การประเมินการแพร่กระจาย และทำนายผลกระทบจากการรั่วไหลของแก๊สปิโตรเลียมเหลวโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา คามิโอ และมาร์พล็อท กรณีศึกษา โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดสมุทรปราการ

นายอาทิตย์ชัย เตชสกุลวิทย์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2557

A Dispersing Assessment and Impact Prediction of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Leakage by ALOHA, CAMEO and MARPLOT Computer Programs : A Case Study of LPG Tank in A Furniture Manufacture, Samutprakarn Province

Mr. Artitchai Tachasakunwit

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Science in Industrial Environment Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2014

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การประเมินการแพร่กระจาย และทำนายผลกระทบจากการรั่วไหลของแก๊สปิโตรเลียมเหลวโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา คามิโอ และมาร์พล็อท กรณีศึกษา โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ
ชื่อและนามสกุล	นายอาทิตย์ชัย เตชสกุลวิทย์
วิชาเอก	การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2558

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประยูร ฟองสถิตย์กุล)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. นิตยา เพ็ญศิรินภา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การประเมินการแพร่กระจาย และทำนายผลกระทบจากการรั่วไหลของแก๊สปิโตรเลียมเหลวโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา คามิโอ และมาร์พล็อท กรณีศึกษา โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดสมุทรปราการ

ผู้ศึกษา นายอาทิตย์ชัย เตชสกุลวิทย์ **รหัสนักศึกษา** 2565001498

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย **ปีการศึกษา** 2557

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมิน และทำนายการรั่วไหล และทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแหล่งกำเนิด 2) ประเมิน และทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวหากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลโดยใช้โปรแกรมอโลฮา โปรแรมคามิโอ และโปรแกรมมาร์พล็อท และ 3) จัดทำแผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

วิธีการศึกษาทำโดยการสำรวจข้อมูลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ และสร้างสถานการณ์จำลองโดยการกำหนดข้อมูลตัวแปรต่างๆ คือ ขนาดรูรั่ว และข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาเพื่อนำข้อมูลเข้าโปรแกรมอโลฮา คามิโอ และมาร์พล็อท ทำให้ได้รัศมีการแพร่กระจายและระดับความรุนแรงในกรณีต่างๆ และนำมาจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉิน

ผลการศึกษาพบว่า 1) เมื่อเกิดเหตุรั่วที่ท่อส่งก๊าซบริเวณใต้ถังขนาดรูรั่ว 2 นิ้ว ทิศทางลมทิศตะวันตกเฉียงใต้ ความเร็วลม 7.3 นอต อุณหภูมิ 34.7 องศาเซลเซียสจะมีระยะเวลาในการรั่วไหลประมาณ 4 นาที อัตรารั่วไหลเฉลี่ยสูงสุด 1,000 กิโลกรัมต่อนาที ปริมาณการรั่วไหลทั้งหมด 3,175 กิโลกรัม กลุ่มหมอกก๊าซแพร่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 2) จากการประเมินและทำนายผลกระทบจากการรั่วไหลที่สำคัญพบว่าอาจเกิดเพลิงไหม้ และการระเบิด ซึ่งควรเฝ้าระวังไม่ให้เกิดประกายไฟในระยะ 289 เมตร เพราะเป็นช่วงที่เกิดการลุกติดไฟได้ กรณีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรัศมี 55 เมตร จะเกิดคลื่นความดันที่ทำให้อาคารเสียหาย คนได้รับการบาดเจ็บ กรณีที่เกิดการลุกติดไฟทำให้เกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดันพบว่า รังสีความร้อนในระยะรัศมี 37 เมตรมีอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และตัวอาคารถูกทำลาย ในระยะ 47 เมตรจะทำให้เกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 และระยะ 74 เมตรทำให้คน เกิดแผลพุพอง และพื้นที่ที่ได้รับกรณีการระเบิดแบบบลีวี รัศมีผลกระทบที่ระยะ 201 เมตรทำให้เสียชีวิต ระยะ 284 เมตรทำให้เกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 และ 444 เมตรทำให้เกิดแผลไหม้ผุพอง โดยผลกระทบจากกรณีทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ คือโรงงาน A ที่เกิดเหตุ โรงงานข้างเคียง และชุมชน และ 3) การจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินสำหรับกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลแบ่งเป็น แผนก่อนเกิดเหตุ แผนขณะเกิดเหตุ และแผนหลังเกิดเหตุที่ให้ความสำคัญกับแผนก่อนเกิดเหตุเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการป้องกันเชิงรุก สำหรับจุดรวมพลกำหนดให้อยู่ห่างจากจุดเกิดเหตุ 395 เมตร

คำสำคัญ การทำนายการรั่วไหล ระยะรัศมีการรั่วไหล ก๊าซปิโตรเลียมเหลว แผนฉุกเฉิน

Independent Study title: A Dispersing Assessment and Impact Prediction of Liquefied Petroleum Gas (LPG) Leakage by ALOHA, CAMEO and MARPLOT Computer Programs : A Case Study of LPG Tank in A Furniture Manufacture, Samutprakarn Province

Author: Mr.Artitchai Tachasakunwit; **ID**: 2565001498; **Degree:** Master of Science (Industrial Environment Management); **Independent Study advisor**: Dr.Sarisak Soontornchai, Associate Professor; **Academic year:** 2014

Abstract

The objectives of this study were :1) to assess and predict of liquefied petroleum gas (LPG) leakage and the direction of emission from its origin; 2) to assess and forecast the impact from LPG leakage by using ALOHA CAMEO and MAPLOT computer programs; and 3) to develop a plan for protection and handle emergency situations resulting from LPG leakage.

The study was conducted by compiling LPG tank's information and distribution at a furniture manufacture in Samutprakarn Province. Scenarios were set from variables data including leakage pore size and the meteorological data input into CAMEO ALOHA and MARPLOT computer programs in order to get dispersing radius and severity levels in various cases. A plan for protection and handle emergency situations was then formulated.

The study results revealed that: 1) when set a 2-inch pore at gas pipe, southwest wind direction, 7.3 knots wind speed at 34.7 degrees Celsius caused leakage duration about 4 minutes, highest average leakage rate of 1,000 kilogram per min., total leakage volumn of 3,175 kilogram, vapor cloud moved to the northeast bound; 2) the significant impact assesed and predicted was fire and explosion that should be careful not to cause sparking within 289 meter distance which was ignition range. In case of vapor cloud explosion at radius distance of 55 meters caused pressure waves which damaged the buildings and injured people. In case of fire with blast pressure flame caused heat ray in radius distance of 37 meters with dead people and destroyed buildings. Thermal radiation in radius distance of 47 meters caused second degree burn, and 74 meters caused blisters. BLEVE explosions in radius distance of 201 meters caused dead people, 284 meters caused second degree burn, and 444 meters caused blistering burns. All cases caused impact covering origin area in plant A, sideplants, and community; .and 3) the application plans for the emergency plan for handling the leakage of LPG consisted of before, during, and after LPG leakage with focus on before the leakage first in order to make proactive protection. The assembly point was set at 395 meters from leakage origin.

Keywords: Leakage prediction, Radius distance leakage, LPG, Emergency plan

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลสำคัญหลายท่าน ที่สำคัญที่สุดคือ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ศริศักดิ์ สุนทรไชย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยดูแลเอาใจใส่ ให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทุกขั้นตอน เพื่อให้การศึกษานี้ออกมาสมบูรณ์แบบมากที่สุด ขอขอบคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร ฟองสถิตย์กุล คณบดี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของการศึกษา ขอขอบคุณท่านอาจารย์ สุวัชย์ บัวแย้ม ผู้ให้ความรู้ และคำแนะนำในการประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA และที่ขาดไม่ได้ต้องขอขอบคุณผู้จัดการสิ่งแวดล้อม ผู้จัดการแผนกเทคนิค และหัวหน้าแผนกของโรงงานที่ใช้เป็นสถานที่ทำการศึกษาที่ได้ให้ข้อมูลเพื่อทำการศึกษาในครั้งนี้รวมถึงคุณสมควร ช้างเอม เจ้าพนักงานอุตุนิยมวิทยาชำนาญงาน สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยาที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ขอขอบคุณคุณแม่วีรนุช พลทอง และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจสนับสนุนการทำงานอยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษานี้เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

อาทิตย์ชัย เตชสกุลวิทย์

พฤศจิกายน 2558

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 3

กรอบแนวคิดการวิจัย 3

ขอบเขตการวิจัย 4

นิยามศัพท์ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว 5

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินอันตรายจากสารเคมี 26

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินการแพร่กระจายด้านอุตุนิยมวิทยา 32

กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 40

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48

รูปแบบการศึกษา 48

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 48

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 48

การเก็บรวบรวมข้อมูล 49

การวิเคราะห์ข้อมูล 53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
ตอนที่ 1 ผลการประเมิน และทำนายการรั่วไหล และทิศทางการแพร่กระจาย ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแหล่งกำเนิด 54
ตอนที่ 2 ผลการประเมิน และทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว หากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลโดยใช้โปรแกรมอโลฮา โปรแรมคามิโอ และโปรแกรมมาร์พล็อท 63
ตอนที่ 3 การจัดทำแผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหล ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 73
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 101
สรุปการวิจัย 101
อภิปรายผล 104
ข้อเสนอแนะ 109
บรรณานุกรม 110
ภาคผนวก 113
ก การกรอกข้อมูลโปรแกรม ALOHA 114
ข ข้อมูลสารเคมี 131
ค ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา 140
ประวัติผู้ศึกษา 146

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสารไวไฟ แบ่งตามสมบัติการติดไฟหรือไหม้ไฟ 18
ตารางที่ 2.2 ระดับความไวไฟโดยอาศัยสมบัติการวาบไฟของสารเคมี 19
ตารางที่ 2.3 ระดับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน 21
ตารางที่ 2.4 ผลกระทบที่เกิดจากคลื่นกระแทกต่อสภาพแวดล้อม 24
ตารางที่ 2.5 ผลกระทบที่เกิดจากแรงระเบิดต่อชีวิต 25
ตารางที่ 2.6 ค่าระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิด และผลกระทบที่เกิดจากแรงระเบิด 25
ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบทิศทางลม 34
ตารางที่ 2.8 การแปลงค่าจากนอตเป็นเมตรต่อวินาที 35
ตารางที่ 2.9 มาตราโบฟอร์ต 36
ตารางที่ 2.10 ความสัมพันธ์ของความเสถียรของบรรยากาศกับความเร็วลม 38
ตารางที่ 2.11 ค่าประมาณปริมาณเมฆปกคลุม 39
ตารางที่ 2.12 กฎหมาย และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกียวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว 42
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินเหตุการณ์ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวของโรงงาน A รั่วไหลโดยโปรแกรม ALOHA 55
ตารางที่ 4.2 รายการตรวจสอบถังบรรจุ และจ่ายก๊าซขั้นพื้นฐาน 77
ตารางที่ 4.3 รายการตรวจสอบระบบท่อรับและจ่ายก๊าซ 78
ตารางที่ 4.4 รายการตรวจสอบเครื่องทำไอก๊าซขั้นพื้นฐาน 78
ตารางที่ 4.5 รายการตรวจสอบวาล์วปิดฉุกเฉิน 79
ตารางที่ 4.6 รายการตรวจสอบเครื่องปรับความดัน 79
ตารางที่ 4.7 รายการตรวจสอบอุปกรณ์ดักตะกอนก๊าซพื้นฐาน 80
ตารางที่ 4.8 รายการตรวจสอบเครื่องตรวจจับก๊าซ 80
ตารางที่ 4.9 รายการบำรุงรักษาถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้งขั้นพื้นฐาน 80
ตารางที่ 4.10 รายการบำรุงรักษาระบบท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซขั้นพื้นฐาน 81

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 3
ภาพที่ 2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ 6
ภาพที่ 2.2 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ 7
ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบพื้นฐานการเกิดเพลิงไหม้ 17
ภาพที่ 2.4 ลักษณะการใช้โปรแกรม CAMEO 27
ภาพที่ 2.5 ข้อมูลทั่วไปของสารเคมี และข้อมูลประกอบการตัดสินใจตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี 27
ภาพที่ 2.6 ฐานข้อมูลที่คณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมีสามารถจัดเก็บข้อมูลเฉพาะพื้นที่ 28
ภาพที่ 2.7 เขตครอบคลุมของไอสารเคมี 28
ภาพที่ 2.8 การกระจายแบบเกาส์เซียน 29
ภาพที่ 2.9 การแพร่กระจายเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 30
ภาพที่ 2.10 แผนที่ MARPLOT แสดงที่ตั้งของโรงงาน ชุมชน และสถานที่สำคัญต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร 31
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารเคมีของโรงงานที่มีการใช้แอมโมเนีย ณ จังหวัดปราจีนบุรีจากการคำนวณโดยโปรแกรม CAMEO และ ALOHA 32
ภาพที่ 2.12 ทิศลมเรียกเป็นองศาจากทิศจริง 33
ภาพที่ 2.13 ผลของรังสีต่อเสถียรภาพในชั้นบรรยากาศ 37
ภาพที่ 2.14 การสังเกตเมฆโดยตาเปล่าเพื่อจำแนกและปริมาณเมฆปกคลุม 39
ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซที่ใช้ทำการศึกษา 49
ภาพที่ 3.2 จุดที่กำหนดเหตุการณ์เกิดการรั่วไหล 50
ภาพที่ 4.1 อัตราระยะเวลา และปริมาณการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 54
ภาพที่ 4.2 รัศมีการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ 56
ภาพที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เป็นกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.4 รัศมีการแพร่กระจายจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ 59
ภาพที่ 4.5 อัตราการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 60
ภาพที่ 4.6 รัศมีการเกิดรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน 61
ภาพที่ 4.7 ระยะรัศมีที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวีรังสีความร้อนจากลูกไฟ 62
ภาพที่ 4.8 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 63
ภาพที่ 4.9 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในรูปแบบมุมมองถนน 64
ภาพที่ 4.10 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 64
ภาพที่ 4.11 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 65
ภาพที่ 4.12 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบมุมมองถนน 66
ภาพที่ 4.13 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ 66
ภาพที่ 4.14 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 67
ภาพที่ 4.15 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบมุมมองถนน 68
ภาพที่ 4.16 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ 68
ภาพที่ 4.17 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดันในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 69
ภาพที่ 4.18 ภาพขยายรัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดันในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 70
ภาพที่ 4.19 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี รังสีความร้อนจากลูกไฟในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ 71
ภาพที่ 4.20 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี รังสีความร้อนจากลูกไฟในรูปแบบมุมมองถนน 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.21 ภาพขยายรัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี รังสีความร้อนจากลูกไฟ 72
ภาพที่ 4.22 แผนผังทางออกฉุกเฉินกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล 87
ภาพที่ 4.23 จุดรวมพลบริเวณหน้าโรงงาน G 88

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการประกอบกิจการอุตสาหกรรม มีอุตสาหกรรมหลายประเภทที่มีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas ; LPG) เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการ การเลือกใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เหมาะสมกับลักษณะขององค์กรมาเป็นพลังงานทางเลือกเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้ทรัพยากรอื่นๆ เช่น น้ำมัน จึงมีความสัมพันธ์ในด้านปริมาณการใช้ หากเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ หรือมีอัตราการผลิตที่สูง ย่อมมีการใช้เชื้อเพลิงมาก ทำให้อุตสาหกรรมหลายแห่งจำเป็นต้องมีการจัดเก็บก๊าซ LPG นี้ในลักษณะของถังบรรจุและจ่ายก๊าซขนาดใหญ่เพื่อรองรับให้เพียงพอต่อการใช้งาน แต่สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์จากก๊าซ LPG นี้อีกด้านหนึ่ง นั่นคือ อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ฉุกเฉินต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การรั่วไหล การลุกติดไฟ ไปจนถึงการระเบิด เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นสารไวไฟ ซึ่งถ้าหากเกิดอันตรายอันนำไปสู่อุบัติภัยขึ้นแล้วย่อมส่งผลกระทบเกิดความเสียหายทั้งด้านความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม ดังเช่นเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ขนาดใหญ่และระเบิดหลายชุดติดต่อกันที่สถานีจัดเก็บและจำหน่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวเปเม็กซ์เมื่อปี 1984 ที่ประเทศเม็กซิโก ไฟที่ลุกไหม้อย่างใหญ่โต และเกิดการระเบิดมากถึง 9 ครั้งที่ลุกลามเป็นภัยพิบัติทำให้มีผู้เสียชีวิตร่วม 600 ราย และผู้บาดเจ็บอีกประมาณ 7,000 คน มีการอพยพประชาชนกว่า 200,000 คน ออกจากพื้นที่ การระเบิดครั้งนี้มีการวัดความสั่นสะเทือนด้วยเครื่องวัดไปไกลถึง 20 กิโลเมตรจากสถานี รุนแรงมากถึง 0.5 ริกเตอร์ สาเหตุของการเกิดไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ แต่สิ่งที่ชี้ชัดได้คือเป็นผลมาจากการรั่วของ LPG เป็นปริมาณมากจากท่อส่ง หรือถังเก็บ และการทำงานผิดปกติของท่อส่งก๊าซ LPG ที่ถูกเปิดและได้รับการสัมผัสความร้อนจากเปลวไฟ รวมถึงอีกหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในหลายแห่งทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศที่ผ่านมา ซึ่งสาเหตุของการเกิดอุบัติภัยเหล่านี้มาจาก 2 ส่วนที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับถังบรรจุและจ่ายก๊าซที่ไม่ปลอดภัย และพฤติกรรมของคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ความประมาท หรือขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้งาน

โรงงานที่ศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ เป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก และชั้นวางที่ทำจากเหล็ก เป็นหนึ่งในบริษัทที่อยู่ในพื้นที่กลุ่มผู้ประกอบกิจการ

อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเหล็ก ซึ่งตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 จัดอยู่ในบัญชีที่ 2 ลำดับที่ 62 จากกระบวนการผลิตของโรงงาน ในกระบวนการพ่นสี และอบสี รวมไปถึงการใช้หม้อไอน้ำ ที่มีใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการทำงานของระบบ และมีจุดตั้งถังบรรจุและจ่ายก๊าซ LPG ขนาดใหญ่ที่มีอายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี จึงมีความเสี่ยงที่อาจเกิดการรั่วไหลของก๊าซได้ ซึ่งบริเวณโดยรอบของจุดที่ตั้งถังก๊าซ LPG นี้ ประกอบไปด้วยโรงงานข้างเคียง โรงเรียน และชุมชน

ผลกระทบจากอุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวดังกล่าวนั้น ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าจะมีความรุนแรง ทิศทาง รวมถึงขยายรัศมีเป็นวงกว้างไปเท่าใด และเป็นการยากที่จะทำการทดลองในสถานการณ์จริงด้วยข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร พื้นที่ และที่สำคัญที่สุดคือ ความปลอดภัย จึงต้องใช้การประเมินผลกระทบสถานการณ์จำลอง โดยเครื่องมือที่สามารถทำนายให้เราทราบผลกระทบนี้ได้ ซึ่งปัจจุบันมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency ; US EPA) ร่วมกับองค์การบริหารสมุทรศาสตร์ และบรรยากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (National Oceanic and Atmospheric Administration ; NOAA) มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในด้านการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินสารเคมี การใช้ข้อมูลประกอบการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีในพื้นที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็ว และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการดำเนินงานตามกฎระเบียบต่างๆ เครื่องมือดังกล่าว เรียกว่า คามิโอ (CAMEO) ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 3 โปรแกรมที่สามารถดึงข้อมูลมาใช้งานร่วมกัน ได้แก่ โปรแกรมคามิโอ (Computerized-Aid Management in Emergency Operation ; CAMEO) โปรแกรมอโลฮา (Ariel Location of Hazardous Atmosphere ; ALOHA) และโปรแกรมมาร์พล็อต (Mapping Application for Response, Planning, and Operation ; MARPLOT)

ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะศึกษาเพื่อทำนายให้ทราบถึงทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวของบริษัทฯ ปริมาณความเข้มข้นที่แพร่กระจายไปในระยะต่างๆ หากมีเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซเกิดขึ้น และประเมินพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม CAMEO โปรแกรม ALOHA และโปรแกรม MARPLOT นี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการวางแผนบริหารจัดการเป็นมาตรการป้องกัน และรองรับต่อสถานการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นได้ในด้านต่างๆ

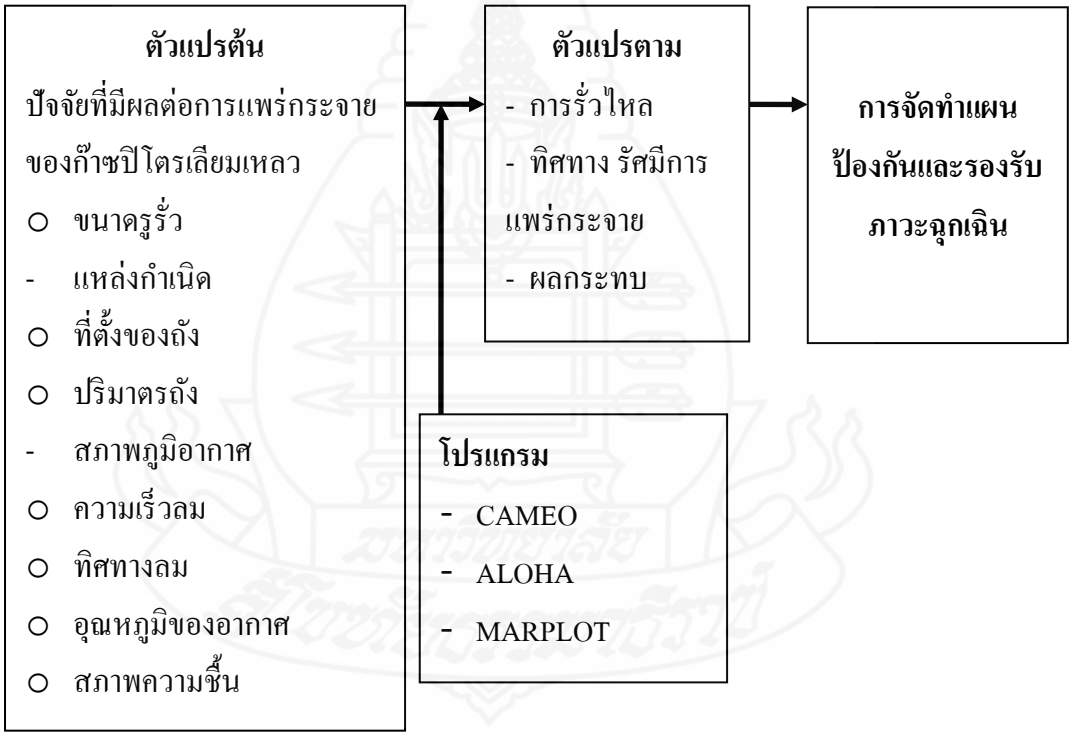
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อประเมิน และทำนายการรั่วไหล และทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแหล่งกำเนิด

2.2 เพื่อประเมิน และทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวหากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลโดยใช้โปรแกรมอโลฮา โปรแรมคามิโอ และโปรแกรมมาร์พล็อท

2.3 เพื่อจัดทำแผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะถังบรรจุและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ เพื่อคาดการณ์ในอนาคต

5. นิยามศัพท์

ผู้ทำการศึกษาได้ให้ความหมายศัพท์ในการศึกษา ดังนี้

5.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง ก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานที่เป็นพื้นที่ทำการศึกษา

5.2 การประเมินผลกระทบ หมายถึง การประเมินรัศมีการแพร่กระจาย และผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากสถานการณ์จำลองที่กำหนด และการระบุประชากรกลุ่มเสี่ยงและสิ่งแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบจากโรงงานที่เป็นพื้นที่ทำการศึกษา

5.3 แผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง แผนป้องกัน และรองรับที่ใช้สำหรับเหตุการณ์ฉุกเฉินของโรงงานที่เป็นพื้นที่ทำการศึกษา

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทราบถึงการรั่วไหล และทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแหล่งกำเนิด

6.2 ทราบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวหากเกิดเหตุการณ์รั่วไหล

6.3 เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อจัดทำแผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว
    1.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว
    1.2 แหล่งที่มาของก๊าซปิโตรเลียมเหลว
    1.3 คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว
    1.4 อันตราย และอุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว
2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินอันตรายจากสารเคมี
    2.1 โปรแกรม CAMEO
    2.2 โปรแกรม ALOHA
    2.3 โปรแกรม MARPLOT

2.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินการแพร่กระจายด้านอุตุนิยมวิทยา

2.4 กฎหมาย และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง “ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลว คือ โปรเปน โปรปีลีน บิวทีลีน นอร์มัลบิวเทน หรือไอโซบิวเทน อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือผสมกันหลายอย่างเป็นส่วนใหญ่” โดยทั่วไปมักเรียกก๊าซปิโตรเลียมเหลวนี้ว่า ก๊าซ แก๊ส แก๊สเหลว หรือแก๊สหุงต้ม ส่วนในวงการอุตสาหกรรมและการค้า ชื่อที่ใช้อาจเรียกว่า ก๊าซแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas ; LPG) (กรมธุรกิจพลังงาน, 2558) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.450-2525) ได้กำหนดไว้ว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง ก๊าซไฮโดรคาร์บอน 4 ชนิด คือ โปรเปน (Propane) โปรปีน (Propene) บิวเทน (Butane) บิวทีน (Butene) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างผสมกันได้ อย่างไรก็ตาม ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้กันทั่วไปนั้น

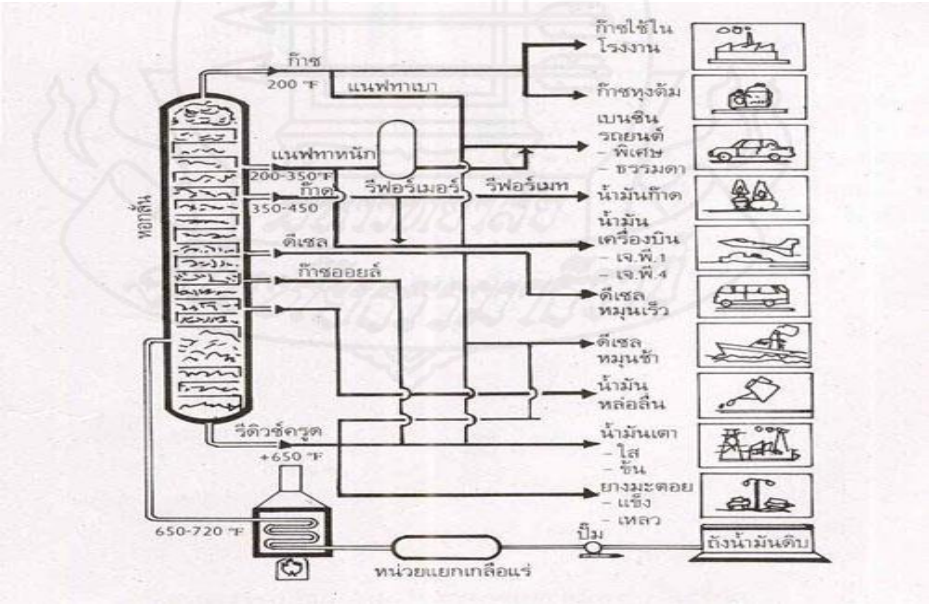
จะมีโปรเปน กับบิวเทนเพียงสองอย่างเท่านั้นเป็นส่วนประกอบหลัก โดยอาจมีอัตราส่วนระหว่างโปรเปนกับบิวเทนตั้งแต่ 30 ต่อ 70 ไปจนถึง 70 ต่อ 30

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ ซึ่งหนักประมาณ 1.5-2 เท่าของอากาศ เหตุที่เรียกว่าปิโตรเลียวเหลว เพราะว่าก๊าซโปรเปน และบิวเทนจะถูกอัดให้อยู่ในสภาพของเหลวภายใต้ความดัน หรือลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเพียงพอ ก๊าซทั้ง 2 ชนิดนี้จะเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลวเพื่อสะดวกต่อการเก็บในภาชนะบรรจุ และการขนส่ง เมื่อลดความดัน หรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก๊าซเหลวนี้จะเปลี่ยนสถานะกลับเป็นไอตามเดิมสามารถนำไปใช้งานได้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร พาณิชยกรรม รถยนต์ และในอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่เปลืองที่เก็บ ขนส่งสะดวก และเกิดเขม่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นเมื่อนำมาเผาไหม้

กล่าวโดยสรุป ก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงหมายถึง ก๊าซจำพวกไฮโดรคาร์บอนเหลวอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างผสมกันซึ่งส่วนใหญ่ที่นำมาใช้งานจะประกอบไปด้วยโปรเปนและบิวเทนในอัตราส่วนที่เหมาะสมซึ่งนำมาอัดให้อยู่ในสภาพเป็นของเหลวด้วยความดันในภาชนะบรรจุเพื่อความสะดวกในการบรรจุ และขนส่งสำหรับนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในภาคส่วนต่างๆ ทั้งครัวเรือน พาณิชยกรรม ยานยนต์ และอุตสาหกรรม

1.2 แหล่งที่มาของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (กรมธุรกิจพลังงาน, 2558)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีแหล่งที่มา 2 แหล่ง ดังนี้

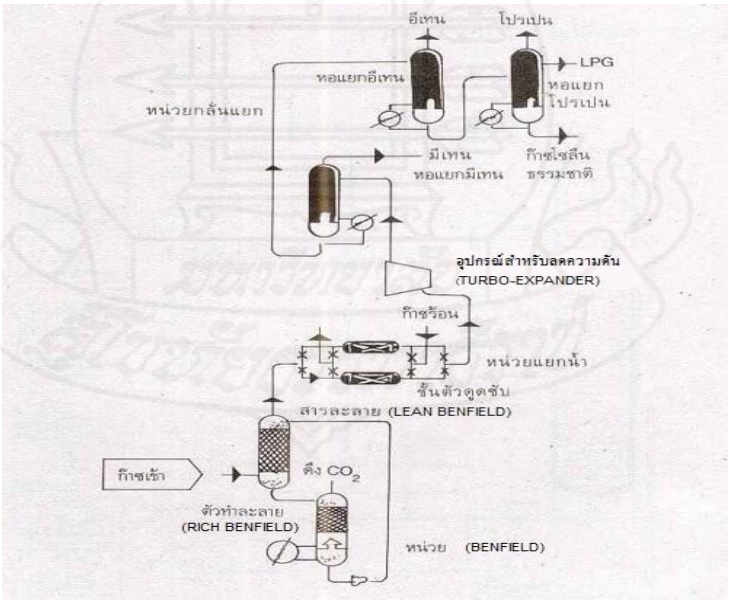


ภาพที่ 2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน, 2558

1.2.1 จากภาพที่ 2.1 จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยจะเป็นก๊าซโปรเปน และบิวเทนประมาณร้อยละ1-2 ในกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบจะต้องแยกน้ำ และเกลือแร่ที่ผสมอยู่ออกก่อน จากนั้นนำมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 340 – 400 องศาเซลเซียส และส่งเข้าสู่หอกลั่น ไอร้อนที่ลอยขึ้นไปในหอกลั่น เมื่ออุณหภูมิลดลงจะเกิดการกลั่นตัวเป็นของเหลวบนถาด (Tray) ตามแต่ละชั้นในหอกลั่น ซึ่งของเหลวจะอยู่ที่ชั้นไหนนั้น ปัจจัยสำคัญ คือช่วงจุดเดือด จุดเดือดต่ำจะลอยขึ้นสู่ส่วนบนของหอกลั่น ซึ่งก็คือก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่มีก๊าซแอลพีจีรวมอยู่ ส่วนจุดเดือดปานกลาง และจุดเดือดสูงจะแยกออกมาทางส่วนกลาง และส่วนล่างของหอกลั่น คือแนพทา (Naphtha) น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตาตามลำดับ

ก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่ออกจากด้านบนของหอกลั่นรวมเรียกว่า ก๊าซปิโตรเลียม ซึ่งเป็นส่วนผสมของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 1 ถึง 4 อะตอม และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) และอื่นๆ ปนอยู่ จึงต้องกำจัด หรือแยกก๊าซผสมเหล่านี้ออกโดยการนำก๊าซปิโตรเลียมไปผ่านเข้าหน่วยแยกก๊าซ (Gas Recovery Unit) เพื่อแยกโปรเปน และบิวเทนออกมา จากนั้นก๊าซปิโตรเลียมจะถูกส่งเข้าสู่หน่วยฟอกที่ใช้โซดาไฟ (Caustic Soda) เพื่อแยกเอาก๊าซกรด (Acid Gas) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ออก สุดท้ายก๊าซปิโตรเลียมจะถูกส่งไปเก็บในถังเก็บ และมีสถานะเป็นของเหลวภายใต้ความดัน



ภาพที่ 2.2 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน, 2558

1.2.2 จากภาพที่ 2.2 จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากในก๊าซธรรมชาติมีก๊าซโปรเปน และบิวเทนอยู่ประมาณร้อยละ 6-10 ในก๊าซธรรมชาติจึงมีสารไฮโดรคาร์บอนผสมอยู่ จึงต้องทำการแยกโดยส่งเข้าสู่โรงแยกก๊าซ (Gas Separation Plant) ผลที่ได้จะออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ อีเทน (Ethane) มีเทน (Methane) โปรเปน (Propane) บิวเทน (Butane) ก๊าซโซลีนธรรมชาติ (Natural Gasoline ; NGL) และก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas ; LPG)

ก๊าซธรรมชาติมีกระบวนการแยกโดยเริ่มจากกระบวนการเบนฟิลด์ (Benfield Process) เป็นการกำจัดน้ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เจือปนอยู่ในก๊าซธรรมชาติออกก่อน โดยใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เป็นตัวจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงกระบวนการดูดซับ (Absorption Process) โดยใช้สารจำพวกตัวดูดซับที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (Molecular Sieve) เป็นตัวดูดซับน้ำ ก๊าซธรรมชาติที่แห้งแล้วจะถูกส่งเข้าสู่หน่วยเทอร์โบ เอ็กซ์เพนเดอร์ (Turbo-Expander) ทำให้อุณหภูมิลดลงจาก 250 เคลวิน เป็น 170 เคลวิน รวมทั้งช่วยให้ความดันลดลงจาก 43 บาร์ เป็น 16 บาร์ แล้วจึงนำไปกลั่นเพื่อแยกเอามีเทนออกไป โดยส่งเข้าหอแยกมีเทน (De-Methanizer) ส่วนที่เหลือจากการกลั่น คือส่วนผสมของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป (Ethane Plus Stream) โดยมีสถานะเป็นของเหลว และจะออกทางส่วนล่างของหอผลิตภัณฑ์ ของเหลวในหอนี้จะถูกส่งต่อ ไปยังหอแยกอีเทน (De-Ethanizer) และหอแยกโปรเปน (De-Propanizer) เพื่อแยกอีเทน และโปรเปนออกตามลำดับ ในส่วนของหอแยกโปรเปนนั้นจะถูกแยกออกทางส่วนบนของหอส่วนปิโตรเลียมเหลวซึ่งเป็นส่วนผสมของโปรเปน และบิวเทนจะถูกแยกออกมาจากส่วนกลางของหอ และผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหอส่วนล่างคือ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ (Natural Gasoline ; NGL)

1.3 สมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.3.1 สมบัติทางเคมี

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน 3 อะตอม และคาร์บอน 4 อะตอมใน 1 โมเลกุล ไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ประกอบด้วย

โปรเปน (Propane) = C_3H_8

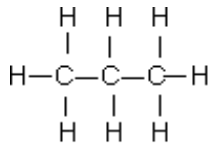
โปรปิลิน (Porpylene) = C_3H_6

บิวเทน (Butane) = C_4H_{10}

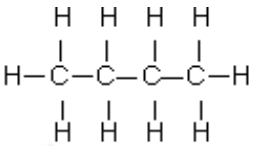
บิวทิลีน (Butylene) = C_4H_8

ในส่วนผสมของก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ปรากฏอยู่ โดยอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) และไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon)

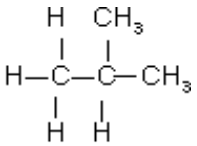
กลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) ได้แก่ โปรเปน (Propane) นอร์มัลบิวเทน (n-butane) ไอโซบิวเทน (iso-Butane)



Propane

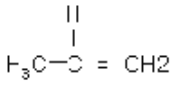


n-butane

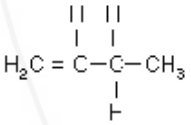


iso-butane

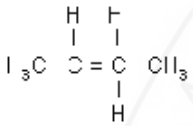
กลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon) ได้แก่ โปรปีลีน (Propylene) นอร์มัลบิวทิลีน (n-butylene) ไอโซบิวทิลีน (iso-butylene)



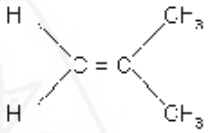
Propylene



n-butylene (butene-1)



Butylene-2 (mixture of cis and trans isomers)



iso-butylene (2 methylpropane) (iso-butene)

จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้มานั้นส่วนมากจะประกอบด้วยโปรเปน(Propane) ในด้านอัตราส่วนของคาร์บอน C_3 และC_4 นั้นขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของก๊าซธรรมชาติ หากมาจากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบจะมีบิวเทน (Butane) เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีในรูปของไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Un-Saturated Hydrocarbon) อันมาจากการผสมของ C_3 และ C_4 ซึ่งประกอบด้วยโปรปีลีน (Propylene) นอร์มัลบิวทิลีน (n-butylene) ไอโซบิวทิลีน (iso-butylene) และ butylene-2

1.3.2 สมบัติทางกายภาพ

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่นำมาใช้งานมี 2 สถานะ คือ สถานะของเหลว และสถานะก๊าซ ผู้ใช้งานจึงต้องทราบถึงสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้ง 2 สถานะ ดังนี้

1) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะเป็นของเหลว

(2) จุดเดือด และสภาวะวิกฤติ

จากการที่โปรเปนมีจุดเดือดเท่ากับ -42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทนเท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส ไอโซบิวเทนเท่ากับ -11.7 องศาเซลเซียส ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงมีจุดเดือดต่ำมาก ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ และความดันบรรยากาศ แต่หากถูกอัดให้อยู่ในถังภายใต้ความดัน หรือนำถังไปแช่เย็นไว้จะมีสถานะอยู่ในรูปของเหลว ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าความดันไอ (Vapor Pressure) เพราะเป็นค่าความดันที่ทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความดันไอก็จะสูงขึ้นด้วย โปรเปนที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้อัดเท่ากับ 41.94 บรรยากาศ หากอุณหภูมิสูงกว่านี้โปรเปนจะไม่เป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศก็ตาม ซึ่งหมายความว่าที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส และความดัน 41.94 บรรยากาศก็คือสภาวะวิกฤติสำหรับโปรเปนนั่นเอง

(2) ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของโปรเปนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับส่วนกลับของความหนาแน่นก็คือ ปริมาตรจำเพาะ โปรเปนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นหากในแต่ละวันมีความต้องการใช้โปรเปน 0.5 ตัน ต้องการเก็บไว้ใช้ 10 วัน โดยต้องใช้ถังที่มีขนาดความจุอย่างต่ำ 10 ลูกบาศก์เมตร

ค่าความถ่วงจำเพาะเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่อุณหภูมิหนึ่ง กับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของโปรเปนเหลวที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.5077 ไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5631 ส่วนนอร์มัลบิวเทน เท่ากับ 0.5844 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวเบากว่าน้ำ ถ้าเกิดมีก๊าซรั่วขึ้นในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดไหลลงไปในรางระบายน้ำ หรือคูคลองก็จะลอยไปกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้ไปเกิดอัคคีภัยในพื้นที่ห่างไกลจากบริเวณที่รั่วไหลได้

ในส่วนของอุณหภูมินั้นก็มีผลต่อค่าความหนาแน่นเช่นกัน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความหนาแน่นของสารที่อยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง

(3) ความหนืด

ความหนืด คือ การต้านทานในการไหลของของไหล (ในสถานะของเหลวหรือก๊าซ) ที่มีต่อท่อ หรือภาชนะ ของไหลแต่ละชนิดจะมีความหนืดต่างกัน สำหรับความหนืดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวพบว่ามีน้อยมากเมื่ออยู่ในสถานะของเหลว (ความหนืดของน้ำเท่ากับ 1 เซนติพอยส์)

จากสมบัตินี้ ทำให้ก๊าซเหลวรั่วซึมได้ง่ายกว่าของเหลวชนิดอื่น และนอกจากนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวไม่มีสมบัติในการหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดต่ำ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปั๊ม จึงมีการสึกหรอสูง ดังนั้น อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงต้องออกแบบให้เหมาะสมทนต่อการแรงดันสูง และการสึกหรอได้

อุณหภูมิมีผลต่อความหนืดของของไหล กล่าวคือ ของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง แต่ถ้ามีสถานะเป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดก็สูงขึ้นด้วย

(4) ความดันไอ (Vapor Pressure)

ค่าความดันไออิ่มตัวของก๊าซปิโตรเลียมเหลว คือไอระเหยอยู่เต็มช่องว่างที่อยู่เหนือส่วนที่เป็นของเหลวจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (Saturation Point) จึงจะหยุดระเหย ค่าความดันไออิ่มตัวจะเป็นตัวชี้บ่งถึงคุณสมบัติการระเหย (Volatility) ของสาร กล่าวคือ ถ้าสารมีความดันไอสูง แสดงว่าสามารถระเหยได้เร็ว และเป็นค่าที่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยตรง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิสูง ค่าความดันไออิ่มตัวก็สูงขึ้นด้วย

(5) ความร้อนแฝงในการระเหย

ความร้อนแฝงในการระเหย หมายถึง ค่าความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสารในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่จุดเดือดปกติที่ความดันบรรยากาศ หรือในทางกลับกัน คือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสารเพื่อให้กลั่นตัวเป็นของเหลวที่ความดันบรรยากาศ โดยค่าความร้อนแฝงจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จากสมบัติค่าความร้อนแฝงของก๊าซปิโตรเลียมเหลวซึ่งพบว่ามีน้อยกว่าน้ำมากๆ ดังนั้น เมื่อก๊าซถูกรั่วไหลออกจากภาชนะเก็บจะเกิดการระเหย โดยการระเหยได้นั้นก๊าซเหลวต้องได้รับความร้อนหรือใช้การดึงความร้อนจากสภาพแวดล้อมใกล้ๆ จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณภูมิลดลงจนเย็นจัด จึงเป็นสาเหตุที่เมื่อก๊าซเหลวรั่วไหลมาสัมผัสผิวหนัง หรือร่างกาย จะทำให้ผิวหนัง หรือส่วนของร่างกายนั้นได้รับความเย็นจัด จนเกิดแผลไหม้ได้

(6) ความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ค่าความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ปอนด์/องศาฟาเรนไฮต์

(7) สัมประสิทธิ์การขยายตัว

สัมประสิทธิ์การขยายตัวของก๊าซปิโตรเลียมเหลวนั้นอยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งประมาณได้ 0.300/องศาเซลเซียสสำหรับโปรเปน และ 0.002/องศาเซลเซียสสำหรับ

