

# 9<sup>th</sup> Chemical Process Safety Sharing (CPSS)

## What's Wrong with Risk Matrix?

Thodsapol Chadchavalpanichaya  
Principal Consultant  
PTTES





# Presenter Biography

**Company** : PTTES  
**Current Position** : Principal Consultant – Process Safety  
**Working Experience** : 30 years

## Presentation Abstract:

A risk matrix is a tool which is widely applied for risk management in oil and gas industry. It is typically used to define the risk levels by considering two axis such as scenario likelihood and consequence severity. Most of companies provide their standard risk matrix forms in 4x4, 4x5, 5x5, 5x6, 6x6, 6x7, 7x7, etc. The users normally estimate and compare the risk levels against the risk targets given in the risk matrix. However, many users are not aware of limitations of the risk matrix. The improper use of the risk matrix can result in poor risk management decisions and put them at very high risk. This presentation will show some limitations of the risk matrix for enhancing awareness to use the risk matrix with caution in process safety applications.



**Thodsapol  
Chadchavalpanichaya**

# Content

---



- Making Risk Decision such as Facility Siting
- Basics of Risk Matrix
- Limitations of Risk Matrix

# Understand Risk

We need to understand the risk for making the proper decision.

- What can go wrong?
- What is the potential impact?
- How likely is it to occur?





# Building Siting Evaluation

API RP 752 specifies that owners/operators shall document:

- assessment approach (“spacing tables”, “consequence-based”, “risk-based”);
- scenario selection basis;
- analysis methodologies;
- applicability of analysis methodologies;
- data sources used in the analysis;
- applicability of data sources;
- building siting evaluation criteria;
- results of the analysis.



# Scenario Selection

## API RP 752:

The scenarios should be based primarily on the process area specific factors such as **equipment failure rate data**, design of the equipment in the process area, process stream composition, and operating conditions. Consideration should be given to relevant company and industry loss of containment data on similar types of processes and equipment when selecting scenarios.



# Failure Rates

HSE UK, Failure Rate of Pipework (per m. per y)

Hole Size, mm	Pipe Diameter, mm.				
	0-49	50-149	150-299	300-499	500-1000
3 mm diameter	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$			
4 mm diameter			$1 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-7}$	$7 \times 10^{-7}$
25 mm diameter	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-7}$
1/3 pipework diameter			$4 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$
Guillotine	$1 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$7 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-8}$



# Failure Rates

National Institute of Public Health and the Environment (RIVM)  
Purple Book, LOCs for Pipe (per m. per y)

Hole Size, mm	Pipeline Diameter, mm.		
	< 75	75-150	>150
Leak 10%D*	$5 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-7}$
Full bore rupture	$1 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$

Note:\*

Leak - outflow is from a leak with an effective diameter of 10% of the nominal diameter, a maximum of 50 mm



