การประเมินอันตรายร้ายแรงและความปลอดภัยในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

โดย **ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย พรชัยวิวัฒน์**
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

scc@kmutnb.ac.th

23 สิงหาคม 2563

KMUTNB

หัวข้อเสวนา

- แนวทางประเมินอันตรายร้ายแรงใน EIA
- การประเมินความเสี่ยงและการบริหารความเสี่ยง
- ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยเบื้องต้นและแผนรองรับภาวะฉุกเฉิน
- Q &A

แนวทางประเมินอันตรายร้ายแรงใน EIA

- นิยาม อันตรายร้ายแรง (Major Hazard) :อุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นจากเพลิงไหม้ ระเบิด สารเคมีอันตรายรั่วไหลก่อให้เกิดผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม

รุนแรง (Severity) VS ร้ายแรง (Major)

- วิธีการประเมิน

-โดยวิธีการประเมินความเสี่ยง

-โดยใช้เครื่องมือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น BREEZE Incident Analyst, แบบจำลองฯ PHAST และแบบจำลองอื่น ๆ ที่ยอมรับในระดับสากล

Pool Fires

A pool fire occurs on ignition of an accumulation of liquid as a pool on the ground or on water or other liquid. A steadily burning fire is rapidly achieved as the flame vapour to sustain the fire is provided by evaporation of liquid by heat from the flames. The maximum burning rate is function of the net heat of combustion and heat required for its vaporization. Generally heat radiation dominates the burning rate for lame greater than 1m diameters.

Jet Fire

A jet fire occurs when a flammable liquid or gas is ignited after its release from a pressurized, punctured vessel or pipe. The pressure of release generates a long flame, which is stable under most condition. A flash flame may take the form of jet flame on reaching the spill point. The duration of the jet fire is determined by the release rate and the capacity of the source. Flame length increases directly with flow rate. Typically a pressurized release of 8kg/s would have a length of 35m. The cross winds also affe

Flash fire

A flash fire occurs when a cloud of flammable gas and air is ignited. The speed of burning is function of the concentration of the flammable component in the cloud and also the wind speed. Within a few second of ignition the flame spreads both upwind and downwind of the ignition source. Initially the flame is contained with in the cloud due to premixed burning of the regions within the flammable limits. Subsequently the flame extends in the form of a fire plume above the cloud. The downwind edge of the flame starts to move towards the spill point after consuming the flammable vapor downwind of the ignition source. The duration of this fire is very short and the damage is caused by thermal radiation and oxygen depletion.

fireball

A fireball is defined in CCPS (2003) as *an intense spherical flame resulting from a sudden release of pressurized liquid or gas that is immediately ignited. Fireballs are most commonly caused by BLEVEs, which are described in the next module section.*

ผลกระทบจากรังสีความร้อน(Heat Flux)

สามารถประเมินรังสีความร้อน จากแบบจำลองคณิตศาสตร์

ระดับรังสีความร้อน(kw/sq.m.)	ลักษณะอันตรายต่อสิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร อุปกรณ์	ลักษณะอันตรายต่อคนที่สัมผัส
1.6	-	ทำให้ร่างกายผิดปกติเมื่อสัมผัสระยะนาน
4	-	สัมผัสนานกว่า 20วินาที เกิดอาการปวดแสบร้อน แต่ยังไม่เกิดแผลพุพอง
12.5	วัสดุจำพวกไม้เริ่มจุดติดไฟ พลาสติกเริ่มหลอมละลาย	-สัมผัสนานเกิน 10 วินาที มีโอกาสเกิดแผลไฟไหม้ระดับที่ 1 -สัมผัสนานเกิน 1นาที มีโอกาสเสียชีวิต 1%
25.0	โครงสร้างไม้อาจเกิดลุกไหม้ขึ้นได้โดยไม่มีเปลวไฟ	-สัมผัสนานเกิน 10วินาที อาจเกิดบาดเจ็บสาหัส -เสียชีวิต100%หากอยู่นานเกิน 1นาที
37.5	อุปกรณ์ในprocess สิ่งปลูกสร้างได้รับความเสียหาย	-สัมผัสนานเกิน 1นาที มีโอกาส เสียชีวิต 100% -สัมผัสนานเกิน 10วินาที มีโอกาส เสียชีวิต 1%

ที่มา:World Bank Technical Paper No.55 ,Techniques for Assessing Industrial Hazards ,A Manual ,1988

Vapor Cloud Explosions (VCE)

KMUTNB

- The ignition of combustible gas or vapor releases in the open atmosphere. It will only occur if there is sufficient congestion or in some cases turbulence of the open air is occurring, VCE are high-speed, but have subsonic combustion resulting in a deflagration not a detonation.
- Four conditions have to be achieved:
There has to a significant release of flammable material.
-The flammable material has to be sufficiently mixed wit the surrounding air. -There has to be an ignition source.
-There has to be sufficient confinement,
congestion, or turbulence in the released area.

PEAK OVER - PRESSURE ,psi	EFFECTS
1	Knock personnel down
5	Rupture eardrum
15	Damage lungs
35	Threshold fatalities
50	50% fatalities
65	99% fatalities

Peak Over-Pressure ,psi	Typical Damage
0.5 - 1	Glass windows break
1 - 2	Common siding types fail - corrugated asbestos, shatters - corrugated steel, panel joints fail - wood siding, blows in
2 - 3	Unreinforced concrete or cinder block walls fail

Impact of Vapor Cloud Explosions on People

PEAK OVER - PRESSURE ,psi	EFFECTS
1	Knock personnel down
5	Rupture eardrum
15	Damage lungs
35	Threshold fatalities
50	50% fatalities
65	99% fatalities

Peak Over-Pressure ,psi	Typical Damage
0.5 - 1	Glass windows break
1 - 2	Common siding types fail - corrugated asbestos, shatters - corrugated steel, panel joints fail - wood siding, blows in
2 - 3	Unreinforced concrete or cinder block walls fail

ระดับความดัน(psi (g))	ระดับผลกระทบ
0.5	หน้าต่างแตกและอาจทำให้กรอบหน้าต่างเสียหาย (Windows usually shattered; some window frame damage)
1	ทำให้บ้านบางส่วนถูกทำลาย / ไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ (Partial demolition of houses; made uninhabitable)
2	ทำให้กำแพงและหลังคาบ้านบางส่วนพังทลาย (Partial collapse of walls and roofs of houses)
3	โครงสร้างเหล็กถูกทำลายและหลุดจากฐานราก (Steel frame buildings distorted and pulled away from foundation)

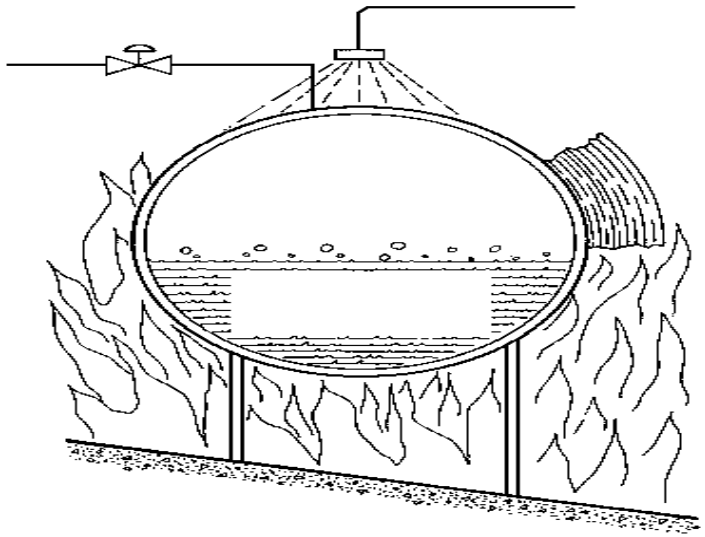
ที่มา : Lees, Frank P., *Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 1. London and Boston, 1980

KMUTNB

Boiling liquid expanding vapor explosion: BLEVE

B OILING **L** IQUID **E** XPANDING **V** APOR **E** XPLOSIONS

The result of a vessel failure in a fire and release of a pressurized liquid rapidly into the fire. A pressure wave, a fire ball, vessel fragments and burning liquid droplets are usually the result.



ดู youtube:BLEVE Demo

Distance Comparison(meters)

INVENTORY (tonnes)	BLEVE	UVCE	FIRE
1	18	120	
2	36	150	
5	60	200	
10	90	250	20
20	130	310	30
50	200	420	36
100	280	530	50
200	400	670	60
500	600	900	100
1000	820	1150	130

Basic Explosion Principles

Domino effects

Primary Scenario	Escalation Vector	Expected Secondary Scenario[a]
Pool fire	Heat radiation, fire impingement	Jet fire, pool fire, BLEVE, toxic release
Jet fire	Heat radiation, fire impingement	Jet fire, pool fire, BLEVE, toxic release
Fireball	Heat radiation, fire impingement	Tank fire
Flash fire	Fire impingement	Tank fire
Mechanical explosion[b]	Fragments, overpressure	All[c]
Confined explosion[b]	Overpressure	All[c]
BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion)[b]	Fragments, overpressure	All[c]
VCE (vapour cloud explosion)	Overpressure, fire impingement	All[c]
Toxic release	–	–

[a]Expected scenarios also depend on the hazards of the target vessel inventory.
[b]Following primary vessel failure, further scenarios may occur (e.g., pool fire, fireball, toxic release).
[c]Any of the scenarios listed in the first column (primary scenario) may be triggered by the escalation vector.

What is Risk?

#Risk is defined as the possibility of loss (J.R. Taylor,1994)

โอกาสของบางสิ่ง/เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์/เป้าหมายโดยวัดจากโอกาสที่จะเกิดและผลกระทบ (AS/NZS 4360 Standard)

ผลลัพท์ของความน่าจะเกิดอันตราย และผลจากอันตรายนั้น (ปกอ.ฉบับที่ 3 พ.ศ.2542)

Risk=Probability x Consequence

ISO 31000:2009 (มอก. 31000-2555) defines risk as:

The effect of uncertainty on objectives.

- A deviation from the expected– positive and /or negative(การเบี่ยงเบนจากความคาดหวัง)
- Deficiency of information relating to an event, its consequence, or likelihood
- •Can have different aspects e.g.finance, safety, environment goal
- •Can apply at different levels e.g. strategic, department, project

สรุปความเสี่ยง (Risk) จากการทำงาน:ความเป็นไปได้ /โอกาสที่สิ่งคุกคามจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ/เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สิน

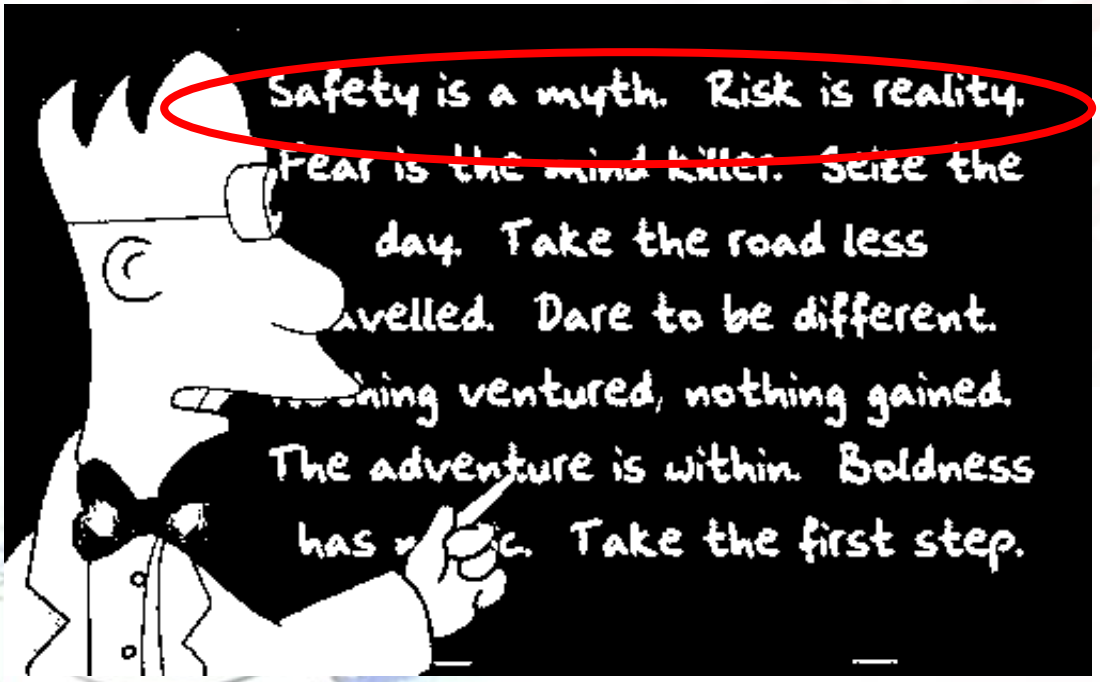
KMUTNB
Department of Industrial Engineering

ความเข้าใจผิด 3ประการเกี่ยวกับ Risk

1.Risk is always bad.

2.Risk must be eliminated at all cost.

3.Playing it safe is the safest thing to do.



ความปลอดภัย(Safety)=ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้

Standard ,Guideline &Regulation

- ILO. Major Hazard Control : A practical manual ,1988
- World Bank Technical Paper No. 55 ,Techniques for Assessing Industrial Hazards , A Manual ,1988
- API PUBLICATION 581, Risk-Based Inspection Base Resource Document , FIRST EDITION, MAY 2000
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3 กำหนดหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง ,ปี 2542
- ISO 31000:2009 *Risk management* ; Risk Assessment Guideline : 31010-2009; และ มอก.31000-2555 การบริหารความเสี่ยง
- มอก. 2535-2555 การประเมินความเสี่ยงสารเคมีต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2542)
ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการดำเนินงาน

ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน ประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียด 1. การประกอบกิจการ 2. การชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง 3. แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง

การชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง ผู้ประกอบกิจการโรงงานอาจเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือหลายวิธีที่เหมาะสมตามลักษณะการประกอบกิจการหรือลักษณะความเสี่ยงจากอันตรายที่เกิดขึ้นจากการประเมินกิจการโรงงาน ดังต่อไปนี้ Checklist, WHAT-IF Analysis, Hazard and Operability Studied (HAZOP), Fault-Tree Analysis (FTA), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Event-Tree Analysis

ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ.2543

พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔

KMUTNB

หมวด ๔ การควบคุม กำกับ ดูแลมาตรา

๓๒ เพื่อประโยชน์ในการควบคุม กำกับ ดูแลการดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ให้นายจ้างดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) จัดให้มีการประเมินอันตราย

นิยามยังไม่ชัดเจน

(๒) ศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีผลต่อลูกจ้าง

(๓) จัดทำแผนการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานและจัดทำแผนการควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ

(๔) ส่งผลการประเมินอันตราย การศึกษาผลกระทบ แผนการดำเนินงานและแผนการควบคุมตาม (๑) (๒) และ (๓)

หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการดำเนินการตามวรรคหนึ่ง ประเภทกิจการ ขนาดของกิจการที่ต้องดำเนินการ และระยะเวลาที่ต้องดำเนินการ.....ยังไม่กำหนด.....

METHODS OF RISK ANALYSIS

Qualitative Analysis

วิเคราะห์เชิงคุณภาพ

ใช้การอธิบายโอกาสเกิด และผลกระทบ

Use words to describe likelihood and consequences (eg high, medium, low)

Semi-quantitative Analysis

วิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณ

กำหนดค่าของโอกาสเกิด และผลกระทบ ตามสเกลแต่ไม่ใช่ค่าจริง

Give values for ranking scales but not the realistic values for risk (eg scale 1-100)

Quantitative Analysis

วิเคราะห์เชิงปริมาณ

ใช้กระบวนการคณิตศาสตร์ (ความน่าจะเป็นและสถิติ) เพื่อกำหนดค่าโอกาสเกิดและผลกระทบ

Use numerical values for both likelihood and Consequences (eg. loss $5 million)

แบบไหนดี?

กระบวนการบริหารความเสี่ยง

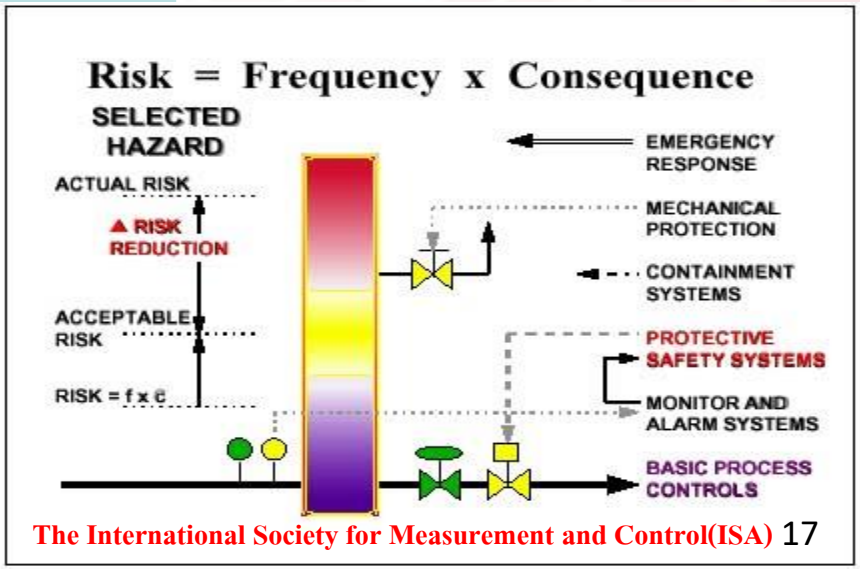
การชี้บ่งความเสี่ยง (Risk Identification)
-ศึกษาข้อมูลจากอดีต
-สำรวจในปัจจุบัน
-ชี้บ่งความเสี่ยง

ประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

การบริหารความเสี่ยง (Risk Mgt.)
-หลีกเลี่ยง -ป้องกัน
-ถ่ายโอน -แบ่งแยก
-ลดความสูญเสีย -ประกันภัย

ประเมิน/ติดตามผลระบบ

<u>การบริหารความเสี่ยง</u> (Risk Management) เป็นกลวิธีที่เป็นเหตุเป็นผลที่นำมาใช้ในการบ่งชี้ วิเคราะห์ ประเมิน จัดการ ติดตาม และสื่อสารความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม / กระบวนการดำเนินงานขององค์กร เพื่อช่วยให้องค์กรลดความเสี่ยงให้เหลือน้อยที่สุด



The International Society for Measurement and Control(ISA) 17

Figure 1

การชี้บ่งอันตราย (Hazard Identification)

- Checklist
- What-If Analysis
- Fault-Tree Analysis (FTA)
- Event-Tree Analysis (ETA)
- Preliminary Hazard Analysis (PHA)
- Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)
- Hazard and Operability Studied (HAZOP)

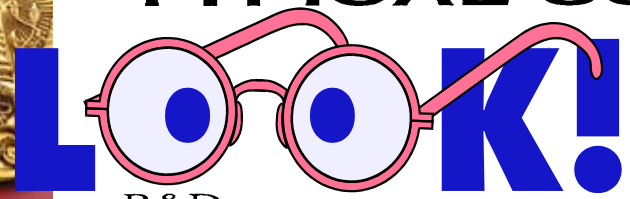
ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3(พ.ศ. 2542)

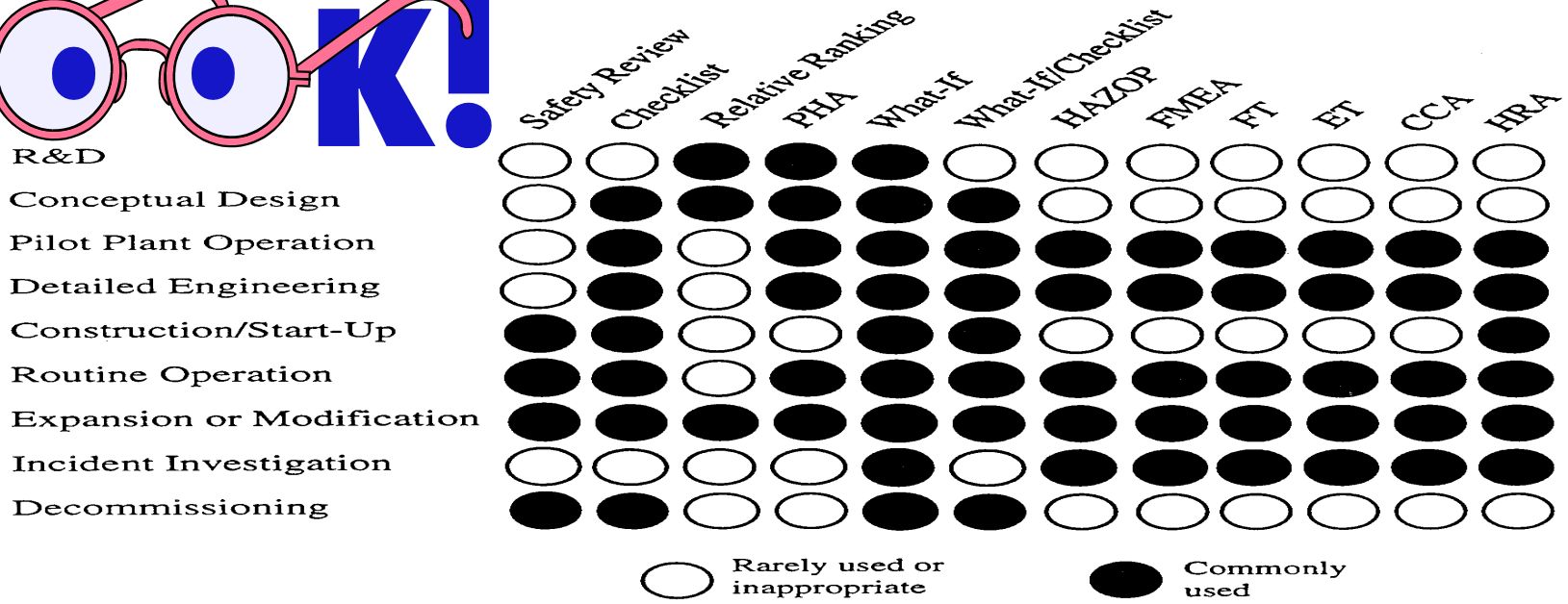
1960 - 2001	1960 - 2001	1965 - 2001	1970 - 2001	1972 - 1974	1974 - 2001
Safety Review	**Check Lists**	**Relative Ranking**	**PHA**	**What if**	**HAZOP**
Walk Through Inspection	Historical Lists Yes / No	ICI Mond Index Dow FEI	Preliminary Hazard Analysis Hazardous Mtls Hazardous Opns	Brainstorming	Hazards Operability Analysis Line by Line Deviation Analysis

This presentation only considers the HAZOP technique.

