασίας μιας βιομηχανίας. Αρχικά, υλοποιείται η ενοποιημένη διαδικασία **HAZOP-DMRA** προκειμένου να αναγνωριστούν και να αξιολογηθούν οι πιθανές αιτίες ανώμαλων (ή ελαττωματικών) καταστάσεων (ή αποκλίσεων) στη βιομηχανική μονάδα. Βάσει των αποτελεσμάτων που εξάγονται από την εφαρμογή της φάσης HAZOP-DMRA, δημιουργείται ένα χρωματικό γράφημα διακινδύνευσης SLCM προκειμένου να προσδιοριστούν οι υπομονάδες (ή υποσυστήματα) της εγκατάστασης που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο. Στη συνέχεια, η ενσωμάτωση στη συνέργεια HAZOP-DMRA-SLCM μιας τεχνικής MCDM (όπως είναι η AHP) μπορεί να συμβάλει (με τα αποτελέσματά της κατάταξης κινδύνου) στην εξαγωγή εναλλακτικών διαγραμμάτων SLCM, τα οποία θα μπορούσαν να είναι για τους υπευθύνους ασφάλειας της επιχείρησης, πολύτιμα μέσα ώστε να μπορούν να κρίνουν την αναγκαιότητα επένδυσης οικονομικών πόρων στην λήψη των αναγκαίων μέτρων (i) για την εξάλειψη ειδικών κινδύνων (ή αποκλίσεων) και (ii) την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων.

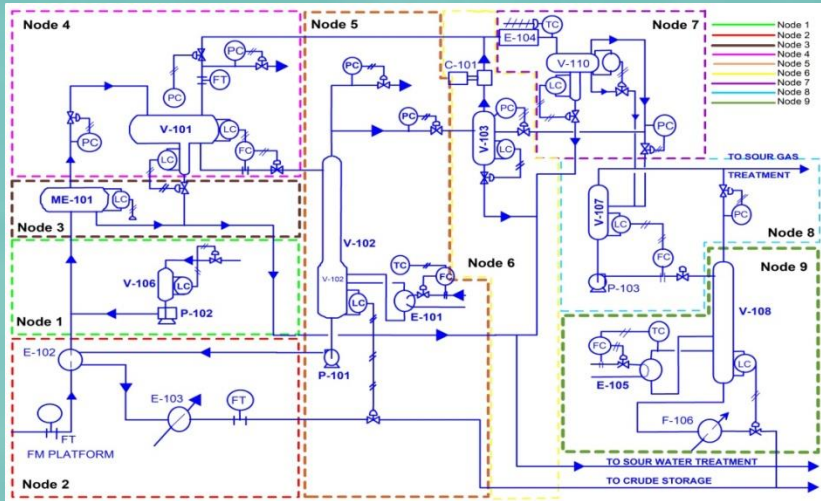




# Η προτεινόμενη μεθοδολογία



Σχήμα 1. Το διάγραμμα ροής του προτεινόμενου πλαισίου HAZOP-DMRA-MCDM-SLCM, ως τμήμα της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνου



Σχήμα 2. Απεικόνιση του διαγράμματος ροής των υποσυστημάτων χημικής βιομηχανίας επεξεργασίας αργού πετρελαίου SCOPI

## Βήμα 1: DMRA

Severity escalation (S) ↑	[1]	4	3	2	1	AC	4: Critical Risk	
	[2]	3	2	1	AC	AC	3: High Risk	
	[3]	2	1	AC	AC	NSR	2: High Risk	
	[4]	1	AC	AC	NSR	NSR	1: Moderate Risk	
	[5]	AC	AC	NSR	NSR	NSR	AC: Acceptable (Low Risk) NSR: No special risk (Low Risk)	
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]		
		←						
							Risk (R) escalation ↑	
							Likelihood escalation (L)	

Σχήμα 3. Διαβάθμιση του ρίσκου με πίνακα διακινδύνευσης βάσει της χρωματικής κωδικοποίησης SLC που προτείνεται από τον OSHA