บิวเทน อุณหภูมิยิ่งสูงการขยายตัวยิ่งมาก ค่านี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อใช้คำนวณหาปริมาตรสูงสุดในการบรรจุก๊าซลงถัง หรือภาชนะได้ในสภาพอุณหภูมิต่างๆ กัน ดังนั้น ในถัง หรือภาชนะบรรจุจะต้องเหลือที่ว่างเหนือส่วนที่เป็นของหลวไว้ โดยในส่วนของช่องว่างนี้จะมีไอก๊าซอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวขยายตัวจนเกิดความดันในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติ นอกจากนี้ระบบท่อส่งต่างๆ ที่ส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวจำเป็นต้องมีกลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Hydrostatic Relief Valve) ไว้ในระบบด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญตัวหนึ่ง

2) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ

(1) ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และความถ่วงจำเพาะ

เมื่อมีสถานะเป็นก๊าซ ค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกัน หรือกล่าวได้ว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (เมื่อความหนาแน่นของอากาศ = 1)

ที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส (600 องศาฟาเรนไฮต์) ณ ความดันบรรยากาศ
โปรเปน (สถานะก๊าซ) มีค่าความถ่วงจำเพาะ = 1.5
บิวเทน (สถานะก๊าซ) มีค่าความถ่วงจำเพาะ = 2.0

ด้วยเหตุนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซจึงหนักกว่าอากาศ ซึ่งหากเกิดการรั่วไหล ก๊าซจะเคลื่อนที่ลงที่ต่ำ และหากบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำ หรือคูคลองก๊าซอาจจะไหลตามน้ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดไฟไหม้ ณ พื้นที่ห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่ว ความหนืดก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของก๊าซจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

(2) ความสามารถในการอัดตัวของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Compressibility Factor)

สำหรับก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ปริมาตร และความดันแสดงโดย สมการสภาวะ (Equation of State) คือ

$PV = nRT$

P = ความดัน

V = ปริมาตร

n = จำนวนโมล

R = gas constant

T = อุณหภูมิ

แต่ด้วยลักษณะเบี่ยงเบนไปจากก๊าซอุดมคติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (Compressibility Factor, Z) เข้าไปในสมการเพื่อให้สามารถใช้สมการสภาวะได้ คือ

PV = ZnRT

สำหรับก๊าซไม่อุดมคติ ค่า Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 คือที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ สำหรับค่า Z ของโปรเปน = 0.984 นอร์มัลบิวเทน = 0.969 และไอโซบิวเทน = 0.971

(3) ช่วงการลุกไหม้ (Flammability Limits in Air)

ช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วเกิดการลุกไหม้ได้ของก๊าซที่สันดาป เพราะมีอากาศผสมในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละ (%) ปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่า ค่าขอบบน ส่วนทางด้านต่ำเรียกว่า ค่าขอบล่าง เมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศร้อยละ 2-9 จะทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถลุกติดไฟได้ ซึ่งหมายถึง หากมีก๊าซปิโตรเลียมเหลวมากกว่า 9 ส่วน หรือต่ำกว่า 2 ส่วน ในส่วนผสมของก๊าซกับอากาศกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมนั้นก็จะไม่ติดไฟ

(4) อุณหภูมิจุดติดไฟ (Ignition Temperature)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงทีละน้อยจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว เชื้อเพลิงจะเริ่มลุกไหม้เองแม้จะไม่มีประกายไฟ หรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่า อุณหภูมิจุดติดไฟ เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโปรเปน คือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทน คือ 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียส และน้ำมันดีเซล 250 – 340 องศาเซลเซียส ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงมีความปลอดภัยสูงกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงที่ยกตัวอย่าง

(5) อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame Temperature)

อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่างๆ ได้ เช่น หลอมทองเหลือง อลูมิเลียม เหล็ก และแก้ว เป็นต้น โดยโปรเปนมีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930 องศาเซลเซียส ส่วนบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมประเภทหลอมโลหะ

(6) ค่าอ๊อกเทน (Octane Number)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเหมาะสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าอ๊อกเทนสูง ประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าค่าอ๊อกเทนของน้ำมันเบนซิน

(7) อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ (Liquid/Vapor Volume Ratio)

ปริมาตรของปิโตรเลียมเหลวจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เมื่อมีการระเหย และเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ กล่าวคือที่อุณหภูมิ 15.5 องศาเซลเซียส หรือ60 องศาฟาเรนไฮต์ โปรเปนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วย ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย จึงเป็นสาเหตุให้ปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวมีอันตรายมากกว่าสถานะที่เป็นก๊าซหากเกิดการรั่วไหลออกมา เพราะของเหลวที่ออกมา เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณก๊าซมาก ความรุนแรงและอันตรายก็จะมากตาม

(8) ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air Requirement)

ในอากาศมีก๊าซออกซิเจนผสมอยู่ร้อยละ 21 โดยปริมาตร ออกซิเจนเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้จะต้องมีปริมาณที่สมดุล สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลวหากมีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการเคมีได้ ดังต่อไปนี้

โปรเปน $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

บิวเทน $C_4H_{10} + 6.5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

ปิโตรเลียมเหลวต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซิน ดังสมการ ในกรณีของโปรเปน และบิวเทนปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 6.5 เท่า และ5เท่าตามลำดับ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณร้อยละ 21 ฉะนั้นในการเผาไหม้โปรเปนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตรจะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร

(9) ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion)

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว หมายถึง ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอาก๊าซปิโตรเลียมเหลวหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรมาเผาไหม้ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) ค่าความร้อนของการเผาไหม้เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องจักร และบอกได้ถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

(10) สี กลิ่น และการละลาย

ปิโตรเลียมเหลวบริสุทธ์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ผู้ผลิตก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นเป็นสารพวกเมอร์แคบแทน (Mercaptan) ลงไปด้วย เพื่อเวลาที่ก๊าซเกิดรั่วไหล หรือลืมปิดวาล์ว จะช่วยให้ผู้พบเห็น หรือใช้งานรู้ตัว นอกจากนี้อุปกรณ์ที่นำมาใช้กับภาชนะ หรือถังที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว ควรใช้วัสดุที่ไม่ได้ทำมาจากยางธรรมชาติ เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) จึงสามารถละลาย หรือทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำมาจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้

1.4 อันตราย และอุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.4.1 อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (กรมธุรกิจพลังงาน, 2558)

สำหรับผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว หากได้รับก๊าซปริมาณน้อยจะไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย อาชีวอนามัย และความปลอดภัย แต่อย่างใด แต่ทั้งนี้หากได้รับก๊าซนี้ในปริมาณระดับหนึ่งจะส่งผลให้เกิดอันตรายได้

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว จัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า ยาสลบทั่วไป (General Anesthetics) ทำให้ผู้สูดดมก๊าซนี้เข้าไปมากๆ เกิดอาการง่วงนอน เพราะไปกดระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System Depressants) ส่วนผิวหนัง และส่วนต่างๆ ของร่างกายหากสัมผัสก๊าซนี้จะทำให้เกิดระคายเคืองต่อเยื่อบุต่างๆ (Mucous Membrane) เพราะเป็นตัวละลายไขมันของผิวหนัง (Defat The Skin) ในกรณีหายใจเข้าไปในปริมาณมาก อาจจะทำให้เป็นโรคปอดบวม (Pulmonary Edcma) โรคปอดอักเสบ (Preumonitis) และตกเลือด (Hemorrhage) และอาจถึงแก่ความตาย เพราะขาดออกซิเจน เช่น กรณีอยู่ในห้องปิด ไม่มีอากาศระบาย

โดยทั่วไปแล้ว มาตรฐานอาชีวอนามัย และความปลอดภัย สำหรับผู้ใช้แรงงานที่ต้องคลุกคลีและเกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว จะกำหนดเป็นระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในอากาศของสถานที่ทำงานในระยะเวลาการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ซึ่งกระทรวงแรงงานสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานอาชีวอนามัย และความปลอดภัยของก๊าซปิโตรเลียมเหลวไว้ว่า ในอากาศสถานที่ที่ทำงานจะมีก๊าซปิโตรเลียมเหลวได้ไม่เกิน 1,000 ส่วนต่ออากาศล้านส่วน (ppm)

โดยเฉลี่ยในระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง หรือ 1,800 มิลลิกรัมของก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่อหนึ่งลูกบาศก์เมตรของอากาศ

ข้อปฏิบัติในกรณีฉุกเฉิน

ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น และมีผู้ได้รับอันตรายควรจัดให้มีการปฐมพยาบาลอย่างทันที ดังนี้

1) กรณีปิโตรเลียมเหลว กระเด็น หรือกระฉอกเข้าตา ห้ามใช้น้ำร้อนล้างตาเป็นอันขาด ให้รีบล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้งโดยเร็วที่สุด และให้ดึงหนังตาล่าง และหนังตาบนอยู่เสมอ แล้วรีบส่งผู้ป่วยไปยังสถานพยาบาลทันที

2) กรณีที่ปิโตรเลียมเหลวเหลวถูกผิวหนังห้ามใช้น้ำร้อนชำระล้างผิวหนังเป็นอันขาด หากเสื้อผ้าเปียกชุ่มด้วยปิโตรเลียมเหลวจะต้องถอดเสื้อผ้าออกทันที แล้วอาบน้ำชำระล้างผิวหนังด้วยน้ำให้หมด ถ้าหากรู้สึกระคายเคืองผิวหนังหลังจากชำระล้างด้วยน้ำแล้ว ต้องส่งไปยังโรงพยาบาลทันที

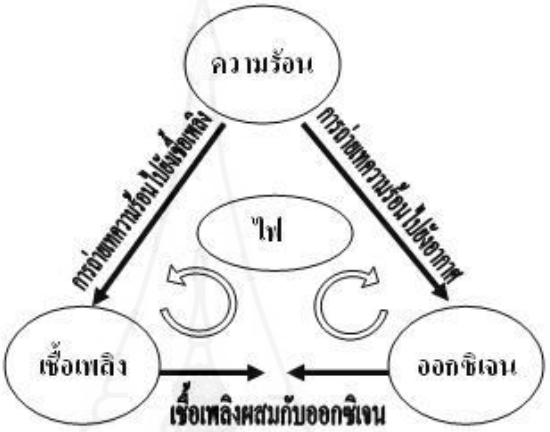
3) กรณีที่หายใจเอาก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้าไปในปริมาณมาก จะต้องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปยังบริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าหากหยุดหายใจจะต้องช่วยผายปอด หรือใช้เครื่องช่วยหายใจแล้วจึงให้ผู้ป่วยได้พักผ่อนและห่มผ้าให้ร่างกายอบอุ่น แล้วส่งไปยังโรงพยาบาลโดยเร็ว

1.4.2 อุบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1) การรั่วไหล และการแพร่กระจาย การรั่วไหลมีได้หลายลักษณะ แต่สำหรับก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เก็บไว้ภายใต้ความดันที่มากกว่า หรือเท่ากับความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องปกติ เมื่อเกิดการรั่วไหลในลักษณะเป็นของเหลวที่ถังบรรจุ หรือท่อ ของเหลวบางส่วนจะมีการระเหยเป็นไออย่างรวดเร็ว โดยจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนหมด จึงเกิดการขยายตัวปกคลุมทั่วบริเวณและแพร่กระจายออกไป โดยปกติไอของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีช่วงค่าความเข้มข้นเป็นส่วนผสมในที่สามารถทำให้เกิดการติดไฟหรือการระเบิดได้ไม่เท่ากัน โดยจะระบุเป็นขีดจำกัดบน (Upper Flammable Limit) และขีดจำกัดล่าง (Lower Flammable Limit) ลม มีส่วนสำคัญในการลดค่าความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิงในอากาศ เพื่อไม่ให้มีความเข้มข้นจนถึงขีดจำกัดล่าง หรือการพัดพาเอากลุ่มไอเชื้อเพลิงที่มีความเข้มข้นสูงไปตามทิศทางของลม โดยความเข้มข้นของไอเชื้อเพลิงจะลดลงไปตามระยะทาง

2) การลุกติดไฟ/ไฟไหม้ (สยามเคมี, 2558) หากก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีการสัมผัสกับเปลวไฟ หรือประกายไฟ จะเกิดไฟไหม้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อมีการรั่วไหล จะเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นลักษณะควันลอยลงตามพื้น ด้วยคุณสมบัติจะทำให้ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นมากกว่า 250 เท่า หากบริเวณที่ก๊าซรั่วมีประกายไฟ หรือแหล่งความร้อนจึงมีโอกาสเกิดการลุกติดไฟได้ ซึ่งสอดคล้องกับอันตรายที่เกิดบ่อยครั้งมากที่สุดของสารไวไฟในลักษณะต่างๆ ที่มักเกิดจากการติดไฟจากไอของ

ของเหลว ที่ระเหยได้ดี อันตรายจากการติดไฟ อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื่อง คือทำให้เกิดการระเบิดของสารเคมีที่จัดเก็บไว้ในบริเวณใกล้เคียงขึ้นได้อีกด้วย การเกิดไฟไหม้ขึ้นได้จะต้องอาศัยองค์ประกอบ สำคัญ 3 ส่วนร่วมกัน องค์ประกอบแรกคือ ออกซิเจน หรือ อากาศ หรือสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยาให้ออกซิเจนออกมาได้ องค์ประกอบที่สองคือ เชื้อเพลิง ซึ่งรวมทั้งสารไวไฟ และองค์ประกอบสุดท้ายคือ แหล่งจุดติดไฟ ได้แก่ ความร้อนหรือประกายไฟ



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบพื้นฐานการเกิดเพลิงไหม้

ที่มา: Thermex-FR (2005)

การป้องกันไฟไหม้ทำได้โดยการแยกองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งออกไป ไฟก็ไม่สามารถจะลุกติดขึ้นได้ แต่จะเห็นได้ว่าในสภาพแวดล้อมของบรรยากาศในการทำงานโดยทั่วไป การแยกเอาองค์ประกอบที่หนึ่ง คืออากาศออกไปจะทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นในการป้องกันไฟไหม้จึงมักใช้การแยกแหล่งจุดติดไฟ คือ ประกายไฟ หรือความร้อนให้ห่างจากแหล่งเชื้อเพลิง หรือสารไวไฟ

1.4.3 ประเภทของสารไวไฟ

วัตถุประสงค์ของการใช้งาน และสารเคมี จะเป็นตัวกำหนดประเภทของสารไวไฟ โดยอาจทำได้ 2 แบบ คือ ความสะดวกต่อการการขนส่งหรือจัดเก็บสารไวไฟ และความสะดวกต่อการควบคุมในการดับเพลิง โดยประเภทของสารไวไฟที่แบ่งตามสมบัติการติดไฟเพื่อความสะดวกต่อการควบคุมการขนส่ง และจัดเก็บ แสดงตามตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสารไวไฟ แบ่งตามสมบัติการติดไฟ

ประเภท	ลักษณะ	สมบัติการติดไฟหรือไหม้ไฟ
Class I A		จุดวาบไฟต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส และจุดเดือดต่ำกว่า 38 องศาเซลเซียส
Class I B		จุดวาบไฟต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส และจุดเดือดเท่ากับหรือสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส
Class I C	ไวไฟ	จุดวาบไฟสูงกว่า 23 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 38 องศาเซลเซียส
Class II		จุดวาบไฟสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
Class III A	ไหม้ไฟ	จุดวาบไฟสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 93 องศาเซลเซียส
Class III B		จุดวาบไฟสูงกว่า 93 องศาเซลเซียส

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2558

ส่วนประเภทของสารไวไฟที่แบ่งตามลักษณะของวัสดุที่ติดไฟเพื่อให้สะดวกในการควบคุมการดับเพลิง ที่ต้องใช้สารในการดับเพลิงแตกต่างกันมี ดังนี้

ประเภท	ลักษณะของวัสดุ
A	กระดาษ ไม้ เชื้อเพลิงแห้ง
B	ของเหลว
C	อุปกรณ์ไฟฟ้า
D	โลหะแอลคาไลน์

นอกจากนี้ สาเหตุสำคัญของการเกิดไฟไหม้นั้นก็คือแหล่งจุดติดไฟยังเป็นซึ่งอาจเกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การลุกติดไฟขึ้นเอง (Autoignition) เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่จุดติดไฟได้เองของสารเคมี บางครั้งจะเกิดไฟฟ้าสถิตย์ทำให้เกิดประกายไฟหรือการระเบิดขึ้นได้เองจากวัสดุประเภทแป้ง ผงละเอียด หรือบรรยากาศที่เต็มไปด้วยฝุ่นละอองในอากาศที่แห้ง การปล่อยให้มีแหล่งจุดติดไฟไว้อย่างไม่ระมัดระวัง ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดไฟไหม้ได้ เช่น คบเพลิง เทียน หรือจุดตะเกียง ทิ้งไว้ การเปิดสวิทช์ไฟฟ้าที่สร้างประกายไฟ หรือการลุกไหม้ที่เกิดจากสารออกซิไดเซอร์อื่นๆ เป็นต้น

1.4.4 การจัดระดับความไวไฟของสารเคมีอันตราย

การจัดระดับความไวไฟที่ได้รับความนิยมแพร่หลายที่สุดได้แก่ระบบที่กำหนดขึ้นโดยองค์การป้องกันเพลิงไหม้แห่งชาติ (National Fire Protection Agency ; NFPA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ซึ่งกำหนดระดับความไวไฟเป็นตัวเลขโดยอาศัยสมบัติการวาบไฟของสารเคมี เรียงตามลำดับความเป็นอันตรายที่เพิ่มขึ้น จาก 0 ถึง 4 ตามตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระดับความไวไฟโดยอาศัยสมบัติการวาบไฟของสารเคมี

ระดับ	ลักษณะความไวไฟ	จุดวาบไฟ (องศาเซลเซียส)
0	ไม่ติดไฟ ไม่ลุกไหม้	ไม่ติดไฟ
1	ต้องเกิดความร้อนสูงอย่างต่อเนื่องจึงจะติดไฟ	สูงกว่า 93 องศาเซลเซียส
2	ถ้าเกิดความร้อนพอสมควร หรือสัมผัสสิ่งที่ร้อนจะติดไฟได้	สูงกว่า 38 องศาเซลเซียสแต่ไม่เกิน93 องศาเซลเซียส
3	ติดไฟ หรือ ลุกไหม้ได้ที่อุณหภูมิห้อง	ต่ำกว่า 38 องศาเซลเซียส
4	ระเหยเป็นไอ ไวไฟมาก พร้อมที่จะติดไฟได้ทันที	ต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส

ที่มา: National Fire Protection Agency (NFPA), 2558

1.4.5 การลุกติดไฟ มี 2 แบบ คือติดไฟในทันทีทันใด (Immediately Ignition) และการติดไฟทิ้งช่วง (Delayed Ignition) โดยความเสียหายจากการเกิดไฟไหม้ สามารถแบ่งการเกิดไฟไหม้ได้ ดังนี้

1) ไฟแอ่ง (Pool Fire) เป็นการลุกติดไฟที่ของเพลิงไหม้ที่เกิดจากไอของของเหลวที่ระเหยได้ง่าย เช่น สารเคมี หรือเชื้อเพลิง อัตราการลุกไหม้ขึ้นอยู่กับอัตราการระเหยของของเหลว (ภิตติ บทกลอน, 2548)

2) ไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) เป็นลักษณะเพลิงไหม้ที่เกิดจากการติดไฟของสารเคมีที่เก็บไว้ภายใต้ความดันสูง รั่วไหล และพุ่งกระจายออกสู่บรรยากาศ ทั้งนี้ความรุนแรงจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และแรงดันที่มีอยู่ของสารซึ่งจะทำให้ขนาดของเพลิงกว้างและยาวได้มากขึ้น (สมศักดิ์ ชะนา, 2544)

3) ลูกไฟ (Fireballs) เป็นลักษณะที่ลูกไฟที่วิ่งไปในอากาศเกิดขึ้นจากภาชนะบรรจุของเหลวไวไฟภายใต้ความดันแตก เนื่องจากได้รับความร้อน ของเหลวจึงลุกไหม้ มักเกิดขึ้นพร้อมกับการระเบิดแบบบลีวี (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ; BLEVE) (ภิตติ บทกลอน, 2548)

4) บลีวี (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ; BLEVE) เป็นลักษณะการเกิดเพลิงไหม้จากการรั่วไหลของสารเคมี หรือวัตถุอันตรายซึ่งเป็นสารไวไฟ รั่วไหลในปริมาณมาก โดยจะเกิดขึ้นที่ภาชนะบรรจุของเหลวภายใต้ความดันเหนือจุดเดือดที่ความดันบรรยากาศ (ภิตติ บทกลอน, 2548)

1.4.6 การแผ่รังสีความร้อน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2558)

การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดในปริมาณที่เท่ากันในทุกทิศทาง เป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยคลื่นความร้อน การเคลื่อนที่ของก๊าซร้อนที่เกิดการลุกไหม้จะไม่มีผลกับการแผ่รังสีความร้อน รวมถึงวัตถุโปร่งแสง เช่น กระจก ก็ไม่สามารถปิดกั้นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีได้ การถ่ายเทความร้อน ด้วยการแผ่รังสีจะทำให้เพลิงไหม้ลุกลามในลักษณะที่เหมือนกระโดดข้ามจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่แยกออกจากกันได้ เช่น อาคารที่อยู่ข้างเคียง กับอาคารที่เกิดเพลิงไหม้สามารถเกิดการลุกติดไฟขึ้นมาได้โดยที่ไฟยังลุกลามไปไม่ถึงอาคารนั้น การแผ่รังสีความร้อนจะมีผลกับการลุกลามของเพลิงไหม้มาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อน แหล่งกำเนิดของการแผ่รังสีความร้อนที่มีลักษณะเป็นจุดจะมีการแผ่รังสีความร้อนที่เท่ากันในทุกทิศทาง ซึ่งทิศทางของการแผ่รังสีนี้จะช่วยให้รังสีความร้อนไม่ตกกระทบไปที่จุดใดเพียงจุดเดียว แต่ในกรณีที่จุดกำเนิดของการแผ่รังสีความร้อนมีลักษณะยาว จะทำให้ความร้อนพุ่งไปยังจุดเดียว ความเข้มข้นของพลังงานที่พุ่งไปยังจุดนั้นจึงสูง

การเกิดเพลิงไหม้ของสารเคมีที่รั่วไหล หากเกิดการลุกติดไฟ ก่อให้เกิดการระเบิดหรือการลุกลามของไฟ จะมีเขตของความร้อนในระดับต่างๆ ในพื้นที่ ซึ่งผลกระทบที่เกิดนั้นจะแตกต่างกันไป โดยอันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้มาจากการแผ่รังสีความร้อนออกมาทำอันตรายต่ออาคาร และสิ่งก่อสร้างโดยรอบ

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาผลกระทบจากการแผ่รังสีความร้อน ส่วนใหญ่นิยมใช้เกณฑ์ซึ่งกำหนดค่าระดับรังสีความร้อนอยู่ที่ 12.5 และ 37.5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (kW/m^2) ที่กำหนดโดยธนาคารโลก สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency; U.S. EPA) กำหนดค่าระดับรังสีความร้อนอยู่ที่ 5 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (kW/m^2) เป็นเกณฑ์มาตรฐาน ค่าระดับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อนและผลกระทบ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระดับอันตรายจากการแผ่รังสีความร้อน

ระดับความร้อน กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร (kW/m^2)	ผลกระทบ
1.6	รู้สึกอึดอัดไม่สบายตัวเมื่อต้องสัมผัสเป็นระยะเวลานาน
4.0	ทำให้ผิวหนังรู้สึกเจ็บ ถ้าหากไม่ป้องกันหรือหลีกออกไปภายใน 20 วินาที และทำให้เกิดการไหม้ที่ผิวหนังเป็นแผลพุพอง แต่ไม่ถึงขั้นเสียชีวิต
5.0	ระดับมีผลกระทบ (US.EPA Criteria)
12.5	ไม้เริ่มติดไฟ ยางและพลาสติกหลอมละลาย คนที่อยู่ในบริเวณนี้จะเสียชีวิตร้อยละ 1 หากสมัผัสนานเกินกว่า 1 นาที
37.5	อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต โครงสร้างของอาคาร ถังกักเก็บถูกทำลายทั้งหมด คนที่อยู่ในบริเวณนี้จะเสียชีวิตทั้งหมดเมื่อสัมผัสนานเกิน 1 นาที และเสียชีวิตร้อยละ 1 เมื่อสัมผัสนาน 10 วินาที

ที่มา: สมศักดิ์ ชะนา, 2544

1.4.7 การระเบิด การระเบิดสามารถเกิดขึ้นทั้งในขณะที่ก๊าซรั่ว และก๊าซที่ยังบรรจุอยู่ในถัง หรือภาชนะบรรจุ หากมีปริมาณการรั่วของก๊าซในปริมาณมากจะมีโอกาสทำให้เกิดการระเบิดได้มาก เนื่องจากปฏิกิริยาการลุกติดไฟอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดแรงอัดของอากาศในรอบข้างอย่างกะทันหัน ส่วนในกรณีที่ไม่ใช่การรั่วไหลของก๊าซ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการระเบิดของถังบรรจุก๊าซได้ หากได้รับความร้อนสูง เพราะจะทำให้ก๊าซมีปริมาตรเพิ่มขึ้นพร้อมเกิดแรงดันก๊าซที่ถังไม่สามารถทนได้

พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) หมายถึง บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดอุบัติเหตุของการระเบิด หรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่ายโดยสภาวะที่จะเกิดเหตุมักจะมีลักษณะร่วม 3 อย่าง คือ

1) มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities)

2) มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติจะมีออกซิเจนประมาณร้อยละ 21)

3) มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งเกิดได้จากสาเหตุต่างๆ เช่น เปลวไฟ, การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, ความร้อนสูงสะสม และการถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิตย์ เป็นต้น

การระเบิด คือการปลดปล่อยพลังงานความร้อนสูงมากจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารไวไฟ กับออกซิเจน ซึ่งสารไวไฟอาจอยู่ในรูปของ ก๊าซ (Gas) หรือไอระเหย (Vapor) ก็ได้ การใช้งาน หรือการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารไวไฟจึงต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการรั่วไหลของสารไวไฟสู่บรรยากาศจนเกิดสภาวะที่จะเกิดระเบิดได้ ในบางสถานประกอบการที่มีการใช้ หรือถ่ายเทสารไวไฟอยู่เป็นประจำ การป้องกันการระเบิดทำได้โดยการสร้างระบบระบายอากาศ (Ventilation) อย่างเหมาะสม และการป้องกันไม่ให้มีแหล่งประกายไฟ หรือกำเนิดการจุดติดไฟขึ้น คุณสมบัติที่สำคัญของสารไวไฟที่ปนเปื้อนในอากาศ และทำให้เกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) มี 5 ประการ คือ

1) ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของก๊าซหรือไอระเหยขั้นต่ำ (Lower Explosive Limit ; LEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของก๊าซหรือไอระเหยขั้นต่ำที่ผสมกับอากาศ จนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive Mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซนต์ของก๊าซไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นน้อยกว่านี้จะไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้

2) ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของก๊าซหรือไอระเหยมากที่สุด (Upper Explosive Limit ; UEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของก๊าซหรือไอระเหยมากที่สุดที่ผสมกับอากาศ จนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซนต์ของก๊าซไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นมากกว่านี้จะ ไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้

3) จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้สารไวไฟในสภาพของเหลว เกิดการระเหยจนกลายเป็นไอระเหยในปริมาณเพียงพอให้เกิดการจุดติดไฟได้เหนือของเหลวนั้น ของเหลวที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) จะเรียกว่าของเหลวไวไฟส่วนของเหลวที่มีจุดวาบไฟสูงกว่า 37.8 องศาเซลเซียส (100 องศาฟาเรนไฮต์) จะเรียกว่าของเหลวติดไฟได้ ค่าจุดวาบไฟของสารเคมีแต่ละชนิดนี้ จะช่วยให้เราทราบถึงวิธีการจัดเก็บหรือใช้สารไวไฟเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายขึ้นได้

4) จุดลุกติดไฟได้เอง (Auto-Ignition Temperature) คือ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่ทำให้ก๊าซ หรือไอระเหยของสารไวไฟซึ่งผสมอยู่ในบรรยากาศ จะเกิดลุกติดไฟได้เองโดยไม่จำเป็นต้องมีประกายไฟ

5) ความหนาแน่นของก๊าซ หรือไอระเหย (Vapor Density) คือ ความหนาแน่นของก๊าซ หรือไอระเหยของสารไวไฟเมื่อเทียบกับอากาศที่ 1.0 ถ้าค่าความหนาแน่นของก๊าซ หรือไอมากกว่า จะหนักกว่าอากาศ ก๊าซจะลอยอยู่ลงระดับต่ำ แต่ถ้าน้อยกว่า 1.0 จะเบากว่าอากาศ เมื่อเกิดมีการรั่วไหล ก๊าซ หรือไอนี้จะลอยขึ้นสูง

นอกจากคุณสมบัติ 5 ประการนี้ที่มีผลต่อการระเบิดแล้ว คุณสมบัติอื่นๆ ที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อป้องกันการระเบิดอีก ได้แก่

1) จุดเดือด (Boiling Point) คือ ค่าอุณหภูมิที่สารจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวเป็นไอ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้าอุณหภูมิในสถานที่ใช้ หรือจัดเก็บสาร สูงมากจะเกิดไอระเหยของสารกระจายมากด้วย

2) ความดันไอ (Vapor Pressure) ไอของสารที่ระเหย และลอยอยู่เหนือสารเหลวนั้นภายในภาชนะปิด หากเกิดรอยรั่ว หรือช่องเปิดของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซไอของสารจะฟุ้งกระจายออกมาภายนอกถังบรรจุได้มาก ค่าความดันไอจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอทที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ภิตติ บทกลอน (2548) อธิบายการระเบิด (Explosion) ว่าเป็นผลจากการปลดปล่อยพลังงานอย่างรวดเร็ว และมากพอที่จะทำให้เกิดการสะสมของพลังงานในบริเวณที่เกิดการระเบิด ซึ่งพลังงานนี้จะแพร่กระจายออกไปในหลายลักษณะไม่ว่าจะเป็นการแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) คลื่นความดัน (Pressure Wave) แรงขับเคลื่อน (Projectile) และพลังงานของเสียงสะท้อน (Acoustic Energy) โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการแพร่กระจายพลังงานดังที่กล่าวมานั่นเอง

เมื่อการระเบิดเกิดขึ้นในก๊าซ พลังงานที่เกิดขึ้นจะทำให้ก๊าซเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะผลักดันก๊าซที่อยู่รอบๆออกไป และก่อให้เกิดเป็นคลื่นความดันเคลื่อนที่ออกไปอย่างรวดเร็วจากจุดที่เกิดการระเบิด คลื่นความดันนี้มีพลังงานที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งที่อยู่รอบด้าน

ปัจจัยที่มีผลต่อการระเบิด ได้แก่

1) อุณหภูมิ
2) ความดันบรรยากาศ
3) ส่วนประกอบของสารที่ก่อให้เกิดระเบิด
4) คุณสมบัติทางกายภาพของสารที่ก่อให้เกิดการระเบิด
5) ธรรมชาติของสิ่งที่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟ
6) ลักษณะของสิ่งแวดล้อมว่าเป็น บริเวณจำกัด (Confined) หรือบริเวณโล่ง (Unconfined)
7) ปริมาณทั้งหมดของสารก่อให้เกิดการระเบิด
8) ความปั่นป่วน (Turbulence) ของสารก่อให้เกิดการระเบิด
9) เวลาก่อนการจุดติดไฟ
10) อัตราการปล่อยพลังงานของสารที่เกิดการระเบิด

คลื่นความดันที่แผ่กระจายออกไปในอากาศเรียกว่า คลื่นระเบิด จะเกิดเป็นเหมือนลมพัดกรรโชกอย่างรุนแรงตามมาหลังจากเกิดคลื่นความดัน ส่วนคลื่นกระแทก (Shock Wave) เกิดเมื่อความดันด้านนอก (Pressure Front) มีการเปลี่ยนแปลงของความดันอย่างทันทีทันใด ซึ่งมักเกิดจากวัตถุระเบิดแรงสูง เช่น ไตรไนโตรโทลูอีน (Trinitrotoluene ; TNT) หรืออาจเกิดจากการเสียหายอย่างทันทีทันใดของถังความดัน (Pressure Vessel) ความดันสูงสุดที่เกิดเหนือความดันบรรยากาศเรียกว่า Peak Overpressure เมื่อสารเคมีถูกเผาไหม้หมด Reaction Front ก็จะสิ้นสุดลง แต่คลื่นความดันยังเคลื่อนที่ออกไป คลื่นความดันนี้จะรวมกับลมกรรโชกที่เกิดขึ้นภายหลัง เรียกว่า คลื่นระเบิด ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดความเสียหาย ซึ่งผลกระทบที่เกิดจากคลื่น Shock Wave ต่อสภาพแวดล้อม และผลกระทบที่เกิดจากแรงระเบิด (Overpressure) ต่อชีวิต แสดงดังตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.4 ผลกระทบที่เกิดจากคลื่นกระแทกต่อสภาพแวดล้อม

โครงสร้าง	ผลของคลื่นกระแทก (Shock Wave)	ค่าความดันสูงสุด	
		ปอนด์/ตารางนิ้ว	กิโลปาสคาล
กระจกหน้าต่าง	กระจกแตก	0.5-1	3.5-7
แผ่นเหล็กหรืออลูมิเนียม	รอยต่อแตก และโค้งงอ	1-2	7-14
แผ่นไม้สำหรับสร้างบ้าน	รอยต่อแตกและอาจทำให้แผ่นไม้ถูกพัดพาไป	1-2	7-14
ผนังคอนกรีตที่มีความหนา 8 หรือ 12 นิ้ว	ผนังแตกละเอียด	2-3	14-21
ตึกที่มีแผ่นเหล็กเป็นโครงสร้าง	พังทลาย	3-4	21-28
แท็งก์บรรจุน้ำมัน	แท็งก์แตก	3-4	21-28
รถบรรทุกของ	พลิกคว่ำ	7	48
ผนังอิฐหนา 8 หรือ 12 นิ้ว	ผนังร้าวและโค้งงอ	7-8	48-55

ที่มา: ณัฐวัตร มนต์เทวัญ, 2543

ตารางที่ 2.5 ผลกระทบที่เกิดจากแรงระเบิดต่อชีวิต

แรงระเบิด (Overpressure – PSI)	ผลกระทบ
5	เริ่มเกิดอาการแก้วหูฉีกขาด
15	แก้วหูฉีกขาด ร้อยละ50
30-40	ปอดเริ่มเสียหาย
80+	ปอดเสียหายรุนแรง
100-120	อาจทำให้เสียชีวิต
130-180	เกิดการเสียชีวิตได้ ร้อยละ50
200-250	เสียชีวิตเกือบร้อยละ100

ที่มา: สุพร สาครอรุณ, 2544

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาผลกระทบจากแรงดันเนื่องจากการระเบิด ส่วนใหญ่นิยมใช้เกณฑ์ที่กำหนดโดยธนาคารโลก (World Bank) ซึ่งกำหนดค่าระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิดอยู่ที่ 4, 14 และ 35 กิโลปาสคาล สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดโดย US.EPA กำหนดค่าระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิดอยู่ที่ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Pound per Square Inch ; psi) หรือ 7 กิโลปาสคาล (อ้างอิงในเอกสาร Code Federation Regulation ของสหรัฐอเมริกา ส่วนที่ 40 CFR Part 68) เป็นเกณฑ์มาตรฐานค่าระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิดและผลกระทบแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิด และผลกระทบที่เกิดจากแรงระเบิด

ระดับแรงดันเนื่องจากการระเบิด (กิโลปาสคาล)	ผลกระทบ
4	ร้อยละ 90 ของหน้าต่างจะสั่น และแตกบางส่วน
7	กระจกแตก กระเบื้องหลังคาหลุดออก
14	บ้านเสียหายบางส่วน (ยังซ่อมแซมได้) ฝาถังน้ำมันถูกทำลาย
35	บ้านถูกทำลาย อุปกรณ์ในโรงงานถูกทำลาย เกิดการรั่วไหลของเชื้อเพลิงในถังเก็บ

ที่มา: วราวุธ เสือดี, 2551

2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินอันตรายจากสารเคมี (Hazard Analysis)

ขั้นตอนที่สำคัญของการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉินจากสารเคมี คือ การประเมินอันตราย (Hazard Analysis) จากสารเคมี โดยผลการประเมินจะบอกได้ถึงอันตรายที่อาจพบเพื่อการเตรียมพร้อมต่ออันตรายที่อาจเกิดขึ้นนั้น การประเมินอันตรายประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification) จากชนิด และปริมาณสารเคมีในพื้นที่

2) การประเมินผลกระทบ (Vulnerability Analysis) โดยการประเมินรัศมีผลกระทบการรั่วไหลของสารเคมีจากปริมาณการรั่วไหล สภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศ และการระบุประชากรกลุ่มเสี่ยงและสิ่งแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบ

3) การประเมินความเสี่ยง (Risk Analysis) โดยพิจารณาจากโอกาสที่จะเกิดการรั่วไหลและความรุนแรงของผลกระทบ (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

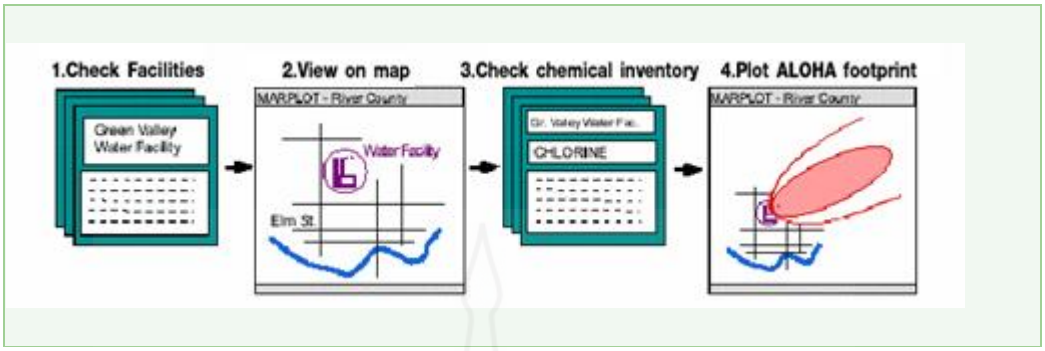
ปัจจุบันมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาใช้ในการประเมินผล เพื่อตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากอุบัติภัยของสารเคมีอย่างแพร่หลาย ดังนี้

2.1 คามิโอ (Computerized-Aid Management in Emergency Operation ; CAMEO)

CAMEO เป็นโปรแกรมที่องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency ; US EPA) ร่วมกับองค์การบริหารสมุทรศาสตร์ และบรรยากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (National Oceanic and Atmospheric Administration ; NOAA) จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถนำประเมินผลเพื่อการจัดทำแผนงานด้านการเตรียมความพร้อมในการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี (Planning) การใช้ข้อมูลประกอบการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีในพื้นที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็ว (Response) และการสนับสนุนข้อมูลเพื่อการดำเนินงานตามกฎระเบียบต่างๆ (Compliance) โดย CAMEO ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 3 โปรแกรมที่สามารถดึงข้อมูลมาใช้งานร่วมกัน ได้แก่ CAMEO ALOHA และMARPLOT การใช้งานสามารถนำมาใช้ได้ 2 ลักษณะ คือ

1) จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบที่สามารถดึงมาใช้งานได้ง่ายที่จำเป็นสำหรับการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี (ภาพที่ 2.4)

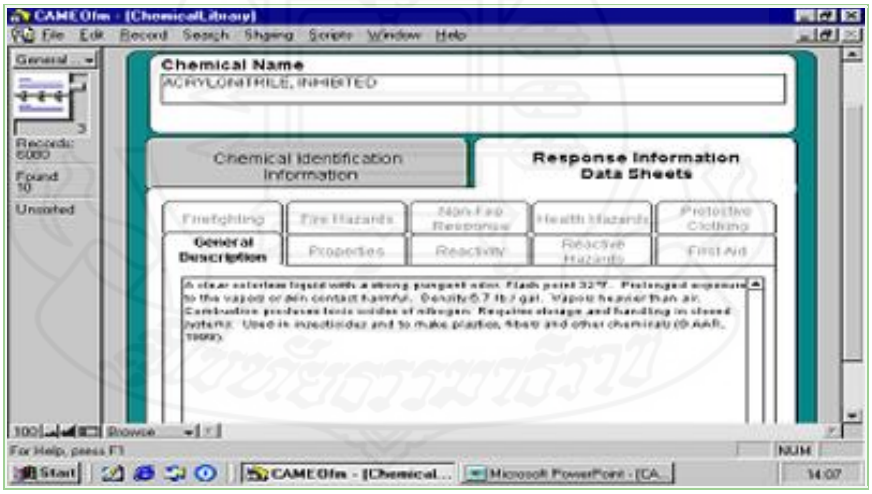
2) ช่วยในการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมีเฉพาะพื้นที่



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการใช้โปรแกรม CAMEO

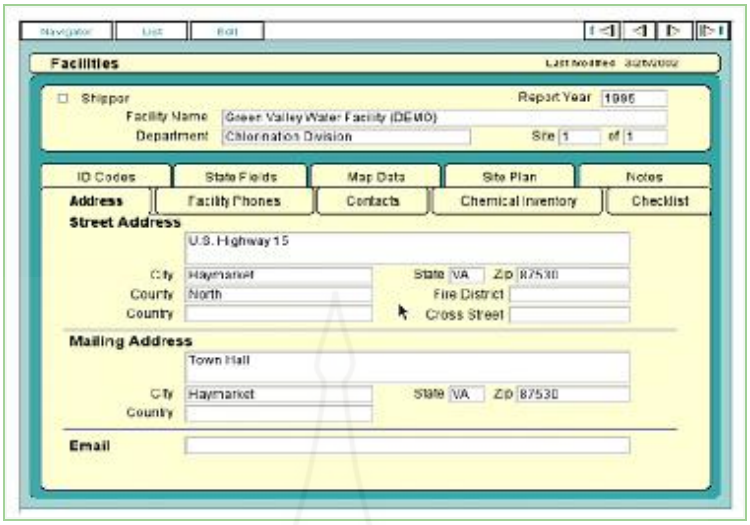
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

CAMEO มีลักษณะเป็นฐานข้อมูล ซึ่งมีข้อมูลสารเคมีกว่า 6,000 ชนิด ประกอบด้วยข้อมูลด้านการบ่งชี้สารเคมี อันตรายต่อสุขภาพ อันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ วิธีระงับภัยเบื้องต้น และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ฯลฯ ซึ่งผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินได้ (ภาพที่ 2.5) อีกทั้งยังสามารถกรอกข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม/สถานประกอบการ สารเคมีที่เก็บและใช้ รวมทั้งรายชื่อผู้ที่สามารถติดต่อได้ในกรณีฉุกเฉินเฉพาะพื้นที่ได้ด้วย (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.5 ข้อมูลทั่วไปของสารเคมี (Chemical Identification Information) และข้อมูล ประกอบการตัดสินใจตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากสารเคมี (Response Information Data Sheets)