1. Brainstorming
2. Structured or Semi-structured Interviews
3. Delphi Technique
4. Check-lists
5. Preliminary Hazard Analysis
6. HAZOP
7. HACCP
8. Toxicological Risk Assessment
9. Structured What If (SWIFT)
10. Scenario Analysis
11. Business Impact Analysis BIA
12. Root Cause Analysis (RCA)
13. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)
14. Fault Tree Analysis (FTA)
15. Event Tree Analysis (ETA)
16. Cause-consequence Analysis
17. Cause-and-effect Analysis
18. Layers of Protection Analysis
19. Decision Tree Analysis
20. Human Reliability Assessment (HRA)
21. Bow Tie Analysis
22. Reliability Centred Maintenance
23. Sneak Analysis
24. Markov Analysis
25. Monte Carlo Simulation
26. Bayesian Statistics and Bayes Nets
27. FN Curves
28. Risk Indices
29. Consequence /Likelihood Matrix
30. Cost Benefit Analysis
31. Multi-Criteria Decision Analysis

TYPICAL USES OF HE TECHNIQUES*





ลักษณะของระบบ/อุปกรณ์และการทำงาน	วิธีการ/เครื่องมือชี้บ่งอันตรายที่เหมาะสม
อุปกรณ์ที่ต่อกันเป็นกระบวนการ	HAZOP , WHAT-IF , CHECK LIST
ระบบท่อ ถัง ปั๊ม วาล์ว	HAZOP , WHAT-IF , FMEA
ระบบควบคุมกระแสไฟฟ้า	WHAT-IF , FMEA
ระบบความปลอดภัยของอุปกรณ์	WHAT-IF , FMEA
ระบบสนับสนุนกระบวนการ	HAZOP , WHAT-IF , FMEA
โครงสร้าง	WHAT-IF , FMEA , CHECK LIST
ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย	HAZOP , WHAT-IF , CHECK LIST
กิจกรรม (คน+อุปกรณ์)	WHAT-IF , CHECK LIST , JSA

ที่มา:ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม การชี้บ่งอันตราย การประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ.2543

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

หลักการชี้บ่งอันตรายของเทคนิค Checklist

เทคนิค Checklist เป็นวิธีที่ใช้ชี้บ่งอันตรายสำหรับกระบวนการผลิต เครื่องจักร/อุปกรณ์ ขั้นตอนปฏิบัติงาน โดยการจัดทำแบบตรวจสอบ(Checklist) ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อคำถามที่นำมาจากมาตรฐานการออกแบบ /การปฏิบัติงาน /กฎหมายที่เกี่ยวข้อง แล้วนำแบบChecklist ไปตรวจสอบว่าได้มีการปฏิบัติตามมาตรฐานหรือไม่ แล้วนำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์ ประเมินความเสี่ยงว่าจะมีผลกระทบเกิดขึ้นอย่างไรบ้าง

ข้อดี เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่มีลักษณะเฉพาะที่ออกแบบมาเพื่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถใช้ตรวจสอบว่ามีส่วนใด/ขั้นตอนใดขาดหายไปจากที่กำหนดไว้ในมาตรฐานหรือออกแบบ ตรวจสอบการปฏิบัติตามคู่มือ /มาตรฐาน/กฎหมายหรือไม่

ข้อเสีย ใช้ได้เหมาะสมเฉพาะกระบวนการที่มีมาตรฐานการออกแบบ /การปฏิบัติงาน / กฎหมายกำหนดไว้และเป็นการชี้บ่งอันตรายจากสภาพปัจจุบันที่เป็นอยู่

ขั้นตอนการทำแบบตารางเทคนิค Checklist

1. พิจารณาเครื่องจักร อุปกรณ์ กิจกรรม หรือพื้นที่ที่ต้องการชี้บ่งอันตราย
2. จัดทำบัญชีรายการ(List) ตามมาตรฐานการออกแบบ /การปฏิบัติงาน /กฎหมายแล้วนำมาจัดทำเป็นแบบตรวจสอบ(Checklist)ก่อนนำไปตรวจสอบเพื่อชี้บ่งอันตราย
3. พิจารณาแต่ละข้อบกพร่องว่าจะเกิดอันตราย/ผลที่จะเกิดขึ้นตามมามีอะไรบ้าง
4. พิจารณาว่ามีมาตรการป้องกันและควบคุมอันตรายอะไรบ้างที่มีอยู่ในปัจจุบัน

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

ตัวอย่างChecklistในการชี้บ่งอันตรายจากอัคคีภัย

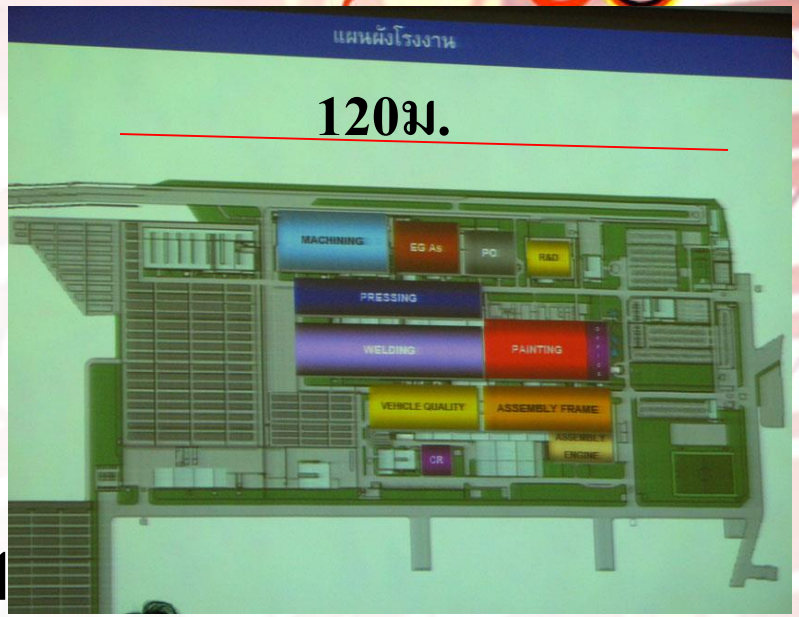
- แหล่งประกายไฟ /เปลวไฟ
- ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยที่มีอยู่

-ถังดับเพลิง -ระบบท่อฉีดน้ำดับเพลิง

-ระบบสปริงเกอร์ -ระบบเตือนภัย/แจ้ง

เหตุเพลิงไหม้ -ทางออก/ทางออกฉุกเฉิน

- การฝึกซ้อมดับเพลิง/ฝึกซ้อมอพยพ/หนีไฟ



รายการตรวจสอบ	มี/Safe	ไม่มี/Unsafe	มาตรฐาน/best practice
1. แหล่งประกายไฟ /เปลวไฟ		X	ควบคุมแหล่งประกายไฟ
2.ถังดับเพลิง	X		840 ตร.ม./ถัง(6A-10B)
3.ตู้ฉีดน้ำดับเพลิง(FHC)		X	ห่างกันไม่เกิน 64 ม.
4. ทางออก/ทางออกฉุกเฉิน	X		อพยพออกภายใน5นาที
5.การฝึกซ้อมดับเพลิง/ฝึกซ้อมอพยพ/หนีไฟ	X		ปีละครั้ง

KMUTNB

หลักการชี้บ่งอันตรายของเทคนิค What If Analysis

เทคนิค What If เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่ใช้การระดมสมองของผู้มีประสบการณ์จัดทำทะเบียนรายการคำถามที่เกี่ยวข้องกับอันตรายที่เฉพาะเจาะจง โดยใช้คำถาม จะเกิดอะไรขึ้น....ถ้า.....?ผลจากการทำWhat If คือรายการชี้บ่งอันตรายที่นำไปประเมินความเสี่ยง

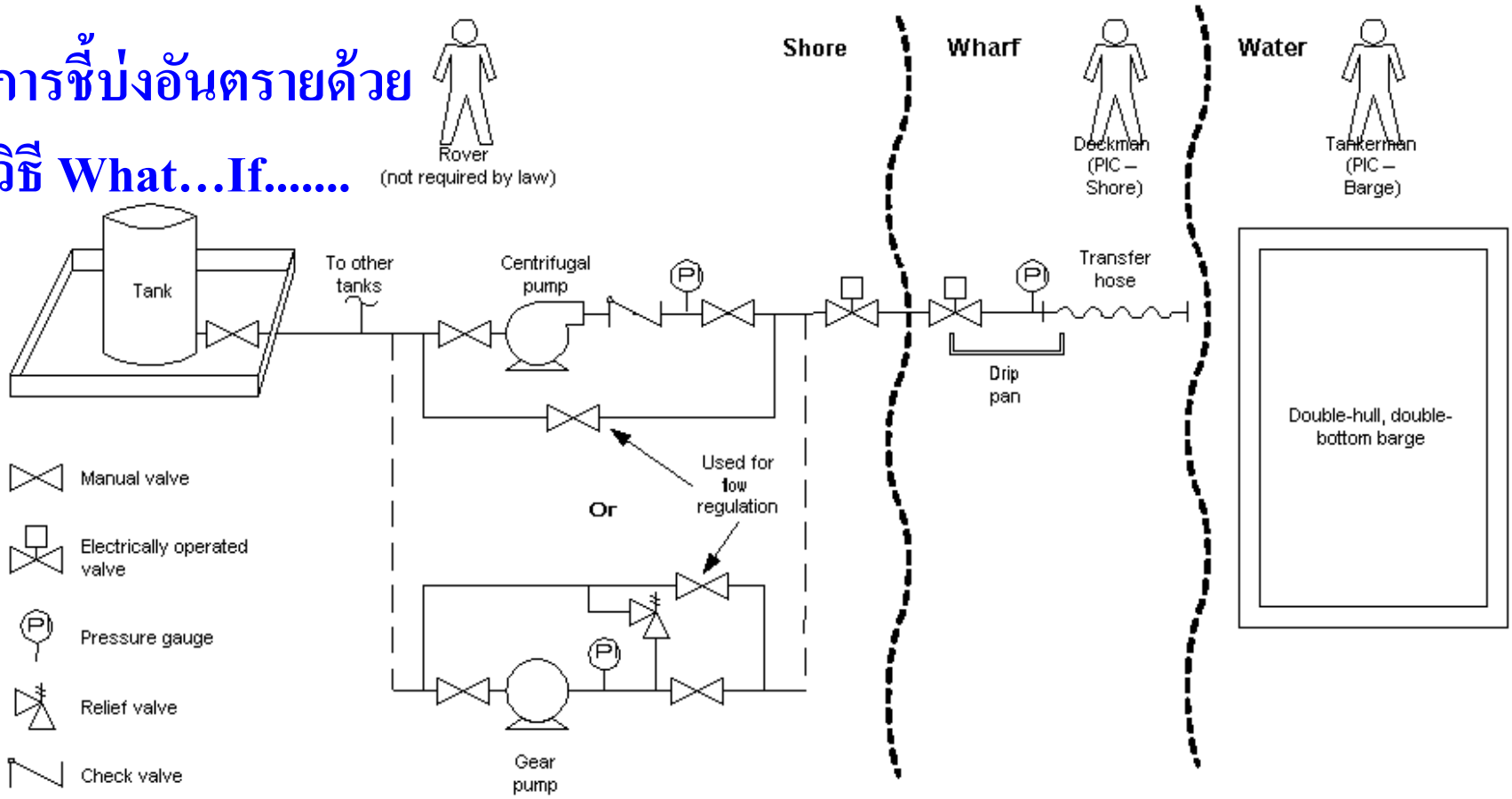
ข้อดี เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่ใช้งานได้ง่ายและสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์/กิจกรรมทุก/ขั้นตอนของการดำเนินงาน เช่นการออกแบบ การผลิต การปรับปรุง/รื้อถอน เป็นต้น

ข้อเสีย การจัดทำทะเบียนรายการคำถามต้องทำโดยผู้มีประสบการณ์/ชำนาญ

ขั้นตอนศึกษา วิเคราะห์ ทบทวน เทคนิค What If Analysis

1. แต่งตั้งกลุ่มบุคคลที่มีประสบการณ์ เพื่อกำหนดขอบเขตแหล่ง/ผลผู้ที่ได้รับผลกระทบ
2. เตรียมรายละเอียดในคำถามต่างๆ เพื่อใช้ในการตั้งคำถาม จะเกิดอะไรขึ้น.....ถ้า....?
3. จัดทำคำถามให้เป็นระบบ รูปแบบการตั้งคำถามจะพิจารณาในประเด็นต่างๆ เช่น ความล้มเหลวของเครื่องจักร/อุปกรณ์/ความผิดพลาดจากผู้ปฏิบัติงาน/สภาพที่ผิดปกติ
4. ดำเนินการวิเคราะห์ และทบทวนเพื่อชี้บ่งอันตรายในรูปแบบลักษณะอันตรายหรือผลที่เกิดขึ้นตามมา มาตรการเพื่อลดผลกระทบของอันตราย ข้อเสนอแนะ และสรุปผล

การชี้บ่งอันตรายด้วย วิธี What…If.....

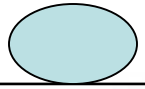


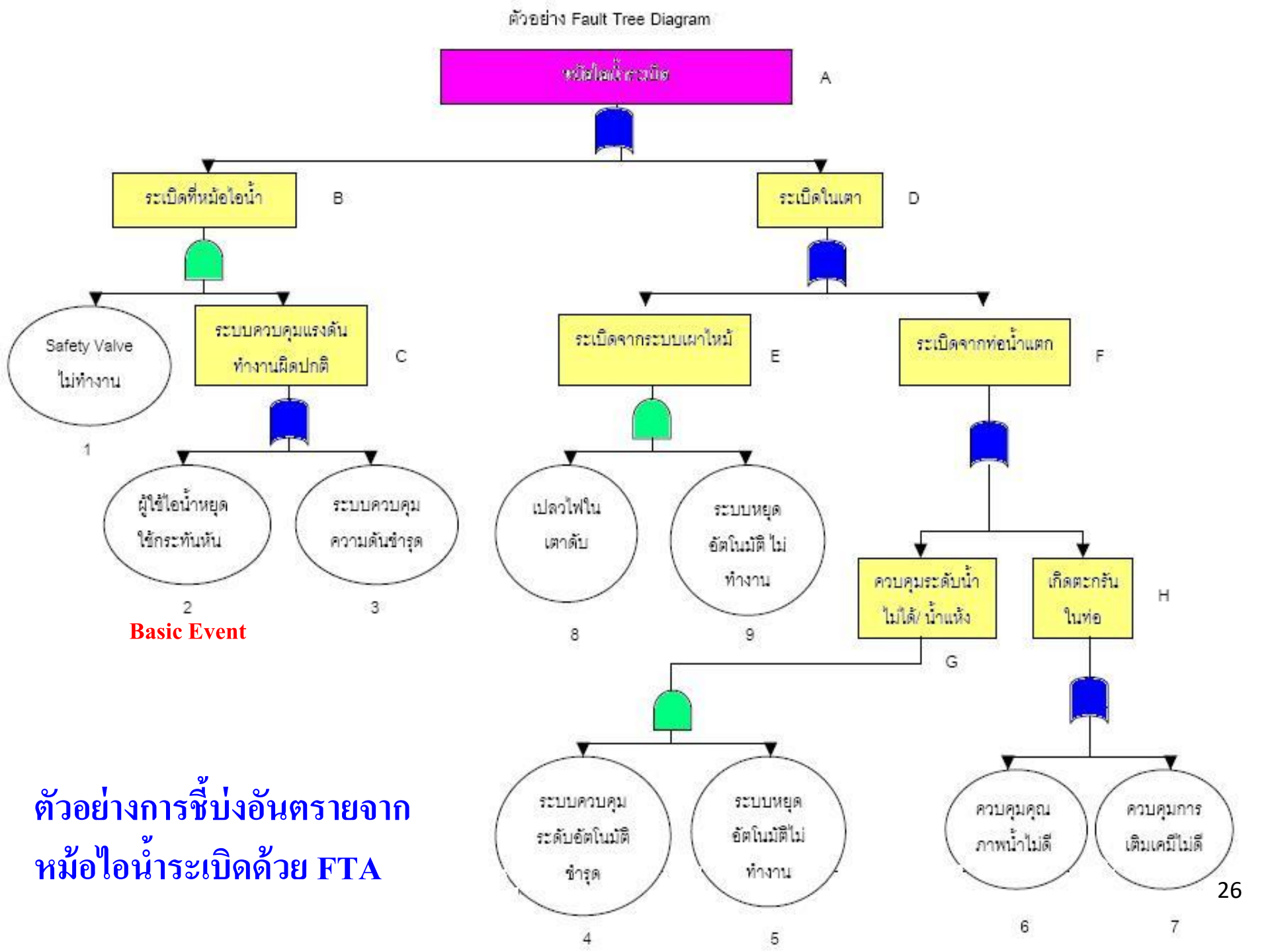
อะไรเกิดขึ้น...ถ้า..	ผลกระทบ	มาตรการที่มีอยู่	ข้อเสนอแนะ
1.สารเคมีในถังเก็บหมด			
2.ลืมเปิดManual Valve			
3.Relief Valve เสีย			
4.Solenoid Valve เสีย			

KMUTNB

Fault Tree Analysis (FTA)