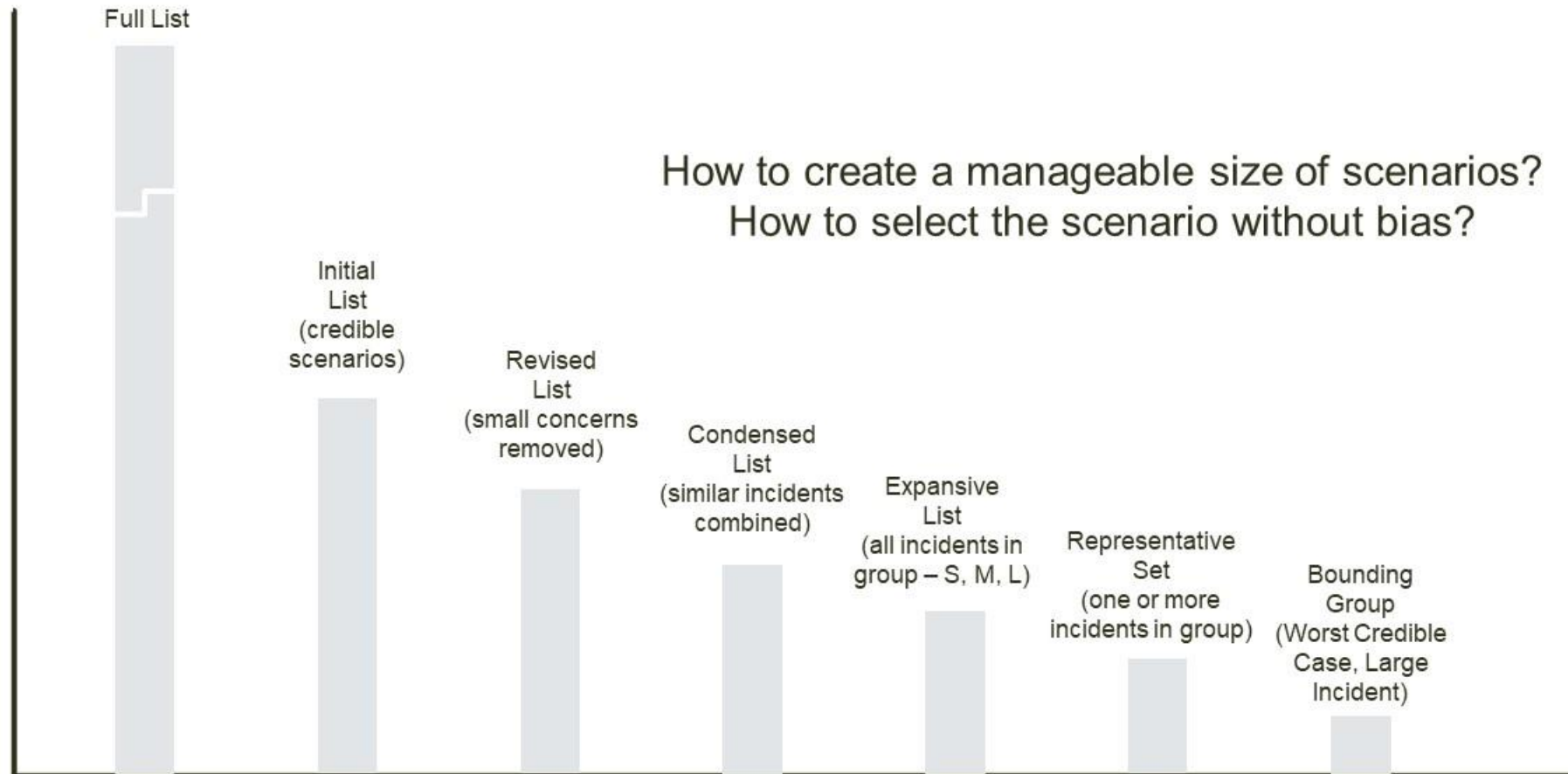


# Classes of Incident

<b>Catastrophic Incident</b>	major explosion, large toxic release, etc.
<b>Major Incident</b>	major fire, small explosion, etc.
<b>Localized Incident</b>	pump fire, small toxic release, etc.



# Number of Scenarios



Reference: CCPS, GUIDELINES FOR Chemical Process Quantitative Risk Analysis

# Facility Siting



- A chemical plant wants to know risk of office building in the plant.
- A chemical plant wants to know risk of community around the plant.



# Poor Facility Siting in HAZOP

OSHA PSM specifies that process hazard analysis (PHA) shall address...

- hazards of the process,
- previous incidents,
- engineering and administrative controls,
- consequences of failure of engineering and administrative controls,
- **facility siting**,
- human factors,
- a qualitative evaluation.