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

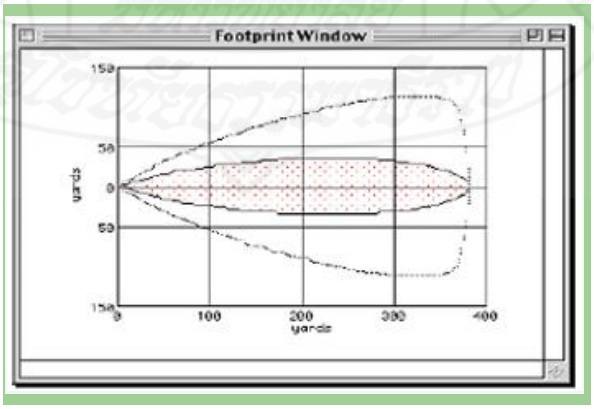


ภาพที่ 2.6 ฐานข้อมูลที่คณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการฉุกเฉิน
จากสารเคมีสามารถจัด เก็บข้อมูลเฉพาะพื้นที่

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

2.2 อโลฮา (Ariel Location of Hazardous Atmosphere ; ALOHA)

ALOHA เป็นแบบจำลองการแพร่กระจายของสารเคมีที่รั่วไหลไปในอากาศตามลักษณะเฉพาะของสารเคมี และสภาพภูมิอากาศ ผลการประเมินจะแสดงลักษณะการแพร่กระจาย ทิศทางการแพร่กระจาย และความเข้มข้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของกลุ่มหมอก หรือไอของสารเคมีบนแผนที่อิเลคทรอนิกส์บนโปรแกรม MARPLOT ได้ เมื่อใส่ข้อมูล ปัจจัยที่เกี่ยวข้องของเหตุรั่วไหลสารเคมีแล้ว ALOHA จะแสดงผลเรียกว่า เขตครอบคลุม (Footprint) เป็นอาณาเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมีความรุนแรง 3 ระดับ คือ สีแดง สีส้ม และสีเหลือง (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 เขตครอบคลุมของไอสารเคมี

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

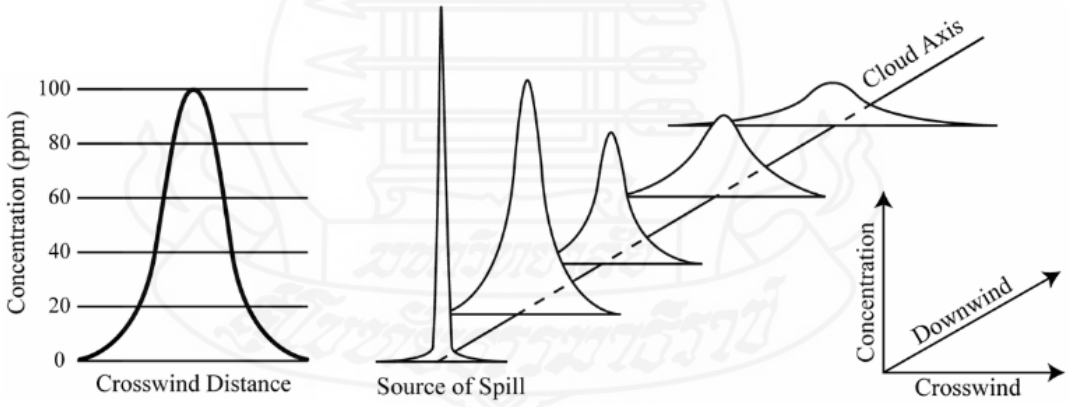
2.2.1 แบบจำลองการแพร่กระจาย (Dispersion Model)

สำหรับโปรแกรม ALOHA จะประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของสารเคมี ได้แก่ ความเป็นพิษต่อสุขภาพ, การกระจายของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ, การแผ่รังสีความร้อน หรือแรงดัน โดยกำหนดเป็นระดับของความรุนแรง (Levels of Concern ; LOCs) ซึ่งแบบจำลองการแพร่กระจายถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1) การแพร่กระจายของก๊าซที่มีสภาพการลอยตัวเหมือนอากาศ (Gaussian Equation)

โปรแกรม ALOHA ใช้สมการเกาส์เซียน (Gaussian Equation) ในการทำนายการแพร่กระจายของก๊าซที่มีสภาพการลอยตัวเหมือนอากาศ แล้วแพร่กระจายไปในอากาศ ซึ่งก๊าซที่มีสภาพการลอยตัวเหมือนอากาศนี้จะมีความหนาแน่นเท่าๆ กับอากาศ โดยมีสมมติฐานว่า ลักษณะการเคลื่อนไหวของสภาวะอากาศ และลมจะเป็นตัวนำพาโมเลกุลของก๊าซนั้น เคลื่อนที่แพร่กระจายไปในอากาศตามอิทธิพลของทิศทางลม และการปั่นป่วน (Turbulent) จะเป็นตัวช่วยให้โมเลกุลของก๊าซนั้นเคลื่อนที่ไปในแนวตั้งฉากกับทิศทางลม

รูปร่างความเข้มข้นของโมเลกุลของก๊าซที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมทั้งในแนวราบ และแนวดิ่ง จะมีรูปร่างเหมือนระฆังคว่ำ ซึ่งจะมีความเข้มข้นสูงที่ค่าตรงกลาง และความเข้มข้นลดลงตามลำดับกันไปที่ด้านข้าง ในบริเวณที่ใกล้กับจุดรั่วไหลจะมีค่าความเข้มข้นสูง และเมื่ออยู่ห่างจากจุดรั่วไหล ก็จะมีความเข้มข้นลดลงตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2.8

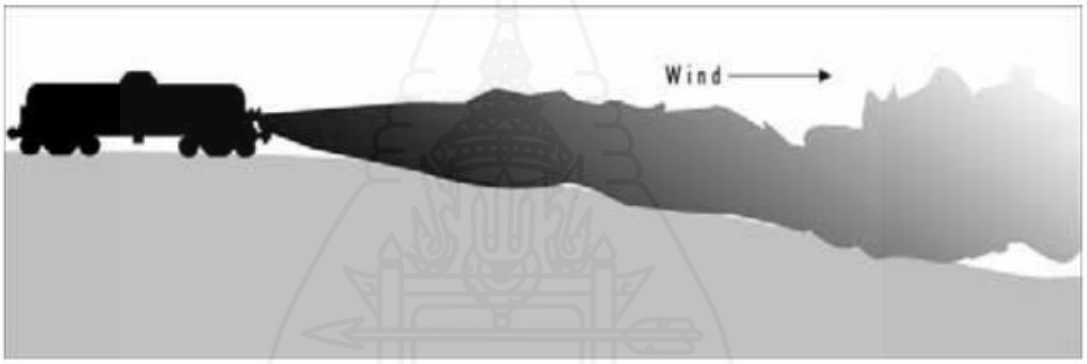


ภาพที่ 2.8 การกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian)

ที่มา: U.S.Environmental Protection Agency (2007)

2) การแพร่กระจายของก๊าซที่มีคุณสมบัติหนักกว่าอากาศ (Heavy Gas)

ในกรณีที่ก๊าซนั้นมีคุณสมบัติหนักกว่าอากาศ การแพร่กระจายจะแตกต่างจากในกรณีที่แรงลอยตัวเท่ากับอากาศ เนื่องจากในช่วงแรกที่มีการรั่วไหลออกมาจากแหล่งกำเนิดจะจมลงสู่พื้น เพราะมีน้ำหนักมากกว่าอากาศที่อยู่โดยรอบ หลังจากนั้นเมื่อลมพัดพาไปในทิศใต้ลมก็จะมีการแพร่กระจายออกไปเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ซึ่งอาจทำให้กลุ่มไอของสารเคลื่อนที่ไปในทิศทางเหนือลมได้บ้าง เมื่อสารมีการแพร่กระจายจนความเข้มข้นเจือจางลง และความหนาแน่นน้อยลงจนใกล้เคียง หรือเท่ากับความหนาแน่นของอากาศก็จะมีสภาพการลอยตัวเหมือนอากาศ ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่มีความเข้มข้นของก๊าซที่หนักในอากาศมีสภาพแวดล้อมทั่วไปลดลงประมาณร้อยละ 1 ในกรณีนี้จะเกิดขึ้นภายในระยะทาง 2-3 หลาจากแหล่งกำเนิดขนาดเล็ก และหากมีการรั่วไหลปริมาณมาก จากแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ก็จะเกิดขึ้นในระยะทางไกลกว่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การแพร่กระจายเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ที่มา : U.S.Environmental Protection Agency (2007)

ก๊าซที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าอากาศ (น้ำหนักโมเลกุลของอากาศมีค่าประมาณ 29 กิโลกรัมต่อกิโลโมล) จะเกิดเป็นกลุ่มก๊าซหนัก (Heavy Gas Clould) จากจุดรั่วไหลจากแหล่งกำเนิด หากความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหลมีค่าสูงกว่าความหนาแน่นของอากาศก็จัดอยู่ในประเภทก๊าซที่มีความหนาแน่นกว่าอากาศ การที่ก๊าซนี้จะทำให้เกิดกลุ่มก๊าซหนัก ก็เนื่องจากช่วงที่มีการรั่วไหลมีความหนาแน่นสูง และอยู่ในอุณหภูมิต่ำ

โปรแกรม ALOHA สามารถประเมินผลได้ ดังนี้

1) การรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ ซึ่งประกอบด้วยการประเมิน 3 ลักษณะ คือ

(1) การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

(2) การประเมินการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

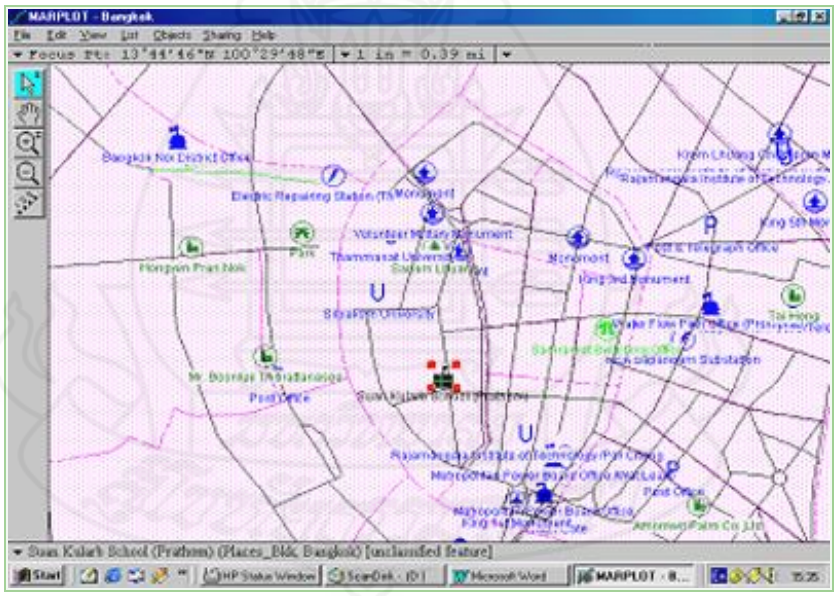
(3) การประเมินรัศมีการรั่วไหลของการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

2) การประเมินการเกิดเพลิงไหม้แบบไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) ในลักษณะรังสีความร้อน

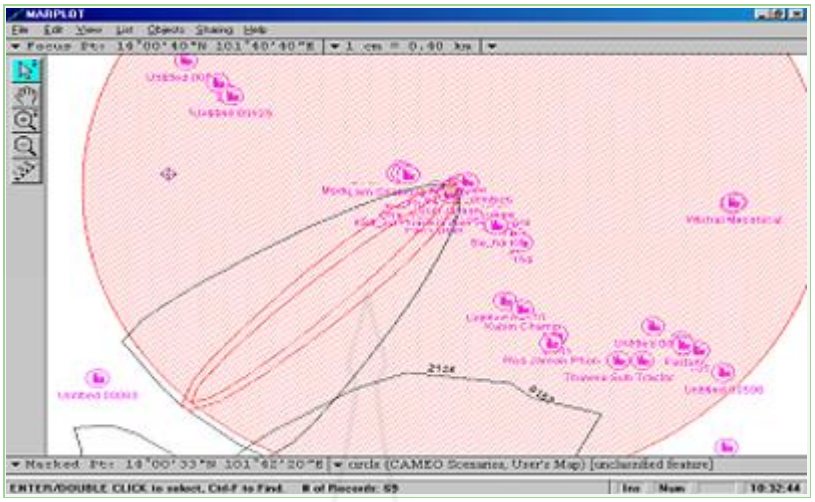
3) การประเมินการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) ในลักษณะปริมาณรังสีความร้อนอันตรายจาก ลูกไฟ (Fireball)

2.3 มาร์พล็อต (Mapping Application for Response, Planning, and Operation ; MARPLOT)

MARPLOT เป็นโปรแกรมที่แสดงข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์บนแผนที่อิเลคทรอนิกส์ แสดงที่ตั้งโรงงาน/สถานประกอบการ โรงพยาบาล โรงเรียน แม่น้ำ และถนน เป็นต้น (ภาพที่ 2.10) โปรแกรมสามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงจากการเกิดอุบัติภัยจากสารเคมี โดยแสดงเป็นบริเวณรอบโรงงานที่เกิดเหตุ และมีรัศมีตามที่ได้จากการคำนวณของ โปรแกรม CAMEO หรือแสดงลักษณะและทิศทางการแพร่กระจายจากการคำนวณของโปรแกรม ALOHA (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.10 แผนที่ Marplot ที่ตั้งของโรงงาน ชุมชน และสถานที่สำคัญต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างพื้นที่เสี่ยงภัยจากสารเคมีของโรงงานที่มีการใช้แอมโมเนีย ณ จังหวัดปราจีนบุรีจากการคำนวณโดยโปรแกรม CAMEO และ ALOHA

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2558

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินการแพร่กระจายด้านอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยาเป็นศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอากาศและปรากฏการณ์ของภูมิอากาศ ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม นำมาใช้ประโยชน์ต่อชีวิตมนุษย์ ต่อคนในอาชีพต่างๆ เช่น ชาวนา ชาวประมง วิศวกร นักบริหารธุรกิจ เป็นต้น ซึ่งนำมาใช้ในทั้งทางตรง และทางอ้อม ซึ่งในการศึกษาการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ ข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในโปรแกรม ALOHA เพื่อทำนายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

3.1 อุณหภูมิ ใช้หน่วยองศาเซลเซียส หรือฟาเรนไฮต์ วัดโดย เทอร์โมมิเตอร์

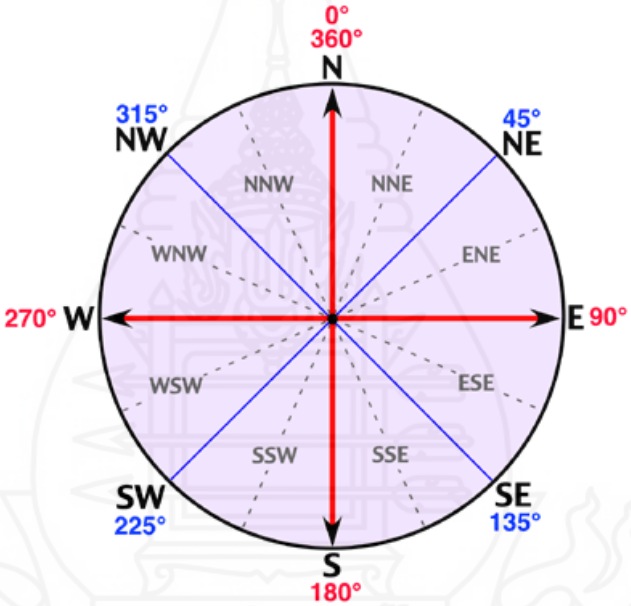
3.2 ลม ที่เกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของความเร็วลม โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) หน่วยที่ใช้ คือ นอต (Knots) MPH หรือ mps และทิศทางลม โดยอุปกรณ์วัดทิศทางลม (Wind Vane)

ลม คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน ส่วนกระแสอากาศคือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่า ลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้

3.2.1 การวัดลม การวัดลมมีวิธีการวัด 2 วิธี คือ วัดทิศลม และวัดความเร็วลม

ทิศลม อาจเรียกชื่อตามทิศต่างๆ ของเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาจากทิศจริง ปัจจุบันการวัดทิศลมนิยมวัดทิศลมตามเข็มทิศ และวัดเป็นองศา ถ้าวัดทิศลมด้วยเข็มทิศ เข็มทิศจะ

ถูกแบ่งออกเป็น ทิศใหญ่ๆ 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ซึ่งทิศทั้ง 4 ทิศ เมื่อแบ่งย่อยอีกจะเป็น 8 ทิศ โดยจะเพิ่มทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งจาก 8 ทิศ ให้ย่อยเป็น 16 ทิศ หรือ 32 ทิศ ได้อีก (ภาพที่ 2.12) แต่การรายงานทิศนั้น มักนิยมรายงานจำนวนทิศเพียง 8 หรือ 16 ทิศ เท่านั้น ส่วนการวัดทิศลมที่เป็นองศาบอกมุมของลมจากทิศจริง ในลักษณะที่เวียนไปตามเข็มนาฬิกา ใช้สเกลจาก 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา ซึ่งสามารถเปรียบเทียบทิศทางลมได้ตามตารางที่ 2.7 เช่น ลมทิศ 0 องศา หรือ 360 องศา เป็นทิศตะวันออก, ลมทิศ 45 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ลมทิศ 90 องศา เป็นทิศตะวันออก, ลมทิศ 135 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 180 องศา เป็นทิศใต้, ลมทิศ 225 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 270 องศา เป็นทิศตะวันตก และลมทิศ 315 องศา เป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 2.12 ทิศลมเรียกเป็นองศาจากทิศจริง

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบทิศทางลม

องศา (Degrees)	ทิศ (Compass Points)	ทิศลมผิวพื้นที่พัดเข้าหาสถานีทุก 10 องศา (Tens of Degrees)	องศา (Degrees)	ทิศ (Compass Points)	ทิศลมผิวพื้นที่พัดเข้าหาสถานีทุก 10 องศา (Tens of Degrees)
355 - 004	N	36	175 - 184	S	18
005 - 014		01	185 - 194		19
015 - 024	NNE	02	195 - 204	SSW	20
025 - 034		03	205 - 214		21
035 - 044		04	215 - 224		22
045 - 054	NE	05	225 - 234	SW	23
055 - 064		06	235 - 244		24
065 - 074	ENE	07	245 - 254	WSW	25
075 - 084		08	255 - 264		26
085 - 094	E	09	265 - 274	W	27
095 - 104		10	275 - 284		28
105 - 114	ESE	11	285 - 294	WNW	29
115 - 124		12	295 - 304		30
125 - 134		13	305 - 314		31
135 - 144	SE	14	315 - 324	NW	32
145 - 154		15	325 - 334		33
155 - 164	SSE	16	335 - 344	NNW	34
165 - 174		17	345 - 354		35

ที่มา: กองข่าวอากาศ คปอ., 2558

3.2.2 การพิจารณาหาค่าทิศทางลม (Determination of Wind Direction)

1) จากเครื่องวัดทิศทาง และความเร็วลมแบบบันทึก หรือแบบตัวเลข หรือจากหน้าปัทม์เครื่องวัดแบบเข็มชี้

2) สถานีตรวจอากาศที่ไม่มีเครื่องวัดทิศทาง และความเร็วลม หรือมีแต่ชำรุด ให้พิจารณาค่าทิศทางลมจากการสังเกต กรวยของเครื่องวัดลม, การเคลื่อนไหวของใบไม้, การลอยตัวของควัน หรือการหันหน้าเข้าหาลม ไม่ใช้การเคลื่อนตัวของเมฆในการพิจารณาค่าทิศทางลมผิวพื้น

3) เมื่อค่าทิศทางลมแปรปรวน 60 องศา หรือมากกว่า ในช่วงเวลาการตรวจอากาศ และมีความเร็วลมมากกว่า 6 นอต ให้พิจารณาค่าทิศทางที่แปรปรวน เพื่อใช้ในการตรวจอากาศ

3.2.3 หน่วยในการวัด (Units of Measure) ทิศทางลมจะรายงานค่าใกล้เคียง 10 องศา มีหน่วยเป็นนอต โดยรายงานจำนวนเต็มของนอต โดยใช้การแปลงค่าจากนอตเป็นเมตรต่อวินาที ตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การแปลงค่าจากนอตเป็นเมตรต่อวินาที

นอต	เมตรต่อวินาที (Meters per second)									
(Knots)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
10	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
20	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15
30	15	16	17	17	18	18	19	19	20	20
40	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25
50	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30
60	31	31	23	23	33	34	34	35	35	36
70	36	37	37	38	38	39	39	40	40	41
80	41	42	42	43	43	44	44	45	45	46
90	46	47	47	48	48	49	49	50	50	51
100	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56
110	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61

1 นอต = 0.514791 เมตร/วินาที 1 เมตร/วินาที = 1.94254 นอต

ที่มา: กองข่าวอากาศ คปอ., 2558

1) ความเร็วลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม อธิบายดังในรูปของสมการ

$$P = kv^2$$

P = ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม

V = ความเร็วลม

K = ค่าคงที่ของหน่วยที่ใช้

การพิจารณาหาค่าความเร็วลมเฉลี่ย (Determination of Average Wind Speed) ข้อปฏิบัติในการตรวจและรายงานค่าความเร็วลมเฉลี่ย

2) เฉลี่ยภายใน 2 นาที ช่วงเวลาก่อนการตรวจอากาศ

3) ถ้าไม่มีเครื่องมือตรวจวัด หรือมีแต่ชำรุด ให้ใช้มาตราโบฟอร์ต ตารางที่ 2.9 เป็นแนวทางในการกะประมาณค่าความเร็วลม และให้พิจารณาค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วง 2 นาที

ตารางที่ 2.9 มาตราโบฟอร์ต

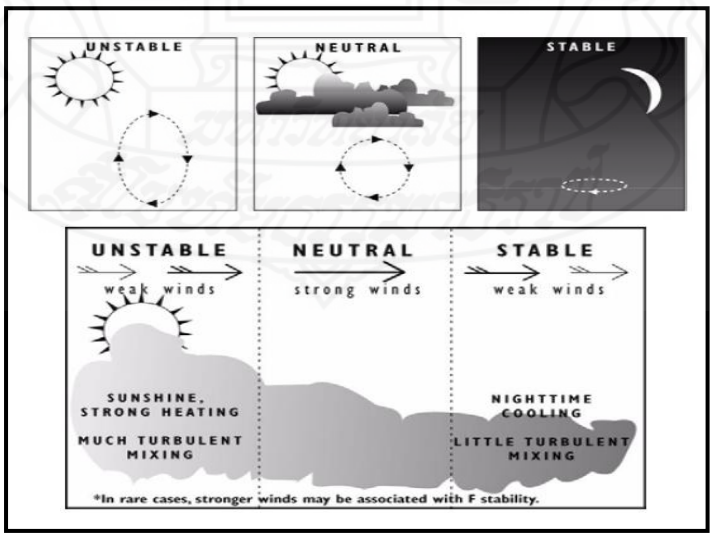
มาตรา	กิโลเมตรต่อชั่วโมง	ไมล์ต่อชั่วโมง	นอต	ชนิดลม	ปรากฏการณ์
0	< 1	< 1	< 1	ลมสงบ	ลมสงบ ควันลอยขึ้นตรง
1	1-5	1-3	1-3	ลมแผ่ว	ทิศทางลมสังเกตได้จากควันแต่ไม่ใช่จากศรลม
2	6-11	4-7	4-6	ลมเฉื่อย	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	12-19	8-12	7-10	ลมอ่อน	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆเคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคลี่ออกตามลม
4	20-28	13-18	11-16	ลมปานกลาง	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆเคลื่อนไหว
5	29-38	19-24	17-21	ลมกระโชก	ต้นไม้เล็กๆเริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นระลอก
6	39-49	25-31	22-27	ลมแรง	กิ่งไม้ใหญ่โยกไปมา สายโทรเลขดังหวือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	50-61	32-38	28-33	พายุปานกลาง	ต้นไม้โอนเอน เดินต้านลมไม่สะดวก
8	62-74	39-46	34-40	พายุ	กิ่งไม้หัก ระเนระนาดทั่วไป
9	75-88	47-54	41-47	พายุกล้า	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย
10	89-102	55-63	48-55	พายุจัด	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	103-117	64-72	56-63	พายุรุนแรง	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12	118+	73+	64+	เฮอริเคน	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

ที่มา: กองข่าวอากาศ คปอ., 2558

ภูมิอากาศ หมายถึง การศึกษาสภาพของบรรยากาศ ลมฟ้าอากาศ หรืออากาศประจำถิ่นของบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปช่วยในการพยากรณ์อากาศ และนำไปใช้เป็นประโยชน์ในกิจการต่างๆ จากคำอธิบายนี้ จะเห็นได้ว่า ภูมิอากาศก็คือ ผลเฉลี่ยระยะยาวของอุณหภูมิ ฝน ลม และสารประกอบอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ ของกาลอากาศนั่นเอง หรืออาจจะกล่าวได้ว่า กาลอากาศ คือ พฤติการณ์หรือปรากฏการณ์ของกาลอากาศปัจจุบัน ส่วนภูมิอากาศเป็นผลเฉลี่ยของกาลอากาศในระยะยาว (ตามธรรมดาตั้งแต่ 30 หรือ 35 ปีขึ้นไป) ตัวอย่างเช่น วันนี้กาลอากาศของกรุงเทพมหานครมีฝนตก ส่วนกรุงเทพมหานครนั้น อยู่ในภูมิอากาศของโซนร้อน และชื้น เป็นต้น

ความเสถียรของบรรยากาศ (Atmospheric Stability) คือ สภาพของบรรยากาศที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ นิยมใช้ของพาสกิลล-กิฟฟอร์ด (Pasquill-Gifford) โดยกำหนดเป็นระดับ A B C D E และ F ซึ่ง A คือ ระดับที่บรรยากาศไม่เสถียรอย่างมาก(Extreamely Unstable)

ระดับ (Class)	คำอธิบาย (Definition)
A	บรรยากาศไม่เสถียรอย่างมาก (Extreamely Unstable)
B	บรรยากาศไม่เสถียรพอสมควร (Moderately Unstable)
C	บรรยากาศไม่เสถียรเล็กน้อย (Slightly Unstable)
D	บรรยากาศเสถียร (Neutral)
E	บรรยากาศเสถียรเล็กน้อย (Slightly Stable)
F	บรรยากาศเสถียรพอสมควร (Moderately Stable)



ภาพที่ 2.13 ผลของรังสีต่อเสถียรภาพในชั้นบรรยากาศ

ที่มา: Aloha Manual, 2007

ความเสถียรของบรรยากาศมีความเกี่ยวข้องกับความเร็วลม การแผ่รังสีของแสงแดดในเวลากลางวัน และปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าในเวลากลางคืน ซึ่งมีผลอย่างมากในการทำนายด้วยโปรแกรม ALOHA ตามตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ความสัมพันธ์ของความเสถียรของบรรยากาศ กับความเร็วลม

ความเร็วลม* (Wind Speed*)			กลางวัน (Day)			กลางคืน (Night)	
			รังสีของดวงอาทิตย์ (Incoming Solar Radiation)			ปริมาณเมฆปกคลุม (Cloud Cover)	
เมตรต่อวินาที (m/s)	นอต (Knots)	ไมล์ต่อชั่วโมง (Miles/hour)	เข้ม** (Strong**)	ปานกลาง (Medium)	อ่อน*** (Slight***)	>50%	<50%
<2	<3.9	<2	A	A-B	B	E	F
2-3	3.9-5.8	2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	5.8-9.7	3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	9.7-11.7	5-6	C	C-D	D	D	D
>6	>6	>6	C	D	D	D	D

หมายเหตุ 1 : D คือ ความเสถียรสำหรับสภาวะท้องฟ้าถูกปกคลุมอย่างสมบูรณ์ในช่วงกลางวัน หรือกลางคืน

หมายเหตุ 2: ตารางนี้ชี้ให้เห็นปริมาณการแผ่รังสีในพื้นที่เหนือผิวดิน หากเหนือผิวน้ำ ระดับความเสถียรจะเป็น D หรือ E

* อ้างอิงความเร็วลมที่ความสูง 10 เมตร

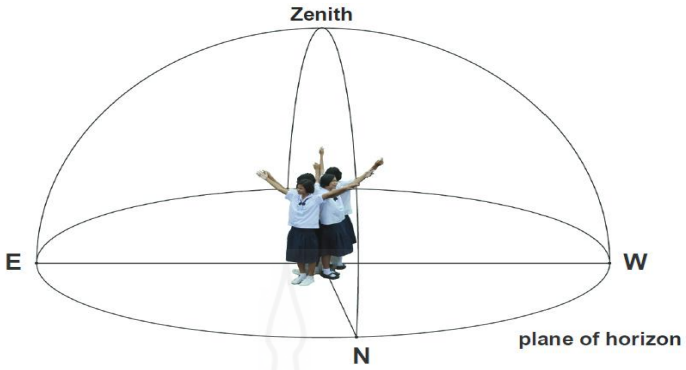
** "รังสีเข้ม" รังสีของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กันระหว่างสภาพท้องฟ้าที่ปลอดโปร่งกับความโด่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า (รังสีของดวงอาทิตย์ทำมุมมากกว่า 60 องศา)

*** "รังสีอ่อน" รังสีของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กันระหว่างสภาพท้องฟ้าที่ปลอดโปร่งกับความคล้อยต่ำของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า (รังสีของดวงอาทิตย์ทำมุมระหว่าง 15 กับ 35 องศา)

ที่มา: Aloha Manual, 2007

การศึกษาปริมาณเมฆปกคลุม (Cloud Cover)

ปริมาณ เมฆปกคลุม คือ ปริมาณเมฆทั้งหมดที่ปกคลุมทั่วท้องฟ้า ซึ่งนักอุตุนิยมวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ด้านภูมิอากาศจะนำข้อมูลปริมาณเมฆปก คลุมไปใช้คำนวณปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนหรือดูดซับไว้ก่อนที่จะ มาถึงพื้นผิวโลก รวมทั้งปริมาณรังสีจากพื้นผิวโลกที่จะถูกสะท้อนกลับหรือดูดซับไว้ก่อนที่จะกลับสู่อวกาศ ซึ่งมีวิธีการตรวจวัดโดยการ คาดคะเนปริมาณเมฆปกคลุม เป็นการตรวจวัดที่ขึ้นกับดุลยพินิจของแต่ละบุคคล โดยการสังเกตเมฆ มองท้องฟ้าในทุกทิศทาง (ครอบคลุม 360 องศา) ในแนวระนาบ คาดประมาณปริมาณเมฆปกคลุม ตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีเมฆ จนถึง ร้อยละ 90 (ภาพที่ 2.14) จากนั้นนำลักษณะที่สังเกตได้มาเปรียบเทียบค่าประมาณปริมาณเมฆปกคลุมตามตารางที่ 2.11



ภาพที่ 2.14 การสังเกตเมฆโดยตาเปล่าเพื่อจำแนกและปริมาณเมฆปกคลุม
ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558

ตารางที่ 2.11 ค่าประมาณปริมาณเมฆปกคลุม

เมฆปกคลุม	ค่าประมาณปริมาณเมฆปกคลุม
ไม่มีเมฆ	ท้องฟ้าไม่มีเมฆปกคลุม
ท้องฟ้าสดใส (Clear)	สังเกตเห็นเมฆ แต่ปกคลุมท้องฟ้าในอัตราส่วนน้อยกว่า1/10 (ร้อยละ10)
เมฆเป็นกลุ่มก้อนแยกตัวอย่างชัดเจน (Isolateed)	เมฆปกคลุมท้องฟ้าในอัตราส่วนระหว่าง 1/10 และ1/4 (ร้อยละ10-25)
เมฆกระจายตัว (Scattered)	เมฆปกคลุมท้องฟ้าในอัตราส่วนระหว่าง 1/4 และ1/2 (ร้อยละ25-50)
เมฆแตกแยก (Broken)	เมฆปกคลุมท้องฟ้าในอัตราส่วนระหว่าง 1/2 และ 9/10 (ร้อยละ50-90)
เมฆมาก ครึ้มฝน (Overcast)	เมฆปกคลุมท้องฟ้าในอัตราส่วนมากกว่า 9/10 (มากกว่าร้อยละ90)
ท้องฟ้าถูกบดบัง (Obscured)	ไม่สามารถมองเห็นเมฆได้เนื่องจาก 1/4ของท้องฟ้าถูกบดบัง

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558

กล่าวโดยสรุป ในการนำโปรแกรม ALOHA มาใช้ในการทำนายจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการนำเข้าข้อมูลที่มีเกณฑ์กำหนดตามที่ระบุในโปรแกรม ซึ่งการได้มาของข้อมูลแต่ละขั้นตอนนั้นต้องอาศัยฐานข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่จะจำลองขึ้นด้วย

4. กฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

จากการที่ ก๊าซ LPG มีบทบาทโดดเด่นมากในช่วงที่ราคาน้ำมันพุ่งสูงขึ้น จนก่อให้เกิดการใช้ก๊าซอย่างมากมาย หนึ่งในนั้นคือภาคอุตสาหกรรม ซึ่งก๊าซ LPG สามารถเข้ามาทดแทนการใช้น้ำมันได้ ด้วยเหตุนี้การใช้ก๊าซในภาคอุตสาหกรรมจึงมีปริมาณมากต่อราย ซึ่งหากไม่มีระบบการจัดเก็บที่ดีก็อาจส่งผลเสียหายอย่างที่ไม่คาดคิดเกิด ขึ้นได้ หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องจึงออกมาตรการมาเพื่อควบคุมการจัดเก็บก๊าซ LPG ในภาคอุตสาหกรรม

โดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานได้ออกมาตรการกำกับดูแลความปลอดภัยสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) โดยออกประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการ เก็บรักษา การกำหนดบุคลากรที่รับผิดชอบและการยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 สำหรับสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ.2554 โดยได้ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษาและมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 27 พฤษภาคม 2554 กฎหมายฉบับดังกล่าวเน้นไปที่การกำกับดูแลสถานที่ใช้ก๊าซ LPG ตามสถานประกอบการ เช่น โรงงาน, โรงแรม, ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น โดยจะมีการกำหนดสถานที่ใช้ก๊าซ LPG รวมไปถึงการใช้ภาชนะให้สอดคล้องการเก็บรักษาวัตถุอันตรายและมาตรฐานความ ปลอดภัยให้เป็นไปตามหลักสากล

กฎหมายกำหนดให้ผู้ที่ครอบครองก๊าซ LPG เกิน 250 กิโลกรัมต้องแจ้งข้อเท็จจริงการครอบครองต่อกรมธุรกิจพลังงาน หากครอบครองก๊าซ LPG เกิน 500 กิโลกรัมจะต้องขออนุญาต และต้องมีบุคลากรเฉพาะดูแลอย่างน้อย 1 คน และหากครอบครองก๊าซ LPG เกิน 1,000 กิโลกรัมต้องเก็บในถังเก็บและจ่ายก๊าซหรือถังเบาส์ แทนการใช้ถังก๊าซ LPG ขนาด 48 กิโลกรัม ซึ่งกฎหมายกำหนดให้ผู้ประกอบการต้องดำเนินการภายในระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่วันที่มีผลใช้บังคับ

จากข้อมูลที่กรมธุรกิจพลังงานมีอยู่พบว่า ผู้ประกอบการที่มีการครอบครองก๊าซ LPG เกิน 1,000 กิโลกรัมมีประมาณ 50 ราย โดยกรมธุรกิจพลังงานให้ระยะเวลาผู้ประกอบการกลุ่มนี้ดำเนินการปรับเปลี่ยน ถึง 2 ปี เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ อีกทั้งค่าใช้จ่ายต่อการเปลี่ยน 1 เบาส์อยู่ที่ประมาณ 3 แสนบาท ส่วนโรงงานขนาดเล็กที่ครอบครองถังก๊าซ LPG ขนาด 48 กิโลกรัมไม่เกิน 20 ถัง จะถือว่าอยู่ในกลุ่มครัวเรือน ซึ่งจะมีผลในเรื่องของราคาก๊าซที่จะมีการปรับโครงสร้างราคาในอนาคต

สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 4 พ.ศ.2529 ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2514 กระทรวงมหาดไทย ได้กำหนดขนาด และลักษณะภาชนะบรรจุก๊าซ ประเภทถังเก็บและจ่ายก๊าซ ที่ใช้บรรจุก๊าซติดตั้งไว้ในที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงตามกฎหมายว่าด้วยการเก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง สถานที่บรรจุก๊าซ หรือสถานที่เก็บก๊าซ ไว้ ดังนี้

1) ใช้บรรจุก๊าซได้เกิน 500 ลิตร

2) ตัวถังเก็บและจ่ายก๊าซชนิดที่มีรอยตะเข็บต้องเชื่อมตะเข็บด้วยไฟฟ้า

3) เป็นถังที่ทำด้วยเหล็กที่มีความเค้นประลัย (Untimate Stress) ไม่น้อยกว่าสี่เท่าของความเค้นที่เกิดขึ้น (Allowable Stress) เนื่องจากความดันใช้งานสูงสุดของก๊าซภายในถัง และไม่มีรอยแตกร้าวหรือส่วนบกพร่องอื่นๆที่อาจทำให้เกิดอันตรายได้

4) เป็นถังที่คำนวณออกแบบให้รับความดันของก๊าซได้ไม่น้อยกว่า 1.724 เมกาปาสคาลมาตร

5) ถังเก็บและจ่ายก๊าซที่ได้เจาะแล้ว ต้องเสริมความมั่นคงแข็งแรงตรงที่เจาะให้เพียงพอ และเกลียวของรอยเจาะต้องเป็นแบบเกลียวเรียว มีขนาดตามเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานของสถาบันที่เชื่อถือได้ หรือเป็นเกลียวตรงซึ่งกินเกลียวกันอย่างสนิทไม่น้อยกว่าสี่เกลียวและต้องทนแรงเฉือนได้ไม่น้อยกว่าสิบเท่าของความดันที่ใช้ทดสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ และต้องมีวัตถุกันก๊าซรั่วที่แน่นหนา

6) ส่วนประกอบที่นำมายึด ติด หรือต่อกับถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องไม่ทำให้ถังเก็บและจ่ายก๊าซรั่วได้

7) การต่อท่อหรืออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับถังเก็บและจ่ายก๊าซ้องมีลิ้นปิดเปิดซึ่งอยู่ใกล้กับถังเก็บและจ่ายก๊าซมากที่สุด

8) ผิวภายนอกของถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดินต้องทาสีรองพื้นกันสนิมไม่น้อยกว่าสองครั้ง แล้วทาทับหน้าด้วยสีลดความร้อนจากภายนอกไม่น้อยกว่าสองครั้ง

9) ผิวภายนอกของถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบกลบต้องทาทับด้วยวัสดุ ป้องกันการผุกร่อน เช่น ฟลิ้นท์โค้ทหรือยางแอสฟัลท์ หรือวัสดุที่ใช้แทนกันได้ไม่น้อยกว่าสองครั้ง

10) ตัวถังเก็บและจ่ายก๊าซไม่ว่าจะเป็นถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดิน หรือถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบกลบ ต้องยึดแน่นกับฐานถังเก็บและจ่ายก๊าซ และฐานถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องยึดแน่นกับเสารับถังเก็บและจ่ายก๊าซหรือฐานรากถังเก็บและจ่ายก๊าซในลักษณะที่ไม่อาจเคลื่อนที่หรือลอยตัวได้ และเสารับถังเก็บและจ่ายก๊าซและฐานรากถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องมีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักถังเก็บและจ่ายก๊าซและน้ำหนักของก๊าซในอัตราสูงสุดที่บรรจุอยู่ในถังเก็บและจ่ายก๊าซนั้นได้

11) ฐานถังเก็บและจ่ายก๊าซและเสารับถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องทำด้วยวัสดุทนไฟที่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง

12) ถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดินและถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบกลบของสถานีบริการต้องเป็นถังเก็บและจ่ายก๊าซที่มีความจุไม่เกิน 10,000 ลิตร

13) ถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบเหนือพื้นดิน ต้องมีระบบท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังเพื่อลดอุณหภูมิของผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซ

ถังเก็บและจ่ายก๊าซต้องมีอุปกรณ์ติดตั้งกับถังเก็บและจ่ายก๊าซ อย่างน้อย ดังนี้

1) ข้อต่อท่อรับและท่อจ่ายก๊าซ

2) ข้อต่อท่อสำหรับระบายของเหลวออก

3) เครื่องวัดความดัน

4) เครื่องวัดระดับก๊าซ

5) กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย

6) ฝาครอบหรือโกร่งกำบังอุปกรณ์ตาม 3) 4) และ 5)

ในกรณีที่เป็นถังเก็บและจ่ายก๊าซแบบกลบต้องมีท่อ (Man Hole) ต่อจากถังออกมาภายนอกหรือเหนือวัสดุที่กลบเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ตาม 3) 4) 5) 6) และอุปกรณ์อื่นๆตามที่เหมาะสม

นอกจากกฎกระทรวงดังกล่าว ยังมีกฎหมายและมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว แสดงในตารางที่ 2.12 ดังนี้

ตารางที่ 2.12 กฎหมาย และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลว

กฎหมาย	หัวข้อกฎหมาย
1	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดวิธีการและเงื่อนไขในการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2556
2	ระเบียบกรมธุรกิจพลังงาน ว่าด้วยหลักเกณฑ์ และวิธีการทดสอบและตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ หรือถังขนส่งก๊าซที่ผลิตขึ้นใหม่ โดยการนำเข้าจากต่างประเทศ พ.ศ. 2556
3	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดวิธีการและเงื่อนไขในการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556
4	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดวิธีการและเงื่อนไขในการขนส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2555
5	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง แผนผังและรูปแบบของสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554
6	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ การฝึกอบรมเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว การระวังและการป้องกันอันตรายของบุคลากรเฉพาะที่รับผิดชอบดูแลสถานที่ใช้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554
7	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง คุณสมบัติและลักษณะต้องห้ามของผู้ทดสอบและตรวจสอบ พ.ศ. 2554

ตารางที่ 2.12 (ต่อ)