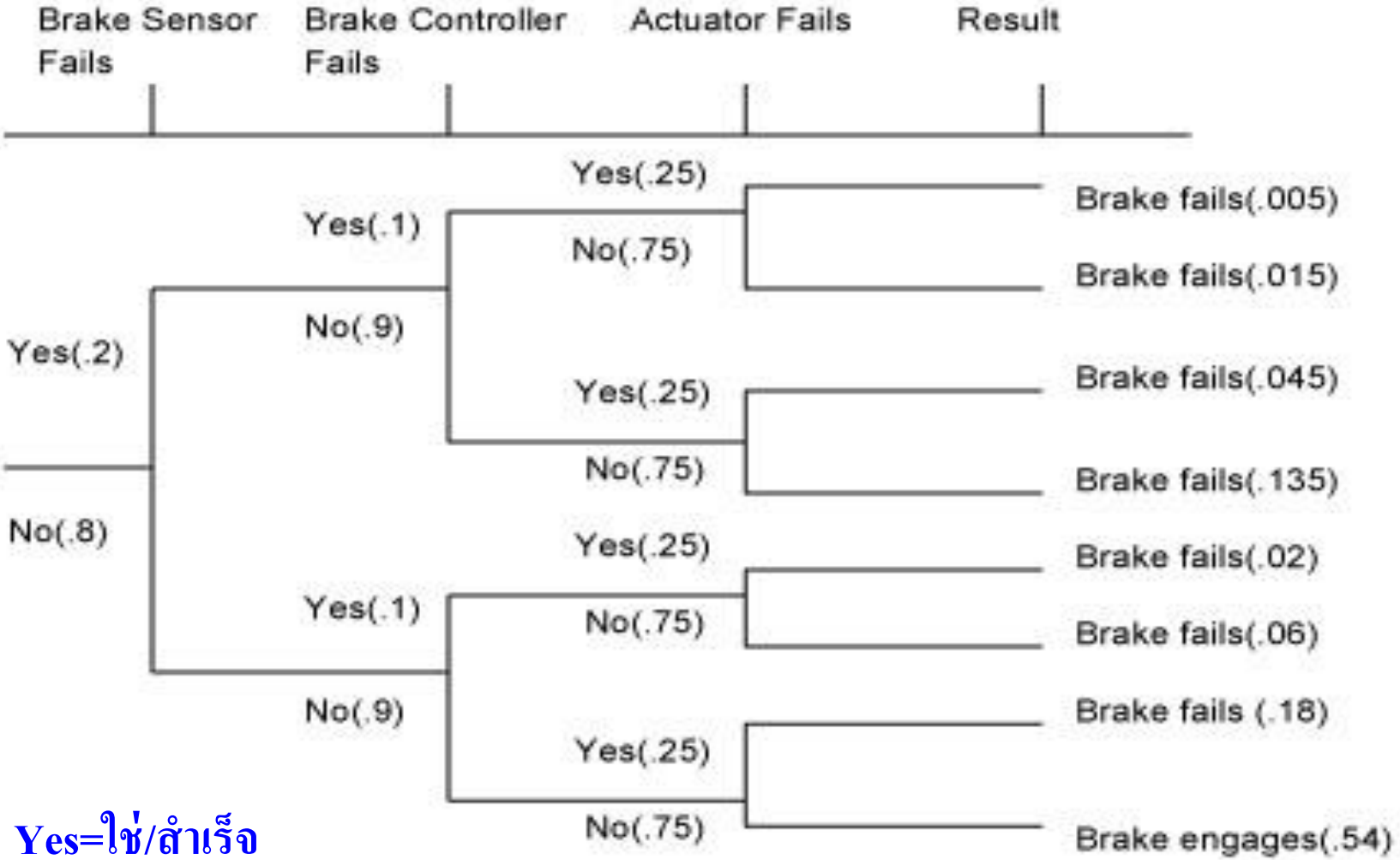
- คิดค้นพัฒนาโดย W.A. Watson ให้กับกองทัพสหรัฐฯในปี ค.ศ.1962เป็น วิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยพิจารณาเชิงตรรก (Logic)วิเคราะห์ผลไปหาเหตุไล่ลงมาเหมือนรากไม้ จนได้สาเหตุ/เหตุการณ์พื้นฐาน (Basic Fault Event)ที่วิเคราะห์ต่อไปไม่ได้ แต่นับว่าเป็นวิธีวิเคราะห์สาเหตุที่มีพลัง เนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ที่ทำให้เห็นความผิดพลาดหรือความล้มเหลว
- กำหนด/เลือกหัวข้อที่เป็นอันตราย /อุบัติเหตุมาเป็น Top Event ซึ่งเป็นผลจากเหตุที่ต้องการทราบความผิดพลาด/ความล้มเหลว โดยอาศัยสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการวิเคราะห์ FTA

สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
	And Gate	เห็นการณ์ที่เกิดได้เนื่องจากหลายสาเหตุ/เหตุการณ์ย่อยทุกตัว
	Or Gate	เหตุการณ์จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งของสาเหตุย่อย
	Basic Event	เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ตามปกติเป็นสาเหตุพื้นฐาน ไม่ต้องวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป
	Fault Tree Event	เหตุการณ์ย่อยที่ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ต่อเนื่อง จนเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ
	Undeveloped Event	เหตุการณ์ย่อยไม่สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุต่อได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลสนับสนุน
	External Event	เหตุการณ์ภายนอก/ปัจจัยภายนอกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆขึ้น



ตัวอย่างการชี้บ่งอันตรายจากหม้อไอน้ำระเบิดด้วย FTA

Event Tree Analysis (ETA)เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาเชิงตรรก (binary logic) คล้ายกับ FTA เหมาะสำหรับตรวจสอบระบบควบคุม แต่ไม่สามารถพิจารณาที่ Root Cause ในแต่ละมาตรการที่ล้มเหลวได้ เพื่อกำหนดมาตรการ/ระบบป้องกัน/Safe Guard



กำหนดเหตุการณ์เริ่มต้น Brake Fail

Yes=ใช่/สำเร็จ

No=ล้มเหลว

Figure 1: Example of an event tree for a brake system

Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบจากความบกพร่อง/ล้มเหลวของชิ้นส่วน/อุปกรณ์/ระบบและมาตรการป้องกันที่มีอยู่ ไม่ได้เน้นที่คน

-First used in the 1960's in the Aerospace industry during the Apollo missions

-In 1974, the Navy developed *MIL-STD-1629* regarding the use of FMEA

-In the late 1970's, the automotive industry was driven by liability costs to use FMEA. Later, the automotive industry saw the advantages of using this tool to reduce risks related to poor quality โดยเฉพาะFord Motor Co Ltd.

-ทีมวิเคราะห์ FMEA ต้อง พิจารณาจาก P&ID (Piping and Instrument Diagram)

-เป็นเทคนิคที่ใช้ใน Reliability Engineering

เครื่องจักร/อุปกรณ์/ระบบ	Failure Mode
Pump	หยุดเดิน /Seal Leak /Rupture
Valve	แตก /รั่ว/ค้าง/ไม่ทำงาน/เปิดทำงานโดยมิได้คาดคิด
ท่อ	แตก หัก รั่ว อุดตัน
sensor	No signal ,Error
ฯลฯ	

Risk Priority Number (RPN) is the product of the severity, occurrence, and detection scores.

Calculate a Composite Score

Severity x **Occurrence** x **Detection** = **RPN**

Severity : Importance of the effect on customer requirements

Severity 1 = Not Severe, 10 = Very Severe

Occurrence : Frequency with which a given cause occurs and creates failure modes ;Occurrence 1 = Not Likely, 10 = Very Likely

Detection : The ability of the current control scheme to detect or prevent a given cause Detection 1 = Easy to Detect, 10 = Not easy to Detect

There are a wide variety of scoring "anchors", both quantitative or qualitative

Two types of scales are 1-5 or 1-10

The 1-5 scale makes it easier for the teams to decide on scores

The 1-10 scale may allow for better precision in estimates and a wide variation in scores (most common)

FMEA :Occurrence &Severity of Effect

Probability of Failure	อัตราเกิด	คะแนน
Extreamely High เกิดบ่อยมาก	1ใน2 1ใน3	10 9
High:will occur requently เกิดได้บ่อย	1ใน10 1ใน20	8 7
Medium:will occur occasionall ปานกลาง	1ใน100 1ใน500 1ใน2000	6 5 4
Low:will occur rarely เกิดได้น้อย/ยาก	1ในหมื่น 1ในแสน	3 2
Zero:will never occur จะไม่เกิด	1ใน ล้าน	1

Effect	Criteria	คะแนน
▪**Hazard or legal infringement** ▪**Warning of hazard of legal**	▪ปัญหาความปลอดภัยสูง ขัดต่อกฎหมาย ▪ปัญหาความปลอดภัยสูง และถูกเตือน	10 9
▪**Vary large effect** ▪**Large effect**	▪มีผลทำให้เสียหายสูงมาก ทำงานไม่ได้ ▪ทำงานได้ ประสิทธิภาพต่ำ	8 7
▪**Intermediate effect** ▪**Small effect** ▪Very small effect	▪มีผลปานกลาง ทำงานไม่สะดวก ▪มีผลน้อย ทำงานไม่สะดวก ▪มีผลน้อยมาก ผู้ใช้รู้สึก	6 5 4
▪Minor defect ▪Slight defect	▪มีผลเล็กน้อย คนทั่วไปรู้สึก ▪มีผลเล็กน้อยคนพิเศษรู้สึก	3 2
▪No defect	▪ไม่มีผล จะไม่เกิดขึ้น	1

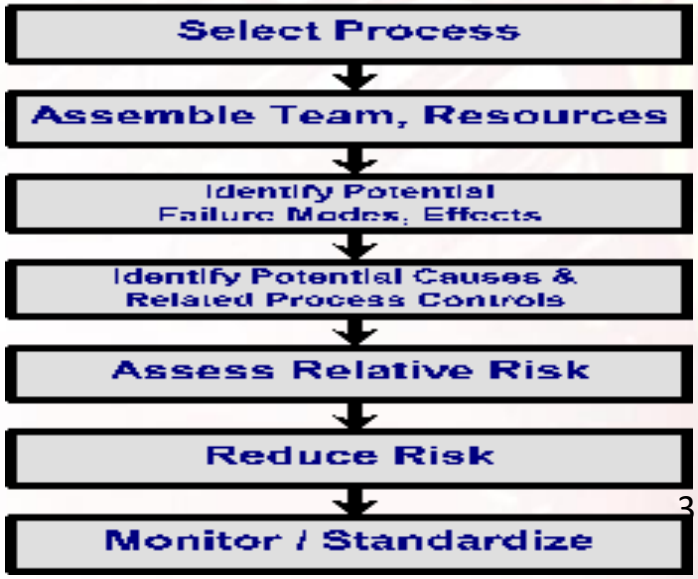
KMUTNB
Department of Industrial Engineering

FMEA:Detectability &RPN=S*O*D

Detectability	Likelihood of Detection	คะแนน
Undetectable	ไม่สามารถตรวจได้	10
Very Difficult to Detect	ตรวจได้ยากมาก	9
Difficult to Detect	ตรวจได้ยาก	8
Very Low Possibility	โอกาสตรวจได้น้อยมาก	7
Low Possibility	โอกาสตรวจได้น้อย	6
Intermediate Possibility	โอกาสตรวจได้ปานกลาง	5
Fairy high possibility	โอกาสตรวจได้ค่อนข้างสูง	4
High possibility	โอกาสตรวจได้สูง	3
Very high possibility	โอกาสตรวจได้สูงมาก	2
Virtually certain	แน่นอนว่าตรวจได้	1

RPN Value	แปรผล
1<RPN>136	เสี่ยงน้อย
137<RPN>504	ปานกลาง
505<RPN>1000	เสี่ยงสูง

The 7 FMEA Steps



KMUTNB
Department of Industrial Engineering

หลักการชี้บ่งอันตรายของเทคนิค HAZOP

เทคนิค Hazard and Operability Study (HAZOP)พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1960 โดยบริษัท ICI จำกัด ประเทศอังกฤษ เหมาะสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการผลิตที่อันตรายมากและต่อเนื่อง เป็นวิธีที่ใช้ชี้บ่งอันตรายสำหรับกระบวนการผลิตแต่ละขอบเขตของระบบ/อุปกรณ์(Node) โดยใช้ Guide-Word เช่น ไม่ มากกว่า/สูงกว่า น้อยกว่า/ต่ำกว่า การย้อนกลับของการไหล อุณหภูมิ ความดัน และอื่นๆกับคำที่ใช้บอกลักษณะของกระบวนการ (Parameter) เช่น Flow, Temp., Pressure ,Level เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์ว่ามีโอกาสเบี่ยงเบน(Deviation)ไปจากค่าที่ออกแบบ (ค่าควบคุม) ของระบบ/กระบวนการตั้งแต่การออกแบบ ปรับปรุง/ดัดแปลง process ไว้มากน้อยเท่าไร เพื่อชี้บ่งอันตราย ความผิดปกติ และไม่มีประสิทธิภาพ แล้วจึงวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา มักจะใช้วิเคราะห์กันเป็น Team

ข้อดี เป็นวิธีการชี้บ่งอันตรายที่มีประสิทธิภาพสูง และมีกระบวนการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบสามารถใช้ได้เป็นอย่างดีกับกระบวนการที่มี Parameter เป็นค่าออกแบบ (ค่าควบคุม) เช่นระบบท่อ

ข้อเสีย เป็นวิธีการที่จำเป็นต้องมี P&ID แล้วเท่านั้น และต้องมีค่าออกแบบ(ค่าควบคุม) เพื่อวิเคราะห์หาผลที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีสาเหตุที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนไปจากค่าควบคุม ดังนั้นจึงทำให้นำมาใช้ในการชี้บ่งอันตรายได้ค่อนข้างจำกัด

ความดันโลหิตปกติของร่างกายมนุษย์ ประมาณ 80-120 มม.ปรอท

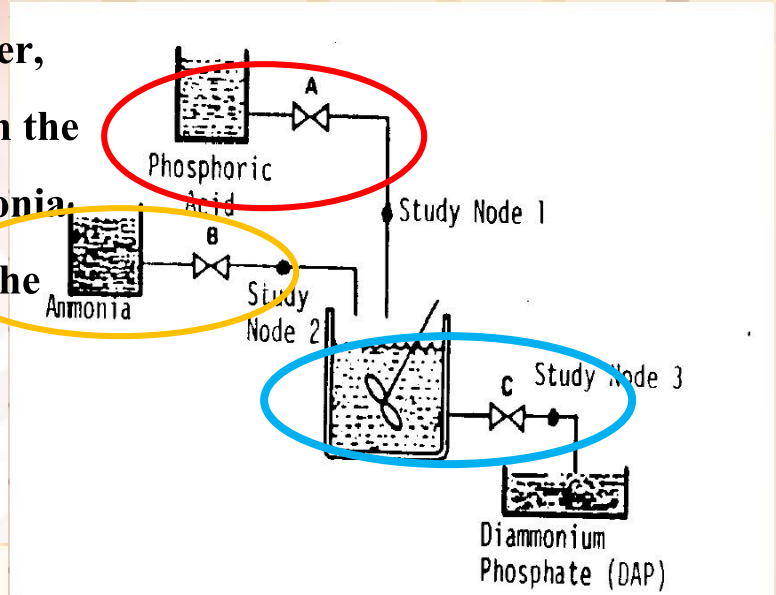
KMUTNB
Department of Industrial Engineering

ขั้นตอนการทำแบบตารางเทคนิค HAZOP

1. กำหนดขอบเขตของระบบ/อุปกรณ์ (Node) ที่จะทำการชี้บ่งอันตรายที่ครอบคลุมอุปกรณ์สำคัญ เช่น Pump, Heater, Heat Exchanger
2. พิจารณาปัจจัยการผลิต (Process Parameter) เช่น ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ระดับฯ แล้วเลือก Guide Word ที่เหมาะไปใส่ไว้ในช่อง“ ข้อบกพร่อง”
3. พิจารณาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์เบี่ยงเบนไปจากค่าออกแบบ เช่น สาเหตุการเกิด High /Low Pressure เป็นต้น นำสาเหตุไปใส่ในช่อง “สถานการณ์จำลอง”
4. พิจารณาถึงผลที่จะเกิดในช่อง “เหตุการณ์ที่เกิดตามมา”และทบทวนมาตรการความปลอดภัย /ระบบป้องกันที่มีอยู่มีอะไรบ้าง เพียงพอหรือไม่ เพื่อพิจารณาถึงสิ่งที่ควรดำเนินการเพิ่มเติมเมื่อพบว่า มาตรการหรือระบบป้องกันที่มีอยู่ไม่เพียงพอ

Guide word / Process-variable	No	Low	High	Part of	Also	Other than	Reverse
Flow	No flow	Low flow	High flow	Missing ingredients	Impurities	Wrong material	Reverse flow
Level	Empty	Low level	High level	Low interface	High interface	-	-
Pressure	Open to atmosphere	Low pressure	High pressure	-	-	-	Vacuum
Temperature	Freezing	Low temp.	High temp.	-	-	-	Auto refrigeration
Agitation	No agitation	Poor mixing	Excessive mixing	Irregular-mixing	Foaming	-	Phase separation
Reaction	No reaction	Slow reaction	"Runaway reaction"	Partial reaction	Side reaction	Wrong reaction	Decom-position
Other	Utility failure	External leak	External rupture	-	-	Start-up Shutdown Maintenance	-

Example : Consider, as a simple example, theConsider, as a simple example, the continuous process shown in the figure.In this process, the phosphoric acid and ammonia are mixed, diammoniumphosphate (DAP) results if the reaction is complete. If too little phosphoric acid is added, the reaction is incomplete and ammonia is reaction is incomplete and ammonia is produced



Process Unit: DAP Production

Node: 1 Process Parameter: Flow

GUIDE WORD	DEVIATION	CONSEQUENCES	CAUSES	SUGGESTED ACTION
No	No Flow	Excess ammonia in reactor. Release to work area.	(1) Valve A fails closed	Automatic closure of valve B on loss of flow from phosphoric acid supply
			(2) Phosphoric acid supply exhausted	
			(3) Plug in pipe; pipe ruptures	
Less	Less Flow	Excess ammonia in reactor. Release to work area, with amount released related to quantitative reduction in supply. Team member to calculate toxicity vs. flow reduction.	(1) Valve A partially closed (2) Partial plug or leak in pipe	Automatic closure of valve B on reduced flow from phosphoric acid supply. Set point determined by toxicity vs. flow calculation
More	More Flow	Excess phosphoric acid degrades product. No hazard to work area.	--	--
Part of	Normal flow of decreased concentration of phosphoric acid	Excess ammonia in reactor. Release to work area, with amount released related to quantitative reduction in supply.	(1) Vendor delivers wrong material or concentration	Check phosphoric acid supply tank concentration after charging
			(2) Error in charging phosphoric acid supply tank	

Failure Data for Specific Components (J.R.Taylor,1994)

Failure Mode	Failure Rate
-ท่อขนาด2-6นิ้วรั่วเล็กน้อย	0.001ครั้งต่อล้านชั่วโมงต่อเมตร
-ท่อขนาด2-6นิ้วรั่วมาก	0.0001ครั้งต่อล้านชั่วโมงต่อเมตร
-ก้านวาวล์รั่ว (Globe Valveขนาด2นิ้ว)	1 ในล้านชั่วโมง
-รั่วที่บ่าวาวล์ ปิดไม่ได้	6 ในล้านชั่วโมง
-ซีลปั๊มหมุนเหวี่ยงรั่ว	30 ในล้านชั่วโมง
-ปั๊มทำงาน /หยุดทำงานกระทันหัน	20 ในล้านชั่วโมง
-Level Sensor ค้าง	50 ในล้านชั่วโมง
-Pressure Switch ไม่ทำงาน	6 ในล้านชั่วโมง
-Flow Sensor ไม่มีสัญญาณ	4 ในล้านชั่วโมง

FAILURE FREQUENCY DATA BASE

Failure	Frequency Failure Data Base (time per year)	Failure	Frequency Failure Data Base (time per year)
Smith and Warwick (1981)		Less, 1983; King, 1990	
Power Failure (PEA)	10	Pressure Vessels (General)	0.026
Limit Switch Failure	1×10^{-4}	Pressure Vessels (High Standard)	2.56×10^{-3}
Level Switch Failure	8.2×10^{-6}	Pipes	1.71×10^{-3}
Operator Error	1×10^{-3}	Pipe Joints	4.27×10^{-3}
Pressure Control Fault	1×10^{-4}	Gaskets	4.27×10^{-3}
Solenoid Valve Fail to Close	1×10^{-3}	Bellows	0.043
Level Alarm Failure	8.2×10^{-6}	Diaphragms (Metal)	0.043
Vent Gas Failure	2×10^{-5}	Diaphragms (Rubber)	0.068
Inter-unit Pipe (General)	3.5×10^{-7}	Unions	3.42×10^{-3}
Emergency Gen. Fault	1×10^{-5}	Hoses (Heavily Stressed)	0.342
Mechanical Failure	7×10^{-3}	Hoses (Light Stressed)	0.0342
P. Trip Signal	0.2/D or 5.4×10^{-4}/Y	Relief Valves (Leakage)	0.017
No Immediate Ignition	0.5/D or 1.4×10^{-3}/Y	Relief Valves (Blockage)	4.27×10^{-3}
Immediate Ignition	0.9386	Valves (hand-operated)	0.128
Sudden Weather Change	1×10^{-2}	Valves (ball)	4.27×10^{-3}
Third Party Error	1×10^{-3}	Seals (rotating)	0.0598
		Seals (sliding)	0.0256