## Βήμα 2: Υλοποίηση HAZOP-DMRA

Node	8							
	GPP		Pressure					
GW	Deviation	Possible Cause	Consequences	Safeguards	Risk Matrix			Recommendations
					S	L	R	
More	More pressure in V-107	9. Line to Sour gas unit blocked	- Pressure increase - Vessel rapture - H2S Release - NGL Release - Explosion hazard	9.1 PSV-128/129 will open to flare	2	4	AC	None
	More pressure in P-103 gas seal	10. Pump Seal Failure	- H2S Release - NGL Release	10.1 PSH-226/227 Alarm	2	3	1	None
Less	Less pressure in V-107	11. V-107 rapture	- Explosion hazard	11.1 H2S alarm	2	4	AC	Install a PSL alarm at V-107
	Less pressure in pipeline to V-108	12. Pipeline rapture			2	4	AC	None

Σχήμα 4. Απεικόνιση μέρους των αποτελεσμάτων της φάσης HAZOP-DMRA





## Βήμα 3: Υλοποίηση της MCDM / AHP



Nr	Hazards (deviations)
1	LT-113 Failure
2	FT-224 Failure
3	Pump P-103 shutdown
4	No NGL feed from V-110
5	High temperature, NGL evaporation
6	LT-113 Failure
7	More gas flow from V-110
8	Pipeline from V- 110 blocked
9	Line to Sour gas unit blocked
10	Pump Seal Failure
11	V-107 rapture
12	Pipeline rapture
13	Fractured Vessel
14	Fractured pipeline
15	Valve opened to atmosphere

**Πίνακας 1.** Αποκλίσεις (ή παράγοντες κινδύνου) με τεχνικό αντίκτυπο σχετικά με τον Κόμβο #8, που έχουν εξαχθεί από τους πίνακες με τα αποτελέσματα **HAZOP-DMRA** προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην κατάταξη MCDM/AHP

Safety	[01]	[02]	[03]	[04]	[05]	[06]	[07]	[08]	[09]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
[01]	1	2	1/2	5	4	7	6	3	1/3	1/7	1/4	1/5	1/4	1/9	1/6
[02]		1	1/3	4	3	6	5	2	1/4	1/8	1/5	1/6	1/9	1/9	1/7
[03]			1	6	5	8	7	4	1/2	1/6	1/3	1/4	1/7	1/8	1/5
[04]				1	1/2	3	2	1/3	1/7	1/9	1/8	1/9	1/9	1/9	1/9
[05]					1	4	3	1/2	1/6	1/9	1/7	1/8	1/9	1/9	1/9
[06]						1	1/2	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9
[07]							1	1/4	1/8	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9
[08]								1	1/5	1/9	1/6	1/7	1/9	1/9	1/8
[09]									1	1/5	1/2	1/3	1/6	1/7	1/4
[10]										1	4	3	1/2	1/3	2
[11]											1	1/2	1/5	1/6	1/3
[12]												1	1/4	1/5	1/2
[13]													1	1/2	3
[14]														1	4
[15]															1