**But “facility siting” weakly addressed in HAZOP (PHA)!!!**



# Poor Facility Siting in HAZOP

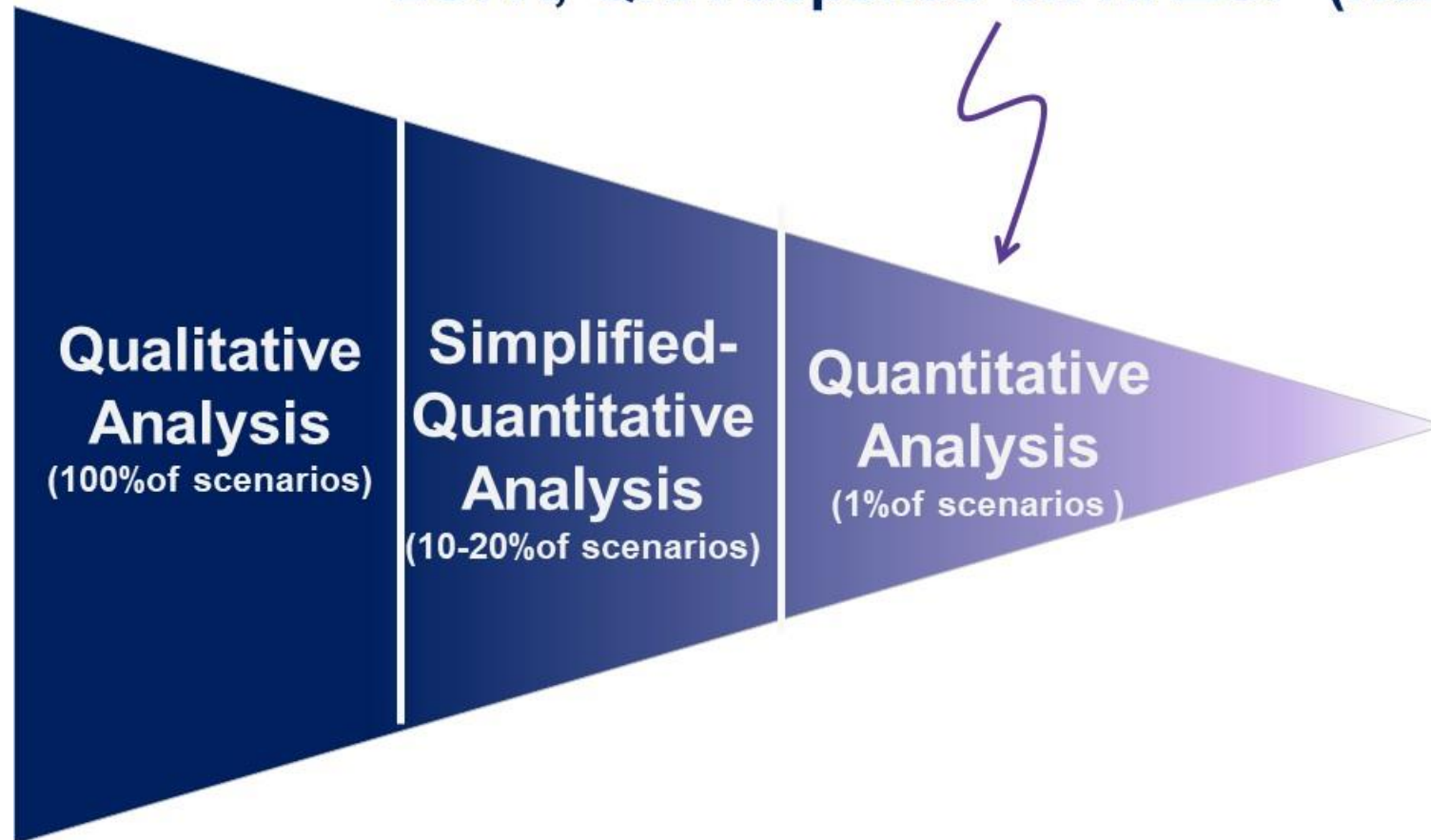


- Limited HAZOP budget
- Inexperienced engineers
- Improper training
- Engineering controls, IPL for SIL only
- Design phase, New plant, No historical data
- No idea to handle with leak
- No leak
- No concern, No risk
- No emergency mode review
- **No facility siting addressed**



# Poor Facility Siting in HAZOP

LOPA, QRA depends on HAZOP (Hazard Identification).



Pipe leak or equipment leak is not identified in HAZOP!!!

Facility siting is not addressed in HAZOP!!!

The risk criteria in HAZOP/ LOPA/ QRA is not aligned!!!

# Risk Matrix



A risk matrix is a tool which is widely applied for risk management in oil and gas industry. It is typically used to define the risk levels by considering two axis such as scenario likelihood and consequence severity.

Most of companies provide their standard risk matrix forms in 4x4, 4x5, 5x5, 5x6, 6x6, 6x7, 7x7, 8x8, etc. The users normally estimate and compare the risk levels against the risk targets given in the risk matrix.



# Limitations of Risk Matrix

However, many users are not aware of limitations of the risk matrix. The improper use of the risk matrix can result in poor risk management decisions and put them at very high risk.