ที่มา : ILO (International Labor Organization, Major Hazard Control), 1998

Department of Industrial Engineering

FAILURE FREQUENCY DATA BASE

Failure	Frequency Failure Data Base (time per year)	Failure	Frequency Failure Data Base (time per year)
Smith and Warwick (1981)		Less, 1983; King, 1990	
ImpulseLines (Blocked/Leak)	0.09	Seals (“0” ring)	1.708×10^{-3}
Pressure Switch	0.13	Filters (blockage)	8.544×10^{-3}
Cable(Fractured or Severed)	0.03	Filters (leakage)	8.544×10^{-3}
Loss of Electric Power Steam Shut-off System	0.05	Pins	0.128
		Nuts	1.708×10^{-3}
Relay (Complete with Wire)	0.08	Bolts	1.708×10^{-3}
Solenoid Valve	0.30	Boiler (All Types)	9.398×10^{-3}
Loss of Electric Power	0.05	Pressure-indicating Controller	1.15
Trip Valve	0.25	Pressure-recovery Controller	1.29
Air Supply Line (Block, Broken)	0.02	Flow-indicating Controller	1.51
Loss of Air Supply	0.02	Flow-recording Controller	2.14
Pump Shut-off System	0.02	Level-indicating Controller	2.37
Relay, etc., as above	0.08	Level-recoding Controller	2.25
Pressure Relief Valve	0.02	Temperature-indicating Controller	0.94
Flame-failure Detector	1.69	Temperature-recording Controller Trip Initiator	1.99

Department of Industrial Engineering

ที่มา : ILO (International Labor Organization, Major Hazard Control), 1998

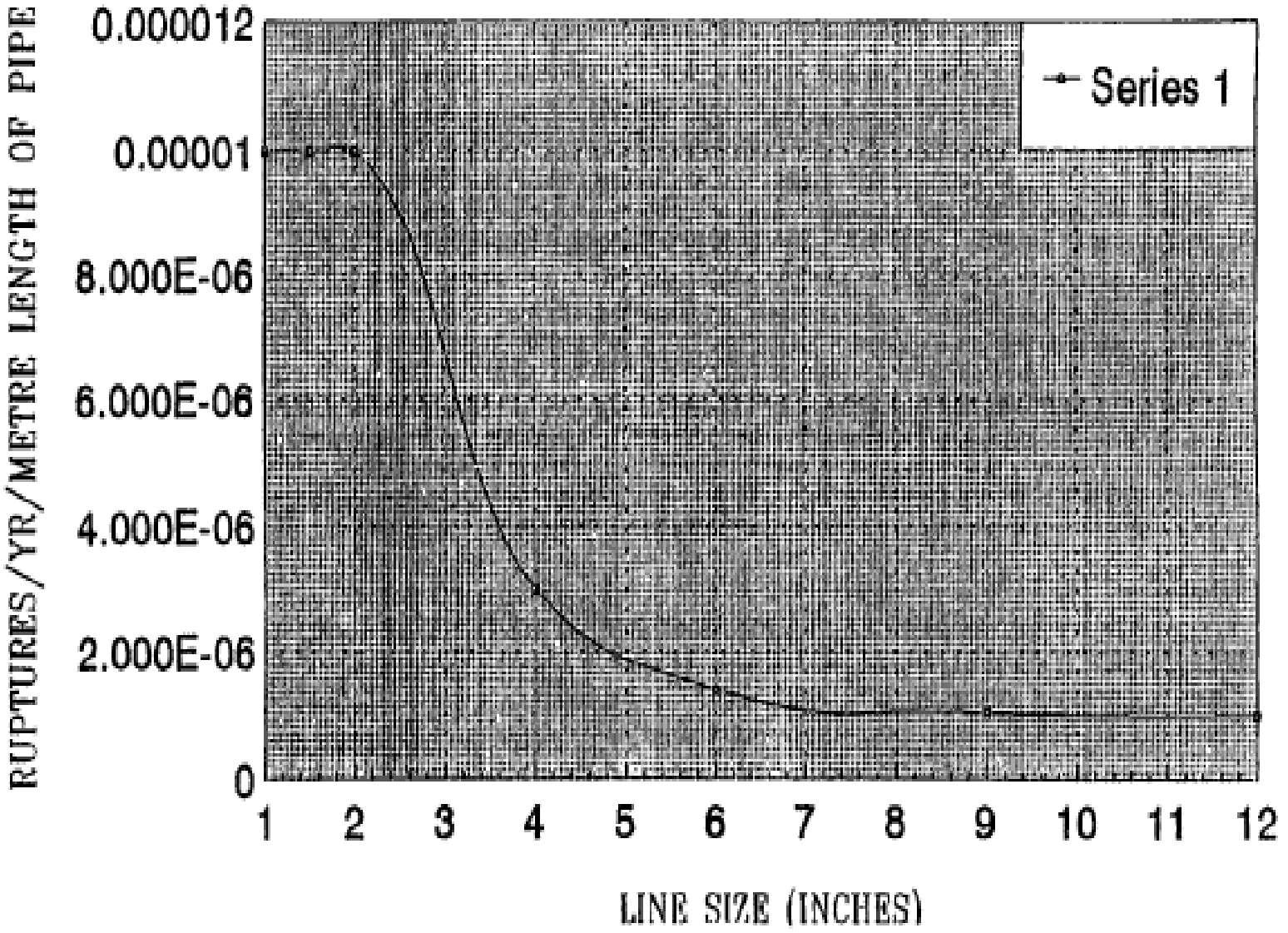
โอกาสในการเกิดการรั่วไหลของอุปกรณ์ (ครั้ง/ปี)

ประเภทอุปกรณ์	รูรั่ว 0.25นิ้ว	รูรั่ว 1.0นิ้ว	รูรั่ว 4.0นิ้ว	แตกหัก
Centrifugal Pump	6x10E-2	5x10E-4	1x10E-4	-
Compressor , Reciprocating	-	6x10E-3	6x10E-4	-
Column	8x10E-3	2x10E-4	2x10E-5	6x10E-6
Heat Exchanger ,Shell	4x10E-3	1x10E-4	1x10E-5	6x10E-6
Pipe 1 inch diameter , per ft	5x10E-6	-	-	5x10E-7
Pipe 2 inch diameter , per ft	3x10E-6	-	-	6x10E-7
Pipe 4 inch diameter , per ft	9x10E-7	6x10E-7	-	7x10E-8
Pipe 6 inch diameter , per ft	4x10E-7	4x10E-7	-	8x10E-8
Pipe 8 inch diameter , per ft	3x10E-7	3x10E-7	8x10E-8	2x10E-8
Pipe 10 inch diameter , per ft	2x10E-7	3x10E-7	8x10E-8	2x10E-8
Pipe 12 inch diameter , per ft	1x10E-7	3x10E-7	3x10E-8	2x10E-8
Pipe 16 inch diameter , per ft Pipe >16 inch diameter , per ft	1x10E-7 6x10E-7	2x10E-7 2x10E-7	2x10E-8 2x10E-8	2x10E-8 1x10E-8
Reciprocating Pump atmospheric	0.7	0.01	0.001	0.001
Storage Tank	4x10E-4	1x10E-4	1x10E-5	2x10E-5

ที่มาAPI Publication, May 2000

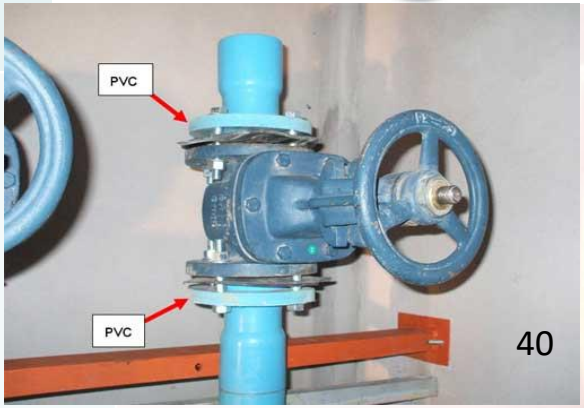
Failure Rate & Rupture of Pipeline

Frequency



ขนาดหน้าแปลน(นิ้ว)	ขนาดรูรั่ว(มม.)	Leak Frequency(per year
0.5	1-3	3.725x10E-5
	3-10	1.364x10E-5
	10-50	1.227x10E-5
	Total	6.316x10E-5
1.0	1-3	4.037x10E-5
	3-10	1.479x10E-5
	10-50	1.279x10E-5
	Total	6.795x10E-5
2.0	1-3	4,628x10E5
	3-10	1.695x10E-5
	10-50	6.126x10E-6
	Total	7.701x10E-5
4.0	1-3	5.745x10E-5
	3-10	2.104x10E-5
	10-50	7.605x10E-6
	Total	9.145x10E-5

Process Equipment Leak Frequency Data for use in QRA : Flange (DNV)



3 การประเมินความเสี่ยง

Ex.

Risk Analysis Matrix

Likelihood ความน่าจะเป็น	Consequences				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
Almost Certain 5	M 5	H 10	H 15	E 20	E 25
Likely บ่อย 4	M 4	M 8	H 12	E 16	E 20
Moderate ปานกลาง 3	L 3	M 6	M 9	H 12	H 15
Unlikely ไม่ค่อย 2	L 2	M 4	M 6	M 8	H 10
Rare น้อยมาก 1	L 1	L 2	L 3	M 4	M 5

แผนผังประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment Matrix)

Risk Assessment Matrix			ความเป็นไปได้				
			ต่ำมาก / น้อยมาก	ต่ำ / น้อย	ปานกลาง	สูง / บ่อย	สูงมาก / บ่อยมาก
			1	2	3	4	5
ผลกระทบ / ความรุนแรง	สูงมาก / หายนะ	5	5	10	15	20	25
	สูง / วิกฤต	4	4	8	12	16	20
	ปานกลาง	3	3	6	9	12	15
	ต่ำ / น้อย	2	2	4	6	8	10
	ไม่เป็นสาระสำคัญ / น้อยมาก	1	1	2	3	4	5
			ระดับของความเสี่ยง				

KMUTNB

SAMPLE RISK ANALYSIS MATRIX

Likelihood	Consequences				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
A (5) (Almost Certain)	H	H	E	E	E
B (4) (Likely)	M	H	H	E	E
C (3) (Moderate)	L	M	H	E	E
D (2) (Unlikely)	L	L	M	H	E
E (1) (Rare)	L	L	M	H	H

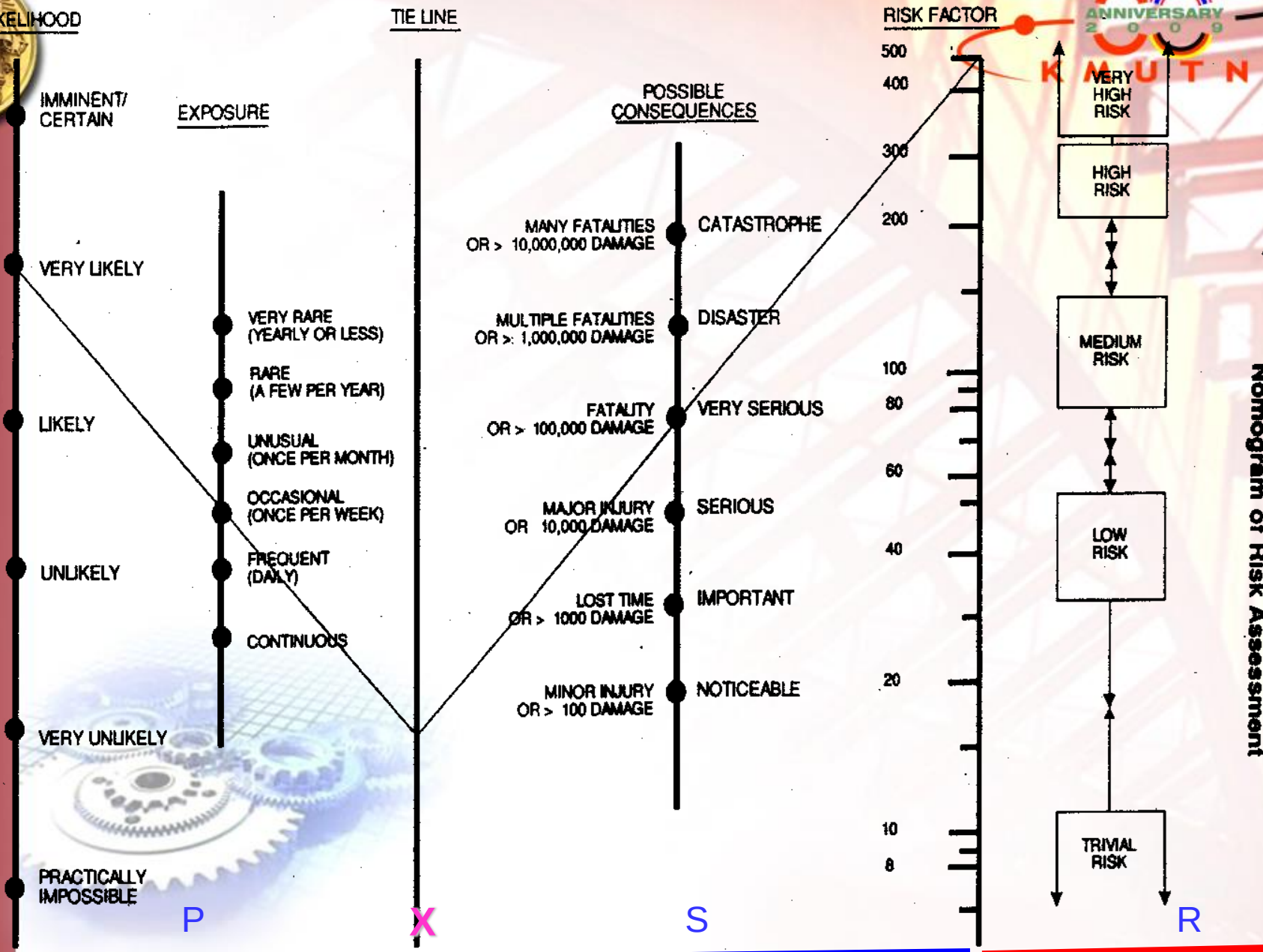
E: Extreme Risk, Immediate Action Required ความเสี่ยงสูงมาก ต้องจัดการทันที

H: High Risk, Senior Management Attention Needed ความเสี่ยงสูง ผู้บริหารระดับสูงต้องลงมาดูแล

M: Moderate Risk, Management Responsibility Must be Specifiedความเสี่ยงปานกลาง ต้องแจ้งผู้บริหารที่รับผิดชอบการบริหารความเสี่ยง

L: Low Risk, Manage by Routine Procedures ความเสี่ยงต่ำ จัดการโดยขั้นตอนตามปกติ

Nomogram of Risk Assessment



การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ (Probability)

ระดับ	รายละเอียด
5 สูงมาก	ความถี่ในการเกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 1 เดือน
4 สูง	ความถี่ในการเกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 1 ปี
3 ปานกลาง	ความถี่ในการเกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 1-5 ปี
2 น้อย	ความถี่ในการเกิดขึ้น 1 ครั้งในช่วง 5-10 ปี
1 เกิดยาก	ไม่เคยเกิดเลยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา

ปกอ. ฉ.3

ที่มา : Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency,U.S. Department of Transportation, US.EPA., 1990

ระดับ	ความน่าจะเป็น	คำจำกัดความ
5	Common	มีโอกาสเกิด 1 ครั้ง /ปี หรือมากกว่า (> 1 ครั้ง /ปี)
4	Likely	มีโอกาสเกิดอย่างน้อย 1 ครั้ง ในรอบ 10 ปี (> 0.1 ครั้ง /ปี)
3	Reasonably likely	มีโอกาสเกิด 1 ครั้ง ในรอบ 10-100 ปี (0.1 ถึง 1 x 10E-2 ครั้ง /ปี)
2	Unlikely	มีโอกาสเกิด 1 ครั้ง ในรอบ 100-1,000 ปี (1 x 10E-2 ถึง 1 x 10E-3 ครั้ง /ปี)
1	Very Unlikely	มีโอกาสเกิดน้อยกว่า 1 ครั้ง ในรอบ 1,000 ปี (<1 x 10E-3 ครั้ง /ปี)

การพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายเชิงคุณภาพ

หัวข้อพิจารณาเ	น้ำหนักคะแนน	เกณฑ์การประเมินโอกาสที่เกิดอันตราย		
		3 (มาก)	2(ปานกลาง)	1(เล็กน้อย)
1.จำนวนคนที่สัมผัสหรือจำนวนคนที่ปฏิบัติงานนั้น	3	มากกว่า10 คนขึ้นไป	6-10 คน	1-5 คน
2.ความถี่และระยะเวลาที่สัมผัส	3	30 ชม.ต่อสัปดาห์	10-30 ชม.ต่อสัปดาห์	น้อยกว่า10 ชม.ต่อสัปดาห์
3.การตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน	3	ไม่มีการตรวจวัด	มีการตรวจวัดแต่ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานกฎหมาย	มีการตรวจวัดและเป็นไปตามค่ามาตรฐานกฎหมาย
4.คู่มือความปลอดภัยที่เป็นไปตามมาตรฐาน	3	ไม่มีเป็นลายลักษณ์อักษร	มีแต่ไม่เหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง	มีและเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง
5.การฝึกอบรมตามคู่มือความปลอดภัยอย่างมีประสิทธิภาพ	3	ไม่มีการฝึกอบรม	มีการฝึกอบรมแต่ไม่เหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง	มีการฝึกอบรมและเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง
6.การควบคุมการปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัยที่ได้มาตรฐาน	2	ไม่มีการควบคุมการปฏิบัติ	มีการควบคุมการปฏิบัติแต่ไม่มีการบันทึกหรือบันทึกแต่ไม่ต่อเนื่อง	มีการควบคุมการปฏิบัติและมีการบันทึกอย่างต่อเนื่อง
7.อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล	2	ไม่มีหรือมีแต่ไม่เหมาะกับลักษณะความเสี่ยง	-	มีอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอย่างเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง
8.การออกแบบให้มีอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออาคารสถานที่	3	ไม่มีหรือมีแต่ไม่เหมาะกับลักษณะความเสี่ยง	-	มีการออกแบบให้มีอุปกรณ์ความปลอดภัยเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง
9.การตรวจสอบ/ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์	3	ไม่มีการตรวจสอบไม่มีการบำรุงรักษา	มีการตรวจสอบมีกาiบำรุงรักษแต่ไม่มีการบันทึกหรือบันทีไม่ต่อเนื่อง	มีการตรวจสอบมีการบำรุงรักษาและมีการบันทึกอย่างต่อเนื่อง
10.การเตือนอันตราย	2	ไม่มีการเตือนอันตราย	มีการเตือนอันตรายแต่ไม่เหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง	มีการเตือนอันตรายเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง
คะแนนรวม				

Department of Industrial Engineering

การคิดคะแนนโอกาสที่จะเกิด Likelihood แบบ Qualitative

1. จำนวนคนที่สัมผัสหรือทำงานนั้น 1 2 3 (3) =
2. ความถี่และระยะเวลาที่สัมผัส 1 2 3 (3) =
3. การตรวจวัดสภาพแวดล้อมการทำงาน 1 2 3 (3) =
4. คู่มือความปลอดภัยที่ได้มาตรฐาน 1 2 3 (3) =
5. การฝึกอบรมตามคู่มือที่มีประสิทธิภาพ 1 2 3 (3) =
6. การควบคุมการปฏิบัติตามคู่มือที่ได้มาตรฐาน 1 2 3 (2) =
7. อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล 1 2 3 (2) =
8. การออกแบบอุปกรณ์ความปลอดภัย 1 2 3 (3) =
9. การตรวจสอบบำรุงรักษา 1 2 3 (3) =
10. การเตือนอันตราย 1 2 3 (2) =

สูตร $\frac{\text{ผลรวม (น้ำหนัก X คะแนน) X 100}}{81} =$

โอกาสที่จะเกิดน่าจะเป็น ยาก (1) ปานกลาง (2) ง่าย (3)

33-55 % โอกาสเกิดน้อย 1

56-77 % โอกาสเกิดปานกลาง 2

มากกว่า 77 % โอกาสเกิดมาก 3

การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	น้อยมาก	มีการบาดเจ็บเล็กน้อย ไม่ถึงขั้นหยุดงาน
2	น้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อย หยุดงานไม่เกิน 3วัน
3	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บต้องหยุดงานเกิน 3 วัน แต่ไม่เกิน 15 วัน
4	สูง	มีการบาดเจ็บต้องหยุดงานเกินกว่า 15 วัน หรือสูญเสียอวัยวะ
5	สูงมาก	มีการบาดเจ็บถึงขั้นทุพลภาพหรือเสียชีวิตได้

การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในโรงงาน สามารถควบคุม/แก้ไขได้โดยเร็ว
2	น้อย	มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในโรงงาน ต้องใช้เวลาในการปรับปรุงแก้ไข
3	ปานกลาง	ส่งผลกระทบต่อสวล.นอกโรงงาน มีการร้องเรียนจากประชาชน และสามารถไข/ควบคุมได้โดยเร็ว
4	สูง	ส่งผลกระทบต่อสวล.อย่างเห็นได้เด่นชัด เช่นปลาตาย และต้องอพยพประชาชนออกจากพื้นที่
5	สูงมาก	ส่งผลกระทบต่อสวล.อย่างรุนแรง ต้องอพยพประชาชนออกจากพื้นที่ ไม่สามารถแก้ไข/ควบคุมได้ทันที