กฎหมาย	หัวข้อกฎหมาย
8	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การกำหนดบริเวณอันตราย ในการติดตั้งระบบไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า และบริภัณฑ์ของสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554
9	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กฎเกณฑ์เกี่ยวกับการเก็บรักษาและการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากถังก๊าซหุงต้ม ในสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554
10	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การทดสอบและตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ พ.ศ. 2554
11	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การวางระบบท่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว และการติดตั้งอุปกรณ์ เข้ากับถังเก็บและจ่ายก๊าซ ในสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พ.ศ. 2554
12	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดแบบและรายการข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ที่ซื้อหรือได้มา ที่ใช้ไป ที่จำหน่าย และคงเหลือในแต่ละเดือน พ.ศ. 2554
13	ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง สถานที่ยื่นคำขออนุญาตมีไว้ในครอบครองซึ่งวัตถุอันตรายที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2554
14	ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการเก็บรักษา การกำหนดบุคลากรที่รับผิดชอบและการยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติ วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 สำหรับสถานที่ที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ.2554
15	กฎกระทรวงฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2536) ออกตามความในประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514
16	ประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 28 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาวันที่ 29 ธันวาคม 2514
17	กฎกระทรวงฉบับที่ 4 พ.ศ. 2529 ออกตามความในพระราชบัญญัติของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 28 ลงวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2514
18	ประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์ มาตรฐาน การก่อสร้างและการติดตั้งสถานีควบคุม ภาชนะบรรจุก๊าซ เครื่องสูบอัดก๊าซ ระบบท่อก๊าซ และอุปกรณ์ก๊าซ พ.ศ. 2550
19	พระราชบัญญัติน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2521
20	พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535
21	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2543) เรื่องมาตรการการคุ้มครองความปลอดภัย ในการดำเนินงาน
22	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่อง -ถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว มอก.27-2540 -กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบายของถังก๊าซ มอก.255-2521 -การใช้ และการซ่อมบำรุงถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว มอก.915-2532 -ถังเก็บและจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว มอก.945-2533 -ก๊าซปิโตรเลียมเหลว มอก.450-2525

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการสารเคมีรั่วไหล

พีระศักดิ์ บุญพามา (2552) นำโปรแกรมอโลฮามาประยุกต์ใช้ทำนายการแพร่กระจายของไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อประเมินผลกระทบจากการแพร่กระจายของกลุ่มหมอก ไอระเหย การระเบิดของกลุ่มหมอกไอระเหย และจากการรั่วไหลของไฮโดรเจนซัลไฟต์ การแผ่รังสีความร้อนจากการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในโรงงานบรรจุแก๊ส แห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา ผลที่ได้นำมาออกแบบระยะทางที่ปลอดภัยสำหรับพนักงานในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหล ผลการประเมินทำให้ทราบถึงผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง จึงควรมีการจัดตั้งหน่วยงานส่วนกลางที่มีฐานข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ เส้นทางอพยพที่ปลอดภัย เช่น สถานีดับเพลิงของแต่ละพื้นที่ควรมีข้อมูลในส่วนนี้เพื่อสามารถเข้าปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุกิต หัทยาสมบูรณ์ (2546) ได้ทำประเมินความเสี่ยงภัยสำหรับกรณีเหตุการณ์สารคลอรีนรั่วไหลโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา ซึ่งศึกษาแหล่งรั่วไหล 2 ประเภท คือ แหล่งอยู่กับที่และแหล่งเคลื่อนที่ ซึ่งกำหนดสถานการณ์จำลองการรั่วไหลจากถังเก็บขนาดใหญ่สำหรับโรงงานผลิตสารเคมีบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปูเป็นแบบแหล่งอยู่กับที่ได้ ทำให้สามารถทราบถึงรัศมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ถังเก็บคลอลีนที่ใช้ในการประเมินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เมตร สูง 10 เมตร บรรจุได้ 283 ตัน มีสารคลอรีนบรรจุอยู่ 20 ตัน ร้อยละ 50 ของปริมาตรบรรจุ เมื่อกำหนดให้มีการรั่วไหลจากถังเก็บมีรูรั่วขนาดกว้าง 0.5 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว รอยรั่วสูงจากระดับพื้นดิน 50 เซนติเมตร ส่งผลให้มีปริมาณการรั่วไหลทั้งหมด 2,595 กิโลกรัม ลักษณะการรั่วไหลมี 2 ลักษณะ ทั้งก๊าซระเหยและของเหลว และเมื่อกำหนดความหนาแน่นของประชากรภายในบริเวณโดยรอบเท่ากับ 200 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่ารัศมีการแพร่กระจายที่ก่อผลกระทบเท่ากับ 10.18 ตารางกิโลเมตร ผู้คนที่มีความเสี่ยงได้รับผลกระทบเท่ากับ 2,036 คน โดยสามารถลดรัศมีการแพร่กระจายของการรั่วไหลลงได้เหลือ 0.19 ตารางกิโลเมตร หากมีการติดตั้งระบบความปลอดภัยของสครับเบอร์ (Safety Scrubber) ทำให้ผู้ที่อาจได้รับผลกระทบลดเหลือเพียง 38 คน คิดเป็นมากกว่าร้อยละ 98 สำหรับแหล่งเคลื่อนที่ใช้กรณีสารคลอรีนรั่วไหลบนทางด่วนช่วงทางแยกบ่อนไก่จากด้านบางนามุ่งสู่ถนนสาธุประดิษฐ์โดยสถานการณ์จำลองได้กำหนดให้รถบรรทุกสารคลอรีนเกิดพลิกคว่ำ สารคลอรีนรั่วไหลออกมาในลักษณะเจิ่งนองบนผิวทางด่วน ช่วงการจราจรหนาแน่นเนื่องจากเป็นช่วงโค้ง และมีการจราจรหนาแน่น การประเมินด้วยโปรแกรมอโลฮาจึงพบว่าอาจมีผู้ได้รับผลกระทบถึง 581 คน

ชัยวัฒน์ ทองพิมพ์ (2556) ได้ทำการศึกษารูปแบบการกระจายตัวจากการรั่วไหลของแอมโมเนียเพื่อการจัดการเหตุฉุกเฉินของโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA MARPLOT และCAMEO ทำนายจากสถานการณ์จำลองโดยกำหนดข้อมูลตัวแปรต่างๆ ทางด้านอุตุนิยมวิทยา และความรุนแรงในระดับต่างๆ นำไปจัดทำเป็นแผนป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหล ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกำหนดให้มีขนาดรูรั่ว 2 นิ้ว ทิศทางลมทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และอุณภูมิ 28.35 องศาเซลเซียส มีอัตราการแพร่กระจายไปในทิศทางด้านทิศตะวันตก ระดับความเข้มข้นระดับที่ 1 ระยะทางเท่ากับ 850 เมตร ความเข้มข้นระดับที่ 2 ระยะทางเท่ากับ 2.3 กิโลเมตร และความเข้มข้นระดับที่ 3 ระยะทางเท่ากับ 5.4 กิโลเมตร จากการทำนายพบว่ารูปแบบการกระจายตัวจากการรั่วไหลของแอมโมเนียส่งผลกระทบทั้งภายใน และภายนอกบริษัท จึงได้นำผลการทำนายมาจัดทำเป็นแผนป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลพบว่า พนักงาน หรือผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับแผนฉุกเฉินส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และมีข้อเสนอแนะว่า ควรเพิ่มเติมข้อมูลการบันทึกทิศทาง และความเร็วลมบนแผนผัง และชุมชนรอบข้าง เพื่อนำมาใช้ประกอบการพิจารณาขอบเขตของผลกระทบ

5.2 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

ดารารัตน์ พลอยทรัพย์ (2551) ได้ทำการประเมินทิศทางการแพร่กระจาย และผลกระทบจากการแพร่กระจาย ความสามารถในการลุกติดไฟ และการระเบิด จากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยใช้โปรแกรม ALOHA โดยศึกษาจากสถานการณ์จำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังเก็บขนาด 8,949 ลิตรของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา และนำผลจากการประเมินมาจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉิน ผลการประเมินการแพร่กระจาย และผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว พบว่า ก๊าซมีการแพร่กระจายออกจากจุดเกิดเหตุที่ระยะสูงสุด คือ 429 เมตร ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานในโรงงานที่เกิดเหตุ การแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟสามารถเกิดการลุกติดไฟในระยะสูงสุด คือ 441 เมตร ส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกิดเหตุ และบริเวณรอบนอกพื้นที่เกิดเหตุ การแผ่รังสีความร้อนจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ มีระยะสูงสุด 432 เมตร พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ ถนน ป้อมรักษาการณ์รปภ. โรงงานข้างเคียง และที่พักของประชาชน ซึ่งทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวได้รับบาดเจ็บ และการระเบิดของไอก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เกิดจากความดันและเกิดการติดไฟเป็นระยะสูงสุด 181 เมตร ซึ่งความรุนแรงสามารถทำให้แก้วแตกกระจายได้ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่โรงงานเกิดเหตุ และถนน

สุธิดา ตีระธัญญา (2553) ใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อประกอบการตัดสินใจในการกำหนดจุดก่อสร้างถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดโดย จำลองสถานการณ์ผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เมตร ผลการจำลองประเมินการรั่วไหล 3 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 การรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ ซึ่งมีผลกระทบที่รุนแรงต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในระยะรัศมี 437 เมตร ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 2400 ส่วนในล้านส่วน แบบที่ 2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซ ทำให้เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่ระดับมากกว่า 9000 ส่วนในล้านส่วน แต่ยังไม่เกิดการระเบิด ภายในระยะรัศมี 620 เมตร และแบบที่ 3 การระเบิดของไอระเหยจากของเหลวที่กำลังเดือดหรือบลีวี่ ซึ่งทำให้เกิดการระเบิดและแผ่รังสีความร้อนออกมาที่ระดับความดันมากกว่า 3.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในระยะรัศมี 504 เมตร ได้รับบาดเจ็บสาหัส พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทุกกรณีพบว่า กรณีสถานที่ตั้งถังบรรจุก๊าซที่ละติจูด 12 องศา 38.618 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 101 องศา 8.608 ลิปดาตะวันออก เป็นสถานที่ก่อสร้างถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลทั้ง 3 แบบ ส่วนกรณีอื่นส่งผลกระทบต่อพื้นที่คลังจัดเก็บสารเคมีและท่าเรือ ได้แก่ บริเวณท่าเรือทีพีที ท่าเรือโกล์ว เอสพีพี ท่าเรือทีทีที และท่าเรือพีทีทีเออาร์ หลังจากนั้นใช้โปรแกรม google earth ในการหาเส้นทางเข้าระงับเหตุฉุกเฉินและนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาล รวมถึงการฟื้นฟูสภาพหลังจากเหตุการณ์สงบ และแนวทางป้องกันสถานการณ์ฉุกเฉิน

ทิพวรรณ อังศิริ (2550) ทำการศึกษา และประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในคลังเก็บของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครจากสถานการณ์จำลอง โดยใช้โปรแกรม ALOHA ประเมินความรุนแรง จากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่จัดเก็บในถังทรงกระบอกแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.35 เมตร ยาว 10.96 เมตร ปริมาณบรรจุสูงสุดร้อยละ 85 ของปริมาตรสูงสุด โดยมีอัตราส่วนของโปรเปนต่อบิวเทน 60:40 ซึ่งติดตั้งบริเวณริมน้ำ สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษาที่กำหนด คือ อุณหภูมิ 53.4 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 5 นอต ทิศทางลมพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ถังบรรจุก๊าซ เกิดการรั่วของถังบรรจุก๊าซบริเวณอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้วจากสถานการณ์จำลองโดยใช้โปรแกรม ALOHA ประเมินความรุนแรง ขอบเขตที่ได้รับผลกระทบ และแสดงระยะที่ได้รับผลกระทบด้วยแผนที่อิเลคทรอนิกส์จากโปรแกรม MARPLOT และโปรแกรม Google Earth เพื่อใช้ปรับปรุงแผนฉุกเฉินและกำหนดระยะปลอดภัย พบว่าผลกระทบจากการรั่วไหลที่สำคัญคือ การเกิดเพลิงไหม้และระเบิด ซึ่งเมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซจะเกิดการแพร่กระจายโดยในระยะรัศมี 29 เมตร เป็นระยะที่ต้องดำเนินการให้เป็นเขตปลอดประกายไฟ เนื่องจากจะทำให้เกิดการลุกไหม้ และเกิดการระเบิด ซึ่งการระเบิดแบบ BLEVE ทำให้เกิดอันตรายมากที่สุดจากการแผ่รังสีความร้อนจากการเกิดลูกไฟขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลาง 208 เมตร ซึ่งแผ่รังสีความร้อนในรัศมี 447 เมตร และอันตรายจากชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นผลมาจากการระเบิด สามารถทำอันตรายถึงแก่ชีวิต และในระยะรัศมี 630 เมตร รังสีความร้อนจะทำอันตรายผู้ที่อยู่ในอาณาเขตถึงขั้นเกิดแผลไหม้ระดับ 2 จากผลการประเมินที่ได้ผู้ศึกษานำมาทำการปรับปรุงแผนฉุกเฉินโดยกำหนดระยะปลอดประกายไฟที่ระยะ 29 เมตร และระยะเขตปลอดภัยที่ 1.4 กิโลเมตร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการศึกษา

เป็นการศึกษาวิจัยเชิงวิเคราะห์ เพื่อประเมินรัศมี ทิศทาง และผลกระทบ และจัดทำแผนการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

2. ประชากร / กลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

2.2 กลุ่มตัวอย่าง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหมายเลข ธพ.1-120/47 ของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการที่มีโอกาสรั่วไหล

3. เครื่องมือ

3.1 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

ชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์คามิโอ (CAMEO Software Suite) โดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency ; US EPA) ร่วมกับองค์การบริหารสมุทรศาสตร์ และบรรยากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (National Oceanic and Atmospheric Administration ; NOAA) ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์ ประกอบด้วย

1) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ALOHA Version 5.4.4
2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAMEO Version 2.4.2.1
3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MARPLOT Version 5.0.1

3.2 โปรแกรมร่วมทำงานอื่นๆ เช่น Google Map โดย Google ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ไม่มีลิขสิทธิ์

3.3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับถังบรรจุก๊าซ และแผนป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในบริษัทและภายนอกบริษัท

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 ศึกษารายละเอียดสถานที่ทำการศึกษา สำรวจพื้นที่ ตำแหน่ง หรือจุดเสี่ยงที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว และสาเหตุของการรั่วไหลเพื่อใช้ในการจำลองสถานการณ์

สถานที่ทำการศึกษา คือ โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ LPG สถานี ธพ.1-120/47 (ภาพที่ 3.1) โดยกำหนดจุดสถานีตั้งอยู่ที่ ละติจูด 13°38'54.3"N ลองกิจูด 100°32'57.7"E

รูปแบบภาชนะ	ทรงกระบอกแนวนอน
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	1.6982 เมตร
ยาว	3.434 เมตร
ปริมาตร	8,955 ลิตร
สภาพของสารเคมีในถัง	เก็บในสภาพของเหลว
น้ำหนักหรือปริมาตรสาร	85%ของปริมาตรถัง

ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซที่ใช้ทำการศึกษา

จุดเสี่ยงที่ทำให้ก๊าซเกิดการรั่วไหล จากสถิติการซ่อมบำรุง และผลการตรวจสอบสภาพการรั่วของวาล์วและข้อต่อต่างๆ พบว่า ตลอดอายุการใช้งานไม่เคยมีประวัติการรั่วที่ถัง วาล์ว และข้อต่อต่างๆ ของถังบรรจุก๊าซที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ แต่เนื่องจากความเป็นไปได้ จุดที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลมากที่สุด คือ บริเวณข้อต่อด้านล่างของถัง ประกอบกับ ดารารัตน์ พลอยทรัพย์ (2551) ได้ทำการประเมินการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยกำหนดจุดที่เกิดการรั่วไหลคือ บริเวณข้อต่อด้านล่างของถัง ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้กำหนดจุดรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นที่ข้อต่อด้านล่างตัวถังซึ่งเป็นข้อต่อไปสู่ท่อจ่ายก๊าซ (ภาพที่ 3.2) โดยขนาดของรอยรั่วมีรูปร่างเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้อต่อ ความสูงจากก้นถัง 0 เมตร ซึ่งผลจากการรั่วทำให้ก๊าซปิโตรเลียวเหลวในสถานะของเหลวรั่วออกมาในสถานะที่เป็นก๊าซเหลวและระเหยเป็นไอก๊าซ

ภาพที่ 3.2 จุดที่กำหนดเหตุการณ์เกิดการรั่วไหล

4.3 ศึกษาข้อมูลสารเคมีที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ LPG โดยนำเข้าข้อมูลก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากโปรแกรม CAMEO และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

SDS ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ภาคผนวก ข) ข้อมูลโดยสรุปพบว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีส่วนผสมของบิวเทน และ โปรเปน ในอัตราส่วน ดังนี้

โปรเปน	55.0-64.2
บิวเทน	32.5-45.0

โปรแกรม CAMEO จากการแสดงผลพบว่า โปรเปนมีคุณสมบัติที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าบิวเทน จึงพิจารณาเลือกโปรเปนเป็นสารเคมีที่ใช้ในการประเมินในลักษณะที่ไม่ติดไฟเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ กลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ การระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ และการเกิดเพลิงไหม้แบบไฟพุ่งด้วยแรงดัน ส่วนบิวเทน เมื่อพิจารณาพบว่ามีความเป็นอันตรายในด้านการระเบิดมากกว่าจึงเลือกใช้บิวเทนเป็นสารเคมีที่ใช้ในการประเมินการระเบิดแบบบลีวี

4.4 สร้างสถานการณ์จำลอง และกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อรัศมีการรั่วไหลกับสถานที่ทำการศึกษา เพื่อทำนายว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์รั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะส่งผลกระทบในระยะรัศมีเท่าใด โดยกำหนดตัวแปรกรณีเกิดการรั่วไหล โดยใช้สถานการณ์จำลอง โดยกำหนดวันที่เกิดเหตุเป็นช่วงฤดูร้อนใน พ.ศ.2558 (เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม) เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนที่สุดของปี จึงใช้ช่วงเวลาดังกล่าวในการทำนายที่เพื่อให้เป็นสภาวะที่มีความเสี่ยง และส่งผลกระทบมากที่สุด จากนั้นกำหนด และตั้งค่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศและตัวแปรที่เกี่ยวข้องขณะเกิดเหตุรั่วไหล ดังนี้

4.4.1 ทิศทางลม ในช่วงฤดูร้อนที่พัดเข้ามาสู่แหล่งกำเนิดก๊าซ ที่กำหนดคือทิศตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากผู้ศึกษาพิจารณาจากความถี่ตามสถิติการวัดทิศทางลมของสถานีอากาศเกษตรบางนา และหากเกิดการรั่วไหล ทิศทางลมดังกล่าวจะพัดพากลุ่มก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้าสู่โรงงาน และบริเวณข้างเคียง

4.4.2 ความเร็วลม พิจารณาข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้จากเครื่องวัด แต่ความเร็วลมที่กรอกนั้นไม่ควรใส่เกิน 106.57 ไมล์/ชั่วโมง เพราะเป็นความเร็วสูงสุดที่โปรแกรมยอมรับ ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัด อาจใช้ค่าจากตารางที่ 2.8 หรือ ตารางที่2.9 ช่วยประเมินความเร็วลมได้

ความเร็วลมมีผลโดยตรงกับความรุนแรงของการรั่วไหลของสารเคมี ลมที่พัดแรงจะพัดพาสารเคมีออกสู่ภาชนะบรรจุไปเจือจางกับอากาศได้เร็วทำให้สารเคมีเจือจาง ทำให้เกิดความรุนแรงน้อย แต่หากความเร็วลมต่ำสารเคมีที่เกิดเหตุจะมีความเข้มข้นมาก จึงทำให้อันตรายมีมากด้วย เนื่องจากโรงงานที่ทำการศึกษาไม่มีเครื่องมือวัดความเร็วลม ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลความเร็วลมและอุณหภูมิ ณ สถานีอากาศเกษตรบางนา ซึ่งเป็นสถานีตรวจอากาศที่ตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานเกิดเหตุมากที่สุด จากข้อมูลการตรวจอากาศปี 2558 ตามตารางในภาคผนวก ค มาพิจารณาหาความเร็วลมที่ต่ำที่สุด ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาที่จำลองให้เกิดเหตุลมมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 7.3 นอต

4.4.3 ความระเกะระกะของพื้นที่ มี 2 แบบคือ

1) พื้นที่โล่งมีเฉพาะต้นไม้เตี้ยๆ หรือเป็นทุ่งหญ้า (Open Country)

2) พื้นที่มีต้นไม้ใหญ่ หรืออาคารอยู่ทั่วไป (Urban or Forest)

นอกจากนี้ ถ้าหากรู้ค่าความระเกะระกะของพื้นที่ จะสามารถใส่ค่าลงไปในช่อง Input Roughness ได้ ในการวิจัยนี้เป็นแบบ Urban or Forest คือ มีอาคารอยู่ทั่วไป ตามสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษาซึ่งอาคารข้างเคียง ได้แก่ อาคารของโรงงาน A ที่เกิดเหตุ อาคาร โรงงาน B ข้างเคียง และโกดัง A10 รวมถึงอาคารอื่นๆในพื้นที่กลุ่มอุตสาหกรรม

4.4.4 ระดับเมฆปกคลุม พิจารณาเลือกตามภาพในโปรแกรม เช่น เมฆทึบมากให้เลือก Complete Cover ถ้าแดดจัดให้เลือก Clear โดยใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มข้างใต้ภาพ ถ้าต้องการใส่เป็นตัวเลข ให้ใส่ตัวเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0-10 ซึ่ง 10 หมายถึง ระดับที่มีเมฆปกคลุมสูงสุด การเลือกระดับเมฆปกคลุมใน ALOHA นั้นเนื่องจากต้องนำไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมีซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา โดยเฉพาะสารเคมีที่กระจายออกมาในแบบเจิ่งนอง (Paddle) คือเป็นของเหลวไหลนองออกมาก่อนจะระเหย ซึ่งในการศึกษานี้ต้องเลือกระดับที่เมฆปกคลุมมาก complete cover เพราะจะทำให้ปริมาณสารเคมีระเหยได้ไม่ดี

4.4.5 อุณหภูมิ ของอากาศมีผลต่อการกระจายของสารเคมี อุณหภูมิสูงทำให้เกิดความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซได้อย่างรวดเร็ว จากการตรวจสอบสถิติอุณหภูมิของสถานีอากาศเกษตรบางนา พบว่าในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.7 องศาเซลเซียส ดังแสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวก ค

4.4.6 เสถียรภาพของบรรยากาศ โปรแกรม ALOHA จะทำนายเสถียรภาพของบรรยากาศให้เองจากข้อมูลที่กรอกมาแล้ว

4.4.7 สภาพความชื้น โปรแกรมมีการจัดสภาพความชื้นให้เลือกใช้ได้ตามลักษณะภาพที่ปรากฏ เช่น แห้งแล้ง ฝนตก เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกสภาพความชื้นที่เหมาะสม และใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

4.5 ประเมินรัศมีการรั่วไหล และผลกระทบโดยโปรแกรม ALOHA ในแต่ละโมเดล

4.5.1 การรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ ซึ่งประกอบด้วยการประเมิน 3 ลักษณะ คือ

1) การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

2) การประเมินการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

3) การประเมินรัศมีการรั่วไหลของการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

4.5.2 การประเมินการเกิดเพลิงไหม้แบบไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) ในลักษณะรังสีความร้อน

4.5.3 การประเมินการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) ในลักษณะปริมาณรังสีความร้อนอันตรายจากลูกไฟ (Fireball)

4.6 นำผลการประเมินจากโปรแกรม ALOHA ในข้อที่ 3.4.5 มานำเข้าโดยใช้โปรแกรมภูมิศาสตร์สารสนเทศ MARPLOT ร่วมกับโปรแกรม Google Map เพื่อแสดงผลขอบเขต หรือบริเวณที่ได้รับผลกระทบ พร้อมทั้งระดับความรุนแรงในแต่ละระยะรัศมี

4.7 จัดทำแผนงานในการป้องกัน และรองรับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อหาเส้นทางในการเข้าตอบโต้สภาวะฉุกเฉิน และการอพยพไปยังจุดรวมพลที่ปลอดภัย

4.8 นำแผนงานในการป้องกัน และรองรับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้าพิจารณาความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้จริง โดยผ่านคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม ของบริษัทฯ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

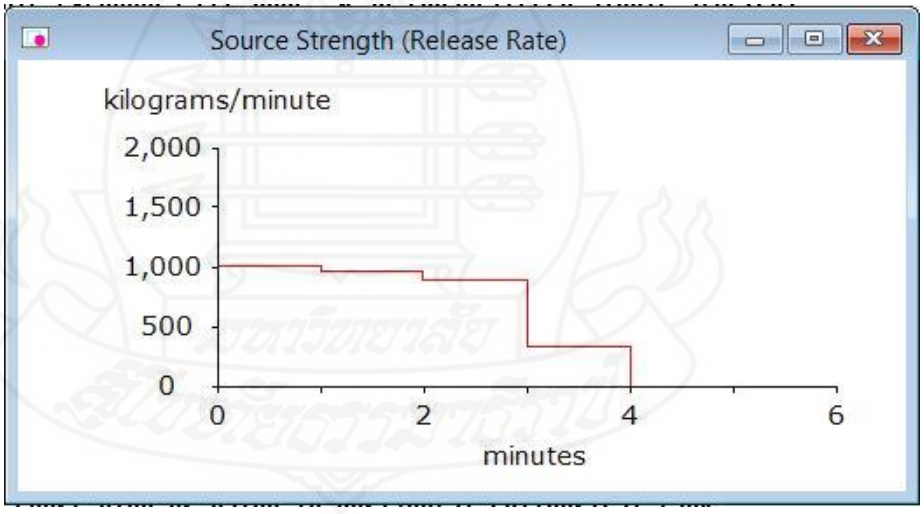
วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมินรัศมี และทิศทางการแพร่กระจายโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAMEO ALOHA และ MARPLOT ที่เกี่ยวข้องกับการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการประเมิน และทำนายการรั่วไหล และทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากแหล่งกำเนิด

สามารถประเมินผลได้ ดังนี้

จากภาพที่ 4.1 เมื่อกำหนดให้ ในวันที่ 9 เมษายน พ.ศ.2558 เวลา 13.00 น. อุณหภูมิ 34.7 องศาเซลเซียส ความเร็วลมขณะเกิดเหตุ 7.3 น๊อต ที่ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซมีการรั่วไหลตรงจุดด้านล่างตัวถังที่ข้อต่อของท่อส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลว ขนาด 2 นิ้ว มีการรั่วไหล จากผลการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยใช้โปรแกรม ALOHA พบว่ามีอัตราระยะเวลาในการรั่วไหลประมาณ 4 นาที อัตราการรั่วไหลเฉลี่ยสูงสุด 1,000 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการรั่วไหลทั้งหมด 3,175 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.1 อัตราระยะเวลา และปริมาณการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

จากการประเมินผลกระทบจากการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยโปรแกรม ALOHA ในแต่ละโมเดล สามารถสรุปผลการประเมินได้ ตามตารางที่ 4.1 และรายละเอียดของผลการประเมินแต่ละโมเดล ดังนี้

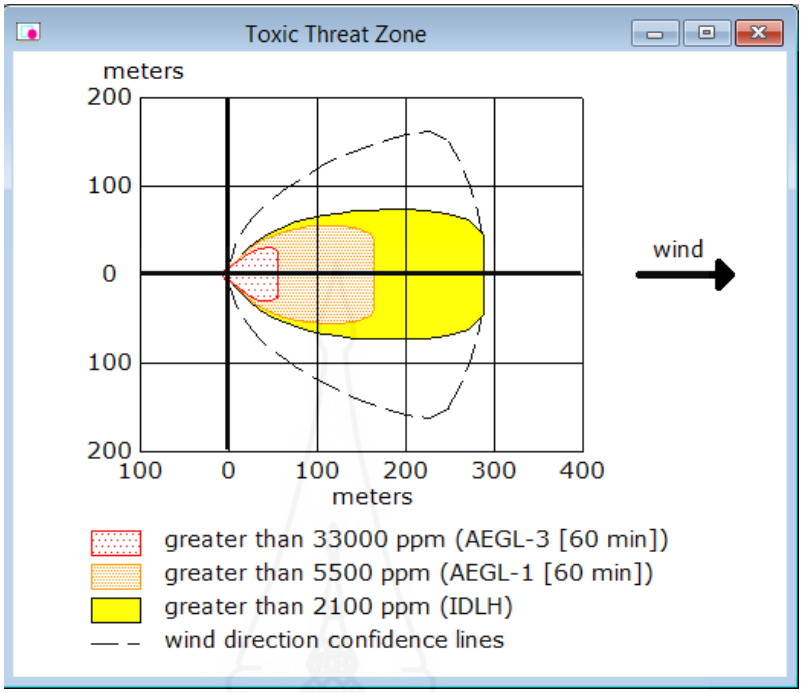
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินเหตุการณ์ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวของโรงงาน A รั่วไหล โดยโปรแกรม ALOHA

การประเมินผล	สารเคมี	ระยะรัศมีผลกระทบ		
		ระดับที่ 1 (สีแดง)	ระดับที่ 2 (สีส้ม)	ระดับที่ 3 (สีเหลือง)
รัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)	โปรเปน (Propane)	AEGL-3 (33000 ppm)	AEGL-1 (5500 ppm)	IDHL (2100 ppm)
		57 m.	165 m.	289 m.
รัศมีการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)	โปรเปน (Propane)	21000 ppm LEL	12600 ppm 60%LEL	2100 ppm 10%LEL
		75 m.	102 m.	289 m.
รัศมีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)	โปรเปน (Propane)	5.0 psi	3.5 psi	1.0 psi
		55 m.	65 m.	136 m.
การเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire)	โปรเปน (Propane)	10kW/(sq m)	5 kW/(sq m)	2 kW/(sq m)
		37 m.	47 m.	74 m.
การเกิดระเบิดแบบบลีวี (Boiling Liquid Evaporating Vapor Explosion ; BLEVE)	บิวเทน (Butane)	10kW/(sq m)	5 kW/(sq m)	2 kW/(sq m)
		201 m.	284 m.	444 m.

1.1 ผลการประเมินกรณีการรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ

ผลจากการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA เพื่อพิจารณารัศมีการแพร่กระจายของก๊าซในกรณีการรั่วไหลแต่ไม่ติดไฟ มี 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1.1 การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)



ภาพที่ 4.2 รัศมีการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

จากภาพที่ 4.2 โปรแกรม ALOHA ทำการทำนายรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในกรณีเกิดการรั่วไหลออกจากถังบรรจุ และจ่ายก๊าซในหน่วยความเข้มข้นที่ระยะต่างๆ เพื่อดูความเป็นพิษ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

จากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถัง พบว่า รัศมีการแพร่กระจายออกจากจุดกำเนิดมีระยะสูงสุด 289 เมตร และมีค่าความเข้มข้น 2,100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) ซึ่งในระยะดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดโปรแกรมให้เป็นค่าความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่ เป็นอันตรายในทันทีต่อชีวิต หรืออันตรายต่อสุขภาพหลังจากได้รับเป็นเวลานาน หรือรับซ้ำ (Immediately Dangerous to Life or Health ; IDHL) เพื่อใช้เป็นระยะปลอดภัยสำหรับพนักงาน และประชาชนโดยรอบ และเพื่อหาข้อกำจัดในการเลือกอุปกรณ์ป้องกันทางระบบหายใจที่ใช้ในสถานที่ทำงาน

ในรัศมี 165 เมตร จากจุดเกิดเหตุแสดงผลกระทบจากความเข้มข้นของก๊าซที่แพร่จากจุดรั่วไหลที่ระยะนี้กำหนดให้โปรแกรมใช้ค่ามาตรฐาน AEGLs (Acute Exposure Guideline Level(s)) ซึ่งแสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัส แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

AEGL-1 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจะไม่ก่อให้เกิดการพิการ และเกิดเพียงชั่วคราวรวมทั้งกลับเป็นปกติได้หากหยุดการรับสัมผัส

AEGL-2 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ที่ไม่สามารถกลับเป็นปกติได้หรือความรุนแรงเกิดเป็นระยะเวลานานา หรือทำให้ไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้

AEGL-3 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือทำให้เสียชีวิตได้

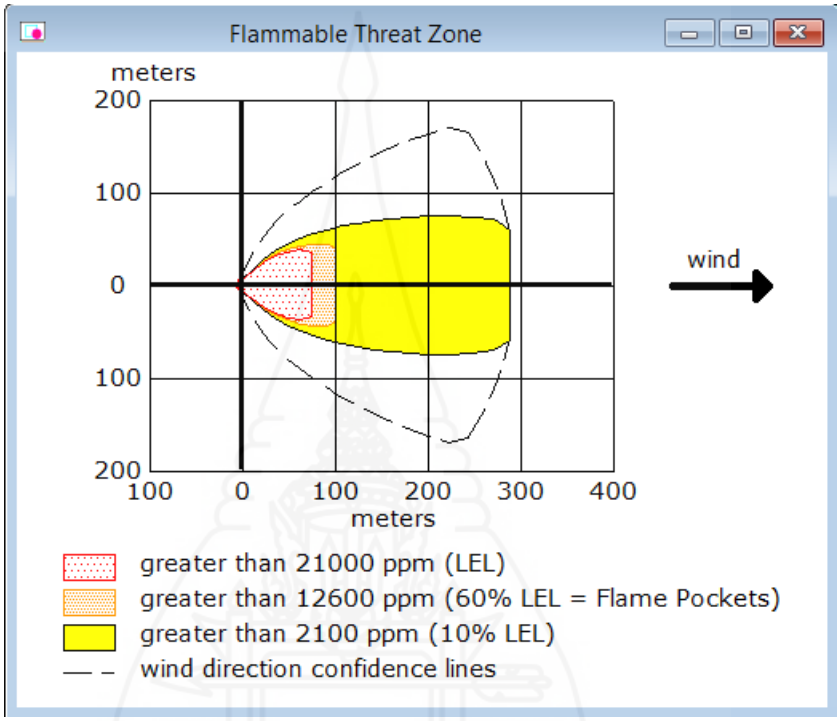
โดยเลือกกำหนดในระดับ AEGL-1 เป็นระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) รัศมีการแพร่กระจายออกจากจุดกำเนิดมีระยะสูงสุด 174 เมตร และมีค่าความเข้มข้น 5,500 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และ AEGL-3 เป็นระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) รัศมีการแพร่กระจายออกจากจุดกำเนิดมีระยะสูงสุด 57 เมตร และมีค่าความเข้มข้น 33,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

1.1.2 การประเมินรัศมีการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

ในการเกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) ซึ่งเกิดจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแล้วแพร่กระจายไปตามทิศทางลม โดยถูกทำให้เจือจางลงโดยอากาศจะเข้ามารวมตัวกับกลุ่มหมอกก๊าซนี้ โปรแกรม ALOHA สามารถประเมินการรั่วไหลจำกัดที่ 1 ชั่วโมง เนื่องจากระยะเวลาที่เกินกว่า 1 ชั่วโมง ทิศทางและความเร็วจะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้ผลการทำนายคลาดเคลื่อนเมื่อเกิดเหตุเกิน 1 ชั่วโมง ดังนั้นโปรแกรมจึงคาดคะเนระยะเวลาการรั่วไหลที่ 1 ชั่วโมง โดยจากอัตราการรั่วไหลแบบต่อเนื่องเฉลี่ยที่ 1,000 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการรั่วไหลรวม 3,175 กิโลกรัม ซึ่งจะทำให้เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ กระจายทั่วพื้นที่เกิดเหตุ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ทำให้เกิดพื้นที่เสี่ยงต่อการติดไฟและการระเบิด (ความเสี่ยงต่อการติดไฟจากปริมาณความเข้มข้นของโปรเปนอยู่ในช่วงของการระเบิด คือค่าขีดจำกัดบนของการระเบิด 95,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด 20,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm))

จากการประมวลผลของโปรแกรม ALOHA แสดงให้เห็นว่าจะเกิดกลุ่มหมอกที่มีความเข้มข้นของสารที่อยู่ในช่วงดังกล่าวจะสามารถทำให้เกิดการระเบิดได้ในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) 75 เมตร จากแหล่งกำเนิด มีค่าความเข้มข้น 21,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ LEL ระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) 102 เมตร มีค่าความเข้มข้น 12,600 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ 60% LEL และระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 289 เมตร

มีค่าความเข้มข้น 2,100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ 10% LEL ซึ่งทั้งหมดเป็นช่วงที่หมอกก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดการติดไฟได้ ดังนั้นจากภาพรัศมีการแพร่กระจาย (Footprint) ระยะที่ต้องเฝ้าระวังจึงใช้ผลประเมินที่ความเข้มข้นของสาร 10% LEL เป็นค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด ที่ระยะรัศมี 289 เมตร

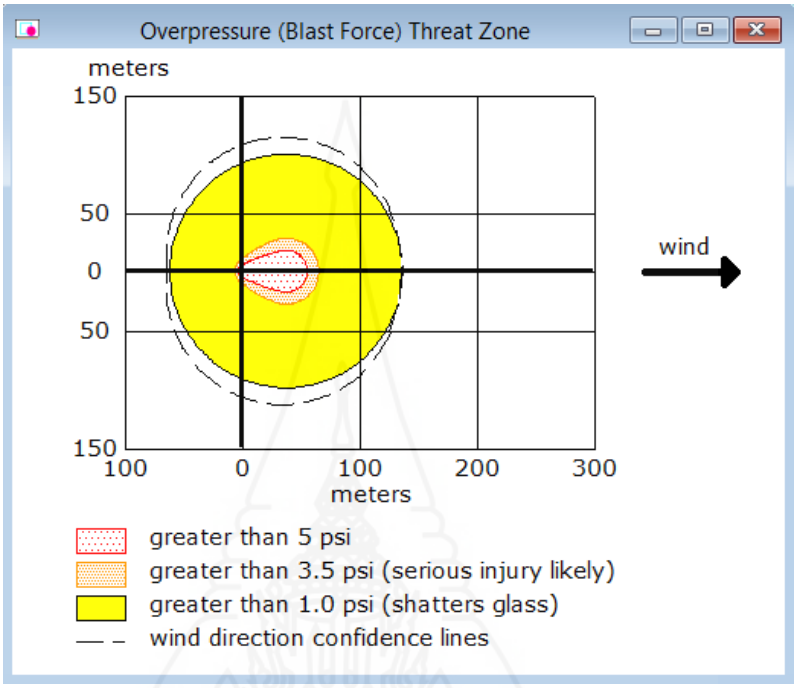


ภาพที่ 4.3 รัศมีการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เป็นกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

1.1.3 การประเมินรัศมีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

จากอัตราระยะเวลาในการรั่วไหลประมาณ 4 นาที มีอัตราการรั่วไหลเฉลี่ยสูงสุด 1,000 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการรั่วไหลทั้งหมด 3,175 กิโลกรัม ซึ่งการที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีการรั่วไหลออกจากถัง และแพร่กระจายไปยังบริเวณรัศมีโดยรอบ เมื่อก๊าซได้รับการสัมผัสกับอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม ประกอบกับหากมีแหล่งที่ก่อให้เกิดประกายไฟที่มีค่ามากพอจะทำให้เกิดการติดไฟ และเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion) ซึ่งโปรแกรม ALOHA จะประเมินพื้นที่รัศมีการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซนี้ ผลการประเมินพบว่า ที่ระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) เท่ากับ 55 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 5 psi ซึ่งจะทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในรัศมีได้รับการบาดเจ็บ และถึงขั้นแก้วหูฉีกขาด ที่ระยะรัศมีระดับที่ 2

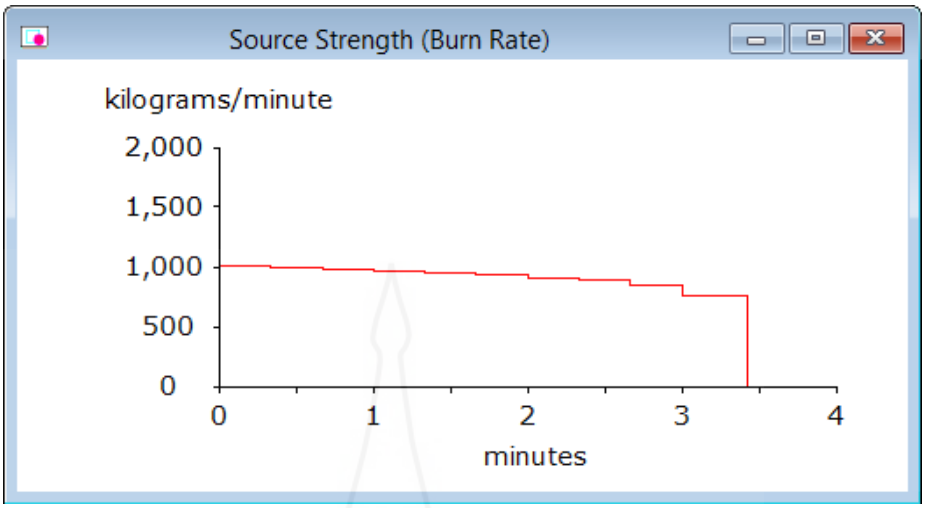
(Orange Threat Zone) 65 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 3.5 psi ทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในรัศมีได้รับการบาดเจ็บ และที่ระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 136 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 1.0 psi ที่จะทำให้กระจกแตกได้ รัศมีผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 รัศมีการแพร่กระจายจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

1.2 ผลการประเมินกรณีการเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire)

เมื่อก๊าซที่รั่วไหลออกจากถังแล้วเกิดการจุดระเบิดขึ้นในทันที ทำให้เกิดการลุกไหม้เปลวไฟที่เกิดขึ้นมีลักษณะพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) ลักษณะเหมือนไฟคบเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งแสดงผลกระทบที่ระยะเวลาการเผาไหม้ของ ALOHA 1 ชั่วโมง (ข้อจำกัดของโปรแกรมในการประเมินที่ 1 ชั่วโมง) พบว่า เปลวไฟมีความยาวสูงสุด 21 เมตร ระยะเวลาการเผาไหม้ 3 นาที ในอัตราการเผาไหม้สูงสุด 1,020 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการเผาไหม้ 3,175 กิโลกรัม

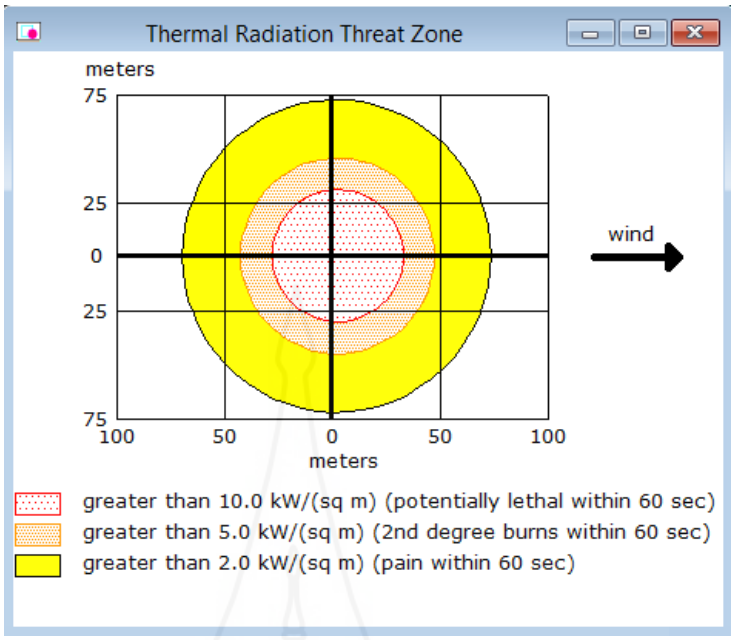


ภาพที่ 4.5 อัตราการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มของการแผ่รังสีความร้อน ในภาพที่ 4.6 พบว่า ในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) เท่ากับ 37 เมตรจากแหล่งกำเนิด จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 10 กิโลวัตต์/ตารางเมตร ระดับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย

ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) เท่ากับ 47 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร โดยจะทำอันตรายผู้ที่อยู่ภายในรัศมีได้รับอันตรายเกิดแผลไหม้ระดับที่ 2

ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) เท่ากับ 74 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้มที่ระดับความเข้มของรังสีความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมีดังกล่าวได้รับบาดเจ็บแผลพุพอง



ภาพที่ 4.6 รัศมีการเกิดรังสีความร้อน ในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire)

1.3 กรณีเกิดระเบิดแบบบลีวี (Boiling Liquid Evaporating Vapor Explosion ; BLEVE)

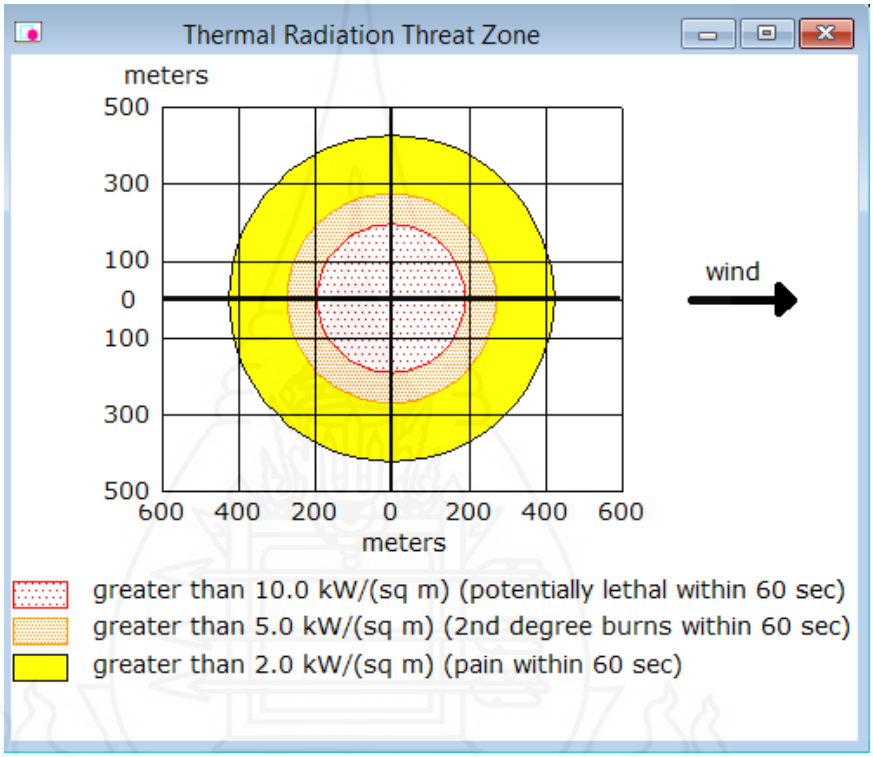
สำหรับการประเมินการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) จะใช้บิวเทนเป็นตัวแทนของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เนื่องจากคุณสมบัติของบิวเทนนั้น ระเหยได้ง่ายกว่า และหนักกว่าโปรเปน หากเกิดการระเบิดก๊าซบิวเทนจะมีความเป็นอันตรายมากกว่าจึงเลือกใช้คุณสมบัติของบิวเทนในการประเมินผล

การระเบิดแบบบลีวี เกิดจากการรั่วไหลของก๊าซ และเกิดการติดไฟขึ้น ทำให้ภาชนะบรรจุได้รับความร้อน จนถังไม่สามารถทนรับแรงดันได้ จนทำให้เกิดการระเบิดและปรากฏเป็นลูกไฟ (Fireball) เกิดขึ้น ผลกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวีจะทำให้เกิดการพุ่งกระจายของชิ้นส่วนภาชนะบรรจุ เนื่องจากมีแรงผลักจากการระเบิดซึ่งผลจากการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA พบว่า หากเกิดการระเบิดแบบบลีวีขึ้นจะทำให้เกิดลูกไฟ ตามภาพที่ 4.7 โดยลูกไฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เมตร และมีระยะเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ภาชนะบรรจุจนกระทั่งเกิดระเบิดแบบบลีวี 7 วินาที การประเมินกรณีเกิดการระเบิดแบบบลีวี และประเมินผลกระทบจากรังสีความร้อนได้ โดยโปรแกรม ALOHA ได้ตั้งค่าที่สนใจไว้มีผลการประเมิน ดังนี้

1) ในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) เท่ากับ 201 เมตร ความเข้มของรังสี 10 กิโลวัตต์/ตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 201 เมตร จากแหล่งกำเนิด ได้รับอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต

2) ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) เท่ากับ 284 เมตร ความเข้มของรังสี 5 กิโลวัตต์/ตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 284 เมตร จากแหล่งกำเนิด เกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 หลังได้รับสัมผัสความร้อนนาน 60 วินาที

3) ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) เท่ากับ 444 เมตร ความเข้มของรังสี 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 444 เมตร จากแหล่งกำเนิด เกิดแผลไหม้ผุพอง ได้รับความเจ็บปวด



ภาพที่ 4.7 ระยะที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี รังสีความร้อนจากลูกไฟ

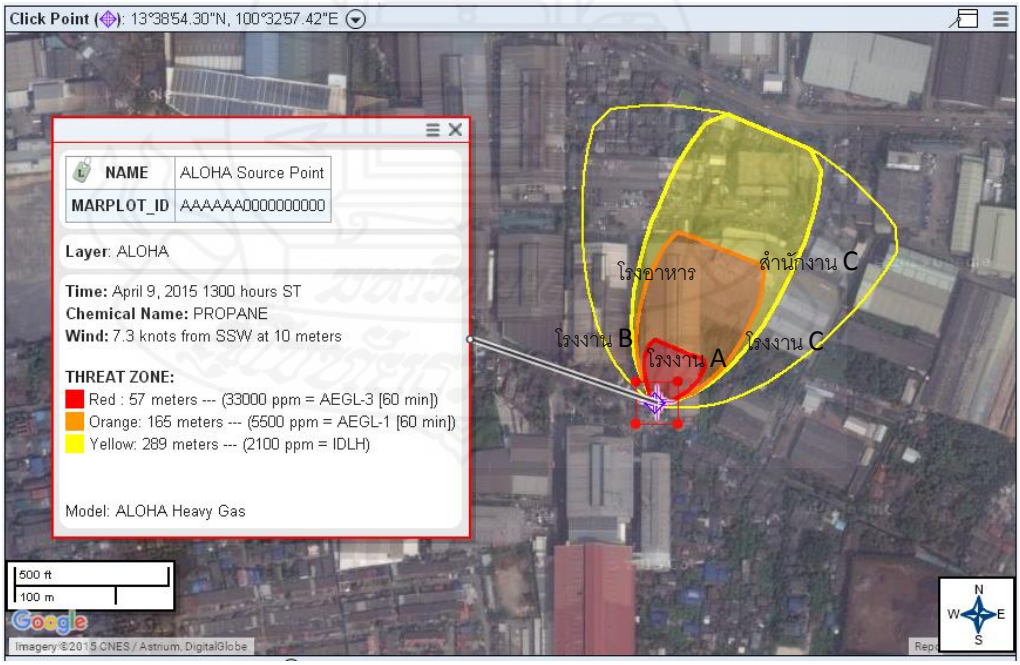
ตอนที่ 2 ผลการประเมิน และทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว หากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลโดยใช้โปรแกรม ALOHA โปรแรม CAMEO และโปรแกรมม MARPLOT

จากการประเมินผลด้วยโปรแกรม ALOHA เมื่อนำข้อมูลผลการประเมินเข้าสู่โปรแกรม MARPLOT เพื่อดูพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในระยะรัศมีระดับที่ 1 2 และ3 สามารถประเมินผลได้ ดังนี้

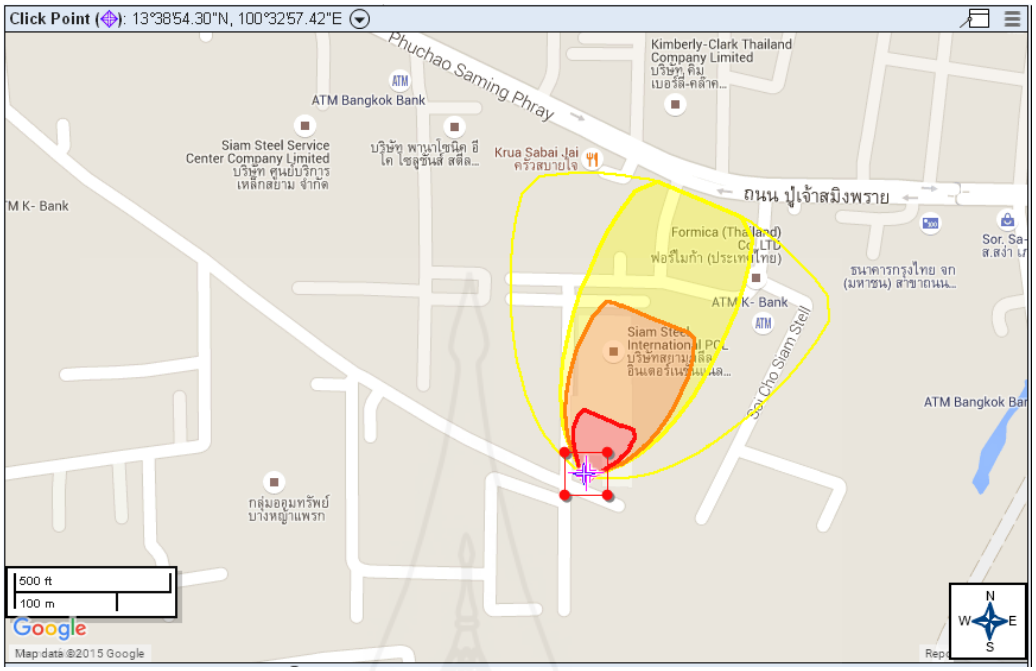
2.1 ผลการประเมินการรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ

2.1.1 การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

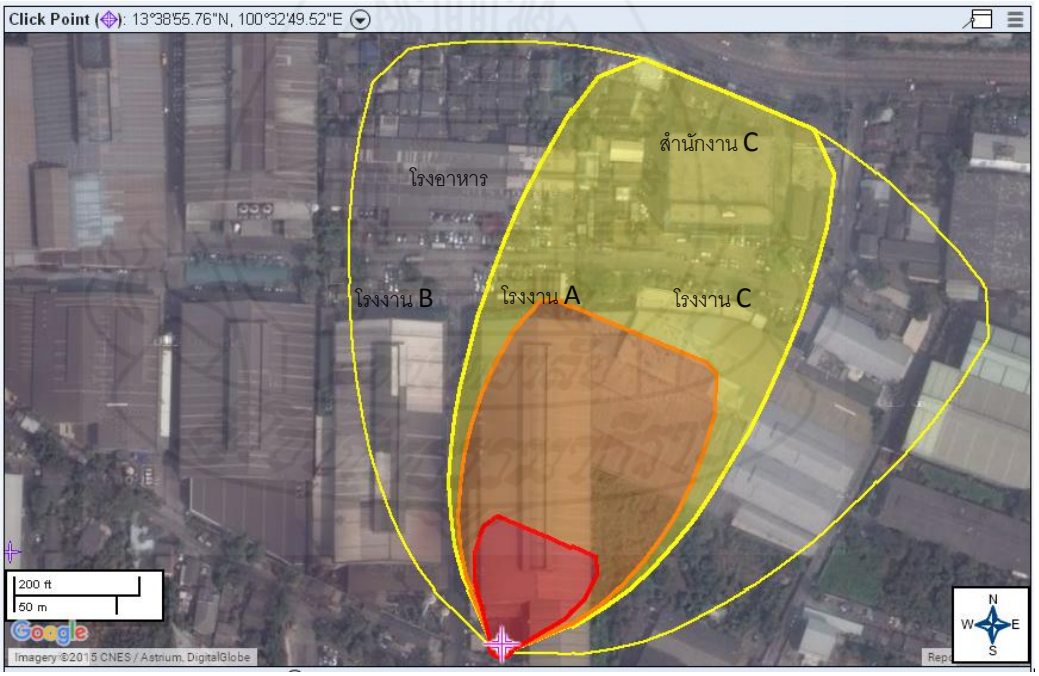
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของความเป็นพิษที่มีผลต่อร่างกายของผู้ที่ได้รับสัมผัส จากภาพที่ 4.8 – 4.10 พบว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่รั่วไหลจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางลมในวันที่เกิดเหตุ ซึ่งกำหนดไว้เป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) กลุ่มหมอกก๊าซจะถูกพัด แพร่กระจายไปยังโรงงาน A ที่เกิดเหตุ ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) กลุ่มหมอกก๊าซบางส่วนแพร่กระจายไปยังถนนระหว่างโรงงาน A ที่เกิดเหตุ กับโรงงาน B ข้างเคียง และโรงงาน C และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) พบว่า กลุ่มหมอกก๊าซแพร่กระจายไปยังโรงอาหาร โรงงาน C และอาคารสำนักงานของโรงงาน C ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 4.8 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ



ภาพที่ 4.9 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษ
ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในรูปแบบมุมมองถนน

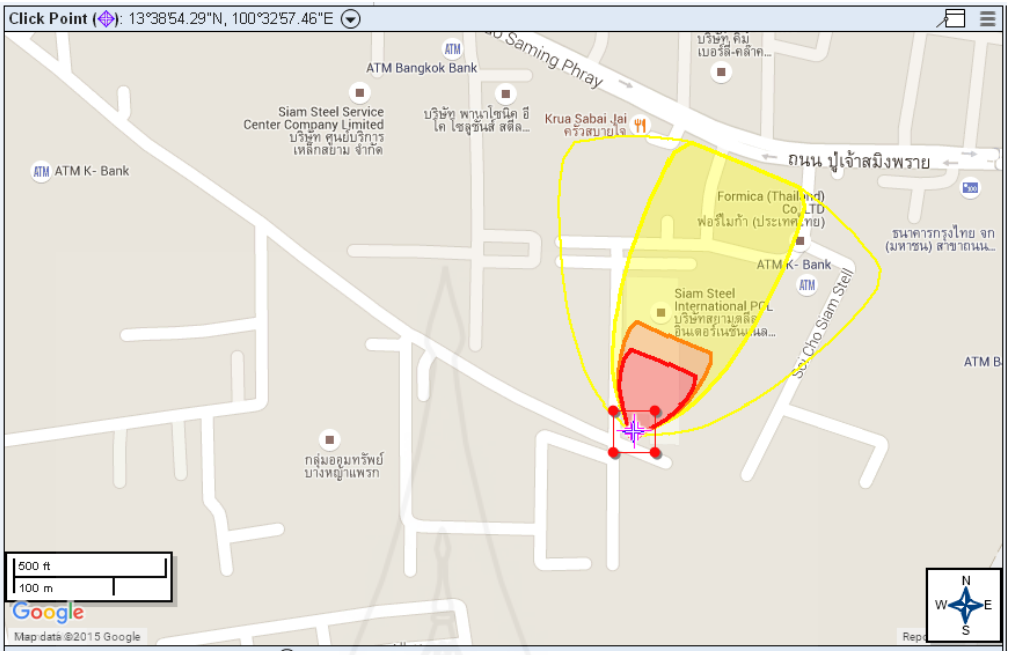


ภาพที่ 4.10 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านความเป็นพิษของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

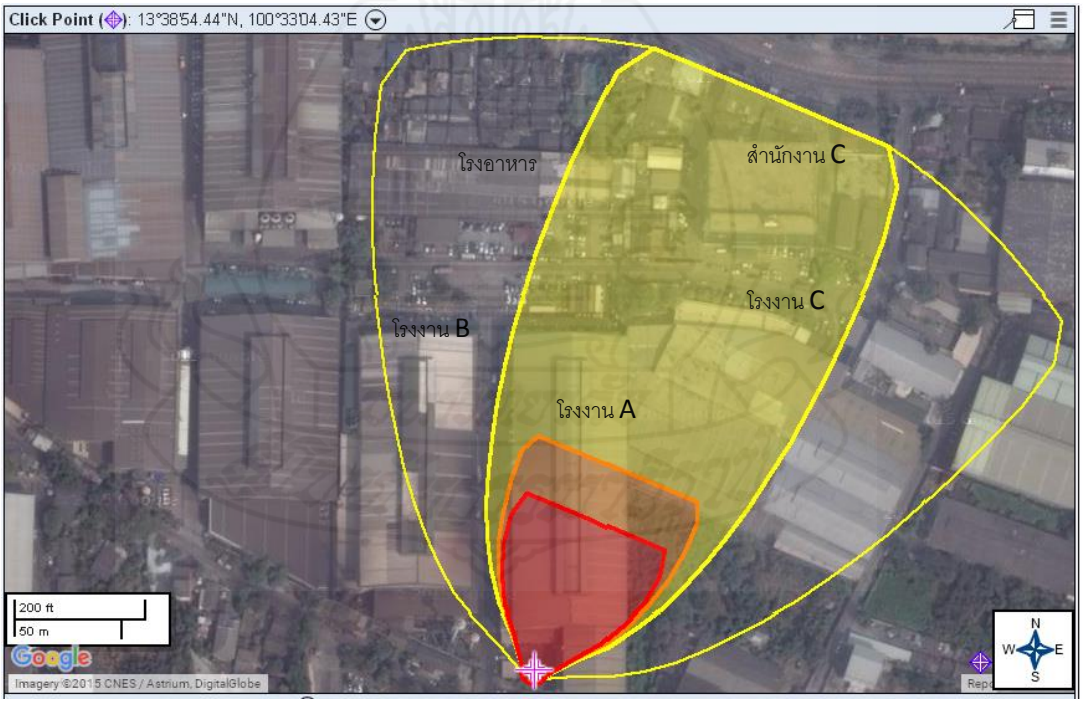
2.1.2 การประเมินรัศมีการรั่วไหลรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

จากผลการทำนายการกระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อนำไปเข้าโปรแกรม MARPLOT จะทำให้เห็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของรัศมีของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟดังแสดงในภาพที่ 4.11 – 4.13 พบว่าในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ คือพื้นที่โรงงาน A ที่เกิดเหตุ เช่นเดียวกับระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) พื้นที่โรงงาน A ที่เกิดเหตุยังได้รับผลกระทบมากที่สุด และขยายไปยังถนนระหว่างโรงงาน A ที่เกิดเหตุ กับโรงงาน B ข้างเคียง และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) พบว่า กลุ่มหมอกก๊าซไวไฟแพร่กระจายไปยังโรงอาหาร โรงงาน C และอาคารสำนักงานของโรงงาน C ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาพที่ 4.11 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ



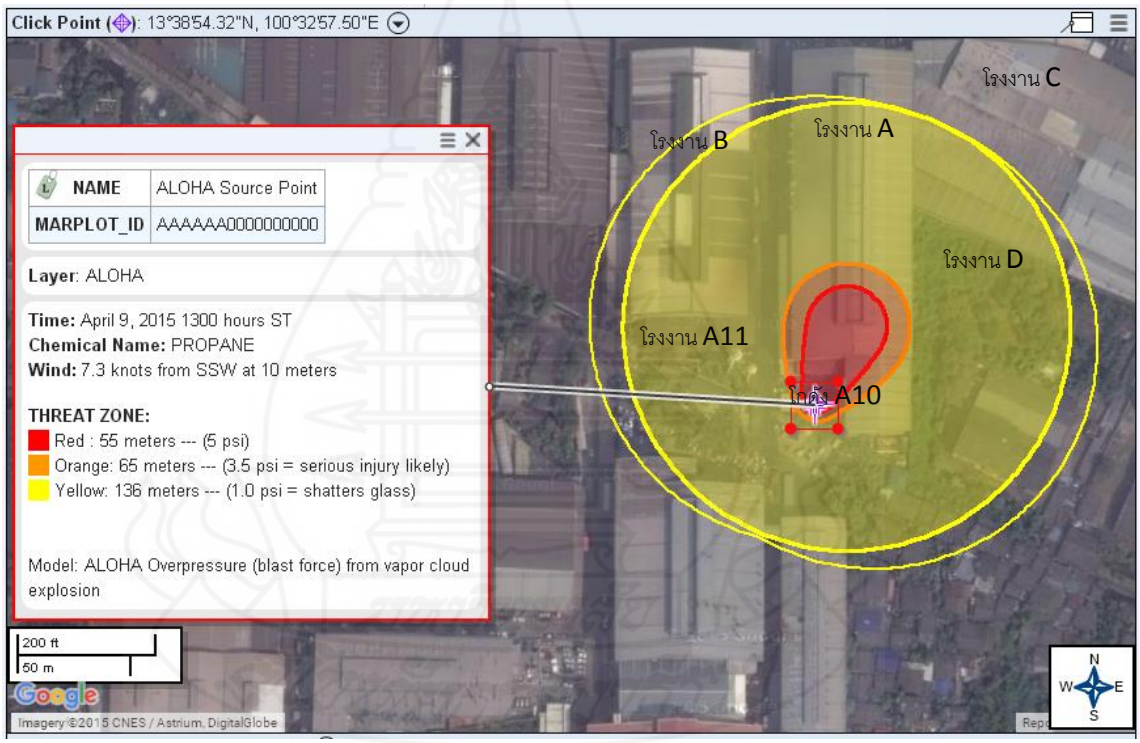
ภาพที่ 4.12 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบมุมมองถนน



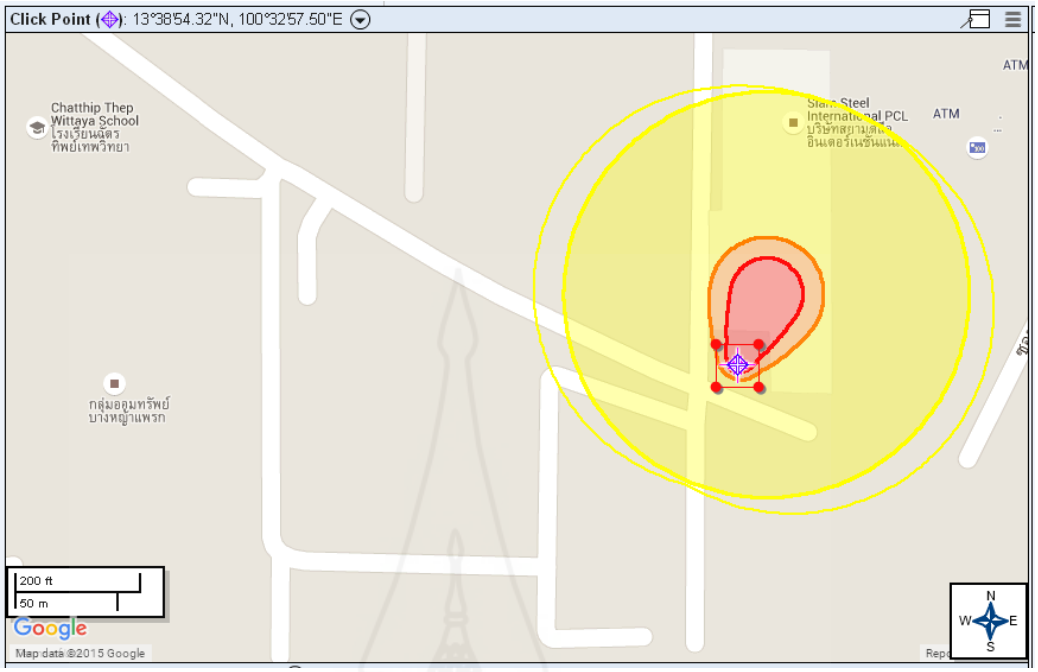
ภาพที่ 4.13 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

2.1.3 การประเมินรัศมีการรั่วไหลของการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

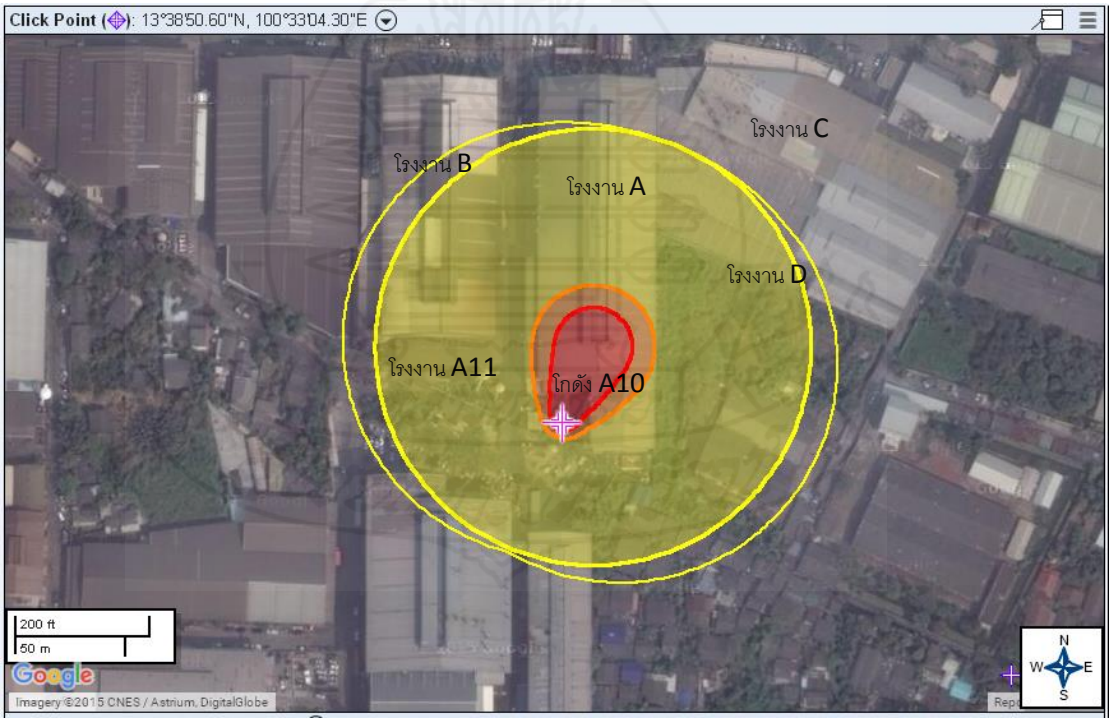
เมื่อนำผลการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA มาเข้าโปรแกรม MARPLOT พบว่าการติดไฟและเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Vapor Cloud Explosion) ที่ระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone)และ 2 (Orange Threat Zone) คือ ที่ 55 และ 65 เมตรจะส่งผลกระทบต่อโรงงานที่เกิดเหตุ ซึ่งในระยะดังกล่าวเป็นที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน พื้นที่ทำงานภายในโรงงาน คือแผนกปั๊ม และบางส่วนของแผนกเชื่อม และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) พบว่า การระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Vapor Cloud Explosion) มีรัศมีกระจาย 136 เมตร ระยะทางครอบคลุมเกือบทั่วทั้งโรงงานเกิดเหตุ และไปยังโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10 ดังแสดงในภาพที่ 4.14 – 4.16



ภาพที่ 4.14 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ ในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ



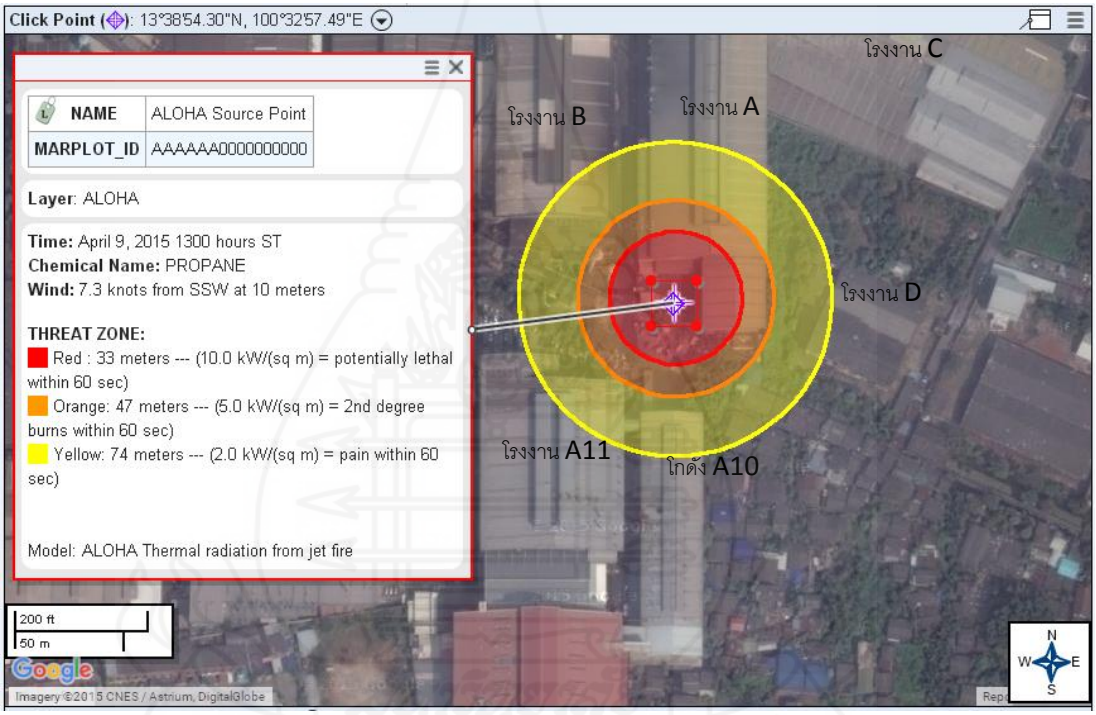
ภาพที่ 4.15 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟในรูปแบบมุมมองถนน



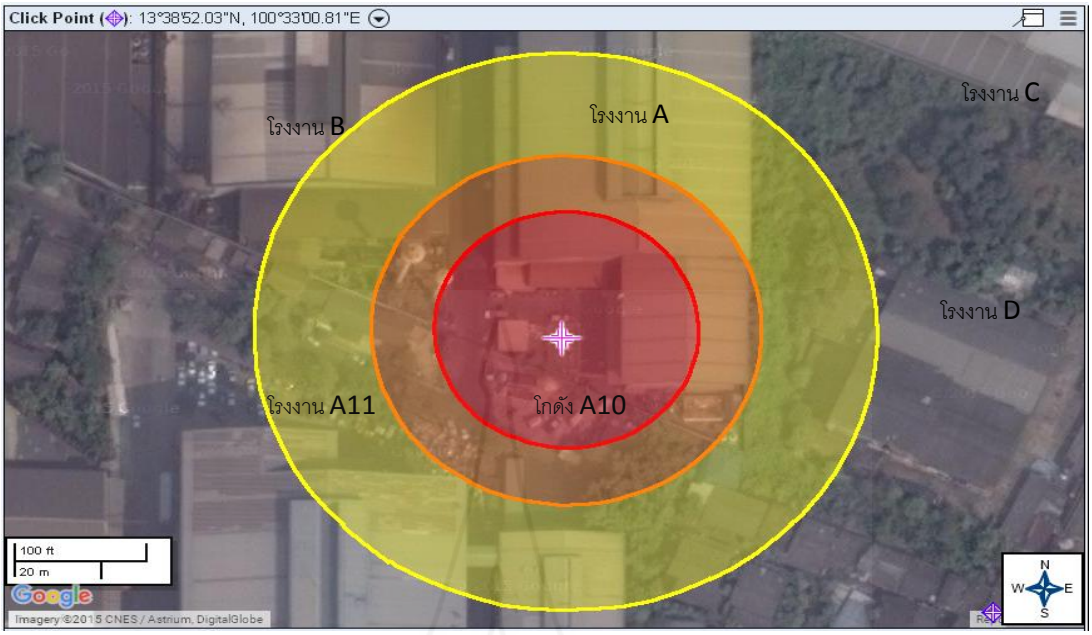
ภาพที่ 4.16 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ

2.2 การประเมินการเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire)

เมื่อนำผลการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA มาเข้าโปรแกรม MARPLOT พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) ที่ระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) และ 2 (Orange Threat Zone) คือ 33-47 เมตร ได้แก่ ถนนด้านซ้ายซึ่งมีประตูเข้าออก และมีลักษณะเป็น 4 แยก ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเกิดเหตุ พื้นที่ในโรงงาน ได้แก่ แผนกฉีดพลาสติก บางส่วนของแผนกปั๊ม และบางส่วนของแผนกเชื่อม และที่ระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) คือ 74 เมตรจะส่งผลกระทบต่อโรงงานที่เกิดเหตุ และโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10 ดังแสดงในภาพที่ 4.17 - 4.18



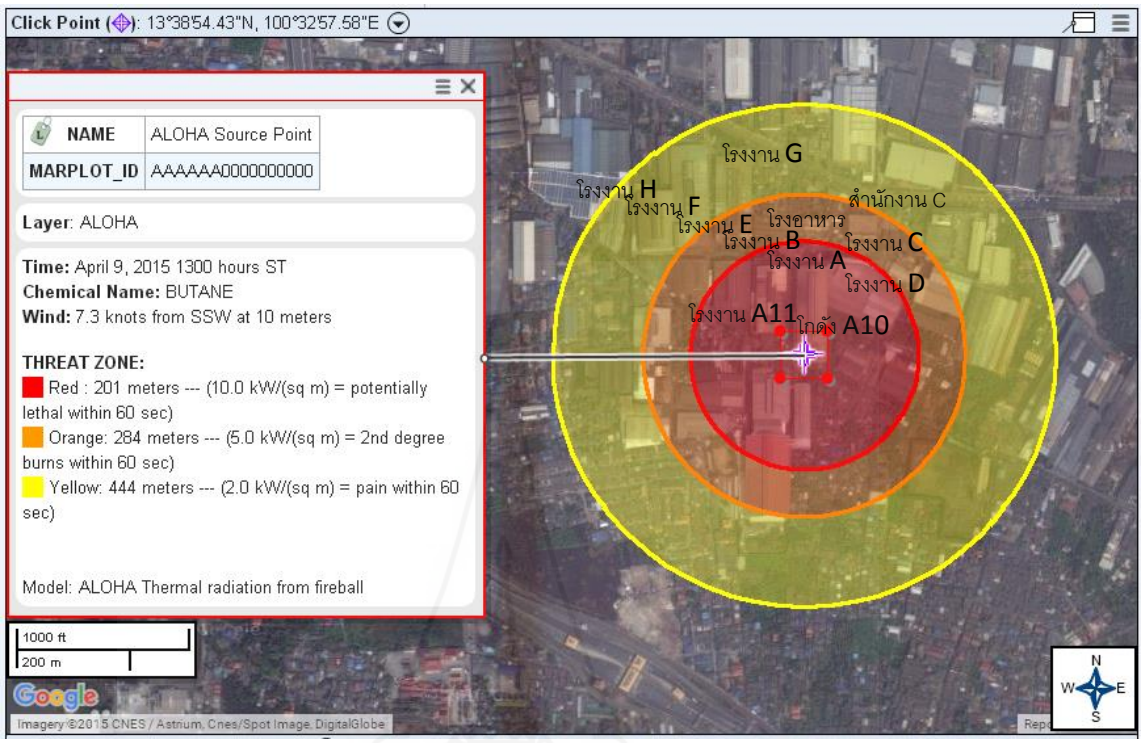
ภาพที่ 4.17 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดันในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ



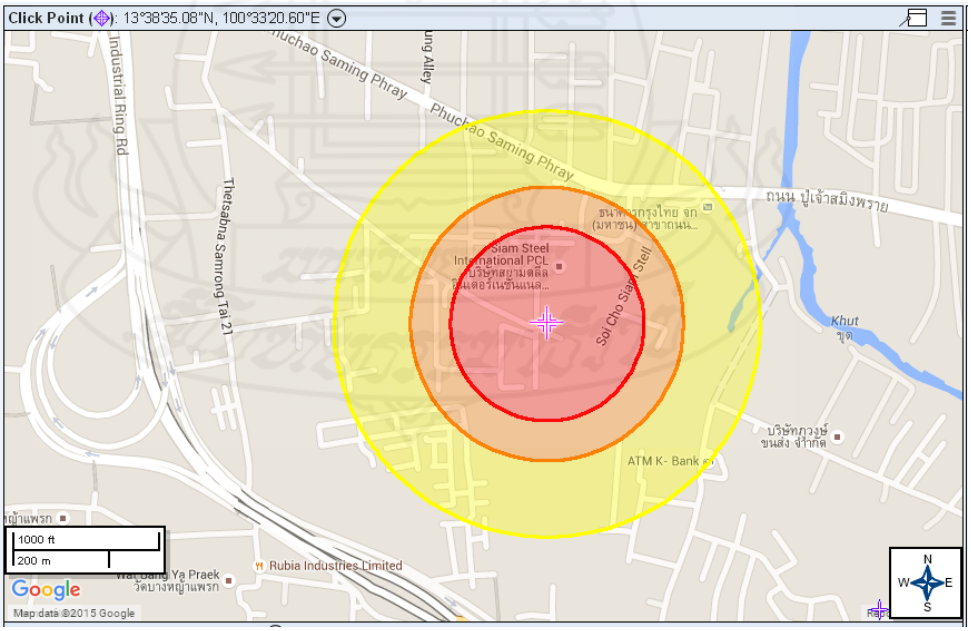
ภาพที่ 4.18 ภาพขยายรัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดันในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ

2.3 การประเมินรัศมีกรณีเกิดระเบิดแบบบลีวี (Boiling Liquid Evaporating Vapor Explosion ; BLEVE)

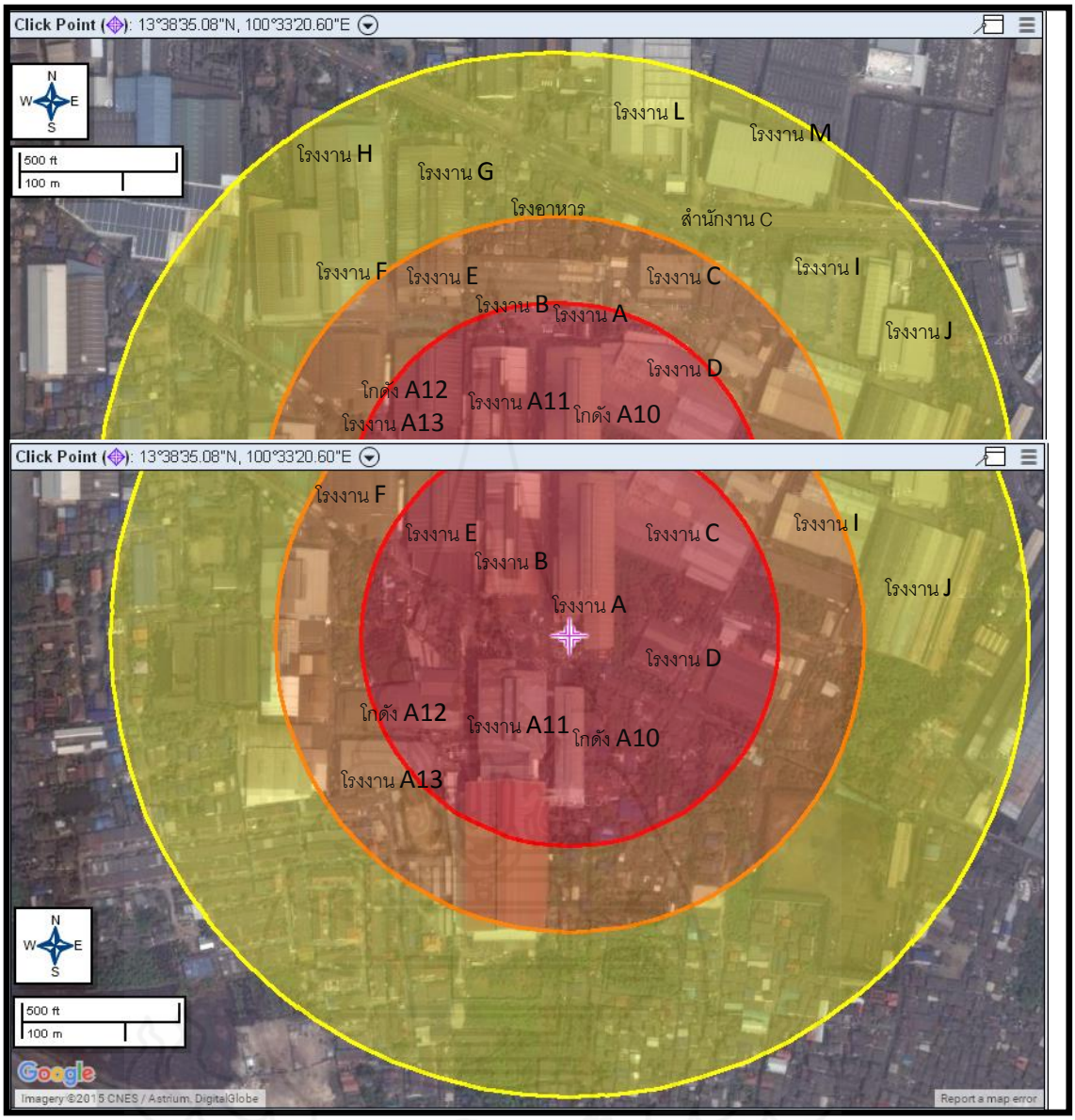
เมื่อนำผลการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA มาเข้าโปรแกรม MARPLOT พบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนของลูกไฟในกรณีที่เกิดการระเบิดแบบบลีวีเป็นบริเวณกว้าง จากภาพที่4.19 – 4.21 พบว่าความรุนแรงจากการเกิดระเบิดแบบบลีวีส่งผลกระทบรุนแรงและเป็นวงกว้างที่สุดจากทุกการประเมิน โดยผลกระทบส่งผลถึงระยะรัศมี 444 เมตร ซึ่งเป็นทั้งเขตอุตสาหกรรม และเขตที่อยู่อาศัยของชุมชน จึงทำให้ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรจำนวนมาก โดยในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) ครอบคลุมพื้นที่โรงงาน A ที่เกิดเหตุทั้งหมด และพื้นที่โดยรอบโรงงานที่ได้รับผลกระทบด้วย คือ ถนน 4 แยก ป้อมยาม โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โกดัง A10 โกดัง A12 และชุมชนทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงงาน ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) ครอบคลุมพื้นที่ไปถึงโรงอาหาร โรงงาน I โรงงาน F โรงงาน A13 และสำนักงาน C ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) ครอบคลุมโรงงาน G โรงงาน H โรงงาน I โรงงาน J โรงงาน L โรงงาน M และขยายออกไปยังถนนปู่เจ้าสมิงพราย ธนาคารกรุงไทย สาขาถนนปู่เจ้าสมิงพราย และชุมชนโดยรอบ



ภาพที่ 4.19 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี
รังสีความร้อนจากลูกไฟในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศ



ภาพที่ 4.20 รัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี
รังสีความร้อนจากลูกไฟในรูปแบบมุมมองถนน



ภาพที่ 4.21 ภาพขยายรัศมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการระเบิดแบบบลีวี รังสีความร้อนจากลูกไฟ

ตอนที่ 3 การจัดทำแผนงานในการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