**Πίνακας 3.**  
Αποτελέσματα της εφαρμογής της διαδικασίας **MCDM/AHP** και κατάταξη των παραγόντων κινδύνου

**Πίνακας 2.** Οι κρίσεις του εμπειρογνώμονα χρησιμοποιήθηκαν ως στοιχεία εισόδου στην τυπική διαδικασία **MCDM/AHP**

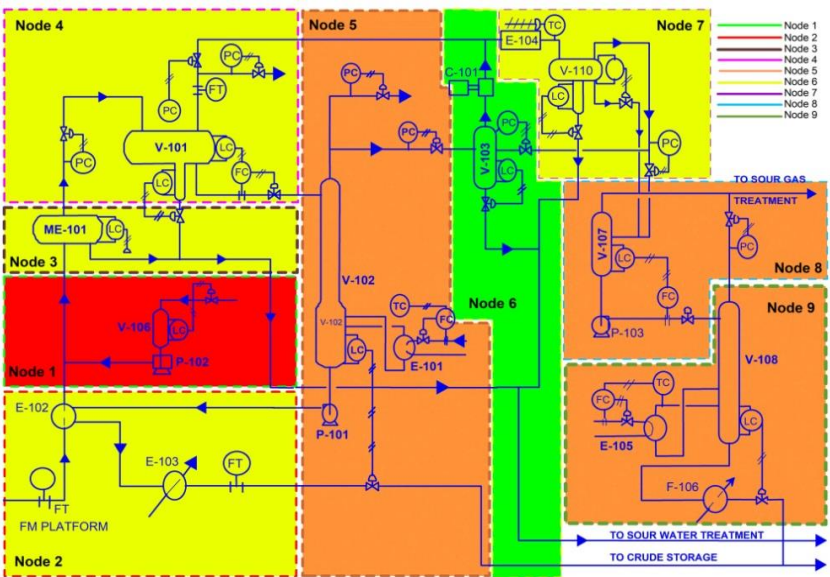


Hazards' ID	Weights	Ranking
[01]	2,990%	9
[02]	2,174%	10
[03]	3,792%	8
[04]	1,044%	13
[05]	1,303%	12
[06]	0,760%	15
[07]	0,869%	14
[08]	1,669%	11
[09]	5,009%	7
[10]	14,150%	3
[11]	6,552%	6
[12]	8,514%	5
[13]	17,363%	2
[14]	22,807%	1
[15]	11,006%	4





## Βήμα 4: Υλοποίηση της HAZOP-DMRA-SLCM

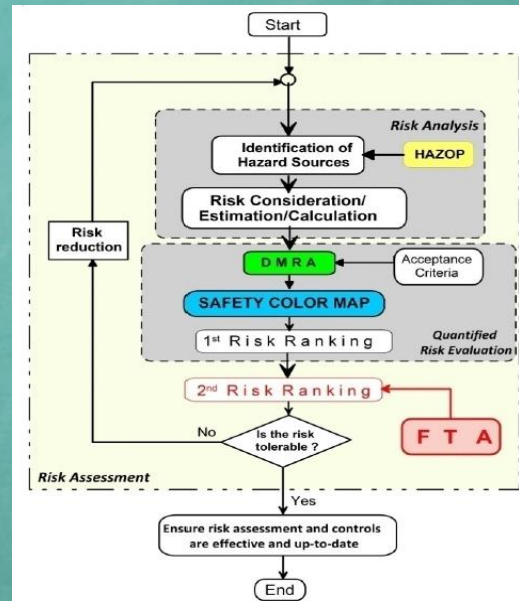


## Συμπεράσματα:

Η υλοποίηση της τεχνικής SLCM-HAZOP-DMRA-MCDM/AHP για την εκτίμηση της διακινδύνευσης στην SCOPI είναι πολύ σημαντική και μπορεί να βοηθήσει τον υπεύθυνο ασφάλειας: (α) στον καθορισμό μέτρων ώστε να εξαλειφθούν οι πιο σοβαροί παράγοντες κινδύνου που εμφανίζονται στις υπομονάδες της εγκατάστασης (βλ. κόμβοι PFD με κόκκινο ή πορτοκαλί χρώμα), και (β) στην επίτευξη της βέλτιστης κατανομής χρηματοοικονομικών πόρων για την υλοποίηση πρόσθετων δράσεων μείωσης κινδύνου.

## Βήμα 5: Ενσωμάτωση της FTA

Σχήμα 5. Χρωματική διαβάθμιση της διακινδύνευσης SLCM που παρήχθη από την διαδικασία HAZOP-DMRA-MCDM/AHP στους χώρους εργασίας της SCOPI, λαμβάνοντας υπόψη για κάθε κόμβο, το χρώμα WSL (worst safety level) της ταξινομημένης απόκλισης 1ης τάξης, σύμφωνα με την κατάταξη AHP/MCDM



Σχήμα 6. Μελλοντική επέκταση της προτεινόμενης μεθόδου με ενσωμάτωση της FTA

Node	SLC depictions, considering for each node, the color of the deviation with the worst safety-level (WSL) (*)	SLC depictions, considering for each node, the dominant (i.e. most frequent) color of the deviations (*)	SLC depictions, considering for each node, the WSL color of the 1 <sup>st</sup> -order classified deviation, consistent with AHP/MCDM ranking
(a)	(b)	(c)	(d)
1	Red	Red	Red
2	Yellow	Yellow	Yellow
3	Red	Red	Red
4	Yellow	Yellow	Yellow
5	Orange	Orange	Orange
6	Green	Green	Green
7	Yellow	Yellow	Yellow
8	Orange	Orange	Orange
9	Orange	Orange	Orange

(\*) According to the study of Marhavilas et al. (2021)

Πίνακας 4. Χρωματική απεικόνιση του επιπέδου ασφαλείας (SLC) που αφορά στους 9 κόμβους της SCOPI συγκρίνοντας τρεις διαφορετικές περιπτώσεις: (α) WSL, (β) το κυρίαρχο χρώμα, και (γ) την ταξινόμηση της AHP/MCDM