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	น้อยมาก	ทรัพย์สินเสียหายเล็กน้อยหรือแทบจะไม่เสียหายเลย
2	น้อย	ทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 1,000-10,000 บาท และไม่มีผลต่อการผลิต
3	ปานกลาง	ทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่ 10,000-100,000บาทและไม่มีผลต่อการผลิต
4	สูง	ทรัพย์สินเสียหายตั้งแต่100,000-1,000,000บาทและมีผลต่อการผลิตเล็กน้อย
5	สูงมาก	ทรัพย์สินเสียหายมากกว่า 1,000,000บาทขึ้นไปหรือต้องหยุดการผลิต

การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อชุมชน

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบโรงงาน
2	น้อย	มีผลกระทบต่อชุมชนเล็กน้อย โดยได้รับแจ้งจากประชาชน
3	ปานกลาง	มีผลกระทบต่อชุมชน ถึงขั้นร้องเรียนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
4	สูง	ชุมชนได้รับความเสียหาย/เกิดอาการเจ็บป่วยต้องเข้ารับการรักษาพยาบาล
5	สูงมาก	ชุมชนได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง /เกิดอาการเจ็บป่วยต้องเข้ารับการรักษาพยาบาลทางการแพทย์ทันทีทันใด ต้องอพยพประชาชนออกจากพื้นที่

การบริหารจัดการความเสี่ยง(Risk Management)

- พิจารณาถึงสภาพความเสี่ยงและการยอมรับความเสี่ยง
- กำหนดมาตรควบคุม/แก้ไข/ปรับปรุงเพื่อลดความเสี่ยง
- กำหนดกรอบเวลาและผู้รับผิดชอบในการปรับปรุงแก้ไข
- ติดตามและประเมินผลความเสี่ยงเป็นระยะ ๆ

กลยุทธ์การบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management)

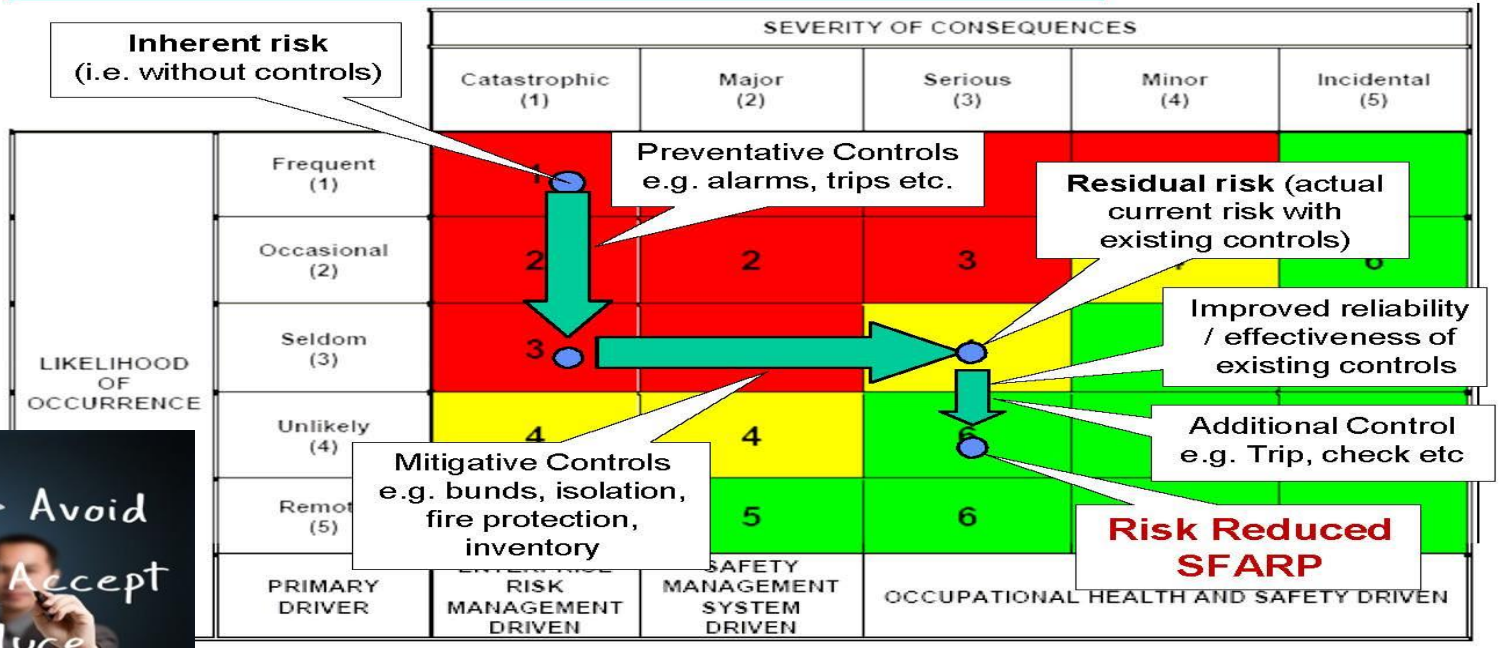
ระดับความเสี่ยง	กลยุทธ์การจัดการ
เล็กน้อย (trivial)	ไม่ต้องทำอะไร
ยอมรับได้(Tolerable)	ควบคุมมิให้ระดับความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น/มาตรการตรวจสอบปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ/ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
ปานกลาง(Moderate)	ต้องกำหนดมาตรการและระยะเวลาในการลดความเสี่ยง
สูง(Substantial)	ต้องปรับปรุง/แก้ไข/ควบคุมความเสี่ยงให้ลดลงโดยเร่งด่วน
ยอมรับไม่ได้ (Intolerable)	ให้หยุดปรับปรุง/แก้ไข เพื่อลดความเสี่ยงก่อนที่จะ ปฏิบัติงานต่อไป

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

ระดับความเสี่ยง	ระดับคะแนน	แทนด้วยแถบสี	ความหมาย
ต่ำ	1 – 3	สีเขียว	Acceptable or Limited Focus - ระดับที่ยอมรับได้ โดยไม่ต้องควบคุมความเสี่ยง ไม่ต้องมีการจัดการเพิ่มเติม
ปานกลาง*	4 – 9	สีเหลือง	Tolerable but caution or Management Discretion/ Medium Risk - ระดับที่พอยอมรับได้ แต่ต้องมีการควบคุม เพื่อป้องกันไม่ให้ความเสี่ยงเคลื่อนย้ายไปยังระดับที่ยอมรับไม่ได้
สูง	10 – 16	สีส้ม	Intolerable or Attention Required/High Risk - ระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยต้องจัดการความเสี่ยงเพื่อให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ต่อไป
สูงมาก	17 – 25	สีแดง	Intolerable or Immediate Attention Require/High Risk - ระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้จำเป็นต้องเร่งจัดการความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทันที

Risk Management

This analysis requires knowledge about the performance of controls



แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ผลกระทบจากอันตรายร้ายแรง

วัตถุประสงค์เพื่อ : ประเมินอัตราการรั่วไหล และรูปแบบการรั่วไหล ความเข้มข้นจากการฟุ้งกระจายของก๊าซ และผลเนื่องมาจากความร้อนจากการลุกติดไฟของสารติดไฟผลจากการระเบิด ตัวอย่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่นิยมใช้อยู่

-WHAZAN (World Bank Hazard Analysis) เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ที่พัฒนาโดย DNV Technica Ltd. ภายใต้การสนับสนุนของ World Bank

-ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) จัดทำขึ้นโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) ร่วมกับหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

-PHAST เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์พัฒนาโดยบริษัท DNV GL

-Breeze Haz. เป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์พัฒนาโดยบริษัท Trinity Consultants Inc. ประกอบด้วยแบบจำลองย่อยที่ใช้ประเมินผลกระทบจากการรั่วของสารเคมี

-BREEZE HAZ EXPERT เพื่อประเมินการรั่วไหล

-BREEZE HAZ DISPERSION เพื่อประเมินความเข้มข้นที่เพื่อกระจาย

-BREEZE HAZ FIRE/EXPLOSION เพื่อประเมินผลกระทบจากการลุกติดไฟ

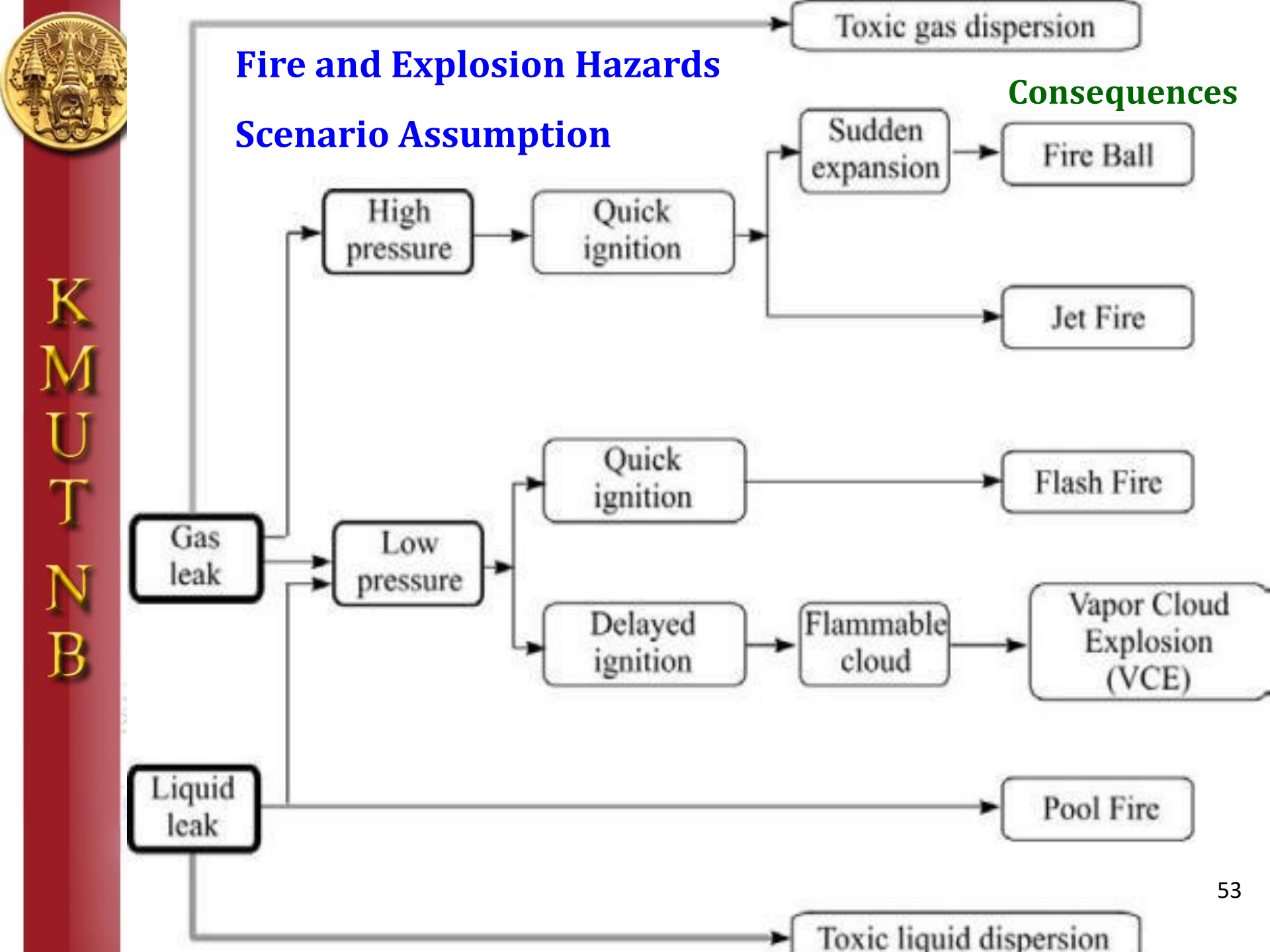
การพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง

- พิจารณาโอกาสการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงแบบต่างๆ
- จำแนกแบบของการรั่วไหล :สถานะของสารขณะรั่วไหล ,ขนาดของรูรั่ว ,อัตราการรั่ว
- พิจารณาเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น :แผนภูมิการเกิดเหตุการณ์ ,ประมาณความเข้มข้นจากการฟุ้งกระจายของก๊าซ ,ประมาณผลกระทบเนื่องมาจากความร้อนจากการลุกติดไฟของสารติดไฟและผลจากการระเบิด
- ข้อมูลที่ต้องการและปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการรั่วไหล

-ข้อมูลสารเคมี : Molecular weight, Boiling point, Flash point,Vapor pressure, Heat capacities, Latent heat ,Vapor Density ,LEL-UEL/LFL-UFL

-ข้อมูลการเก็บกักสารเคมี : Source Type (pipe, tank, Evaporating pool) pressure, temperature, quantity

-ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา : Ambient temperature, Ambient pressure, Relative humidity, Wind direction, Wind speed, Standard deviation


Fire and Explosion Hazards
Scenario Assumption
Consequences
Toxic gas dispersion
Sudden expansion
Fire Ball
High pressure
Quick ignition
Jet Fire
Quick ignition
Flash Fire
Gas leak
Low pressure
Delayed ignition
Flammable cloud
Vapor Cloud Explosion (VCE)
Liquid leak
Pool Fire
Toxic liquid dispersion

กรณีศึกษาการวิเคราะห์อันตรายร้ายแรง (ท่อก๊าซธรรมชาติ)

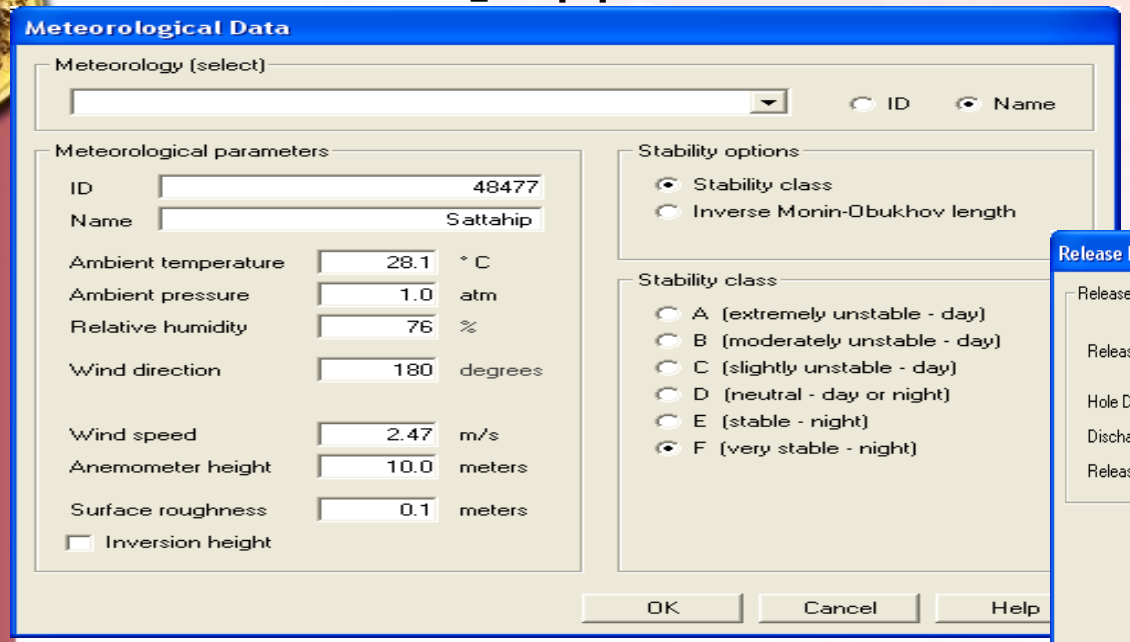
- ข้อมูลสาร : ท่อก๊าซธรรมชาติ ขนาด Øกลาง 6 นิ้ว ความดันในการใช้งาน 120 psia
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา : ใช้ลักษณะอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยในคาบ 30 ปี ประกอบด้วย
  - อุณหภูมิอากาศ : 28.1 ^{o}C - ความชื้นสัมพัทธ์ : 76 %
  - ความเร็วลม : 2.47 m/s (ที่ระดับความสูง 10 m) - ความดันบรรยากาศ : 1 atm
  - กำหนดสภาพคงตัวบรรยากาศแบบ F (คงตัวมาก)

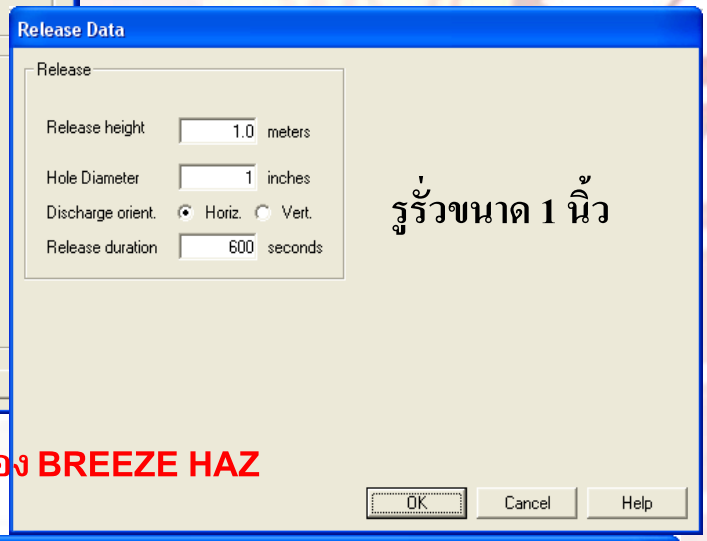
ลำดับขั้นตอนการประเมินอันตรายร้ายแรง

- กำหนดกรณีศึกษาท่อส่งก๊าซธรรมชาติขนาด 6 นิ้ว เกิดรูรั่วขนาด 1 นิ้ว และเกิดการแตกหัก (พิจาณาจากโอกาสที่เกิดอุบัติเหตุ)
- กำหนดระยะเวลาของการเกิดการรั่วไหล 10 นาที (ที่มา : Risk Management Program Guidance for Offsite Consequence Analysis)
- นำข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สารเคมี การเก็บกัก ขนาดรูรั่ว และระยะเวลาของการรั่วไหล นำเข้าแบบจำลอง เพื่อหาลักษณะการรั่วและอัตราการรั่วไหลของก๊าซ
- นำลักษณะการรั่วและอัตราการรั่วไหลของก๊าซ ประเมินขอบเขตผลกระทบด้านต่างๆ เช่น ความเข้มข้น ผลจากการติดไฟ ผลจากการระเบิด

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

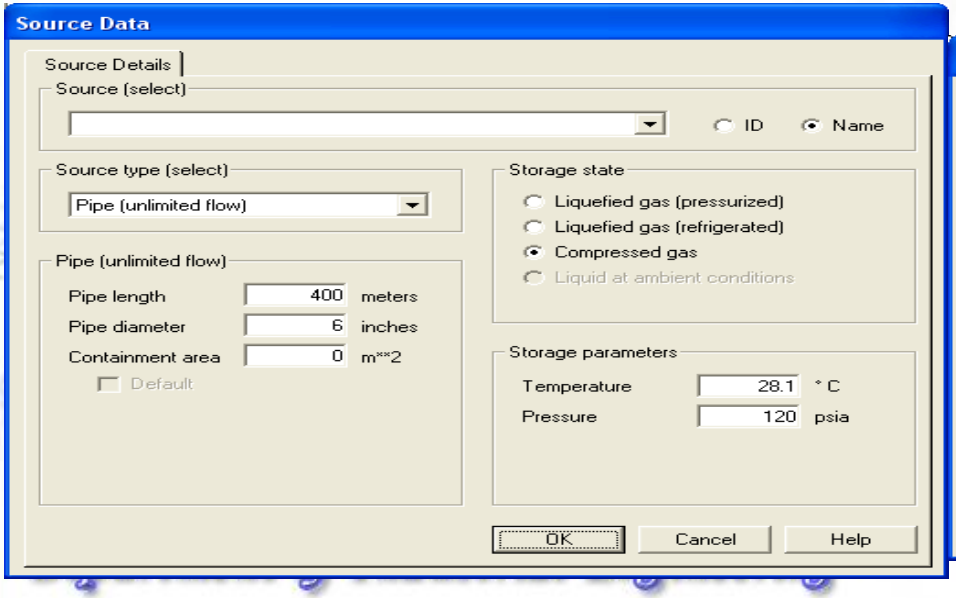
ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของแบบจำลอง BREEZE HAZ