จากการประเมินผลกระทบจากการรั่วไหล และแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ พบว่าการรั่วไหลส่งผลกระทบทั้งภายใน และภายนอก สำหรับภายในคือ อาคารโรงงาน A และผู้ปฏิบัติงานของโรงงาน A ที่เกิดเหตุ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ส่วนภายนอกคือ ถนนด้านข้างโรงงาน ถึงบริเวณ 4 แยก โรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน A11 โกดัง A10 ป้อมยาม และชุมชน จากผลกระทบที่เกิดขึ้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย (W EN-010-003) และศึกษาวิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง แผนปฏิบัติการเมื่อก๊าซรั่ว (W EN-010-005) ซึ่งมีการจัดทำขึ้นใช้ในการปฏิบัติอยู่แล้วของโรงงาน A แต่แผนดังกล่าวเป็นแผนที่จัดทำขึ้นสำหรับก๊าซอุตสาหกรรมโดยรวม เช่น ก๊าซเชื่อม CO ก๊าซสำหรับเครื่องเลเซอร์ เป็นต้น จึงนำแผนเดิมที่มี มาประยุกต์เพื่อจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินสำหรับกรณีถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล แบ่งเป็น

3.1 แผนก่อนเกิดเหตุ ซึ่งจะประกอบด้วยแผนป้องกันเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 2 แผน คือ แผนการอบรมและฝึกซ้อมอพยพ และแผนการตรวจตราและซ่อมบำรุง

3.2 แผนขณะเกิดเหตุ ซึ่งจะประกอบด้วยแผนเกี่ยวกับการระงับเหตุฉุกเฉิน และลดความสูญเสียโดยประกอบด้วยแผน 3 แผนคือ แผนการระงับเหตุ แผนการอพยพ และแผนบรรเทาทุกข์ สำหรับแผนบรรเทาทุกข์จะเป็นแผนที่มีการปฏิบัติต่อเนื่องไปจนถึงหลังเหตุสงบลงแล้วด้วย

3.3 แผนหลังเกิดเหตุ จะประกอบด้วยแผนที่จะดำเนินการเมื่อเหตุสงบแล้ว 2 แผน คือ แผนการบรรเทาทุกข์ซึ่งดำเนินการต่อเนื่องจากภาวะเกิดเหตุก๊าซรั่วไหล และแผนการฟื้นฟู โดยมีรายละเอียดในแต่ละแผนการดำเนินการ ดังนี้

3.3.1 แผนก่อนเกิดเหตุ

1) แผนการอบรมและฝึกซ้อมอพยพ โดยกำหนดการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ฝ่ายบุคคลทำหน้าที่จัดหาและส่งพนักงานไปทำการฝึกอบรมกับสถาบัน หรือหน่วยงานภายนอกที่ได้รับการรับรองจากกรมธุรกิจพลังงาน ซึ่งบริษัทกำหนดให้เจ้าหน้าที่เทคนิคเป็นผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นหลัก รวมไปถึงการจัดให้มีบุคลากรเฉพาะที่รับผิดชอบดูแลสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ตามข้อ 31 (ประกาศกระ ทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ และวิธีการในการเก็บรักษา

การกำหนดบุคลากรที่รับผิดชอบและการยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติ วัตถุอันตราย พ.ศ.2535 สำหรับสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่กรมธุรกิจพลังงานรับผิดชอบ พ.ศ. 2554) ให้ถูกต้องตามกฎหมาย และการจัดอบรมพนักงานทุกคนหลักสูตรการป้องกันและระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมรั่วไหลขั้นต้น และการฝึกซ้อมอพยพประจำปี รายละเอียดของแผนมี ดังนี้

แผนการอบรม และฝึกซ้อมอพยพก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเสริมสร้างความรู้ความสามารถให้พนักงานมีความรู้ในการป้องกัน และปฏิบัติตามเพื่อลดความเสี่ยงต่ออุบัติภัย อันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สินตามที่บริษัทฯ ต้องการ

1.2 เพื่อสร้างจิตสำนัก ให้พนักงานตระหนักถึงความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

2. ขอบเขต

พนักงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในโรงงาน A

3. เอกสารอ้างอิง

ระเบียบการปฏิบัติงานจิตสำนึก ความสามารถและการฝึกอบรม KW P PA – 001

วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง แผนปฏิบัติการเมื่อก๊าซรั่ว W EN-010-005

แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย W EN 010-003

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้จัดการฝ่ายบุคคลมีหน้าที่อนุมัติการฝึกอบรม

4.2 เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคลมีหน้าที่ ดังต่อไปนี้

4.2.1 ฝึกอบรมพื้นฐานพร้อมกับอธิบายเกี่ยวกับสวัสดิการความปลอดภัยแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้อง

4.2.2 จัดหาและ/หรือประสานงานเกี่ยวกับการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้อง

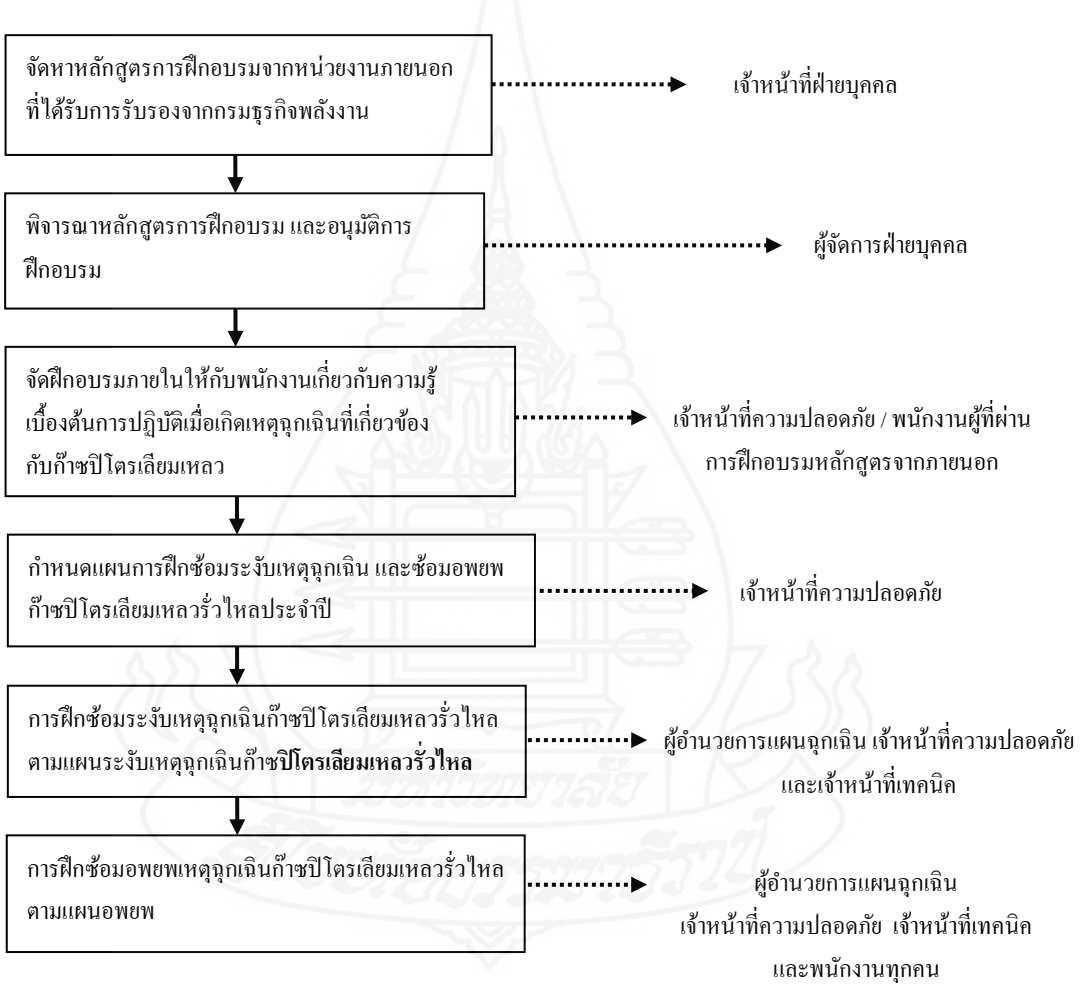
4.2.3 สนับสนุน และเก็บบันทึกที่เกี่ยวข้องกับการอบรม

4.3 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยมีหน้าที่วางแผนประสานงานฝึกอบรมที่เกี่ยวข้อง ประเมินผลการฝึกซ้อม และจัดทำรายงาน

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

กำหนดแผนการอบรม และฝึกซ้อมอพยพเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล ดังนี้

แผนผังการดำเนินการ (Flow Chart)
มาตรการเตรียมความพร้อมสำหรับการป้องกัน และระงับเหตุก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล



2) แผนการตรวจตรา และซ่อมบำรุง เป็นแผนในด้านการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการจัดเก็บและใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานประกอบการ การตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาอุปกรณ์ในสถานที่ใช้ก๊าซ ซึ่งเป็นกิจกรรมสำคัญที่จะต้องดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การทดสอบและตรวจสอบถังเก็บและจ่ายก๊าซ พ.ศ. 2554 มีการกำหนดรอบการตรวจสอบถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากผู้ทดสอบและตรวจสอบในกรณีนี้เข้าข่าย ถังครบวาระ หมายความว่า ถังเก็บและจ่ายก๊าซที่ได้ผ่านการทดสอบและตรวจสอบครบ 5 ปี นับแต่วันที่ได้ทดสอบและตรวจสอบครั้งแรก และจัดให้มีการทดสอบและตรวจสอบทุกๆ 5 ปี แต่ทั้งนี้ควรมีการกำหนดแผนการตรวจสอบถังบรรจุและจ่ายก๊าซของบริษัทด้วยตนเองโดยกำหนดรายการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบตามมาตรฐาน ดังนี้

แผนการตรวจตรา และซ่อมบำรุงป้องกันก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติและการป้องกันการรั่วไหลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.2 เพื่อป้องกัน และลดความเสี่ยงต่ออุบัติภัย และอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน

2. ขอบเขต

พนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในบริษัท สยามโอคามูระสตีล จำกัด ใช้เป็นวิธีการปฏิบัติงานเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเกิดเหตุ

3. เอกสารอ้างอิง

คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 เจ้าหน้าที่เทคนิคทำการตรวจสอบถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวตามรายการตรวจสอบ

4.2 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยหรือพนักงานผู้มีคุณสมบัติรับหน้าที่เป็นบุคลากรเฉพาะที่รับผิดชอบดูแลสถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

กำหนดแผนการตรวจสอบถังบรรจุและจ่ายก๊าซของบริษัทด้วยตนเองโดยกำหนดรายการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบตามมาตรฐาน ดังนี้

1) ถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ (Bulk)

ตารางที่ 4.2 รายการตรวจสอบถังบรรจุ และจ่ายก๊าซขั้นพื้นฐาน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1.ตรวจสอบสีและสภาพผิวถัง	สังเกตด้วยสายตา	ไม่เป็นสนิม ไม่มีตะไคร่	M
2.เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)	สังเกตด้วยสายตา	สภาพดีไม่ชำรุด อ่านค่าได้ใกล้เคียงกับถังอื่น	M
3.เกจวัดระดับน้ำก๊าซ (Level Gauge)	สังเกตด้วยสายตา เกจตัวหมุน (Roter Gauge) ใช้มือหมุนและสังเกตด้วยสายตา	สภาพดีไม่ชำรุด อ่านค่าได้ใกล้เคียงกับถังอื่น	M
4.เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature Gauge)	สังเกตด้วยสายตา	สภาพดีไม่ชำรุด อ่านค่าได้ใกล้เคียงกับถังอื่น	M
5.วาล์ววัดระดับน้ำก๊าซที่ 85% (Vent Valve and Fixed Tube)	สังเกตด้วยสายตา	สภาพดีไม่ชำรุด เปรียบเทียบกับเกจวัดระดับ (Level Gauge)	M
6.วาล์วป้องกันก๊าซไหลกลับ (Back Check Valve)	สังเกตด้วยสายตา	ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เป็นสนิม	M
7.วาล์วควบคุมการไหล (Excess Flow Valve)	สังเกตด้วยสายตา	ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เป็นสนิม	M
8.กลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Safety Relief Valve)	สังเกตด้วยสายตา	ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เป็นสนิม	M
9.วาล์วปิด-เปิด (Valve)	สังเกตด้วยสายตา	ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เป็นสนิม	M
10.ตรวจสอบการรั่วซึมของวาล์วควบคุมการไหล และข้อต่อต่างๆ	ตรวจสอบด้วยน้ำสบู่	ไม่มีก๊าซรั่วซึมออกมา	M
11.ตรวจสอบสายดิน	สังเกตด้วยสายตา	ข้อต่อต้องแน่น ไม่หลุด	M
12.ตรวจสอบความดัน	สังเกตด้วยสายตา จดบันทึกค่า	ความดันแต่ละถังเท่ากัน	D
13.ตรวจวัดระดับน้ำก๊าซ	สังเกตด้วยสายตา จดบันทึกค่า	ระดับน้ำก๊าซแต่ละถังเท่ากัน	D

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

2) ระบบท่อรับ และจ่ายก๊าซ

ตารางที่ 4.3 รายการตรวจสอบระบบท่อรับและจ่ายก๊าซ

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. สภาพภายนอกของท่อและสายยางรับก๊าซ	สังเกตด้วยสายตา	อยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุด ไม่เป็นสนิม ไม่แตกลายงา	D
2. ตรวจสอบการรั่วซึมที่วาล์วข้อต่อต่างๆ และกลอุปกรณ์นิรภัย	ตรวจสอบด้วยน้ำสบู่	ต้องไม่รั่วซึม	M
3. เครื่องวัดความดัน (Pressure Gauge)	สังเกตด้วยสายตา	สภาพดีไม่ชำรุด อ่านค่าได้	M
4. สื่อไฟฟ้าที่หน้าแปลน	สังเกตด้วยสายตา	ต้องมีสื่อไฟฟ้าครบทุกหน้าแปลน	M

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

3) เครื่องทำไอก๊าซ (Vaporizer)

ตารางที่ 4.4 รายการตรวจสอบเครื่องทำไอก๊าซขั้นพื้นฐาน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. ระดับน้ำ	สังเกตด้วยสายตา	ระดับน้ำต้องอยู่ในช่วง Min-Max	D
2. อุณหภูมิน้ำ	สังเกตด้วยสายตา	ขณะเครื่องทำงาน อุณหภูมิต้องอยู่ในช่วง 65-80°C	D
3. ความดันไอก๊าซที่ท่อทางออก	สังเกตด้วยสายตา	ความดันต้องเท่ากับความดันในถังเก็บและจ่ายก๊าซ	D
4. ตู้ควบคุม	ฟังเสียง, สังเกตด้วยสายตา, การสัมผัส	ไม่มีเสียงสัญญาณเตือน -อุณหภูมิของตู้ควบคุมไม่ร้อน (สัมผัส) -เกจต่างๆประจำตู้ใช้งานได้	D
5. ความสะอาดของน้ำในเครื่องทำไอก๊าซ	ระบายน้ำออกมาเล็กน้อยและสังเกตด้วยสายตา	ไม่มีกากตะกอนหรือเศษสนิม	M
6. ตะกอนก๊าซในเครื่องทำไอก๊าซ	ระบายก๊าซออกมาเล็กน้อยและสังเกตด้วยสายตา	ไม่มีกากตะกอน	M

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

4) วาล์วปิดฉุกเฉิน (Emergency Shut Off Valve)

ตารางที่ 4.5 รายการตรวจสอบวาล์วปิดฉุกเฉิน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. การทำงานของกลไกสายสลิง	ทดสอบโดยการดึงสายสลิงปิดวาล์ว จำนวน 3 ครั้ง	กลไกสายสลิงปิดวาล์ว ปิดทั้ง 3 ครั้ง	M

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

5) เครื่องปรับความดัน (Pressure Regulator)

ตารางที่ 4.6 รายการตรวจสอบเครื่องปรับความดัน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. การทำงานของเครื่องปรับความดันทั้ง 2 ชุด	สังเกตด้วยสายตา, ฟังเสียง และสัมผัสการไหลของไอก๊าซที่ผ่านเครื่องความดัน	1. ชุดเครื่องปรับความดันจากเครื่องทำไอก๊าซจะมีเสียงไอก๊าซไหลผ่านและมีการสั่นของเครื่องปรับความดัน	M
		2. ชุดเครื่องปรับความดันจากท่อจ่ายไอก๊าซตรงจากถังก๊าซจะไม่มีเสียงไอก๊าซไหลผ่านและไม่มีการสั่นของเครื่องปรับความดัน	
		3. ความดันขาเข้าอยู่ระหว่าง 80-120 psi	D
		4. ความดันขาออกอยู่ระหว่าง 15-30 psi	

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

6) อุปกรณ์ดักตะกอนก๊าซ (Oil Trap)

ตารางที่ 4.7 รายการตรวจสอบอุปกรณ์ดักตะกอนก๊าซพื้นฐาน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. ตะกอนก๊าซที่สะสม	เปิดวาล์วระบายด้านล่างของชุดดักเพื่อระบายตะกอนก๊าซออกมา (การเปิดวาล์วให้เปิดเป็นจังหวะ เพื่อไม่ให้ก๊าซที่ออกมาสะสม)	ระบายตะกอนก๊าซออกมาจนหมด	W

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

7) เครื่องตรวจจับก๊าซ (Gas Detector)

ตารางที่ 4.8 รายการตรวจสอบเครื่องตรวจจับก๊าซ

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1. ชุดส่งสัญญาณเตือน (Indicator)	กดปุ่มทดสอบเครื่อง (Test)	จะมีเสียงเตือน	M
2. หัวจับก๊าซ (Detector)	ทดสอบจ่ายไอก๊าซผ่านหัวจับก๊าซ	จะมีเสียงเตือนที่ชุดส่งสัญญาณเตือน	Y

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

8) ถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง

ตารางที่ 4.9 รายการบำรุงรักษาถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้งขั้นพื้นฐาน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1.แรงดันของผงเคมีแห้ง	ตรวจสอบที่เกจวัด	เกจวัดมีแรงดันผงเคมีแห้งอยู่ในระดับขีดสีเขียว	M

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

9) ระบบท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซ

ตารางที่ 4.10 รายการบำรุงรักษาระบบท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซขั้นพื้นฐาน

รายการที่ตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ	ความถี่
1.แรงดันและการกระจายตัวของน้ำ	เปิดท่อฉีดน้ำเหนือผิวถังทุกถังและสังเกต	น้ำกระจายตัวเต็มพื้นผิวถังเก็บและจ่ายก๊าซ	M
2.ท่อทาง และหัวฉีดน้ำฝอย	เปิดตรวจสอบและสังเกต	น้ำไม่รั่วซึมและหัวฉีดไม่อุดตัน	M

เครื่องหมายความถี่ : D = รายวัน ,W = รายสัปดาห์ ,M = รายเดือน,H = ราย 6 เดือน,Y = รายปี

ที่มา : คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

3.3.2 แผนขณะเกิดเหตุ

1) แผนระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล เป็นแผนดำเนินการเพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติเมื่อพบการรั่วไหลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวของพนักงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เช่นเจ้าหน้าที่เทคนิค รวมไปถึงผู้ปฏิบัติงานที่พบเห็นเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีก๊าซรั่วไหลแต่ไม่ติดไฟที่สามารถควบคุมได้ มีรายละเอียดของแผนดังนี้

แผนระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติเมื่อพบการรั่วไหลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว

1.2 เพื่อระงับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติภัย และอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน

2. ขอบเขต

พนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในบริษัท สยามโอคามูระสตีล จำกัด ใช้เป็นวิธีการปฏิบัติงานเพื่อระงับเมื่อเกิดเหตุ

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง แผนปฏิบัติการเมื่อก๊าซรั่ว W EN-010-005

3.2 คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

3.3 แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย W EN 010-003

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน มีหน้าที่เป็นผู้ตัดสินใจในการประกาศภาวะฉุกเฉิน รวมถึงออกคำสั่งประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ

4.2 เจ้าหน้าที่เทคนิค มีหน้าที่ทำการตัดระบบการจ่ายก๊าซ ระบบไฟฟ้า และเข้าระงับเหตุ

4.3 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยมีหน้าที่เป็นผู้ช่วยผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ

4.4 ทีมอพยพ มีหน้าที่นำอพยพพนักงานทั้งหมดไปยังจุดรวมพลที่ปลอดภัย

4.5 ทีมปฐมพยาบาลมีหน้าที่ดูแล ปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บเบื้องต้น

4.6 ทีมสื่อสารและประชาสัมพันธ์มีหน้าที่สื่อสารเหตุการณ์ทั้งภายใน และภายนอก

4.7 ทีมรักษาความปลอดภัย และจราจร มีหน้าที่กำหนดเส้นทางเดินรถเข้า-ออก เพื่อให้สะดวกต่อหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือและปิดปิดทางเข้าออกสถานที่ห้ามผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่เกิดเหตุ

4.8 พนักงาน

ในภาวะปกติ จดจำทิศทาง เส้นทางการอพยพและประตูทางออก ห้ามนำสิ่งของกีดขวางช่องทางออกตลอดเวลา ดำเนินการจัดการ สะสางสถานที่ทำงานตลอดเวลา

ในภาวะฉุกเฉิน เก็บเก้าอี้เข้าที่และสิ่งของที่อาจกีดขวางทางเดินอาจจะเป็นเหตุทำให้เกิดการสะดุดล้ม ต้องมีการกระตือรือร้นในการอพยพ (เดินเร็วห้ามวิ่ง) โดยใช้เส้นทางที่กำหนดอพยพตามกันไปอย่าผลักเพื่อน หรือแซงขึ้นหน้าในขณะอพยพ ให้เข้าแถวที่บริเวณจุดรวมตัว และรายงานตัวต่อผู้นำกลุ่มอพยพ

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

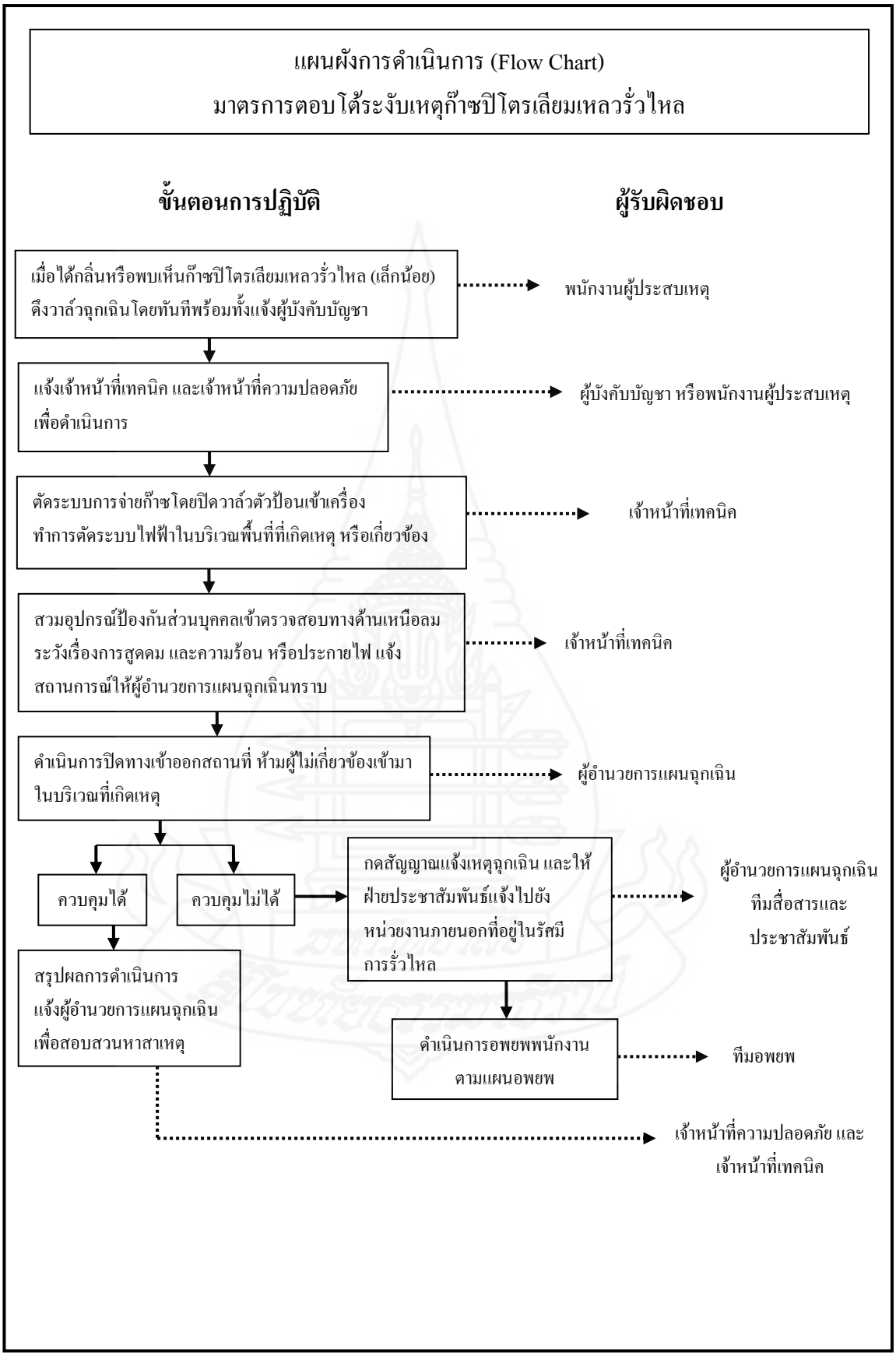
5.1 เมื่อผู้ปฏิบัติงานที่เป็นผู้พบเห็นว่ามีการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวขึ้นให้ดึงวาล์วฉุกเฉินโดยทันทีพร้อมทั้งแจ้งผู้บังคับบัญชาทราบ เพื่อให้ประสานงานทำการแจ้งให้เจ้าหน้าที่เทคนิค และผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินทราบ

5.2 ทันทีที่รับเรื่อง เจ้าหน้าที่เทคนิคทำการตัดระบบการจ่ายก๊าซโดยปิดวาล์วตัวป้อนเข้าเครื่อง ทำการตัดระบบไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่เกิดเหตุ หรือเกี่ยวข้อง เข้าระงับเหตุทันที โดยสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม ปฏิบัติการระงับเหตุอย่างระมัดระวังในเรื่องของ การสูดดมควรเข้าทางด้านเหนือลม และระวังแหล่งความร้อน หรือประกายไฟ เจ้าหน้าที่เทคนิคไปตรวจสอบระบบแล้วแจ้งสถานการณ์ให้ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน

5.3 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินของโรงงานเกิดเหตุ ประกาศห้ามเข้าโดยปิดทางเข้า-ออกสถานที่ ห้ามผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่เกิดเหตุ และทำการพิจารณาความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น

<u>กรณีที่ไม่สามารถควบคุมได้</u> ให้กดสัญญาณแจ้งเหตุฉุกเฉิน แจ้งผู้ปฏิบัติงานภายในโรงงานที่เกิดเหตุ รวมถึงให้ฝ่ายประชาสัมพันธ์ทำการแจ้งไปยังหน่วยงานภายนอกที่อยู่ในรัศมีการรั่วไหล ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินตัดสินใจ

ประกาศภาวะฉุกเฉินขึ้น และทำการประกาศอพยพตามแผนอพยพเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล พร้อมทั้งเตรียมการแผนรองรับกรณีเกิดการลุกติดไฟ


แผนผังการดำเนินการ (Flow Chart)
มาตรการตอบโต้ระงับเหตุก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล
ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
เมื่อได้กลิ่นหรือพบเห็นก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล (เล็กน้อย) ดึงวาล์วฉุกเฉินโดยทันทีพร้อมทั้งแจ้งผู้บังคับบัญชา
พนักงานผู้ประสบเหตุ
แจ้งเจ้าหน้าที่เทคนิค และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย เพื่อดำเนินการ
ผู้บังคับบัญชา หรือพนักงานผู้ประสบเหตุ
ตัดระบบการจ่ายก๊าซโดยปิดวาล์วตัวป้อนเข้าเครื่อง ทำการตัดระบบไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่เกิดเหตุ หรือเกี่ยวข้อง
เจ้าหน้าที่เทคนิค
สวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเข้าตรวจสอบทางด้านเหนือลม ระวังเรื่องการสูดดม และความร้อน หรือประกายไฟ แจ้งสถานการณ์ให้ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินทราบ
เจ้าหน้าที่เทคนิค
ดำเนินการปิดทางเข้าออกสถานที่ ห้ามผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่เกิดเหตุ
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ควบคุมได้
ควบคุมไม่ได้
กดสัญญาณแจ้งเหตุฉุกเฉิน และให้ฝ่ายประชาสัมพันธ์แจ้งไปยังหน่วยงานภายนอกที่อยู่ในรัศมีการรั่วไหล
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ทีมสื่อสารและประชาสัมพันธ์
สรุปผลการดำเนินการ แจ้งผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน เพื่อสอบสวนหาสาเหตุ
ดำเนินการอพยพพนักงานตามแผนอพยพ
ทีมอพยพ
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และเจ้าหน้าที่เทคนิค

2) แผนอพยพเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล เป็นแผนการดำเนินการที่จะถูกประกาศใช้หลังจากที่ไม่สามารถทำการระงับการรั่วไหลของก๊าซได้ ซึ่งระบุถึงขั้นตอนการปฏิบัติ เส้นทาง และประตูทางออกที่ใช้อพยพ ทางออกที่กำหนดคือหมายเลข 1 2 และ 3 **ห้ามใช้** ทางออกหมายเลข 4 และ 5โดยเด็ดขาด ดังภาพที่ 4.22 การกำหนดจุดรวมพลจะพิจารณาจากการประเมินรัศมีการแพร่กระจายการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวว่าส่งผลกระทบไปในระยะสูงสุดเท่าใด ซึ่งจากการประเมิน ระยะรัศมีที่แพร่กระจาย และส่งผลกระทบไปในระยะสูงสุด คือ 289 เมตร ซึ่งเป็นผลจากการประเมินความสามารถในการลุกติดไฟของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ผู้วิจัยจึงได้กำหนดจุดรวมพลเป็นระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 395 เมตร โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการอพยพผู้ปฏิบัติงานในโรงงานเกิดเหตุ ตำแหน่งจุดรวมพลของโรงงานเกิดเหตุเป็นบริเวณหน้าโรงงาน G ดังแสดงในภาพที่ 4.23

แผนอพยพเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทุกคนสามารถอพยพในกรณีฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

2. ขอบเขต

พนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในโรงงาน A ใช้เป็นวิธีการปฏิบัติงานเพื่อระงับเมื่อเกิดเหตุ

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 วิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง แผนปฏิบัติการเมื่อก๊าซรั่ว W EN-010-005

3.2 คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2551

3.3 แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย W EN 010-003

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน มีหน้าที่เป็นผู้ตัดสินใจในการประกาศภาวะฉุกเฉินรวมถึงออกคำสั่งประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ

4.2 เจ้าหน้าที่เทคนิค มีหน้าที่ทำการตัดระบบการจ่ายก๊าซ ระบบไฟฟ้า และเข้าระงับเหตุ

4.3 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยมีหน้าที่เป็นผู้ช่วยผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ

4.4 ทีมอพยพ มีหน้าที่นำอพยพพนักงานทั้งหมดไปยังจุดรวมพลที่ปลอดภัย

4.5 ทีมค้นหา มีหน้าที่ค้นหาพนักงานที่สูญหาย และช่วยเหลือให้อพยพมายังจุดที่ปลอดภัย

4.6 ทีมปฐมพยาบาลมีหน้าที่ดูแล ปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บเบื้องต้น

4.7 ทีมสื่อสารและประชาสัมพันธ์มีหน้าที่สื่อสารเหตุการณ์ทั้งภายใน และภายนอก

4.8 ทีมรักษาความปลอดภัย และจราจร มีหน้าที่กำหนดเส้นทางเดินรถเข้า-ออก เพื่อให้สะดวกต่อหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือและปิดปิดทางเข้าออกสถานที่ห้ามผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่เกิดเหตุ

4.9 พนักงาน

ในภาวะปกติ จดจำทิศทาง เส้นทางการอพยพและประตูทางออก ห้ามนำสิ่งของกีดขวางช่องทางออกตลอดเวลา ดำเนินการจัดการ สะสางสถานที่ทำงานตลอดเวลา

ในภาวะฉุกเฉิน เก็บเก้าอี้เข้าที่และสิ่งของที่อาจกีดขวางทางเดินอาจจะเป็นเหตุทำให้เกิดการสะดุดล้ม ต้องมีการกระตือรือร้นในการอพยพ (เดินเร็วห้ามวิ่ง) โดยใช้เส้นทางที่กำหนด อพยพตามกันไปอย่าผลักเพื่อน หรือแซงขึ้นหน้าในขณะอพยพ ให้เข้าแถวที่บริเวณจุดรวมตัว และรายงานตัวต่อผู้นำกลุ่มอพยพ

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

5.1 เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณแจ้งเหตุ ให้ผู้ปฏิบัติงานหยุดการทำงานทันที ปิดสวิตซ์อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด ยกเว้นแสงสว่าง เก็บทรัพย์สิน เอกสารสำคัญไว้ในที่ปลอดภัย เก็บเก้าอี้ หรือสิ่งที่จะกีดขวางทางเดินให้เรียบร้อย อพยพไปในทางเดิน และทางออกที่กำหนดคือหมายเลข 1 2 และ 3 **ห้ามใช้**ทางออกหมายเลข 4 และ 5 โดยเด็ดขาด ตามแผนผังแสดงทางออกหนีไฟ เดินตามผู้นำทีมอพยพ

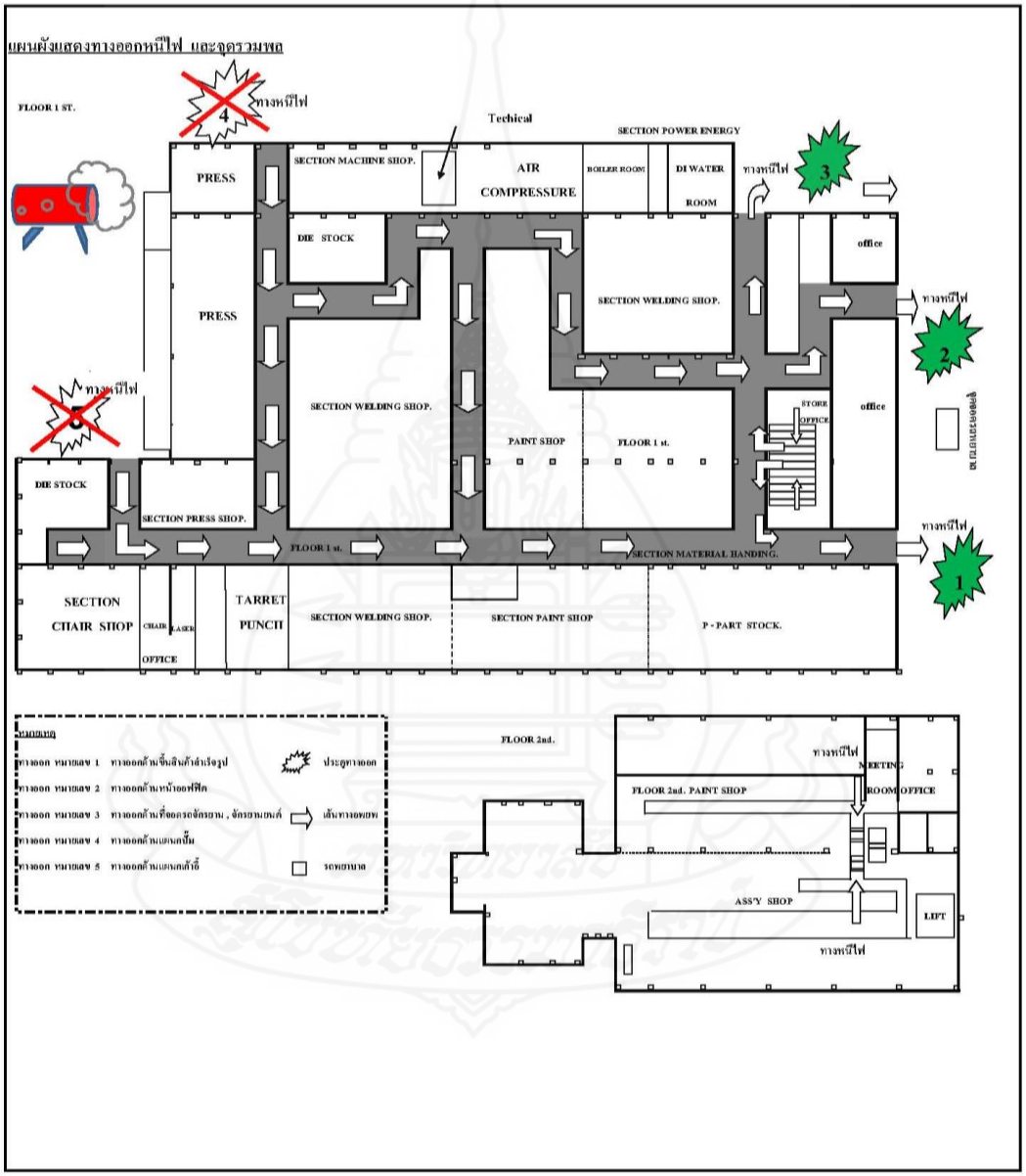
5.2 ผู้นำทีมอพยพนำพนักงานอพยพไปรวมกันที่จุดรวมพลบริเวณหน้าโรงงาน G และทำการตรวจเช็คพนักงานพร้อมรายงานตัวเมื่อไปถึงจุดรวมพลหากพบว่ามีพนักงานสูญหาย แจ้งทีมค้นหาเพื่อดำเนินการค้นหา และช่วยเหลือ

5.3 ทีมปฐมพยาบาลให้ทำการดูแล ปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บของโรงงานเกิดเหตุ และให้ทำการติดตามปฐมพยาบาล ณ ที่จุดรวมพล

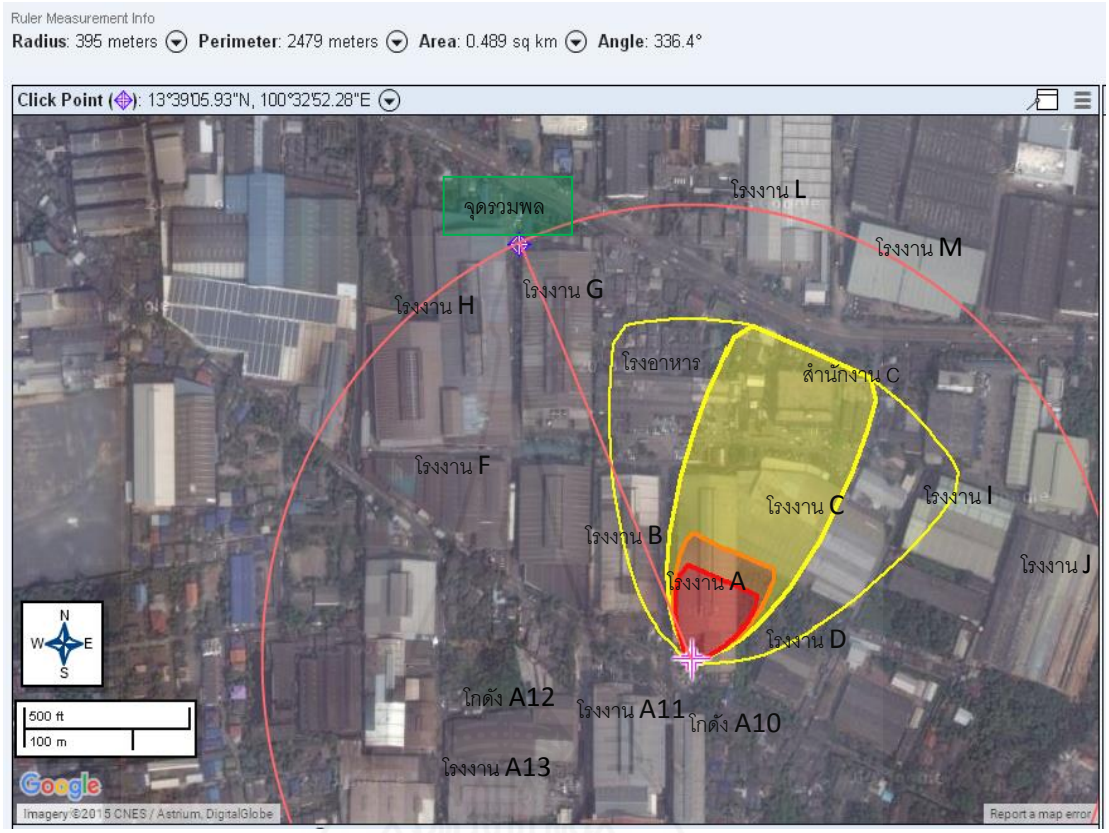
5.4 ทีมสื่อสาร และประชาสัมพันธ์ของโรงงานเกิดเหตุ นอกจากทำการแจ้งผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยรอบ ให้ทำการแจ้งหน่วยงานภายนอกเพื่อเข้าทำการช่วยเหลือทันที หลังจากผู้อำนวยการแผนกฉุกเฉินได้พิจารณาและสั่งการเนื่องจากการรั่วไหลอาจมีแนวโน้มเกิดการไฟไหม้ หรือการระเบิด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ต่างๆ ตามที่ได้มีการประเมินถึงผลกระทบจากการแพร่กระจายในเบื้องต้น โดยให้มีการเตรียมข้อมูลสำหรับอำนวยความสะดวกให้หน่วยงานภายนอก ดังนี้

5.4.1 เจ้าหน้าที่เทคนิคของโรงงานเกิดเหตุเตรียมข้อมูลด้านแผนผังโรงงาน วงจรไฟฟ้า ประปา โครงสร้างอาคารเพื่อให้ข้อมูลกับหน่วยงานภายนอก