This presentation will show some limitations of the risk matrix for enhancing awareness to use the risk matrix with caution in process safety applications.



# Starting Point

## How do you get the risk matrix?

- Copies
- Books
- Regulators
- Neighbors
- Friends
- Brothers
- Corporate
- Mother Companies



# Risk Levels

---



Risk = Impact x Likelihood



# Impact Levels

ระดับความรุนแรง		ผลกระทบต่อบุคคล
		รายละเอียด
4	สูงมาก	ทุพพลภาพหรือเสียชีวิต
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล



# Likelihood Levels

ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ			
1	2	3	4
ยาก	น้อย	ปานกลาง	สูง
มีโอกาในการเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยใน ช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป	มีโอกาในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี	มีโอกาในการเกิดปาน กลาง เช่น ความถี่ในการ เกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี	มากกว่า 1 ครั้งต่อปี

# Risk Levels



ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง	ความหมาย
12-16	4	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที
8-9	3	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
3-6	2	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการการควบคุม
1-2	1	ความเสี่ยงเล็กน้อย



# Generic Risk Matrix

ระดับความรุนแรง		ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ			
		1	2	3	4
		ยาก	น้อย	ปานกลาง	สูง
		10 ปี ขึ้นไป	1 ครั้งใน 5-10 ปี	1 ครั้งใน 1-5 ปี	มากกว่า 1 ครั้งต่อปี
4	สูงมาก	2 ยอมรับได้	3 สูง	4 ยอมรับไม่ได้	4 ยอมรับไม่ได้
3	สูง	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้	3 สูง	4 ยอมรับไม่ได้
2	ปานกลาง	1 เล็กน้อย	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้	3 สูง
1	เล็กน้อย	1 เล็กน้อย	1 เล็กน้อย	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้



# Criteria for Process Safety

## Individual Risks (IR)

NFPA 59A specifies fatal injury **IR > 10<sup>-5</sup>** a serious or fatal injury per year permitted for occasionally occupied areas (e.g., pump houses, transformer stations).

## Societal Risks (SR)

NFPA 59A specifies fatalities F-N diagrams,

Unacceptable above: **F = 10<sup>-4</sup>** fatalities per year, N=10, Slope = -1

Acceptable below: **F = 10<sup>-6</sup>** fatalities per year, N=10, Slope = -1



# Incorrect Criteria for Process Safety

ระดับความรุนแรง		ระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ			
		1	2	3	4
		ยาก	น้อย	ปานกลาง	สูง
		10 ปี ขึ้นไป	1 ครั้งใน 5-10 ปี	1 ครั้งใน 1-5 ปี	มากกว่า 1 ครั้งต่อปี
4	สูงมาก	2 ยอมรับได้	3 สูง	4 ยอมรับไม่ได้	4 ยอมรับไม่ได้
3	สูง	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้	3 สูง	4 ยอมรับไม่ได้
2	ปานกลาง	1 เล็กน้อย	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้	3 สูง
1	เล็กน้อย	1 เล็กน้อย	1 เล็กน้อย	2 ยอมรับได้	2 ยอมรับได้

For IR, the risk increases more than 10,000 times!!! (compared to  $10^{-5}$  of normal IR criteria).

For SR criteria, the risk is extremely high if it is used!!!





# Cautions of Risk Matrix

## Be careful...

- The risk matrix may not be designed for process safety. It may not be appropriate neither for fatality injury (Individual Risk) or many fatalities (Societal Risk).
- The risk matrix may not be aligned with the company risk criteria.
- The risk matrix may be difficult for new plants or inexperienced engineers. They trend to estimate the low risk levels that result in no concern of facility siting or QRA.
- The risk matrix has poor resolution. It can make high errors and poor risk management decisions. It can make very high risks.
- The risk matrix is limited for making decision of high impacts such as serious or fatality injury.

# Recommendations



- The risk criteria in Thailand should be well established. The risk matrix in regulation should be reviewed.
- Each company should calibrate and align the risk matrix with the risk criteria among HAZOP, LOPA, QRA.
- The high impacts such as fatality injury resulted by the risk matrix must be further studied e.g., LOPA, QRA.



**“If the first button in a shirt is put wrong, then every button will be wrong.”**



Thank you for your attention