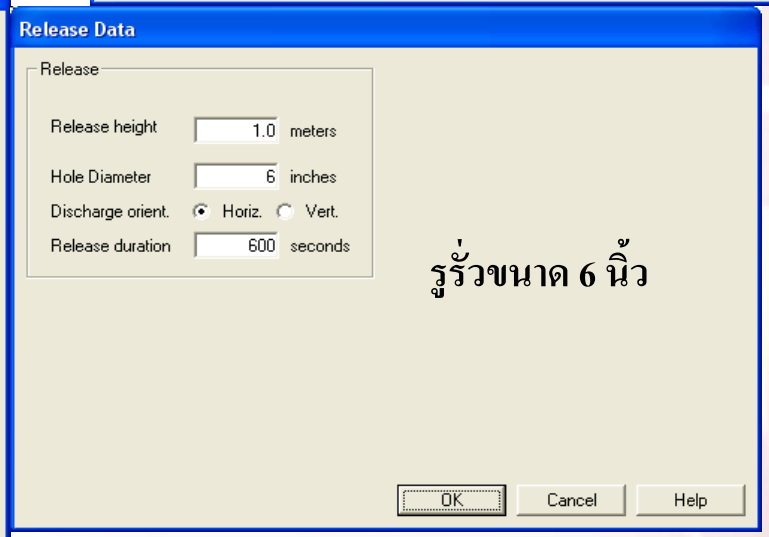




รูรั่วขนาด 1 นิ้ว

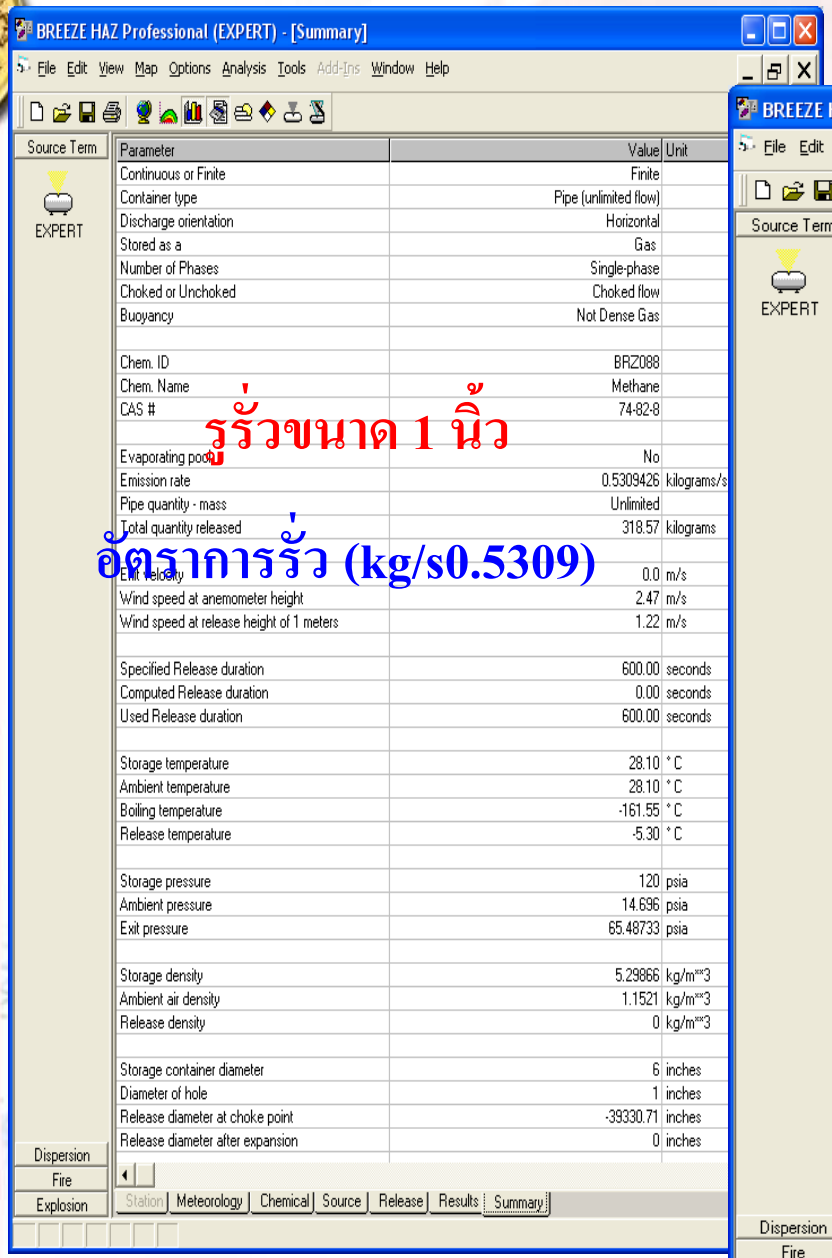
ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลการเก็บกักและขนาดรูรั่วของแบบจำลอง BREEZE HAZ



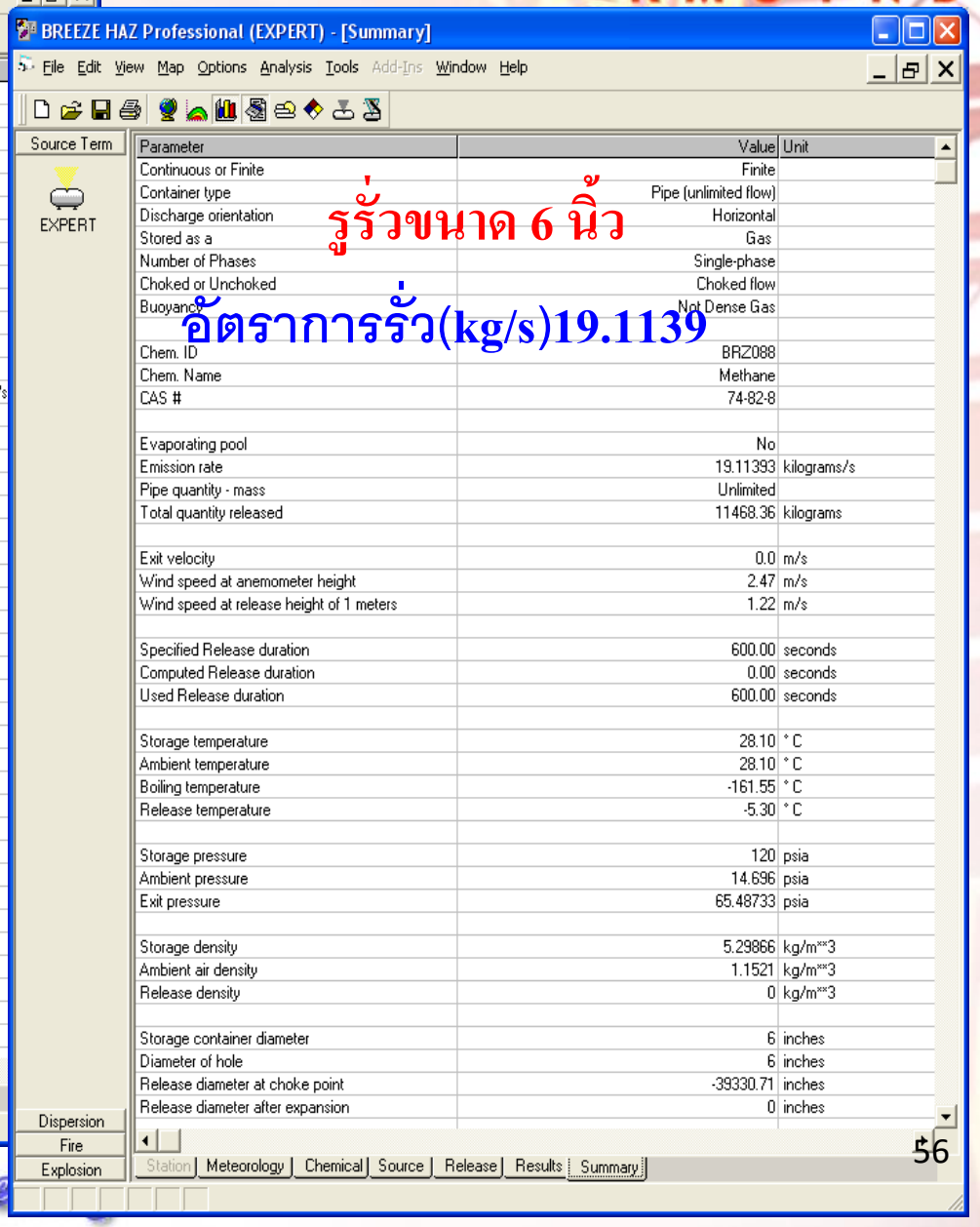


รูรั่วขนาด 6 นิ้ว

ผลการประเมินการรั่วไหลของก๊าซธรรมชาติโดยแบบจำลอง BREEZE HAZ



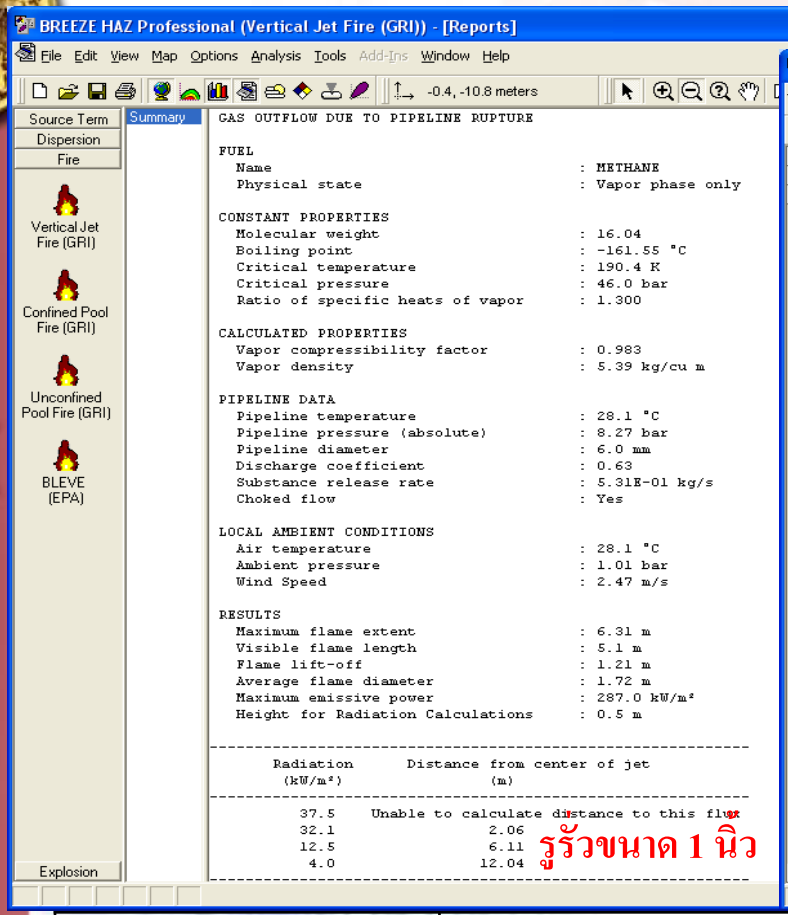
Parameter	Value	Unit
Continuous or Finite	Finite	
Container type	Pipe (unlimited flow)	
Discharge orientation	Horizontal	
Stored as a	Gas	
Number of Phases	Single-phase	
Choked or Unchoked	Choked flow	
Buoyancy	Not Dense Gas	
Chem. ID	BRZ088	
Chem. Name	Methane	
CAS #	74-82-8	
Evaporating pool	No	
Emission rate	0.5309426	kilograms/s
Pipe quantity - mass	Unlimited	
Total quantity released	318.57	kilograms
Exit velocity	0.0	m/s
Wind speed at anemometer height	2.47	m/s
Wind speed at release height of 1 meters	1.22	m/s
Specified Release duration	600.00	seconds
Computed Release duration	0.00	seconds
Used Release duration	600.00	seconds
Storage temperature	28.10	* C
Ambient temperature	28.10	* C
Boiling temperature	-161.55	* C
Release temperature	-5.30	* C
Storage pressure	120	psia
Ambient pressure	14.696	psia
Exit pressure	65.48733	psia
Storage density	5.29866	kg/m**3
Ambient air density	1.1521	kg/m**3
Release density	0	kg/m**3
Storage container diameter	6	inches
Diameter of hole	1	inches
Release diameter at choke point	-39330.71	inches
Release diameter after expansion	0	inches

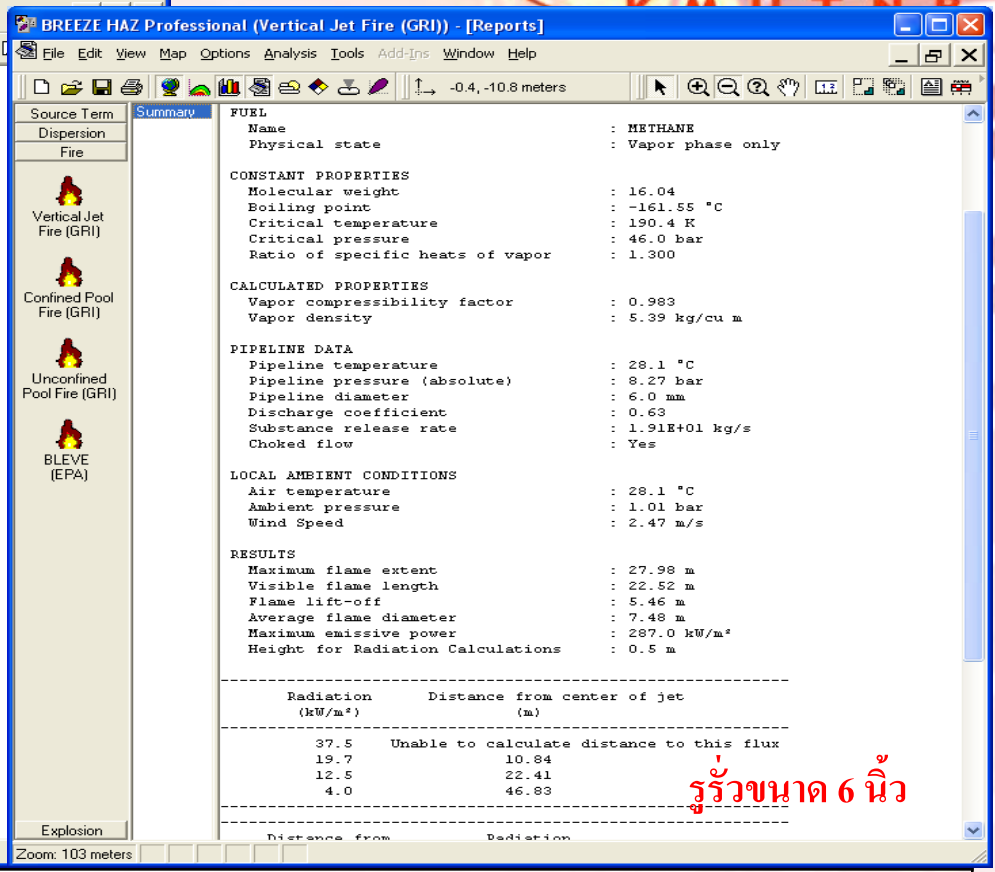


Parameter	Value	Unit
Continuous or Finite	Finite	
Container type	Pipe (unlimited flow)	
Discharge orientation	Horizontal	
Stored as a	Gas	
Number of Phases	Single-phase	
Choked or Unchoked	Choked flow	
Buoyancy	Not Dense Gas	
Chem. ID	BRZ088	
Chem. Name	Methane	
CAS #	74-82-8	
Evaporating pool	No	
Emission rate	19.11393	kilograms/s
Pipe quantity - mass	Unlimited	
Total quantity released	11468.36	kilograms
Exit velocity	0.0	m/s
Wind speed at anemometer height	2.47	m/s
Wind speed at release height of 1 meters	1.22	m/s
Specified Release duration	600.00	seconds
Computed Release duration	0.00	seconds
Used Release duration	600.00	seconds
Storage temperature	28.10	* C
Ambient temperature	28.10	* C
Boiling temperature	-161.55	* C
Release temperature	-5.30	* C
Storage pressure	120	psia
Ambient pressure	14.696	psia
Exit pressure	65.48733	psia
Storage density	5.29866	kg/m**3
Ambient air density	1.1521	kg/m**3
Release density	0	kg/m**3
Storage container diameter	6	inches
Diameter of hole	6	inches
Release diameter at choke point	-39330.71	inches
Release diameter after expansion	0	inches

KMUTNB
Department of Industrial Engine

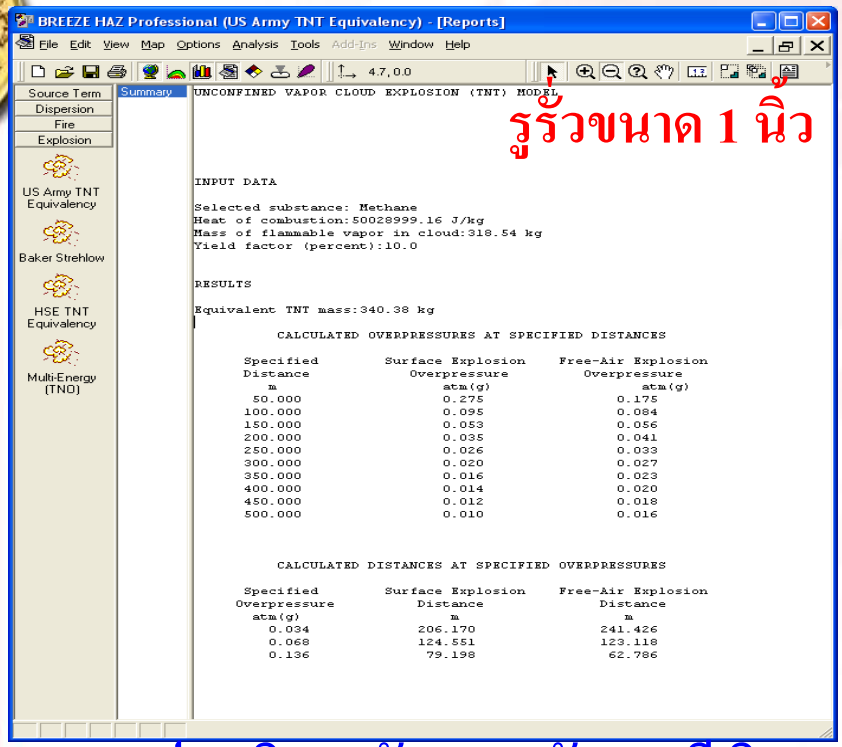
ผลการประเมินระดับความร้อนกรณีเกิด jet fire โดยแบบจำลอง BREEZE HAZ



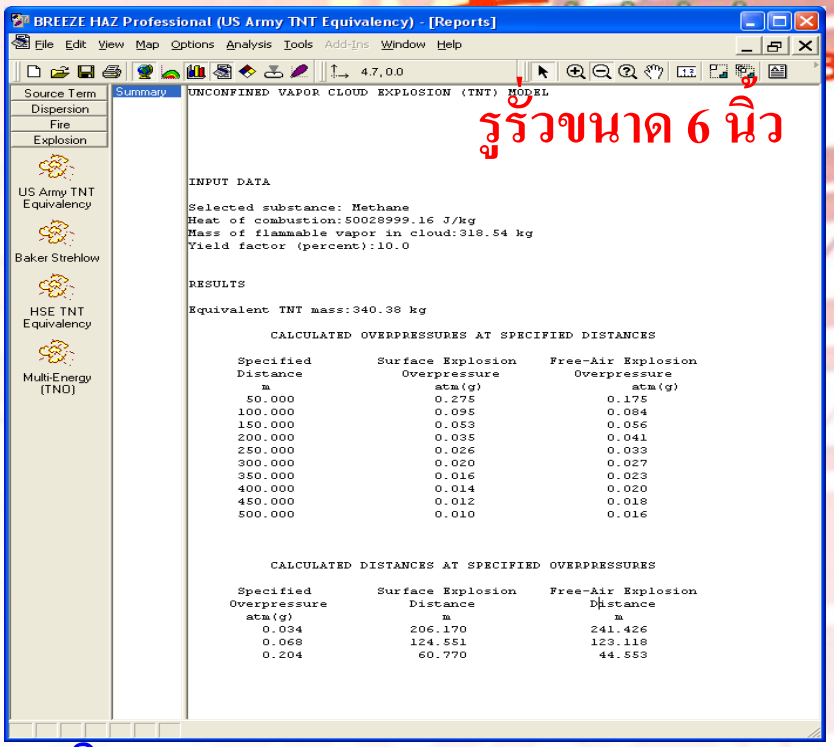


รายละเอียดระดับความร้อน	ระยะทางที่เกิดผลกระทบสูงสุด (เมตร)	
	ขนาดรูรั่ว 1 นิ้ว	ท่อก๊าซแตกหัก (รูรั่ว 6 นิ้ว)
4 kW/m^2	10.20	46.83
12.5 kW/m^2	5.21	22.41
37.5 kW/m^2	Unable to calculate	Unable to calculate

ผลการประเมิน ระดับความดันกรณีเกิด VCE โดยแบบจำลอง BREEZE HAZ



รูรั่วขนาด 1 นิ้ว



รูรั่วขนาด 6 นิ้ว

ผลการประเมินระดับความดัน กรณีเกิดการระเบิดแบบ VCE

รายละเอียด	ระยะทางที่เกิดผลกระทบสูงสุด (เมตร)	
	ขนาดรูรั่ว 1 นิ้ว	ท่อก๊าซแตกหัก(รูรั่ว 6 นิ้ว)
ระดับความดัน 0.5 psi (g)	241	797
ระดับความดัน 1.0 psi (g)	123	407
ระดับความดัน 2.0 psi (g)	63	207
ระดับความดัน 3.0 psi (g)	45	147

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

แผนงานควบคุมความเสี่ยง

หน่วยงาน.....

ลำดับที่	การดำเนินการเพื่อควบคุม	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์ที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม

แผนงานลดความเสี่ยง

หน่วยงาน.....

ลำดับที่	การดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลาดำเนินการ	ผู้ตรวจติดตาม	หมายเหตุ

ระบบการป้องกันและระงับอัคคีภัย

- ถังดับเพลิงแบบยกหิ้ว /มือถือ/ เคลื่อนย้ายได้ (Portable extinguisher)

- ระบบท่อยืนและสายฉีดน้ำดับเพลิง(Stand pipe ,hose &Nozzle
- ระบบโปรยน้ำ /ฉีดพ่นน้ำอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler)

- Automatic Suppression System
- ระบบสัญญาณแจ้งเตือนอันตราย (Alarm)
- แผนฉุกเฉิน (Emergency

KMUTNB
Department of Industrial Engineering

กฎหมาย/มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย

-กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. ๒๕๕๕

-ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. 2552

-พรบ.ป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน พ.ศ. 2522 -พรบ. คลังน้ำมัน พ.ศ. 2556

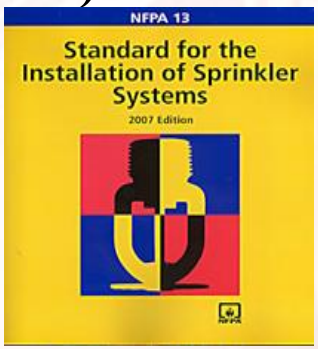
-กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 อาคารสูงและอาคารใหญ่พิเศษ

-กฎกระทรวง พ.ศ. 2548 ผู้ตรวจสอบและเกณฑ์การตรวจสอบอาคาร

-มาตรฐาน วสท. การป้องกันอัคคีภัย พ.ศ.2551

-การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ พ.ศ.2551

-ชุดมาตรฐานอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ด้านอัคคีภัย (มยผ. 8111-8138) พ.ศ.2552



-NFPA 10 :Standard for Portable Fire Extinguishers

-NFPA 72 : National Fire Alarm Code

-NFPA 20 :Fire pump and Jockey fire pump

-NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems

-NFPA14: Standard for the Installation of Standpipes and Hose Systems

ถังดับเพลิงแบบยกหิ้ว /แบบมือถือ (Portable Extinguisher)

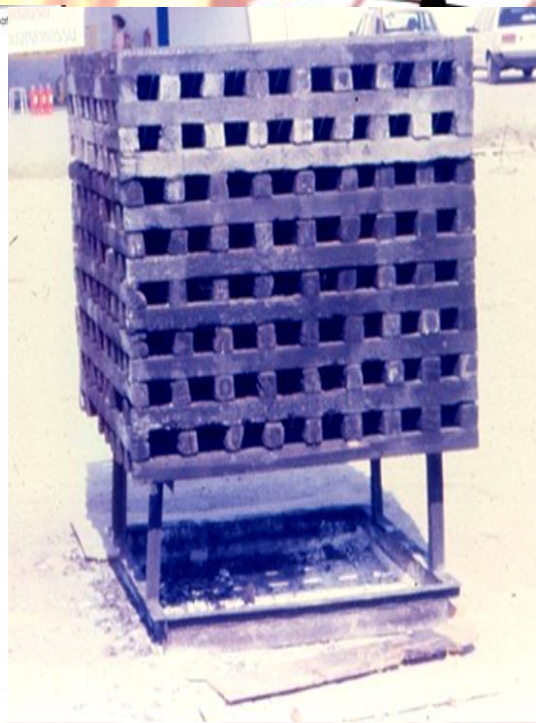
KMUTNB

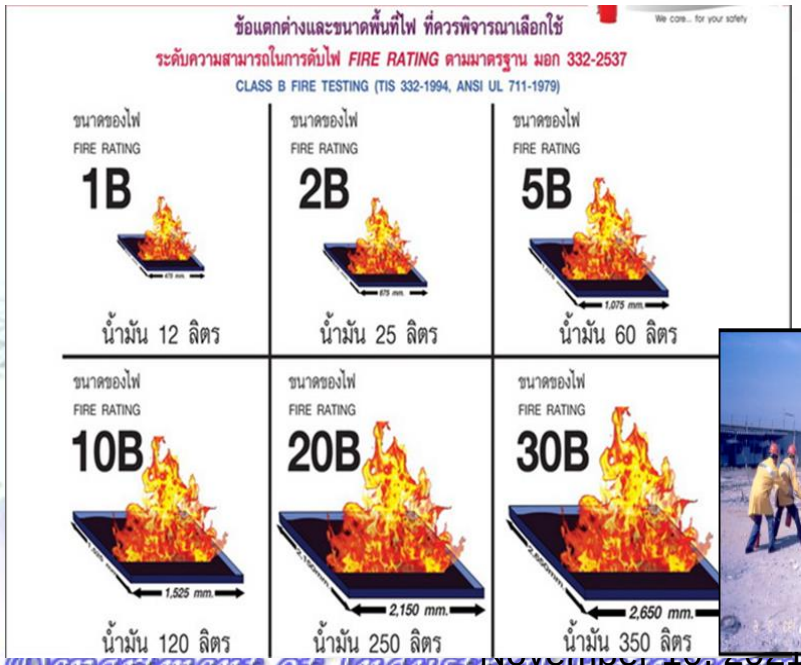
- ผงเคมีแห้ง (มอก.332) - น้ำสะสมความดัน - คาร์บอนไดออกไซด์ (มอก.881)
- โฟม (Foam) มอก.882 - ฮาลอน/บีซีเอฟ (BCF)/Halotron

เลือกให้เหมาะสมกับประเภทของเพลิง? ปริมาณความเพียงพอ? พร้อมใช้งาน?

ชนิดของสารดับเพลิง/ชนิดของเพลิง	A	B	C	D
น้ำ (Water Pressuried)	เหมาะมาก	ไม่ได้	ไม่ได้	เทคนิคเฉพาะ
โฟม(Foam)	เหมาะ	เหมาะมาก	ไม่ได้	เทคนิคเฉพาะ
ผงเคมีแห้ง(Dry Chemical)	เหมาะมาก	เหมาะ	เหมาะ	เหมาะ
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)	ไม่เหมาะ	เหมาะ	เหมาะ	เหมาะ
ฮาลอน(Halon)	เหมาะ	เหมาะ	เหมาะ	เหมาะ

Department of Industrial Engineering





ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการดับเพลิง

-Potassiumchroride(Super K) -

Potassiumbicarbonate (Purple K)

-Potassiumbicarbonate ผสมยูเรีย(Monnex)

-Ammoniumsulphate

-Ammoniumphosphate(Triclass)

Monoammoniumphosphate

Diammoniumphosphate

KMUTNB

จำนวนพื้นที่ที่ครอบคลุม (ตร.ม.)ต่อเครื่องดับเพลิง 1 เครื่อง (A)

ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จดการ และดำเนินการด้านความปลอดภย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. ๒๕๕๕

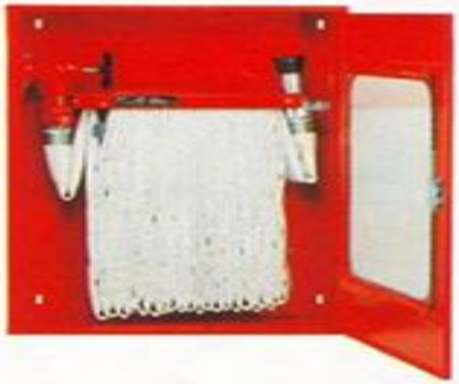
Fire Rating	เบา	ปานกลาง	ร้ายแรง
2 – A	560	200	ไม่ใช้
3 – A	840	420	200
4 – A	1050	560	370
5 – A	1050	840	560
10 – A	1050	1050	840
20– A	1050	1050	840
40 – A	1050	1050	1050

Fire Rating	ปานกลาง	ร้ายแรง
2 – A	280	-
3 – A	418	-
4 – A	557	372
6– A	836	557
10 -A	1045	930
20 –40 A	1045	1045

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. ๒๕๕๒

ระบบท่อยืนและสายฉีดน้ำดับเพลิง NFPA 14

เป็นระบบท่อส่งน้ำ สำหรับการดับเพลิง ประกอบ ด้วยถังเก็บน้ำ เครื่องสูบน้ำ หัวรับน้ำ ท่อส่งน้ำ วาล์ว หัวต่อ และอุปกรณ์ฉีดน้ำ แบ่งตามประเภทของการใช้งาน ดังนี้

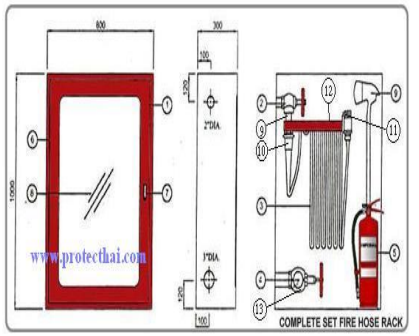


1.หัวต่อสายฉีดน้ำ 65มม.(2.5”)สำหรับดับเพลิง หรือผู้ผ่านการฝึกฝน

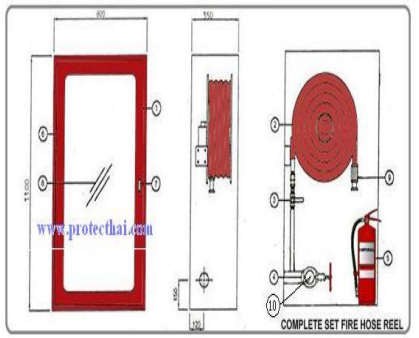
2.หัวต่อสายฉีดน้ำ 25 มม.(1”) หรือ มม. (1.5”) สำหรับผู้ใช้อาคาร/อยู่อาศัย

3. หัวต่อพร้อมสายฉีดในประเภทที่ 2 และหัวต่อขนาด 65 มม.(2.5”)สำหรับพนักงานดับเพลิงหรือผู้ผ่านการฝึกฝน

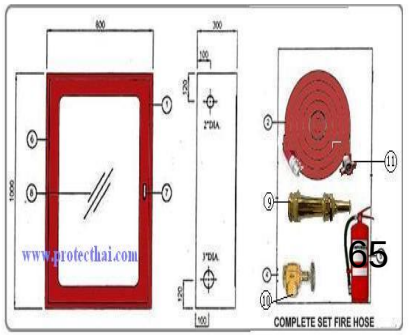
SET 1



SET 2



SET 3



- **Type :Automaticwet , Manual-wet ,Combined Sprinkle System**
- **ระยะห่างกันไม่เกิน 64.00 เมตร (วสท. +ฉ. 33)**
- **ความดันใช้งาน 0.45-0.7 MPa.(65-100 PSI.)**

มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วสท. 2540

ปั๊มน้ำดับเพลิง (Fire Pump) NFPA 20

- ใช้เครื่องยนต์/ มอเตอร์เป็นตัวขับ ปั๊มมีทั้งแบบแบบหอยโข่งหมุนเหวี่ยง (Split-case /End suction) และแบบแกนตั้ง (Vertical Turbine)
- Jocky Pump เพื่อรักษาความดันในระบบท่อ ขนาด 5-15 gpm.ขับด้วยมอเตอร์ ควบคุมการทำงานโดย Pressure Switch
- Portable Fire pump
- ความดันใช้งานปกติ 100 psi.และ150psi.สำหรับโรงกลั่นน้ำมันและปิโตรเคมี(มาตรฐาน API)
- Pump Sizing (NFPA STD.) 25, 50, 100..,250..,500, 750, 1000,1250,1500,2000,3000,4000,5000 gpm.

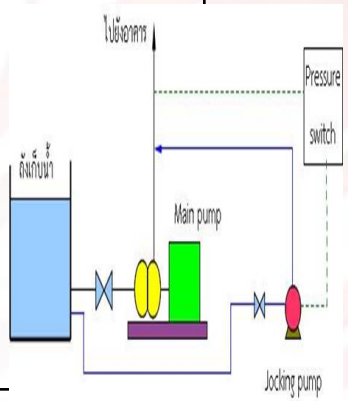
มยผ. 8115 - 52 มาตรฐานเครื่องยนต์ดีเซลขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำดับเพลิง (Diesel Engine Fire Pump Drivers)

ข้อกำหนดทางกฎหมาย

กฎกระทรวงแรงงานฯ 2555	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฯ2552
นายจ้างจัดให้มีระบบน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ประกอบเพื่อใช้ในการดับเพลิงที่สามารถดับเพลิงขั้นต้นได้อย่างเพียงพอในสถานที่ซึ่งมีสภาพเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยอย่างร้ายแรงหรืออย่างปานกลาง อย่างน้อยประกอบด้วย -ระบบการส่งน้ำ ที่เก็บกักน้ำ เครื่องสูบน้ำดับเพลิง และการติดตั้งจะต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองจากวิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร -ข้อต่อท่อรับน้ำ ข้อต่อสายส่งน้ำดับเพลิงและหัวฉีดดับเพลิงจะต้องเป็นระบบเดียวกับที่ใช้ใน หน่วยดับเพลิงของทางราชการใน	การติดตั้งระบบน้ำดับเพลิงต้องเป็นไปตาม มาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับ **กฎกระทรวง ฉบับที่33 (พ.ศ. 2535)** มีตู้หัวฉีดน้ำดับเพลิงที่ประกอบด้วยหัวต่อสายฉีดน้ำดับเพลิงพร้อมสายฉีดน้ำดับเพลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง25 มิลลเมตร (1 นิ้ว) และหัวต่อสายฉีดน้ำดับเพลิง ชนิดหัวต่อสวมเร็วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลเมตร (2½ นิ้ว) พร้อมทั้งฝาครอบและโซ่ร้อยติดไว้ทกุ ระยะห่างกันไม่เกิน 64.00 เมตรและเมื่อใช้สายฉีดน้ำดับเพลิงยาวไม่เกิน 30.00 เมตร ระบบส่งน้ำที่มีความดัน 0.45-0.7 MPa. (65-100 PSI.)

ปริมาณน้ำสำรองในการดับเพลิง

พื้นที่ (ตร.ม.)	ปริมาณน้ำสำรอง (ลิตร)*
< 250	9,000
250 – 500	15,000
500 – 1,000	27,000
> 1,000	36,000



ตามกฎกระทรวงแรงงานฯ * บ่อน้ำใต้ดิน, บนดิน, ถังสูง

หัวดับเพลิงสาธารณะ (Public Hydrant)

กฎกระทรวงแรงงานฯ 2555	ประกาศกระทรวงอุตฯ 2552
ในกรณีที่ไม่มีท่อน้ำดับเพลิงของทางราชการในบริเวณที่สถานประกอบกิจการตั้งอยู่หรือมีแต่ปริมาณน้ำไม่เพียงพอให้จัดเตรียมน้ำสำรองไว้ ใช้ในการดับเพลิงตามที่กำหนดไว้ในตารางท้ายกฎกระทรวงนี้ สาหรับกรณีที่นายจ้างมีอาคารหลายหลังตั้งอยู่ในบริเวณเดียวกัน อาจจัดเตรียมน้ำสำรองไว้ในปริมาณที่	ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดเตรียมน้ำสำหรับ ดับเพลิงในปริมาณที่เพียงพอที่จะส่งจ่ายน้ำให้กับอุปกรณ์ฉีดน้ำดับเพลิงได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า30นาที กำหนดเช่นเดียวกับ

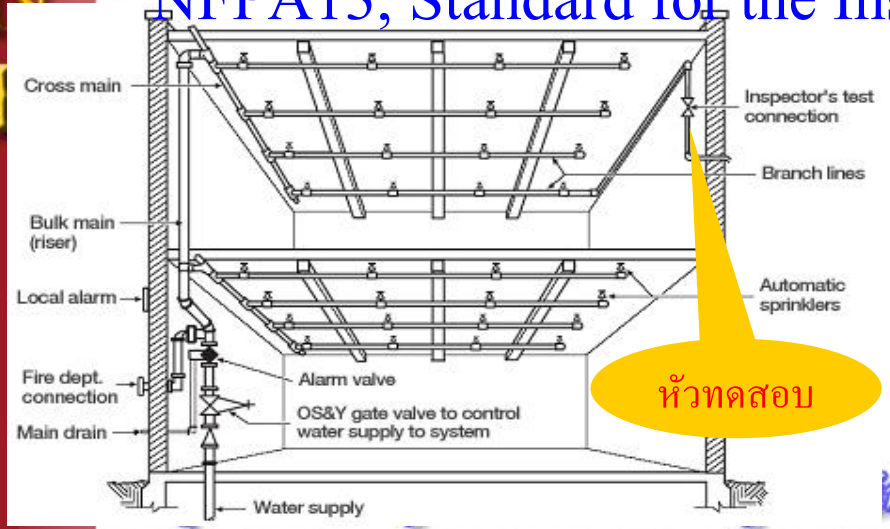
KMUTNB

ระบบโปรยน้ำ/กระจายน้ำ/พ่นน้ำอัตโนมัติ(Automatic Sprinkle)

- เหมาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ พื้นที่ที่ไม่มีคนปฏิบัติงานตลอดเวลา โกดังเก็บวัตถุดิบ /วัตถุติดไฟได้ที่มีพื้นที่ 1,000 ตร.ม. และเก็บวัตถุไวไฟ ตั้งแต่ 14 ตร.ม. ขึ้นไป (ปกอ.)

- กฎกระทรวง ฉ.33 โรงงานที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 10,000 ตร.ม. ต้องมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ
- มีทั้งระบบท่อแห้ง ท่อเปียก แบบชะลอน้ำเข้า แบบเปิด
- พื้นที่ครอบคลุม 9-15 ตร.ม. ต่อหัวกระจายน้ำ
- ห่างเพดาน 1-12 นิ้ว สูงจากพื้น 12-15 ฟุต

NFPA13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems



ชนิดของหัวSprinkler

-Pendent

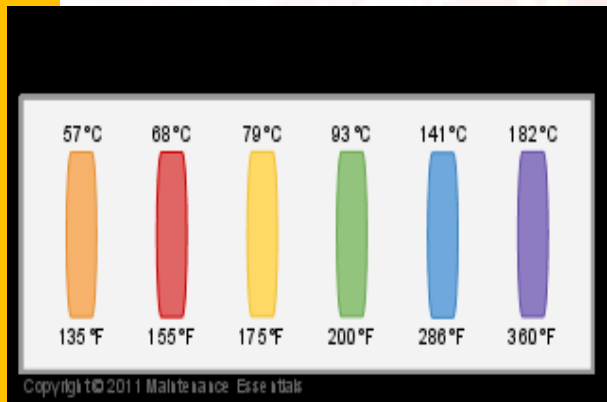
-Upright

–Wall type

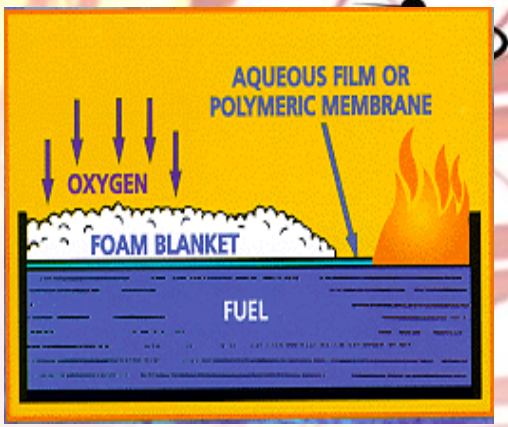
ประเภทหัวSprinkler

–Standard Response

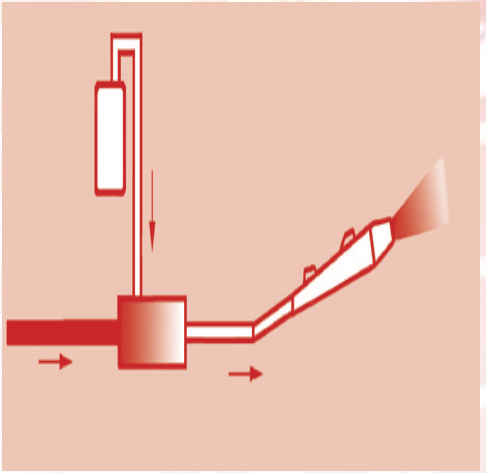
–Quick Response



ระบบโฟมฉีดดับเพลิง (Foam)



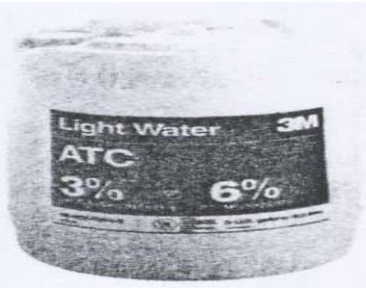
- โฟม/ฟอง(Foam)แบ่งออกเป็นChemical & Mechanical Foam ประกอบด้วยเนื้อโฟม (Concentrate Foam)และน้ำละลาย เป็น Foam Solution ในอัตราส่วน 1% ,3% ,6%
- สารไวไฟที่จำเป็นต้องใช้โฟมในการดับเพลิงคือ กลุ่ม Hydrocarbonเช่นน้ำมันเชื้อเพลิง เฮกเซน แนปธาฯลฯ และกลุ่มPolar Solvent เช่น แอลกอฮอล์ เอสเตอร์ คีโทน ฯลฯ

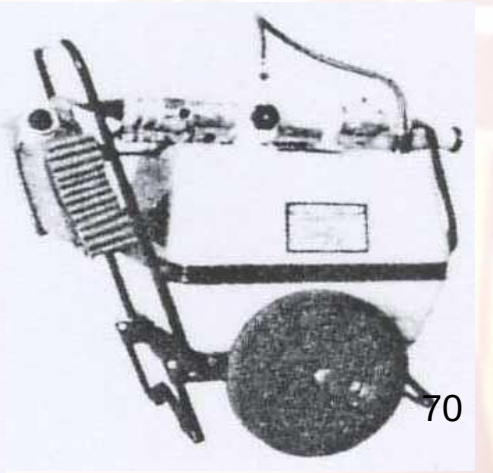


Various Types of Foam Rated by Their Properties

Property	Protein	Fluoroprotein	AFFF	FFFP	AR-AFFF
Knockdown	Fair	Good	Excellent	Good	Excellent
Heat Resistance	Excellent	Excellent	Fair	Good	Good
Fuel Tolerance	Fair	Excellent	Moderate	Good	Good
Vapor Suppression	Excellent	Excellent	Good	Good	Good
Alcohol Tolerance	**None**	**None**	**None**	**None**	**Excellent**

Source: National Foam





อัตราและระยะเวลาการการฉีดโฟม

ที่มา กฎกระทรวง คลังน้ำมัน พ.ศ. ๒๕๕๖

อัตราการฉีดโฟม (Foam Application Rate) กรณีดับเพลิงประเภท

1 สารจำพวก Hydrocarbon (สารที่ไม่ละลายน้ำ) เช่น น้ำมัน *ใช้อัตราการไหล 4.1 ลิตร/นาที/ตร.เมตร*

2 สารจำพวก Polar Solvent (สารที่ละลายตัวกับน้ำได้) เช่น ทินเนอร์, แอลกอฮอล์ *ใช้อัตราการไหล 6.5 ลิตร/นาที/ตร.เมตร*

3 กรณีฉีดโดยใช้สายดับเพลิงฉีดผ่านหัวฉีด/ Monitor *ใช้อัตราการไหล 6.5 ลิตร/นาที/ตร.ม.* ระยะเวลาการฉีดดับเพลิงกรณี

1 ของเหลวรั่วไหลลงพื้น (Spill Fire/Non Diked Spill Area) *ให้ฉีดต่อเนื่อง 10-15นาที*

2 ของเหลวในพื้นที่รอบแทงค์(Dike Area) *ให้ฉีดต่อเนื่อง 20-30 นาที*

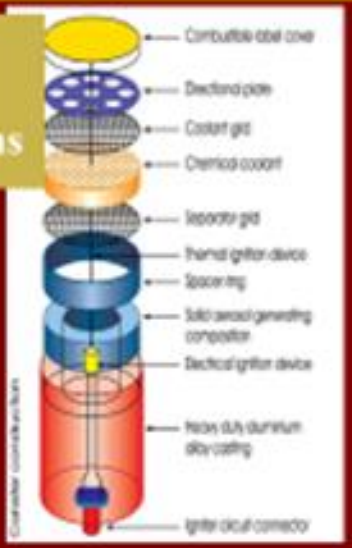
3 กรณีดับเพลิงของเหลวในแทงค์เก็บ(Tank Area) *ให้ฉีดต่อเนื่อง 55-65 นาที*

ตัวอย่างกรณีใช้ดับเพลิงในพื้นที่รอบแทงค์ ขนาด 40 ตารางเมตร โดยถังบรรจุทินเนอร์ อัตราการฉีดโฟม = 40 x 6.5 = 260 ลิตรต่อนาที ระยะเวลาการฉีดใช้ = 20 นาที ปริมาณโฟมที่ใช้ทั้งหมด = 260 x 20 = 5,200 ลิตร ใช้โฟมชนิด AR-AFFF ความเข้มข้น 3% ดังนั้นจะต้องสต๊อคโฟมที่เป็นเนื้อโฟม Concentrate Foamไว้ =5,200 x 0.03 = 156 ลิตร

Automatic Fire Suppression System

NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

NFPA 2010: Standard for Fixed Aerosol Fire Extinguishing Systems



Clean Agent

Aerosol

Pyrogen

FirePro

Chemical Agent

Natural Inert Gas

-HFC227ea(FM200)
Heptafluoropropane

Pure Gas

Mixed Gas

Argonite(IG-55)
Ar 50%,N_2 50%

-FK-5-1-12(NOVEC1230
C6 Fluoroketone

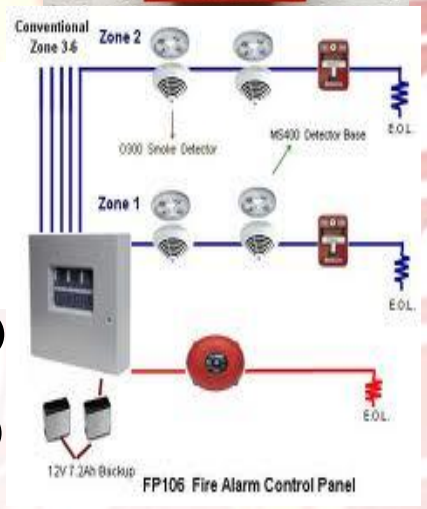
Nitrogen
(IG-100)

Argon(IG-01)

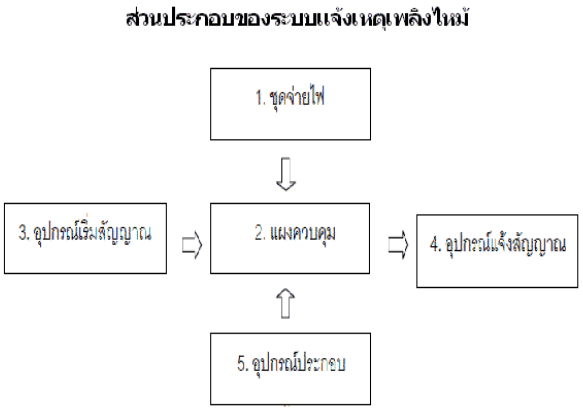
Inergen (IG-541) Ar 42%,
N_2 50%, CO_2 8%

ระบบสัญญาณแจ้งเหตุ/เตือนอันตราย

- อาคารตั้งแต่ 2 ชั้น/มีพื้นที่ประกอบกิจการตั้งแต่ 300 ตร.ม.ขึ้นไป ต้องมีระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทุกชั้นของอาคาร
- ระบบแจ้งเหตุด้วยมือ(Manual Station) และ/หรือ ระบบอัตโนมัติตรวจจับเปลวไฟ ควันไฟ ความร้อน

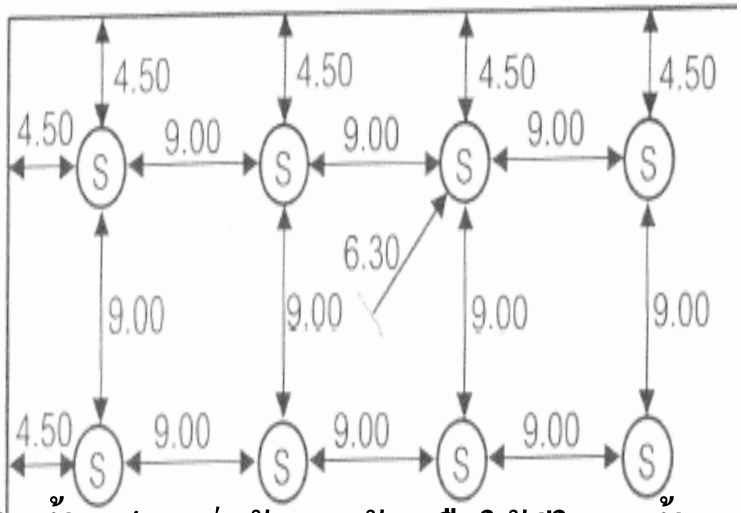


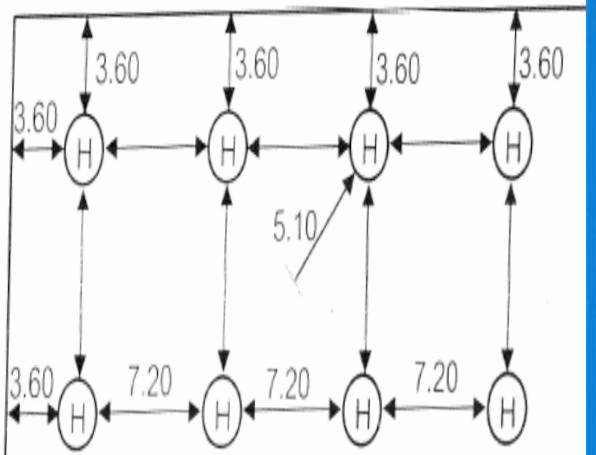
- มีเสียงแตกต่างไปจากเสียงที่ใช้ทั่วไป ดังไม่น้อยกว่า 100 dB(A)
- มอก. 2546-2555 กำหนดสัญญาณเสียงเตือนอันตราย (Warning) แจ้งเหตุฉุกเฉิน(Emergency) และแจ้งการอพยพ(Evacuation)
- มีการตรวจทดสอบเป็นประจำทุกเดือน



การออกแบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย(วสท.2002-49)

ชนิดอุปกรณ์	ความสูงเพดาน (ม.)	พื้นที่ตรวจจับ (ตร.ม.)	ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์(ม.)
Smoke detector	2.4	150	9
Smoke detector	4.0	75	4.5
Heat detector	2.4	70	6
Heat detector	4.9	35	3





ติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือให้มีในทุกชั้น ทุกโซน ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจนเข้าถึงได้สะดวก ระยะห่างไม่เกิน 60 เมตร สูง 1.3-1.5เมตร

ข้อ๓ให้นายจ้างจัดทำป้ายข้อปฏิบัติเกี่ยวกับการดับเพลิง อพยพหนีไฟและปิดประกาศให้เห็นได้อย่างชัดเจน และข้อ ๔ ในสถานประกอบกิจการที่มีลูกจ้างตั้งแต่สิบคนขึ้นไป ให้นายจ้างจัดให้มี**แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย** ประกอบด้วยการตรวจตรา การอบรม การรณรงค์ ป้องกันอัคคีภัย การดับเพลิง การอพยพหนีไฟ และการบรรเทาทุกข์ ให้นายจ้างจัดเก็บแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย ณ สถานประกอบกิจการพร้อมที่จะให้พนักงานตรวจความปลอดภัยตรวจสอบได้ และหมวด 8 ข้อ ๓๐ ให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้างทุกคนฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมอพยพหนีไฟพร้อมกันอย่างน้อย ปีละหนึ่งครั้ง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๒

ข้อ ๒๗ ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีแผนป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน ประกอบด้วยแผนการตรวจสอบด้านอัคคีภัย แผนการอบรมเรื่องการป้องกันและระงับอัคคีภัย **แผนการดับเพลิง และแผนการอพยพหนีไฟ** โดยเก็บแผนนี้ไว้ที่โรงงาน พร้อมให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตรวจสอบได้และต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามแผน

มอก.22320-2554 เรื่องการจัดการภาวะฉุกเฉิน-ข้อกำหนดสำหรับการสั่งการและควบคุม

ระดับของเหตุฉุกเฉิน (แผนฯ ฉุกเฉิน)

เหตุฉุกเฉินระดับ 1 หมายถึงเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นแล้วไม่ขยายตัวออกไป สามารถระงับได้ด้วยพนักงานของหน่วยงาน /แผนกที่กำลังปฏิบัติงานในพื้นที่เกิดเหตุในขณะนั้น

เหตุฉุกเฉินระดับ 2 หมายถึงเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นรุนแรงไม่สามารถควบคุมให้เข้าสู่สภาวะปกติได้ด้วยพนักงานประจำกะ/แผนกในพื้นที่เกิดเหตุ จำเป็นต้องให้ผู้บริหารและพนักงานในส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง รวมตัวเป็นทีม ERTเข้าช่วยเหลือ

3.เหตุฉุกเฉิน ระดับ 3 หมายถึงเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นแล้วเป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงมาก และมีแนวโน้มจะส่งผลกระทบรุนแรงไม่สามารถระงับเหตุได้ด้วยทีมERTจำเป็นต้องขอการสนับสนุนทีมดับเพลิงและอุปกรณ์จากภายนอก ต้องเข้าสู่แผนฯ ฉุกเฉินของทางราชการ

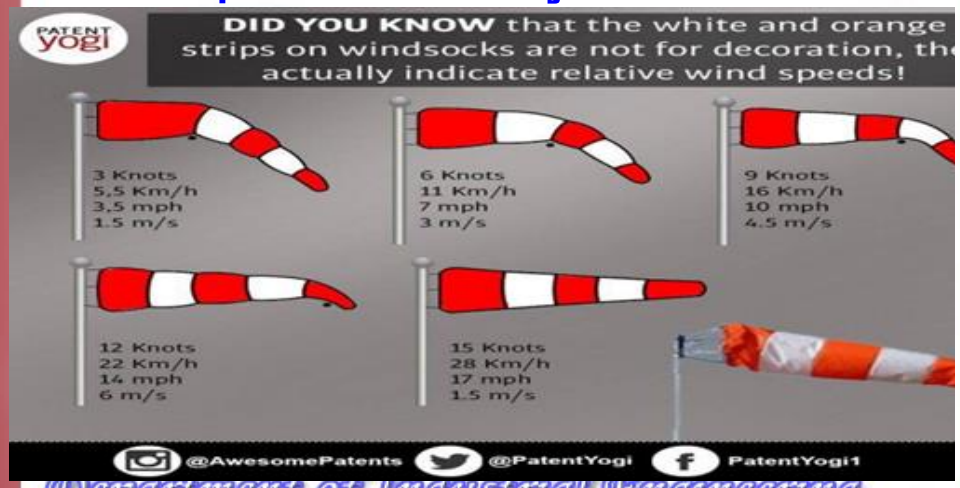
จุดรวมพล (Assembly Point/Muster Point)

จุดรวมพลกำหนดในมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยของ วสท.ดังนี้

1.จุดรวมพลต้องมีขนาดพื้นที่เพียงพอกับจำนวนคนทั้งหมด อย่างน้อย 0.25 ตารางเมตรต่อคน

2 .ที่ตั้งจุดรวมพล ต้องเป็นสถานที่ปลอดภัยจากเพลิงไหม้หรือภัยประเภทอื่น ๆ เช่น การถล่มของอาคาร/เศษกระจก/วัสดุที่อาจตกหล่นจากอาคาร เป็นต้น หรือห่างจากอาคารไม่น้อยกว่าความสูงของอาคาร จุดรวมพลต้องไม่เป็นพื้นที่ภายในอาคาร/ห้องโถง ถนนหรือผิวถนนโดยรอบ อาจมีมากกว่า 1จุด

3. ที่ตั้งจุดรวมพล ต้องอยู่เหนือลม



90x200 cm

SONY จุดรวมพล

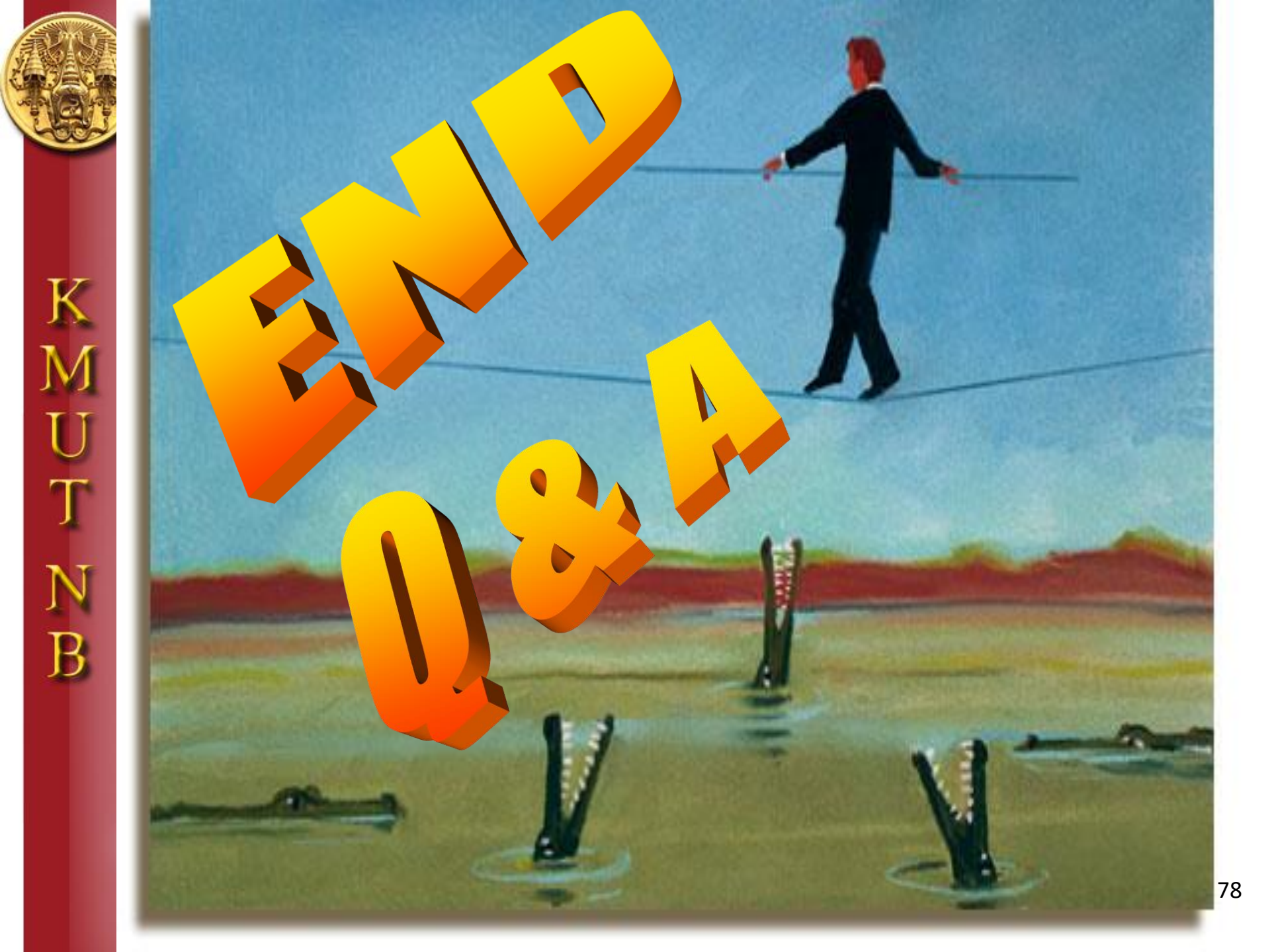
Sony Technology (Thailand) Co.,Ltd.
Chonburi Technology Center

Assemble Area

www.sahamongkolchai.com

พื้นที่	จำนวนพนักงาน	พื้นที่	จำนวนพนักงาน	พื้นที่	จำนวนพนักงาน	พื้นที่	จำนวนพนักงาน
E-DS		SET2		M-PE		PC	
M-DS		SET3		PQE		I&L	
S-DS		Device		M-Deck		FA&BC	
QA		Innovation		ME		IT	
QC		AMP		FAC		HR	
GQE		AMC		PS		GA&SHE	
SET1		E-PE		SOR		SSCST	

KMUTNB


END
Q&A