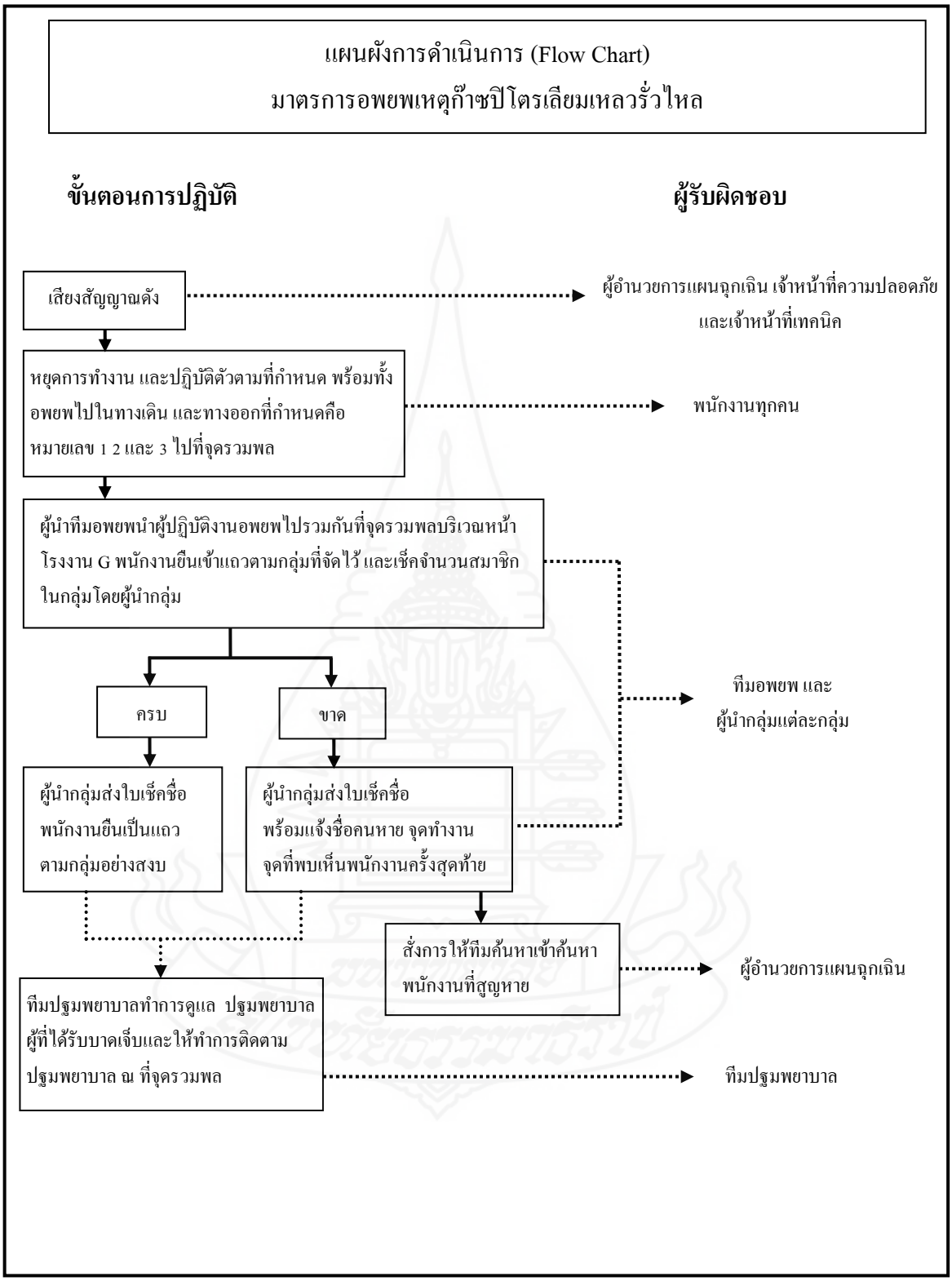
5.4.2 ทีมรักษาความปลอดภัย และจราจรกำหนดเส้นทางเดินรถ เข้า-ออก เพื่อให้สะดวกต่อหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือ และปิดกั้นเขตเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ หรือ เปลวไฟ หรือการกระทำที่อาจทำให้เกิดประกายไฟหรือเปลวไฟ

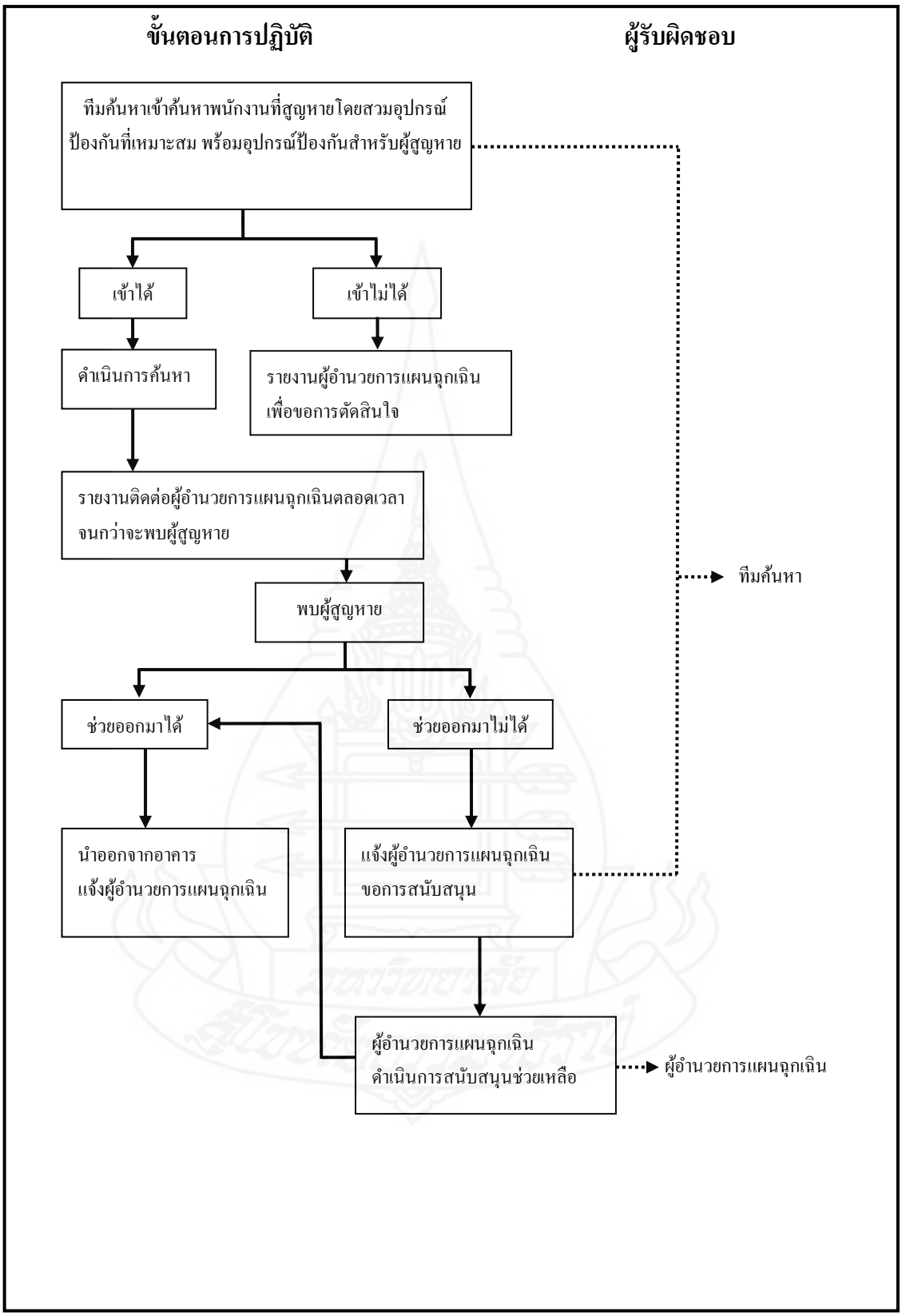


ภาพที่ 4.22 แผนผังแสดงทางออกฉุกเฉินกรณีก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล



ภาพที่ 4.23 จุดรวมพลบริเวณหน้าโรงงาน G


แผนผังการดำเนินการ (Flow Chart)
มาตรการอพยพเหตุก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล
ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
เสียงสัญญาณดัง
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และเจ้าหน้าที่เทคนิค
หยุดการทำงาน และปฏิบัติตัวตามที่กำหนด พร้อมทั้งอพยพไปในทางเดิน และทางออกที่กำหนดคือ หมายเลข 1 2 และ 3 ไปที่จุดรวมพล
พนักงานทุกคน
ผู้นำทีมอพยพนำผู้ปฏิบัติงานอพยพไปรวมกันที่จุดรวมพลบริเวณหน้าโรงงาน G พนักงานยืนเข้าแถวตามกลุ่มที่จัดไว้ และเช็คจำนวนสมาชิกในกลุ่มโดยผู้นำกลุ่ม
ครบ
ขาด
ทีมอพยพ และ ผู้นำกลุ่มแต่ละกลุ่ม
ผู้นำกลุ่มส่งใบเช็คชื่อ พนักงานยืนเป็นแถวตามกลุ่มอย่างสงบ
ผู้นำกลุ่มส่งใบเช็คชื่อ พร้อมแจ้งชื่อคนหาย จุดทำงาน จุดที่พบเห็นพนักงานครั้งสุดท้าย
สั่งการให้ทีมค้นหาเข้าค้นหาพนักงานที่สูญหาย
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ทีมปฐมพยาบาลทำการดูแล ปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บและให้ทำการติดตามปฐมพยาบาล ณ ที่จุดรวมพล
ทีมปฐมพยาบาล


ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
ทีมค้นหาเข้าค้นหาพนักงานที่สูญหายโดยสวมอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม พร้อมอุปกรณ์ป้องกันสำหรับผู้สูญหาย
เข้าได้
เข้าไม่ได้
ดำเนินการค้นหา
รายงานผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินเพื่อขอการตัดสินใจ
รายงานติดต่อผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินตลอดเวลาจนกว่าจะพบผู้สูญหาย
ทีมค้นหา
พบผู้สูญหาย
ช่วยออกมาได้
ช่วยออกมาไม่ได้
นำออกจากอาคาร แจ้งผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
แจ้งผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน ขอการสนับสนุน
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน ดำเนินการสนับสนุนช่วยเหลือ
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน

3.3.3 แผนหลังเกิดเหตุ

1) แผนบรรเทาทุกข์ เป็นแผนที่กำหนดขึ้นสำหรับการปฏิบัติหลังจากเกิดเหตุ โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้ การช่วยชีวิตและค้นหาผู้ประสบภัย การช่วยเหลือและสงเคราะห์ผู้ประสบภัย การเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ทรัพทย์สิน และผู้สียชีวิต การสำรวจความเสียหาย การประเมินความเสียหาย ผลการปฏิบัติงานและรายงานสถานการณ์ การปรับปรุงแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการไปได้อย่างโดยรวดเร็วที่สุด มีรายละเอียด ดังนี้

แผนบรรเทาทุกข์เหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อช่วยการประเมิน และช่วยเหลือด้านบุคคล ทรัพทย์สิน และด้านอื่นๆ

1.2 เพื่อลดปัญหาการสูญเสียและช่วยเหลือในด้านต่างๆ

2. ขอบเขต

สำหรับกรณีพนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในโรงงาน A ที่เกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตจากการเกิดเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย W EN 010-003

3.2 ระเบียบการปฏิบัติงานการสื่อสาร KW P EN - 003

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน มีหน้าที่สรุปเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วกำหนดการประชุมเพื่อช่วยเหลือทางผู้ประสบภัยกับทางผู้บริหารสูงสุดอย่างเร่งด่วนเพื่อช่วยเหลือไปยังผู้ที่ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต รวมถึงการประเมินความเสียหายที่เกิดกับอาคาร ทรัพย์สิน ผลิตภัณฑ์

4.2 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และทีมตอบโต้สภาวะฉุกเฉินของโรงงานสำรวจความเสียหาย การช่วยชีวิตหากพบผู้สูญหายตกค้าง และการเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย

4.3 ฝ่ายธุรการและบุคคล มีหน้าที่ประสานงานกับหน่วยงานภายในและภายนอกเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยเบื่องต้น จัดหาสวัสดิการที่เหมาะสมให้กับผู้ประสบภัย

4.4 ฝ่ายขาย มีหน้าที่ติดต่อประสานงานกับลูกค้า

4.5 ทีมสื่อสารและประชาสัมพันธ์มีหน้าที่สื่อสารเหตุการณ์ทั้งภายใน และภายนอก

4.6 ทีมรักษาความปลอดภัย และจราจร มีหน้าที่กำหนดเส้นทางเดินรถเข้า-ออก เพื่อให้สะดวกต่อหน่วยงานภายนอกที่เข้ามาให้ความช่วยเหลือและปิดปิดทางเข้าออกสถานที่ห้ามผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในบริเวณที่เกิดเหตุ

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

5.1 ฝ่ายธุรการ และบุคคลประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายนอก และภายใน ดังนี้หน่วยงานภายนอก แบ่งเป็น หน่วยงานภาครัฐ และหน่วยงานภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องเพื่อขอความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการ ดังนี้

หน่วยงานภาครัฐ	หน่วยงานภาคเอกชน
- เทศบาลปู่เจ้าสมิงพราย	- บริษัทในกลุ่มสยามสตีลที่ได้รับผลกระทบ
- เจ้าหน้าที่ตำรวจ	- บริษัทผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอุบัติภัยจากก๊าซ
- แรงงานจังหวัด	ปิโตรเลียมเหลว
- ประกันสังคม	
- อุตสาหกรรมจังหวัด	
- สวัสดิการและคุ้มครองแรงงานจังหวัด	
- โรงพยาบาลใกล้เคียง	

5.2 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินทำการสอบสวนเพื่อหาสาเหตุอย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การแก้ไข เพื่อป้องกันอุบัติภัยอันอาจเกิดขึ้นซ้ำได้

5.3 ฝ่ายผลิต และฝ่ายเทคนิคช่วยดำเนินการสำรวจ และประเมินความเสียหายของโครงสร้างอาคาร เครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องมือ ระบบการผลิต วัตถุดิบ และสินค้าที่จำเป็นต้องใช้ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานโดยเร็ว

5.4 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และคณะกรรมการความปลอดภัยสำรวจความเสียหาย ประเมินด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และอาชีวอนามัย และความต้องการด้านต่างๆ ของพนักงานหรือประชาชนที่ได้รับความเสียหาย

5.5 กรณีมีผู้บาดเจ็บให้ทีมปฐมพยาบาลช่วยเหลือเป็นการด่วนโดยให้ประสานงานกับสถานพยาบาลเพื่อเตรียมอุปกรณ์ช่วยชีวิต/ปฐมพยาบาล และเคลื่อนย้ายจัดให้มีการบริการรักษาพยาบาลผู้บาดเจ็บ

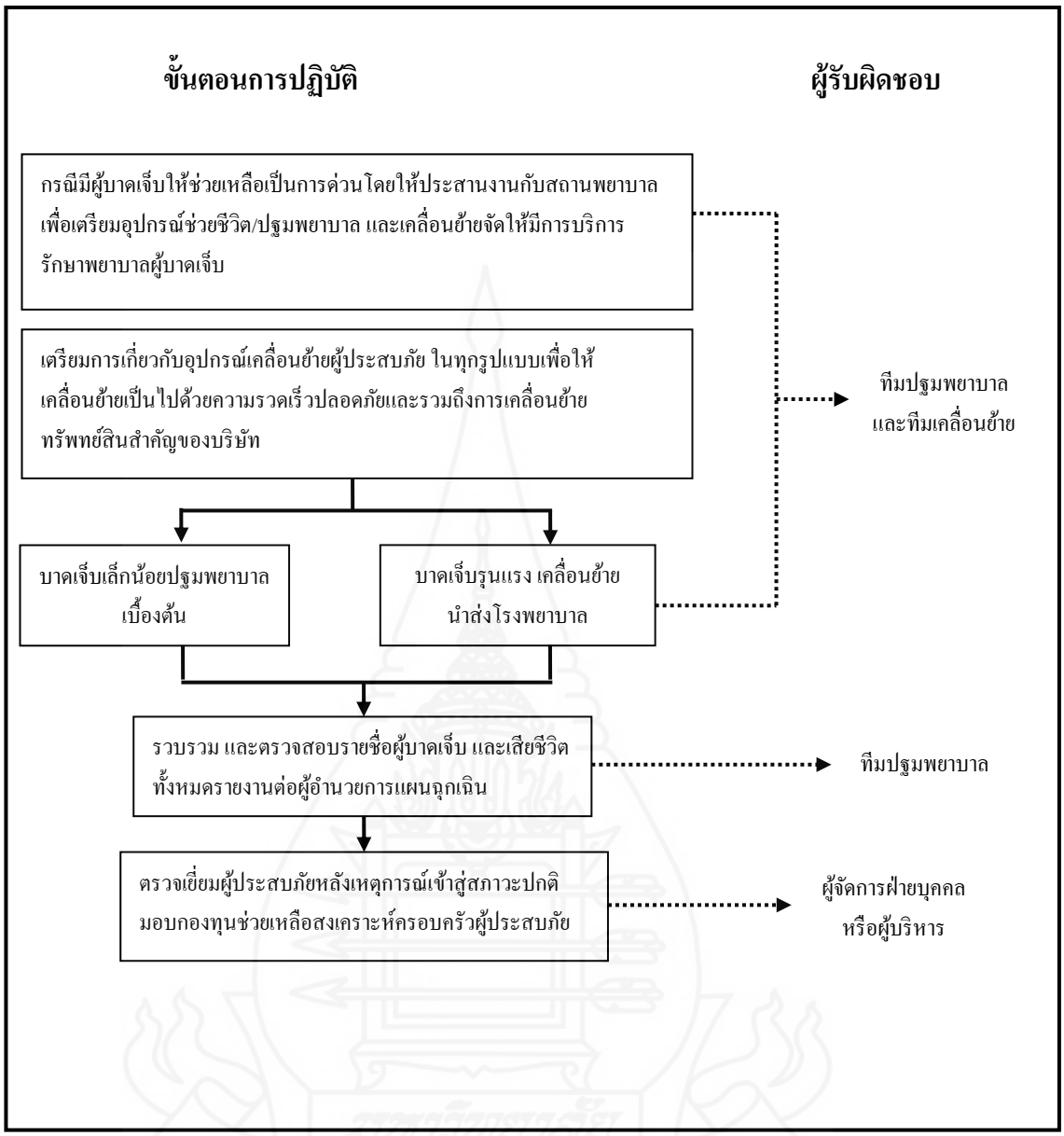
5.6 จัดให้มีการเตรียมการเกี่ยวกับอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ในทุกรูปแบบ เพื่อให้เคลื่อนย้ายเป็นไปด้วยความรวดเร็วปลอดภัยและรวมถึงการเคลื่อนย้ายทรัพย์สินสำคัญของบริษัท

5.7 จัดให้มีจุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยในเรื่องต่างๆ เช่น การให้ข่าวสารกับบุคคลภายนอกรวมถึงญาติผู้ประสบภัย การปฐมพยาบาลและอื่นๆ ตามความเหมาะสม

5.8 จัดการช่วยเหลือสงเคราะห์ผู้ประสบภัยเบื้องต้น ออกเยี่ยมเยียนผู้ประสบภัยโดยผู้บริหาร

5.9 ประชาสัมพันธ์เพื่อฟื้นฟูสภาพจิตใจและสร้างความเชื่อมั่นในการให้ความช่วยเหลือของบริษัทฯต่อผู้ประสบเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลอย่างเต็มที่เท่าเทียมกัน

แผนผังการดำเนินการ (Flow Chart)
แผนบรรเทาทุกข์


ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
กรณีมีผู้บาดเจ็บให้ช่วยเหลือเป็นการด่วนโดยให้ประสานงานกับสถานพยาบาล เพื่อเตรียมอุปกรณ์ช่วยชีวิต/ปฐมพยาบาล และเคลื่อนย้ายจัดให้มีการบริการรักษาพยาบาลผู้บาดเจ็บ
เตรียมการเกี่ยวกับอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ในทุกรูปแบบเพื่อให้เคลื่อนย้ายเป็นไปด้วยความรวดเร็วปลอดภัยและรวมถึงการเคลื่อนย้ายทรัพทย์สินสำคัญของบริษัท
ทีมปฐมพยาบาล และทีมเคลื่อนย้าย
บาดเจ็บเล็กน้อยปฐมพยาบาลเบื้องต้น
บาดเจ็บรุนแรง เคลื่อนย้ายนำส่งโรงพยาบาล
รวบรวม และตรวจสอบรายชื่อผู้บาดเจ็บ และเสียชีวิตทั้งหมดรายงานต่อผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ทีมปฐมพยาบาล
ตรวจเยี่ยมผู้ประสบภัยหลังเหตุการณ์เข้าสู่สภาวะปกติ มอบกองทุนช่วยเหลือสงเคราะห์ครอบครัวผู้ประสบภัย
ผู้จัดการฝ่ายบุคคล หรือผู้บริหาร

2) แผนฟื้นฟูภายหลังระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมรั่วไหล เป็นแผนที่กำหนดขึ้นสำหรับการปฏิบัติหลังจากเกิดเหตุ โดยมีแนวทางเพื่อการฟื้นฟูปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการไปได้อย่างโดยรวดเร็วที่สุด รวมถึงการฟื้นฟูทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ มีรายละเอียด ดังนี้

แผนการฟื้นฟูหลังระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล

1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติและการฟื้นฟูพื้นที่หลังจากการรั่วไหลของถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้งทางด้านธุรกิจ และด้านสิ่งแวดล้อม

2. ขอบเขต

พนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่เข้ามาปฏิบัติงานในโรงงาน A ใช้เป็นวิธีการปฏิบัติงานหลังเกิดเหตุ ด้านการฟื้นฟูครอบคลุมถึงด้าน บุคคล ทรัพย์สินของบริษัท ก่อนเกิด และทันที เหตุการณ์สงบ

3. เอกสารอ้างอิง

3.1 แผนป้องกันและระงับอัคคีภัย W EN 010-003

3.2 ระเบียบการปฏิบัติงานการควบคุมและการจัดการของเสีย KW P EN – 006

3.3 ระเบียบการปฏิบัติงานการควบคุมและบำบัดน้ำเสีย มลพิษทางอากาศและเสียง KW P EN – 008

3.4 ระเบียบการปฏิบัติงานการสื่อสาร KW P EN - 003

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินมีหน้าที่สั่งการเพื่อเข้าฟื้นฟูพื้นที่ภายหลังระงับเหตุฉุกเฉินและดำเนินการตามแผนบรรเทาทุกข์แล้ว

4.2 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประสานงานไปยังหน่วยงานทั้งภายใน และภายนอก และทำหนังสือรายงานแจ้งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.3 หัวหน้าแผนกทุกแผนก ทำการตรวจเช็คความเสียหายเครื่องจักร วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์หลังเกิดเหตุ

4.4 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคทำการตรวจเช็คด้านอาคาร สถานที่ เครื่องจักร

4.5คณะกรรมการความปลอดภัยฯ ตรวจเช็คอุกรณ์ความปลอดภัยฯ

4.6 พนักงานเข้าฟื้นฟูพื้นที่ตามคำสั่ง

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

5.1 ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉินสั่งการเพื่อเข้าฟื้นฟูพื้นที่ภายหลังระงับเหตุฉุกเฉิน และดำเนินการตามแผนบรรเทาทุกข์แล้ว เพื่อดำเนินการแก้ไข และป้องกันอุบัติเหตุอันอาจเกิดขึ้นซ้ำได้ตามที่ได้รับข้อมูลจากการสอบสวน

5.2 ฝ่ายผลิต และฝ่ายเทคนิค รายงานผลการสำรวจโครงสร้างอาคาร เครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องมือ หรือระบบการผลิต วัตถุดิบ สินค้าที่จำเป็นต้องใช้ และดำเนิน การฟื้นฟูอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือใหม่มาซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมแทนที่เสียหายเพื่อกลับสู่สภาพพร้อมใช้งาน ดำเนินการซ่อมแซมอาคาร สถานที่ และอื่นๆ ให้เร็วที่สุด

5.3 เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และคณะกรรมการความปลอดภัยประสานงานภายในและภายนอก พร้อมรายงานความเสียหาย และความต้องการด้านต่างๆ ของพนักงานหรือประชาชนที่ได้รับความเสียหาย ดำเนินการจัดสรรตามความต้องการ

5.4 สำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยเจ้าหน้าที่ฝ่าย ISO ของบริษัท และ/หรือผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก รวมทั้งดำเนินการจัดการมลภาวะสิ่งแวดล้อมด้านอากาศ น้ำ และกากของเสียภายหลังการฟื้นฟูให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และหลักวิชาการ

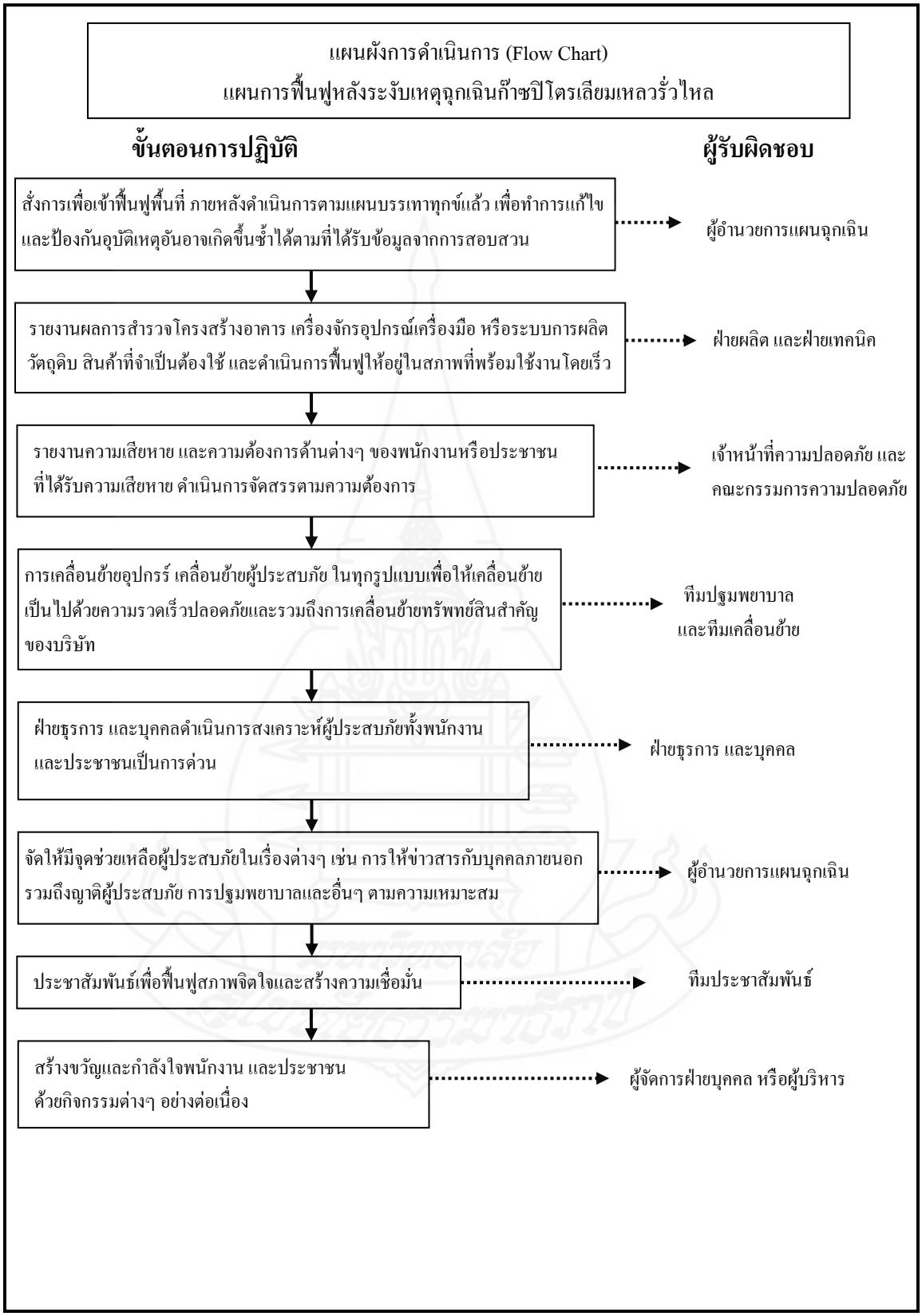
5.5 ฝ่ายธุรการ และบุคคลดำเนินการสงเคราะห์ผู้ประสบภัยทั้งพนักงาน และประชาชนเป็นการด่วน

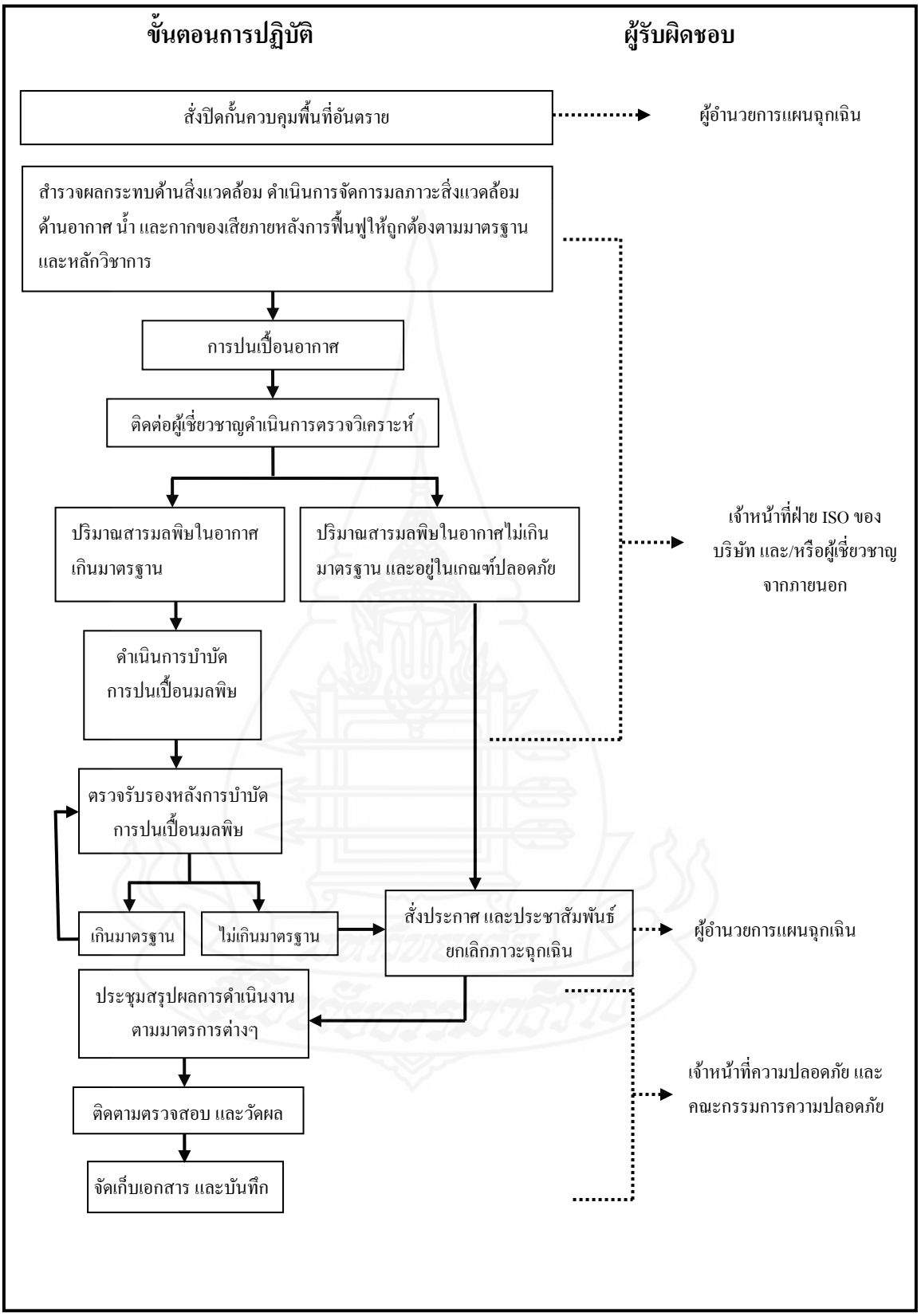
5.6 จัดให้มีจุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยในเรื่องต่างๆ เช่น การให้ข่าวสารกับบุคคลภายนอกรวมถึงญาติผู้ประสบภัย การปฐมพยาบาลและอื่นๆ ตามความเหมาะสม

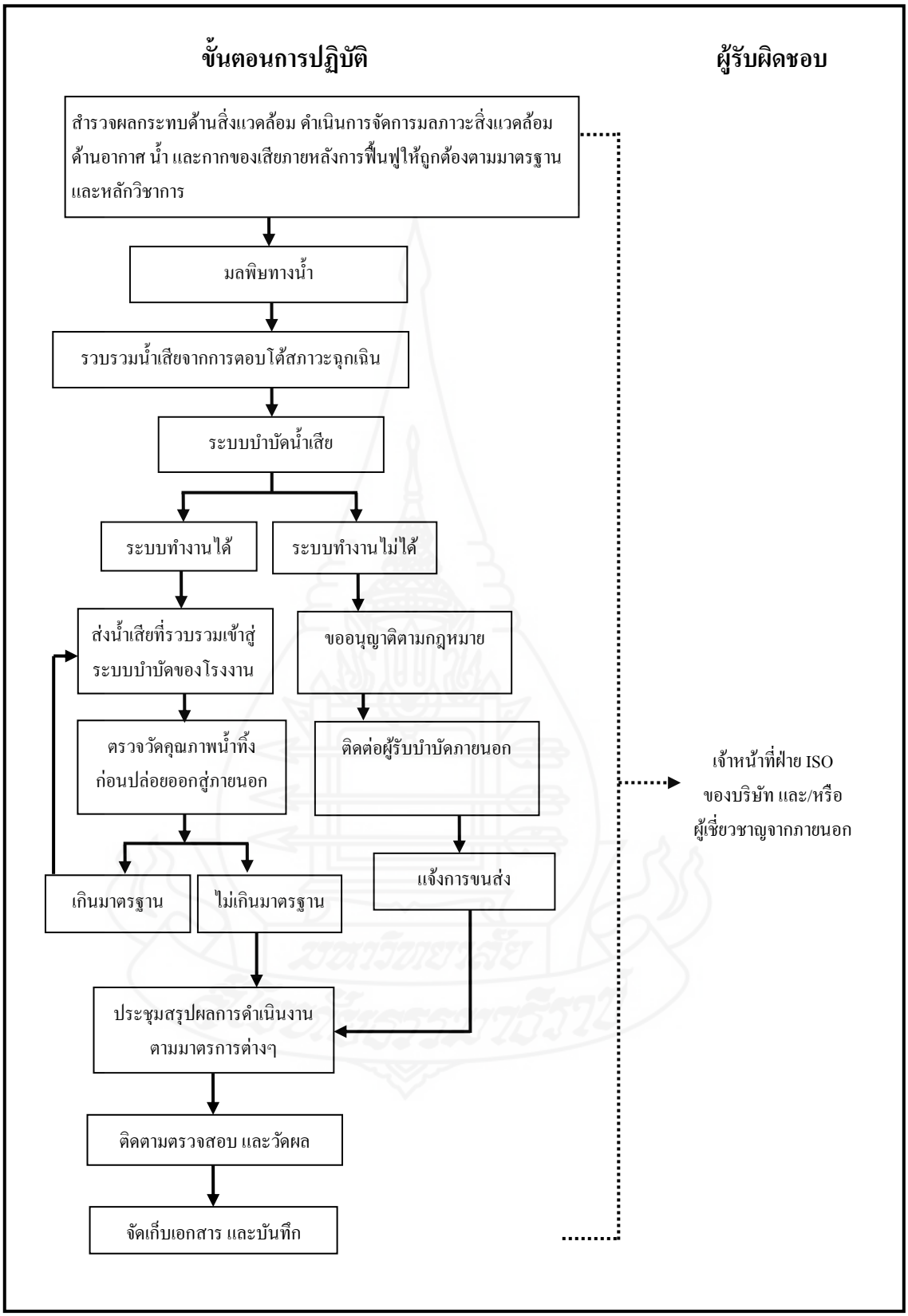
5.7 การเคลื่อนย้ายเกี่ยวกับอุปกรณ์ เคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ในทุกรูปแบบเพื่อให้เคลื่อนย้ายเป็นไปด้วยความรวดเร็วปลอดภัยและรวมถึงการเคลื่อนย้ายทรัพพย์สินสำคัญของบริษัท

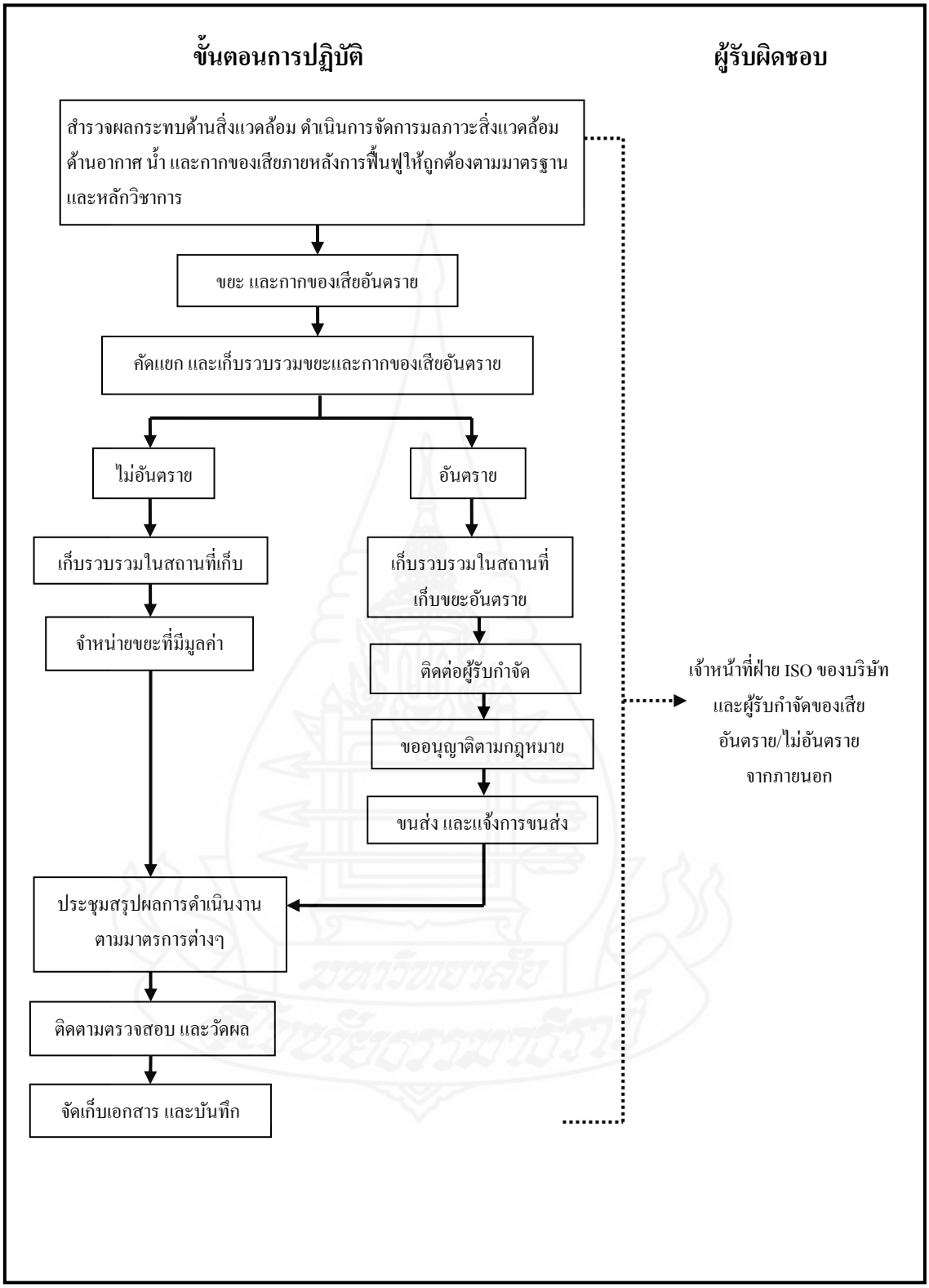
5.8 จัดการประชาสัมพันธ์เพื่อให้ข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องต่อสาธารณชน และเพื่อฟื้นฟูสภาพจิตใจและสร้างความเชื่อมั่นในการให้ความช่วยเหลือของบริษัทฯต่อผู้ประสบเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลอย่างเต็มที่เท่าเทียมกัน

5.9 สร้างขวัญและกำลังใจพนักงาน และประชาชนด้วยกิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง


แผนผังการดำเนินการ (Flow Chart)
แผนการฟื้นฟูหลังระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล
ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
สั่งการเพื่อเข้าฟื้นฟูพื้นที่ ภายหลังดำเนินการตามแผนบรรเทาทุกข์แล้ว เพื่อทำการแก้ไข และป้องกันอุบัติเหตุอันอาจเกิดขึ้นซ้ำได้ตามที่ได้รับข้อมูลจากการสอบสวน
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
รายงานผลการสำรวจโครงสร้างอาคาร เครื่องจักรอุปกรณ์เครื่องมือ หรือระบบการผลิต วัตถุดิบ สินค้าที่จำเป็นต้องใช้ และดำเนินการฟื้นฟูให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานโดยเร็ว
ฝ่ายผลิต และฝ่ายเทคนิค
รายงานความเสียหาย และความต้องการด้านต่างๆ ของพนักงานหรือประชาชน ที่ได้รับความเสียหาย ดำเนินการจัดสรรตามความต้องการ
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และ คณะกรรมการความปลอดภัย
การเคลื่อนย้ายอุปกรร์ เคลื่อนย้ายผู้ประสบภัย ในทุกรูปแบบเพื่อให้เคลื่อนย้าย เป็นไปด้วยความรวดเร็วปลอดภัยและรวมถึงการเคลื่อนย้ายทรัพทย์สินสำคัญ ของบริษัท
ทีมปฐมพยาบาล และทีมเคลื่อนย้าย
ฝ่ายธุรการ และบุคคลดำเนินการสงเคราะห์ผู้ประสบภัยทั้งพนักงาน และประชาชนเป็นการด่วน
ฝ่ายธุรการ และบุคคล
จัดให้มีจุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยในเรื่องต่างๆ เช่น การให้ข่าวสารกับบุคคลภายนอก รวมถึงญาติผู้ประสบภัย การปฐมพยาบาลและอื่นๆ ตามความเหมาะสม
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ประชาสัมพันธ์เพื่อฟื้นฟูสภาพจิตใจและสร้างความเชื่อมั่น
ทีมประชาสัมพันธ์
สร้างขวัญและกำลังใจพนักงาน และประชาชน ด้วยกิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง
ผู้จัดการฝ่ายบุคคล หรือผู้บริหาร


ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
สั่งปิดกั้นควบคุมพื้นที่อันตราย
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
สำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดำเนินการจัดการมลภาวะสิ่งแวดล้อม ด้านอากาศ น้ำ และกากของเสียภายหลังการฟื้นฟูให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และหลักวิชาการ
การปนเปื้อนอากาศ
ติดต่อผู้เชี่ยวชาญดำเนินการตรวจวิเคราะห์
ปริมาณสารมลพิษในอากาศ เกินมาตรฐาน
ปริมาณสารมลพิษในอากาศไม่เกิน มาตรฐาน และอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย
เจ้าหน้าที่ฝ่าย ISO ของ บริษัท และ/หรือผู้เชี่ยวชาญ จากภายนอก
ดำเนินการบำบัด การปนเปื้อนมลพิษ
ตรวจรับรองหลังการบำบัด การปนเปื้อนมลพิษ
เกินมาตรฐาน
ไม่เกินมาตรฐาน
สั่งประกาศ และประชาสัมพันธ์ ยกเลิกภาวะฉุกเฉิน
ผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน
ประชุมสรุปผลการดำเนินงาน ตามมาตรการต่างๆ
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย และ คณะกรรมการความปลอดภัย
ติดตามตรวจสอบ และวัดผล
จัดเก็บเอกสาร และบันทึก


ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
สำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดำเนินการจัดการมลภาวะสิ่งแวดล้อม ด้านอากาศ น้ำ และกากของเสียภายหลังการฟื้นฟูให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และหลักวิชาการ
มลพิษทางน้ำ
รวบรวมน้ำเสียจากการตอบโต้สภาวะฉุกเฉิน
ระบบบำบัดน้ำเสีย
ระบบทำงานได้
ระบบทำงานไม่ได้
ส่งน้ำเสียที่รวบรวมเข้าสู่ ระบบบำบัดของโรงงาน
ขออนุญาติตามกฎหมาย
ตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก
ติดต่อผู้รับบำบัดภายนอก
เกินมาตรฐาน
ไม่เกินมาตรฐาน
แจ้งการขนส่ง
ประชุมสรุปผลการดำเนินงาน ตามมาตรการต่างๆ
ติดตามตรวจสอบ และวัดผล
จัดเก็บเอกสาร และบันทึก
เจ้าหน้าที่ฝ่าย ISO ของบริษัท และ/หรือ ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก


ขั้นตอนการปฏิบัติ
ผู้รับผิดชอบ
สำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดำเนินการจัดการมลภาวะสิ่งแวดล้อม ด้านอากาศ น้ำ และกากของเสียภายหลังการฟื้นฟูให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และหลักวิชาการ
ขยะ และกากของเสียอันตราย
คัดแยก และเก็บรวบรวมขยะและกากของเสียอันตราย
ไม่อันตราย
อันตราย
เก็บรวบรวมในสถานที่เก็บ
จำหน่ายขยะที่มีมูลค่า
เก็บรวบรวมในสถานที่เก็บขยะอันตราย
ติดต่อผู้รับกำจัด
ขออนุญาติตามกฎหมาย
ขนส่ง และแจ้งการขนส่ง
ประชุมสรุปผลการดำเนินงาน ตามมาตรการต่างๆ
ติดตามตรวจสอบ และวัดผล
จัดเก็บเอกสาร และบันทึก
เจ้าหน้าที่ฝ่าย ISO ของบริษัท และผู้รับกำจัดของเสีย อันตราย/ไม่อันตราย จากภายนอก

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินทิศทางการแพร่กระจาย และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ (โรงงาน A) จากสถานการณ์จำลองที่กำหนดให้มีการรั่วไหลออกจากแหล่งกำเนิด และนำผลที่ได้จากการประเมินทิศทางการแพร่กระจายและผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจัดทำแผนการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉิน จากการประเมินผล พบว่าถังบรรจุ และจ่ายก๊าซของบริษัทฯ จากสถานการณ์จำลองที่กำหนดให้ปริมาณก๊าซที่บรรจุในถังร้อยละ 85 ของถังจัดเก็บ ในวันที่เกิดการรั่วไหล มีอุณหภูมิ 34.7 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 7.3 นอต ทิศทางลมทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อเกิดเหตุรั่วที่ท่อส่งก๊าซ บริเวณใต้ถังขนาดรูรั่ว 2 นิ้ว จะมีระยะเวลาในการรั่วไหลประมาณ 4 นาที อัตรารั่วไหลเฉลี่ยสูงสุด 1,000 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการรั่วไหลทั้งหมด 3,175 กิโลกรัม

จากการนำโปรแกรม CAMEO โปรแกรม ALOHA และโปรแกรม MARPLOT มาใช้งานร่วมกันเพื่อประเมินผลกระทบจากการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทำให้ทราบถึงระยะทาง และรัศมีของผลกระทบ และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

การแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถส่งผลกระทบได้ 2 ลักษณะคือ 1. ลักษณะไม่ติดไฟในรูปแบบของความเป็นพิษ และกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ 2. การเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) และอาจส่งผลให้เกิดการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) ลักษณะไม่ติดไฟ พบว่า ระยะรัศมีการแพร่กระจายด้านความเป็นพิษ และกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟมีระยะสูงสุด 289 เมตร พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดในระดับความเข้มข้นระดับที่ 1 (Red Threat Zone) 57 เมตร คือพื้นที่ของโรงงาน A ที่เกิดเหตุ ส่วนถนนระหว่างโรงงาน A ที่เกิดเหตุ กับโรงงาน B ข้างเคียง และโรงงาน C บางส่วนจะได้รับผลกระทบในระดับความเข้มข้นระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) 165 เมตร ในระดับความเข้มข้นระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 289 เมตร พบว่า กลุ่มหมอกก๊าซแพร่กระจายไปยังโรงอาหาร โรงงาน C และอาคารสำนักงานของโรงงาน C ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ การประเมินการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Vapor Cloud Explosion) พบว่า ในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) 55 เมตร ครอบคลุมที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน พื้นที่ทำงานภายในโรงงาน คือแผนกปั๊ม

และบางส่วนของแผนกเชื่อมซึ่งในระยะดังกล่าวมีคลื่นความดัน 5.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีผลทำให้แก้วหูของผู้ที่ได้รับสัมผัสเริ่มเกิดอาการฉีกขาด ส่วนโครงสร้างอาคารได้รับความเสียหาย ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) 65 เมตร ยังคงครอบคลุมพื้นที่เช่นเดียวกันกับระยะแรก ซึ่งคลื่นความดัน 3.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีผลที่จะทำให้โครงสร้างอาคารได้รับความเสียหาย และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 136 เมตร ครอบคลุมเกือบทั่วทั้งโรงงานเกิดเหตุ และไปยังโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10 ในระยะนี้เกิดคลื่นความดัน 1.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งทำให้กระจกแตกได้ จากผลการประเมินจึงสรุปได้ว่า ระยะปลอดภัยสำหรับพนักงานหากไม่สามารถระงับการรั่วไหลได้ต้องเป็นระยะที่อยู่นอกรัศมี 289 เมตร เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีคุณสมบัติเป็นก๊าซไวไฟ และในการเข้าระงับเหตุฉุกเฉินของช่างเทคนิคจึงควรมีความรวดเร็วในการระงับเพื่อไม่ให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลออกไปไกลจากแหล่งกำเนิด จึงควรมีการฝึกอบรม และฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ รวมไปถึงพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดก็ควรมีการฝึกซ้อมการปฏิบัติตัวเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเป็นประจำเช่นกัน นอกจากนี้ผู้เข้าระงับเหตุต้องมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม และเข้าระงับเหตุทางด้านเหนือลมเพื่อป้องกันการสูดดม และระมัดระวังในเรื่องของประกายไฟ และความร้อน

การติดไฟจนเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) พบว่าเปลวไฟมีความยาวสูงสุด 21 เมตร ระยะเวลาการเผาไหม้ 3 นาที ในอัตราการเผาไหม้สูงสุด 1,020 กิโลกรัม/นาที ปริมาณการเผาไหม้ 3,175 กิโลกรัม ผลกระทบในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) 37 เมตร จากแหล่งกำเนิด จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ระดับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มของการแผ่รังสีความร้อน พบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ ถนนด้านซ้ายซึ่งมีประตูเข้าออกและมีลักษณะเป็น 4 แยก ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเกิดเหตุ พื้นที่ในโรงงาน ได้แก่ แผนกฉีดพลาสติก บางส่วนของแผนกปั๊ม และบางส่วนของแผนกเชื่อม ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) เท่ากับ 47 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร โดยจะทำอันตรายผู้ที่อยู่ภายในรัศมีได้รับอันตรายเกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบขยายจากระยะแรกโดยครอบคลุมพื้นที่ทำงานของแผนกปั๊มเกือบทั้งหมด ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) เท่ากับ 74 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้มที่ระดับความเข้มของรังสีความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมีดังกล่าว ได้รับบาดเจ็บแผลพุพอง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ โรงงานที่เกิดเหตุ และโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10

สำหรับการประเมินการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) ผู้ศึกษาใช้บิวเทนเป็นตัวแทนของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เนื่องจากคุณสมบัติของบิวเทนนั้น ระเหยได้ง่ายกว่า และหนักกว่าโปรเปน หากเกิดการระเบิดก๊าซบิวเทนจะมีความเป็นอันตรายมากกว่าจึงเลือกใช้คุณสมบัติของบิวเทนในการประเมินผล ผลกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวีจะทำให้เกิดการพุ่งกระจายของชิ้นส่วนภาชนะบรรจุ จะทำให้เกิดลูกไฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เมตร และมีระยะเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ภาชนะบรรจุจนกระทั่งเกิดระเบิดแบบบลีวี 7 วินาที ในระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) เท่ากับ 201 เมตร ความเข้มของรังสี 10 กิโลวัตต์/ตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 201 เมตร จากแหล่งกำเนิดได้รับอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต ครอบคลุมพื้นที่โรงงาน A ที่เกิดเหตุทั้งหมด และพื้นที่โดยรอบโรงงานที่ได้รับผลกระทบด้วย คือ ถนน 4 แยก ป้อมยาม โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โกดัง A10 โกดัง A12 และชุมชนทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงงาน ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) เท่ากับ 284 เมตร ความเข้มของรังสี 5 กิโลวัตต์/ตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 284 เมตร จากแหล่งกำเนิด เกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 หลังได้รับสัมผัสความร้อนนาน 60 วินาที ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ไปถึงโรงอาหาร โรงงาน I โรงงาน F โรงงาน A13 และสำนักงาน C และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) เท่ากับ 444 เมตร ความเข้มของรังสี 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี 444 เมตร จากแหล่งกำเนิด เกิดแผลไหม้ผุพองได้รับความเจ็บปวด ครอบคลุมโรงงาน G โรงงาน H โรงงาน I โรงงาน J โรงงาน L โรงงาน M และขยายออกไปยังถนนปู่เจ้าสมิงพราย ธนาคารกรุงไทย สาขาถนนปู่เจ้าสมิงพราย และชุมชนโดยรอบ

จากผลการประเมินได้นำมากำหนดจุดรวมพลที่ปลอดภัยสำหรับพนักงานในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินด้วยปัจจัยที่กำหนด คือ บริเวณหน้าโรงงาน G ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 395 เมตร โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการอพยพพนักงานในโรงงานเกิดเหตุ และผู้ที่อาจได้รับผลกระทบโดยการจัดทำแผนป้องกัน และรองรับเหตุฉุกเฉินจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล ซึ่งประกอบไปด้วย แผนก่อนเกิดเหตุ 2 แผน ได้แก่ แผนการอบรมและฝึกซ้อมอพยพ และแผนการตรวจตราและซ่อมบำรุง ซึ่งเป็นแผนที่ทางโรงงานควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นการป้องกันเชิงรุกให้กับพนักงาน และถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดเหตุรั่วไหลเกิดขึ้น และเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับพนักงานที่มีหน้าที่ในการเข้าระงับ รวมถึงการปฏิบัติตัวเมื่อต้องอพยพภายในเวลาที่กำหนด แผนขณะเกิดเหตุ 3 แผน ได้แก่ แผนการระงับเหตุ แผนการอพยพ และแผนบรรเทาทุกข์ สำหรับแผนบรรเทาทุกข์จะเป็นแผนที่มีการปฏิบัติต่อเนื่องไปจนถึงหลังเหตุสงบลงแล้วด้วย และแผนหลังเหตุ 2 แผน ได้แก่ แผนการบรรเทาทุกข์ซึ่งดำเนินการต่อเนื่องจากภาวะเกิดเหตุก๊าซรั่วไหล และแผนการฟื้นฟู

2. อภิปรายผล

2.1 ผลการศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีไม่ติดไฟ

ผลกระทบจากการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ติดไฟ จากการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA ทำให้ทราบรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud) เนื่องจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีคุณสมบัติไม่เป็นพิษต่อร่างกาย แต่ถ้าสูดดมมากๆ ก๊าซจะเข้าไปแทนที่อากาศบริสุทธิ์ในร่างกายจะเกิดการหมดสติได้ ซึ่งปริมาณที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (IDHL) ที่ระดับความเข้มข้นที่ 2100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ดังนั้นหากเกิดเหตุการณ์รั่วไหลควรมีการป้องกันการสูดดมโดยการอพยพออกห่าง หรือการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสมสำหรับเจ้าหน้าที่ หรือทีมระงับเหตุฉุกเฉินที่ระยะรัศมี 289 เมตร จากแหล่งกำเนิด

ผลกระทบในเรื่องของการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) ที่ความเข้มข้น 2,100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือ 10% LEL มีรัศมีการแพร่กระจายไกลที่สุดเป็นระยะเท่ากัน คือ 289 เมตร ซึ่งจากคุณสมบัติความหนาแน่นที่หนักกว่าอากาศของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ทำให้เมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซจะลอยต่ำตามพื้น และมักเข้าแทนที่อากาศบริเวณหลุม บ่อ ท่อน้ำ ทำให้เสี่ยงต่อการติดไฟได้ง่าย ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันการเกิดประกายไฟอย่างเคร่งครัดในระยะดังกล่าว จากการประเมินในส่วนของรัศมีการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion) พบว่าเมื่อก๊าซได้รับการสัมผัสกับอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม ประกอบกับหากมีแหล่งที่ก่อให้เกิดประกายไฟที่มีค่ามากพอจะทำให้เกิดการติดไฟและเกิดระเบิด จากการประเมินพื้นที่รัศมีการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซนี้ พบว่า ที่รัศมี 55 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 5 psi ซึ่งจะทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในรัศมีได้รับการบาดเจ็บ และถึงขั้นแก้วหูฉีกขาด ที่รัศมี 65 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 3.5 psi ทำอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในรัศมีได้รับการบาดเจ็บ และที่รัศมี 136 เมตร จะเกิดคลื่นความดัน 1.0 psi ที่จะทำให้กระจกแตกได้ ผลการประเมินการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ติดไฟในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธิดา ตีระธัญญา (2553) ที่จำลองสถานการณ์ผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เมตร เพื่อประกอบการตัดสินใจในการกำหนดจุดก่อสร้างถังบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวบริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยใช้โปรแกรม ALOHA ผลการจำลองประเมินการรั่วไหล 3 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 การรั่วไหลแบบไม่ติดไฟ ซึ่งมีผลกระทบที่รุนแรงต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่ในระยะรัศมี 437 เมตร ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 2,400 ส่วนในล้านส่วน แบบที่ 2 การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซ ทำให้เกิดกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่ระดับมากกว่า 9,000 ส่วนในล้านส่วน แต่ยังไม่เกิดการระเบิด ภายในระยะรัศมี

620 เมตร และแบบที่ 3 การระเบิดของไอระเหยจากของเหลวที่กำลังเดือดหรือบลีวี่ ซึ่งทำให้เกิดการระเบิดและแผ่รังสีความร้อนออกมา ที่ระดับความดันมากกว่า 3.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในระยะรัศมี 504 เมตร ได้รับบาดเจ็บสาหัส

อย่างไรก็ตามทิศทาง และรัศมีการแพร่กระจายของกลุ่มหมอกก๊าซนั้นขึ้นมีปัจจัยอยู่กับทิศทาง และความเร็วของลมในขณะเกิดเหตุ ดังนั้นหากเกิดเหตุการณ์ก๊าซรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ ควรมีการพิจารณาสภาพอากาศ ณ วันและเวลาเกิดเหตุด้วย เพื่อทำให้ทราบถึงทิศทาง และรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซ สำหรับการดำเนินการในขั้นถัดไป เช่น การประชาสัมพันธ์ต่อผู้ที่จะได้รับผลกระทบทั้งภายใน และภายนอก การเข้าระงับการรั่วไหลของทีม การอพยพ การกำหนดจุดรวมพลที่ปลอดภัย เป็นต้น

2.2 ผลการศึกษาผลกระทบจากการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวการลุกติดไฟและการระเบิด

ผลกระทบจากพลังงานการแผ่รังสีความร้อน จากการเกิดเพลิงไหม้ และผลกระทบจากการเกิดการระเบิดแบบบลีวี จากผลการศึกษาพบว่า ในการเกิดเพลิงไหม้ ทั้งแบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) และแบบการเกิดการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ จะทำอันตรายกับพนักงานและบุคคลที่อยู่ในรัศมีพื้นที่ตั้งถังก๊าซของโรงงาน A ที่เกิดเหตุ เนื่องจากรังสีความร้อนจากการการติดไฟ และเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟที่ระยะ 55 และ 65 เมตรจะส่งผลกระทบต่อโรงงานที่เกิดเหตุซึ่งในระยะดังกล่าวครอบคลุมที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน พื้นที่ทำงานภายในโรงงาน คือแผนกปั๊ม และบางส่วนของแผนกเชื่อมซึ่งจะเกิดคลื่นความดัน 3.5 ถึง 5.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีผลทำให้แก้วหูของผู้ที่ได้รับสัมผัสเริ่มเกิดอาการฉีกขาด ส่วนโครงสร้างอาคารได้รับความเสียหาย และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 136 เมตร ครอบคลุมเกือบทั่วทั้งโรงงานเกิดเหตุ และไปยังโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10 ในระยะนี้เกิดคลื่นความดัน 1.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งทำให้กระจกแตกได้

พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนในกรณีเกิดเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) เปลวไฟมีความยาวสูงสุด 21 เมตร ระยะเวลาการเผาไหม้ 3 นาที ในอัตราการเผาไหม้สูงสุด 1,020 กิโลกรัมต่อนาที ปริมาณการเผาไหม้ 3,175 กิโลกรัม ที่ระยะรัศมีระดับที่ 1 (Red Threat Zone) คือ 37 เมตรจากแหล่งกำเนิด จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ระดับอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต และโครงสร้างอาคารถูกทำลาย ส่วนในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) เท่ากับ 47 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้ม 5.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร โดยจะทำอันตรายผู้ที่อยู่ภายในรัศมีได้รับอันตรายเกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 ซึ่งระยะทั้ง 2 ระดับที่กล่าวมาครอบคลุม ถนนด้านซ้ายซึ่งมีประตูเข้าออกและมีลักษณะเป็น 4 แยก ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเกิดเหตุ พื้นที่ในโรงงาน

ได้แก่ แผนกฉีดพลาสติก บางส่วนของแผนกปั๊ม และบางส่วนของแผนกเชื่อม ในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) เท่ากับ 74 เมตร จะเกิดรังสีความร้อนความเข้มที่ระดับความเข้มของรังสีความร้อน 2.0 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ทำให้ผู้ที่อยู่ภายในรัศมีดังกล่าว ได้รับบาดเจ็บแผลพุพองจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่และพนักงานในโรงงานที่เกิดเหตุ และโรงงานข้างเคียง คือ โรงงาน B โรงงาน D โรงงาน A11 และโกดัง A10

ผลการกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวี ส่งผลกระทบรุนแรงเป็นวงกว้างที่สุดจากทุกกรณีที่ประเมิน จากการที่มีลูกไฟ (Fireball) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เมตรเกิดขึ้น ผลกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวีจะทำให้เกิดการพุ่งกระจายของชิ้นส่วนภาชนะบรรจุ เนื่องจากมีแรงผลักจากการระเบิดซึ่งผลจากการประเมินโดยโปรแกรม ALOHA พบว่ามีระยะเวลาที่เกิดเพลิงไหม้ภาชนะบรรจุจนกระทั่งเกิดระเบิดแบบบลีวี 7 วินาที การประเมินกรณีเกิดการระเบิดแบบบลีวี และประเมินผลกระทบจากรังสีความร้อนในระยะรัศมี 201 เมตร ความเข้มของรังสี 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีนี้ได้รับอันตรายร้ายแรงถึงขั้นเสียชีวิต ซึ่งครอบคลุมพื้นที่โรงงาน A ที่เกิดเหตุทั้งหมด และพื้นที่โดยรอบโรงงานที่ได้รับผลกระทบด้วย คือ ถนน 4 แยก ป้อมยาม โรงงาน B โรงงาน C โรงงาน D โกดัง A10 โกดัง A12 และชุมชนทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงงาน ในระยะรัศมีระดับที่ 2 (Orange Threat Zone) 284 เมตร ความเข้มของรังสี 5 กิโลวัตต์/ตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเกิดแผลไหม้ระดับที่ 2 หลังได้รับสัมผัสความร้อนนาน 60 วินาที ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ไปถึงโรงอาหาร โรงงาน I โรงงาน F โรงงาน A13 และสำนักงาน C และในระยะรัศมีระดับที่ 3 (Yellow Threat Zone) 444 เมตร ความเข้มของรังสี 2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมี เกิดแผลไหม้ผุพองได้รับความเจ็บปวด รัศมีดังกล่าวครอบคลุมโรงงาน G โรงงาน H โรงงาน I โรงงาน J โรงงาน L โรงงาน M และขยายออกไปยังถนนปู่เจ้าสมิงพราย ธนาคาร และชุมชนโดยรอบ ซึ่งลักษณะของผลการทำนายสอดคล้องกับงานวิจัยของดารารัตน์ พลอยทรัพย์ (2551) พบว่าการแพร่กระจายเพื่อดูความสามารถในการลุกติดไฟจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังเก็บขนาด 8,949 ลิตร ของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทราที่ระยะสูงสุด คือ 441 เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซเกิดการลุกติดไฟได้ ส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกิดเหตุ และบริเวณรอบนอกพื้นที่เกิดเหตุ การแผ่รังสีความร้อนจากการระเบิด มีระยะสูงสุด 432 เมตร พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ถนน ป้อมรักษาการณ์เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยโรงงานข้างเคียง และหอพักของประชาชน ซึ่งทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวได้รับบาดเจ็บ และการระเบิดของไอก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่เกิดจากความดันและเกิดการติดไฟเป็นระยะสูงสุด 181 เมตร ซึ่งความรุนแรงสามารถทำให้แก้วแตกกระจายได้ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่โรงงานเกิดเหตุ และถนน

2.3 ผลการศึกษาในด้านการจัดทำแผนการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉิน

การจัดทำแผนการป้องกันและรองรับภาวะฉุกเฉินได้พิจารณาจากการประเมินทิศทางการแพร่กระจาย และผลกระทบต่อพื้นที่ที่ได้รับอันตรายจากการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งแนวทางการจัดทำแผนศึกษาจากงานวิจัยของ ทิพวรรณ อังศิริ (2550) การประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในคลังเก็บ กรณีศึกษาถังเก็บทรงกระบอกแนวนอน ซึ่งได้ให้แนวทางสำหรับก๊าซรั่วไหลของทีมฉุกเฉินที่ต้องเข้าระงับป้องกันการติดไฟที่ระยะ 29 เมตร ทันที และการศึกษาค้นคว้าอิสระของชัยวัฒน์ ทองพิมพ์ (2556) ที่ทำการศึกษารูปแบบการกระจายตัวจากการรั่วไหลของแอมโมเนียเพื่อการจัดการเหตุฉุกเฉินของโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม ALOHA MARPLOT และCAMEO ซึ่งเสนอแผนป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินโดยแบ่งแผนควบคุมภาวะฉุกเฉินเป็น 4 มาตรการ คือ มาตรการตามแผนรองรับความปลอดภัยก่อนเกิดเหตุ มาตรการตามแผนการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน มาตรการตามแผนบรรเทาทุกข์ และมาตรการตามแผนปฏิรูปฟื้นฟู จากการศึกษาผู้วิจัยจึงนำแนวคิดจากงานวิจัยข้างต้น มาประกอบกับแผนป้องกันและระงับอัคคีภัย (W EN-010-003) และวิธีการปฏิบัติงาน เรื่อง แผนปฏิบัติการเมื่อก๊าซรั่ว (W EN-010-005) เพื่อนำมาประยุกต์ในการจัดทำแผนการป้องกัน และรองรับภาวะฉุกเฉินสำหรับกรณีถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหล แบ่งเป็น

1) แผนก่อนเกิดเหตุ เพื่อเป็นการป้องกันเชิงรุก และลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติภัยจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ประกอบไปด้วย

(1) แผนการอบรมและฝึกซ้อมอพยพ เป็นแผนที่ทางโรงงานควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากพนักงานของโรงงานยังไม่เคยได้รับการฝึกอบรมในด้านการตอบโต้เหตุฉุกเฉินจากรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว รวมถึงการปฏิบัติตัวของพนักงานในหน้าที่ต่างๆ ที่ปรากฏในแผนและที่สำคัญ ในส่วนของพนักงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการตอบโต้สภาวะฉุกเฉินทุกฝ่าย รวมถึงพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่ที่อยู่ในระยะรัศมีระดับที่ 1 เมื่อเกิดเหตุนั้น ควรมีการฝึกซ้อมที่มีความละเอียด และความถี่ในการฝึกซ้อมมากเป็นพิเศษเนื่องจาก พนักงานในส่วนดังกล่าวมีความสำคัญทั้งในด้านการระงับเหตุ และการปฏิบัติตนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเพื่อความปลอดภัยให้ทันในเวลาอันสั้น รวมถึงการฝึกซ้อมแบบภาคกลางคืน หรือแบบไม่ได้เตรียมการ เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการดำเนินการเข้าระงับเหตุรั่วไหล ตลอดจนการอพยพของพนักงาน และผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น พนักงานที่เข้ากะกลางคืน พนักงานรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

(2) แผนการตรวตตราและบำรุงรักษา เป็นแผนที่ทางโรงงานควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเช่นกัน เนื่องจากการตรวจตรา และซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับถังบรรจุ และจ่ายก๊าซปิโตรเลียมเหลว จะเป็นแผนเชิงรุกที่ช่วยป้องกันไม่ให้มีเหตุรั่วไหลเกิดขึ้น

2) แผนระหว่างเกิดเหตุ ผู้วิจัยนำเสนอจัดทำแผนที่ใช้ในการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุประกอบด้วยแผน 2 แผน คือ

(1) แผนการระงับเหตุฉุกเฉิน โดยการประกาศภาวะฉุกเฉินของโรงงานเกิดเหตุ การระงับเหตุโดยทีมระงับเหตุฉุกเฉินของโรงงานเกิดเหตุ การดำเนินการของทีมต่างๆ ที่ได้จัดสรรหน้าที่ความรับผิดชอบไว้ ซึ่งในการเกิดเหตุก๊าซรั่วไหลนี้จากการประเมินรัศมีการแพร่กระจายพบว่า หากทิศทางลมในวันเกิดเหตุเปลี่ยนทิศนั้นจะส่งผลกระทบไปยังชุมชนที่อยู่รอบแหล่งเกิดเหตุ ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งเครื่องมือวัดทิศทางลม รวมถึงใช้ข้อมูลจากรายงานสภาพอากาศ ณ วันที่เกิดเหตุทีมสื่อสาร และประชาสัมพันธ์ในการแจ้งเหตุจึงมีหน้าที่สื่อสารทั้งภายใน และภายนอกเพื่อให้ผู้ที่อาจได้รับอันตรายรับทราบ และดำเนินการอพยพอย่างทันท่วงที

(2) แผนอพยพ จากการประเมินพบว่า จุดรวมพลที่ปลอดภัย คือระยะรัศมี 395 เมตร จากจุดเกิดเหตุ ตามหลักการแล้วจะต้องอพยพไปทางด้านทิศเหนือลม แต่จากการพิจารณาความเป็นไปได้ของตำแหน่งที่ตั้งของถังก๊าซ และลักษณะการออกแบบอาคารที่มีทางออกฉุกเฉิน 5 ทางออก ซึ่งหากเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหลของก๊าซ ทางออกฉุกเฉินที่เหมาะสมคือ ทางออกที่ 1 2 และ3 เท่านั้น การที่จะอพยพไปทางทิศเหนือลมจึงเป็นการเข้าใกล้จุดเกิดเหตุ อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับอันตรายได้ ดังนั้นจึงให้ผู้ปฏิบัติงานอพยพไปยังทางออกที่ 1 2 และ3 ไปรวมพล ณ จุดรวมพลบริเวณหน้าโรงงาน G การระงับเหตุโดยทีมระงับเหตุของโรงงานเกิดเหตุหากไม่สามารถทำการระงับเหตุได้ให้ขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภายนอกโดยขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานที่มีความรู้ และประสบการณ์ และอยู่ใกล้พื้นที่เพื่อเข้าปฏิบัติการ

3) แผนงานหลังเกิดเหตุ จะใช้แผนการฟื้นฟูหลังระงับเหตุฉุกเฉินก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลเพื่อเข้าทำการฟื้นฟูพื้นที่ปฏิบัติงานให้เร็วที่สุด นอกจากนั้นยังมีในส่วนของการดูแลรักษาผู้ป่วยและความรับผิดชอบต่อประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบ

จะเห็นได้ว่าการป้องกันเหตุไม่ใช่หน้าที่ของหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเท่านั้น ด้วยเหตุนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในส่วนต่างในโรงงาน เช่นงานซ่อมบำรุง งานวิศวกรรม งานบุคคล งานปฏิบัติการ และอื่นๆ ต่างมีหน้าที่ทั้งเชิงรุกและเชิงรับในการป้องกันและตอบโต้สภาวะฉุกเฉินทั้งสิ้น

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 การประเมินการแพร่กระจายของสารเคมีโดยโปรแกรม ALOHA พบว่าโปรแกรมไม่มีฐานข้อมูลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งเป็นสารเคมีที่สนใจในการศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องเลือกใช้ฐานข้อมูลของโปรเปน และ บิวเทนเป็นสารเคมีตัวแทนในการประเมินตามลักษณะเหตุการณ์ต่างๆ

3.2 ในโปรแกรม MARPLOT ที่อ้างอิงแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจาก โปรแกรม Google Earth ซึ่งมีการระบุชื่อสถานที่อัตโนมัติทำให้ข้อมูลที่ปรากฏในแผนที่มีความไม่ถูกต้อง จึงควรมีการสำรวจพื้นที่อย่างชัดเจน และแก้ไขชื่อสถานที่ให้ถูกต้อง

3.3 อุตุนิยมวิทยามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผลการประเมิน โดยเฉพาะทิศทาง และความเร็วลม ดังนั้นการมีอุปกรณ์วัดสภาพทางภูมิอากาศ ณ แหล่งกำเนิดจะทำให้ได้ผลที่แม่นยำ แต่หากไม่มีอุปกรณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่ตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานเกิดเหตุมากที่สุด

3.4 ควรมีการประเมินการแพร่กระจายถึงก๊าซอุตสาหกรรม หรือสารเคมีอื่นๆ ของโรงงานที่อาจส่งผลกระทบต่อชีวิต และทรัพย์สิน เช่น ก๊าซเชื่อม CO_2 ก๊าซเครื่องตัดเลเซอร์ เป็นต้น

3.5 ในการจัดทำแผนป้องกัน และระงับเหตุฉุกเฉินจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วไหลนั้น แผนที่จัดทำขึ้นจะมีประสิทธิภาพได้ต้องอาศัยบุคลากรที่ให้ความร่วมมือ รวมถึงมีอุปกรณ์เพียงพอและเหมาะสม ควรได้รับการฝึกอบรม และฝึกซ้อมอย่างครอบคลุมทุกด้านที่เป็นความเสี่ยง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). *โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อเตรียมความพร้อมด้านการตอบโต้สภาวะฉุกเฉินจากสารเคมี*. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_cameo.html

กรมธุรกิจพลังงาน. (2558). *บทความเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว1-3*. สืบค้นจาก http://www.doeb.go.th/knowledge/

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). *ลม*. สืบค้นจาก http://www.marine.tmd.go.th/thai/windhtml/windhtml.html

ขันทอง สุนทราภา. (2549). *ความปลอดภัยในกระบวนการเคมี (Chemical Process Safety)*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะทำงานจัดทำคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงานสถานีเก็บ-จ่ายก๊าซ LPG. (2551). *คู่มือสถานที่ใช้ก๊าซ LPG* (ซีดีรอม) กรุงเทพมหานคร บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน).

ชัยวัฒน์ ทองพิมพ์. (2556). *การทำนายรูปแบบการกระจายตัวจากการรั่วไหลของแอมโมเนียเพื่อการจัดการเหตุฉุกเฉินของโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ*. (การศึกษาค้นคว้าอิสระ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ณัฐวัตร มนต์เทวัญ, กาญจนา กานต์วิโรจน์ และนภัสวันต์ บุญส่งทรัพย์. (2543). *ความปลอดภัยเกี่ยวกับการป้องกันการระเบิด Safety on Explosion*. กรุงเทพฯ : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.

วราวุธ เสือดี. (2550). *เอกสารประกอบการสอน การวิเคราะห์อันตรายร้ายแรง (Accidental Release Assessment)*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. (2558). *อัคคีภัยกับการจำลองด้านพลศาสตร์*. สืบค้นจาก http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/fire

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *การศึกษาปริมาณเมฆปกคลุม*, สืบค้นจาก http://globethailand.ipst.ac.th/

สุกิต หัทยาสมบูรณ์. (2547). *การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮา Aloha ทำนายการกระจายตัวของสารคลอรีนเหลวเพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจาย และทำการจัดสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติภัยจากการรั่วไหล* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพร สาครอรุณ. (2544). *เอกสารการฝึกอบรม เรื่องการจัดการสารอันตรายจากอุตสาหกรรม*. ศูนย์เทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

สุธิดา ตีระธัญญา. (2533). *การกำหนดจุดก่อสร้างถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว ณ บริเวณท่าเรืออุตสาหกรรมมาบตาพุดโดยการจำลองการรั่วไหล*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ ชะนา. (2544). *การประยุกต์วิธีและเกณฑ์การประเมินความเสี่ยง กรณีศึกษา อุบัติภัยร้ายแรงจากสารเคมีอันตราย พื้นที่ท่าเรือแหลมฉบัง*.(วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ภิตติ บทกลอน. (2548). *การประเมินความเสี่ยงของคลังเก็บและจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซปิโตรเลียมเหลว*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพวรรณ อังศิริ. (2550). การประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในคลังเก็บ: กรณีศึกษาถังเก็บทรงกระบอกแนวนอน. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีระศักดิ์ บุญพามา. (2550). *การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮาทำนายการแพร่กระจายตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อทำนายผลกระทบ และออกแบบระยะทางที่ปลอดภัยสำหรับพนักงานในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหล*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดารารัตน์ พลอยทรัพย์. (2551). *การประเมินการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว กรณีศึกษาถังบรรจุก๊าซในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์*, (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Nationnal Fire Protection Association. (2004). *LiQufied Petroleum Gas Code 2004 Edition*.USA.

Thermex-FR. (2005). *Eliminating just one of these elements will kill the fire. How Thermex-FR Work*. Available Source: http://www.thermexfr.com/credentials,May 28, 2015.

U.S.Environmental Protection Agency and National Oceanic And Atmospheric Administration. (2007). *ALOHA user's manual*. Retrieved from http://www.cameo.com

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การกรอกข้อมูลโปรแกรม ALOHA

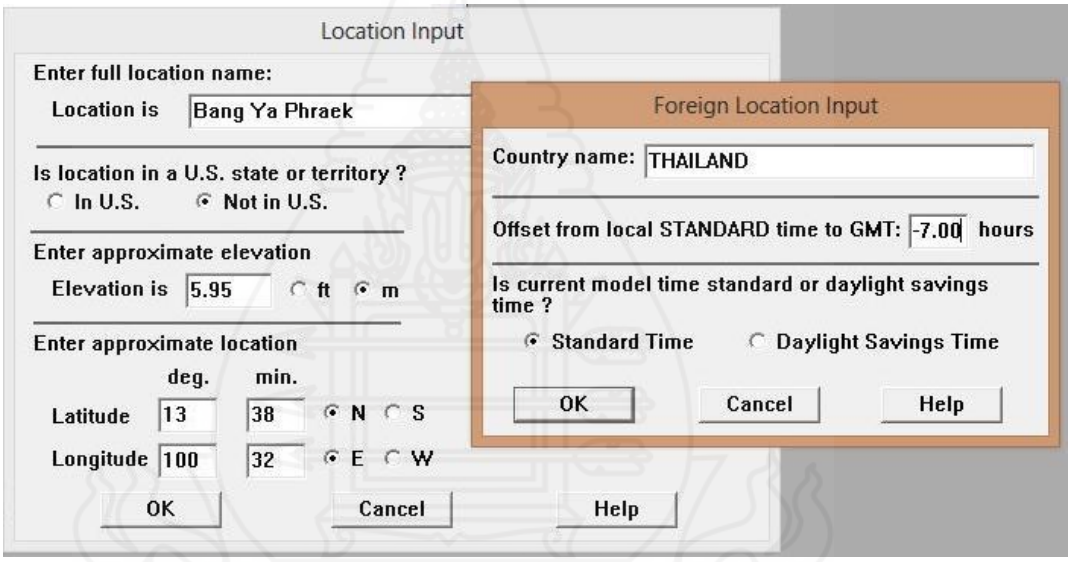
การกรอกข้อมูลโปรแกรม ALOHA

การกรอกข้อมูลสถานที่

1. ศึกษารายละเอียดสถานที่ทำการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา คือ บริษัท สยามโอคามูระสตีล จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 51/5 หมู่ 2 ถนนปู่เจ้าสมิงพราย ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ 10130 หมายเลขโทรศัพท์ 02-384-0075, 02-394-6991-2 ซึ่งมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ LPG สถานี ธพ.1-120/47 โดยสถานีตั้งอยู่ที่ ละติจูด 13°38'54.3"N ลองกิจูด 100°32'57.5"E

การกรอกข้อมูลสถานที่ในโปรแกรม ALOHA โดยเลือก เมนู SiteData > Locatioin > Add จากนั้นกำหนดเป็นชื่อ Bang Ya Phraek,Thailand ดังภาพที่ 1



ภาพภาคผนวกที่ 1 การบันทึกข้อมูลสถานที่

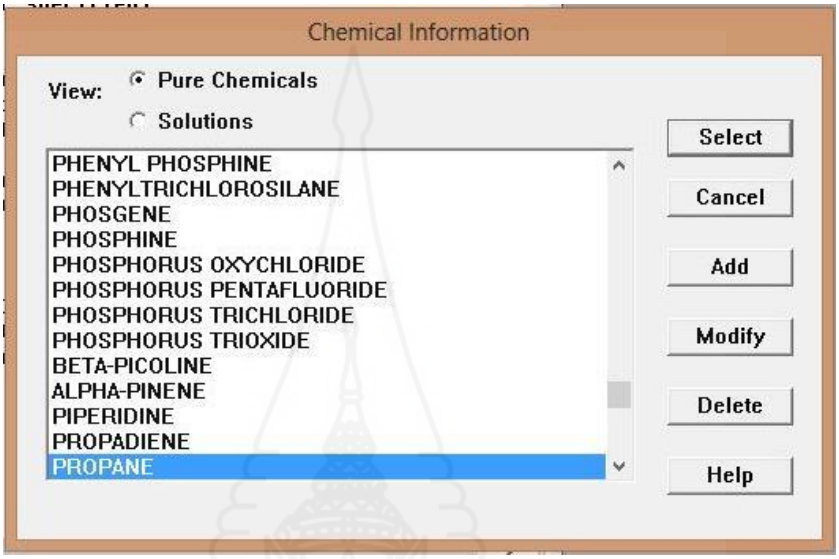
2. การกำหนดสารเคมี สารเคมีที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว หรือ LPG โดยนำเข้าข้อมูลก๊าซ LPG จากโปรแกรม CAMEO และเอกสารที่เกี่ยวข้องจากการศึกษา

2.1 SDS ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ข้อมูลโดยสรุปพบว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีส่วนผสมของบิวเทน และ โปรเปน ในอัตราส่วน ดังนี้

โปรเปน	55.0-64.2
บิวเทน	32.5-45.0

2.2 โปรแกรม CAMEO จากการแสดงผลพบว่า โปรเปนมีคุณสมบัติที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มากกว่าบิวเทน จึงพิจารณาเลือกโปรเปนเป็นสารเคมีที่ใช้ในการประเมิน

การกรอกข้อมูลสถานที่ในโปรแกรม ALOHA โดยเลือก เมนู SetUp > Chemical จากนั้นเลือก Add > PROPANE หรือ BUTANE ที่ใช้เป็นตัวแทนในการประเมิน ดังภาพที่ 2



ภาพภาคผนวกที่ 2 การบันทึกข้อมูลสารเคมี

3. กำหนดตัวแปรกรณีเกิดการรั่วไหล โดยใช้สถานการณ์จำลอง โดยกำหนดวันที่เกิดเหตุเป็นวันที่ 21 เมษายน 2558 เวลา 12.30 น. เนื่องจากเป็นวัน และเวลาที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนที่สุด มีอุณหภูมิสูง 38.8 องศาเซลเซียส จึงใช้วัน และเวลาดังกล่าวในการทำนายที่เพื่อให้เป็นสภาวะที่เลวร้ายที่สุด จากนั้นกำหนด และตั้งค่าตัวแปรขณะเกิดเหตุรั่วไหล มีสภาวะที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 การตั้งค่าตัวแปรทางด้านบรรยากาศ

3.1.1 ทิศทางลม ให้ใส่ทิศทางลมที่พัดเข้ามาสู่แหล่งกำเนิดก๊าซ โดยในโปรแกรม ALOHA สามารถ ใส่ทิศทางลมได้ 2 ลักษณะ คือ

1) ใส่เป็นตัวอักษร เช่น ทิศตะวันออก ให้ใส่ “E” ทิศตะวันตกให้ใส่ “W” เป็นต้น

2) ใส่เป็น Degrees True คือมุมที่ทิศทางลมพัดมาเป็นองศา เช่นจากเหนือลงใต้ใส่ 0 องศา จากตะวันตกไปตะวันออกใส่ 90 องศา เป็นต้น ดังแสดงภาพทิศทางลมที่ 2.12 โดยจากข้อมูลทิศทางลมในวัน และเวลาที่กำหนด พบว่า ลมพัดไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตรงกับทิศใต้ค่อนไปทางตะวันตก “SSW”

3.1.2 ความเร็วลม ในโปรแกรม ALOHA มีช่องกรอกข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้จากเครื่องวัด แต่ความเร็วลมที่กรอกนั้นไม่ควรใส่เกิน 106.57 ไมล์/ชั่วโมง เพราะเป็นความเร็วสูงสุดที่โปรแกรมยอมรับ ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัด อาจใช้ค่าจากตารางที่ 1.7 ช่วยประเมินความเร็วลมได้

ความเร็วลมมีผลโดยตรงกับความรุนแรงของการรั่วไหลของสารเคมี ลมที่พัดแรงจะพัดพาสารเคมีออกสู่ภาชนะบรรจุไปเจือจางกับอากาศได้เร็วทำให้สารเคมีเจือจาง ทำให้เกิดความรุนแรงน้อย แต่หากความเร็วลมต่ำสารเคมีที่เกิดเหตุจะมีความเข้มข้นมาก จึงทำให้อันตรายมีมากด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลความเร็วลม และอุณหภูมิ ณ สถานีอากาศเกษตรบางนา ซึ่งเป็นสถานีตรวจอากาศที่ตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานเกิดเหตุมากที่สุด จากข้อมูลการตรวจอากาศ ปี 2558 ตามตารางในภาคผนวก ค มาพิจารณาหาความเร็วลมที่ต่ำที่สุด และอุณหภูมิที่สูงที่สุด เพื่อจัดให้เป็นสภาวะที่เลวร้ายที่สุด ซึ่งพบว่าในวัน และเวลาที่จำลองให้เกิดเหตุลมมีความเร็วอยู่ที่ 4 น๊อตเป็นความเร็วลมที่ต่ำที่สุด ที่อุณภูมิ 38.8 องศาเซียลเซส

3.1.3 ความระเกะระกะของพื้นที่ มี 2 แบบคือ

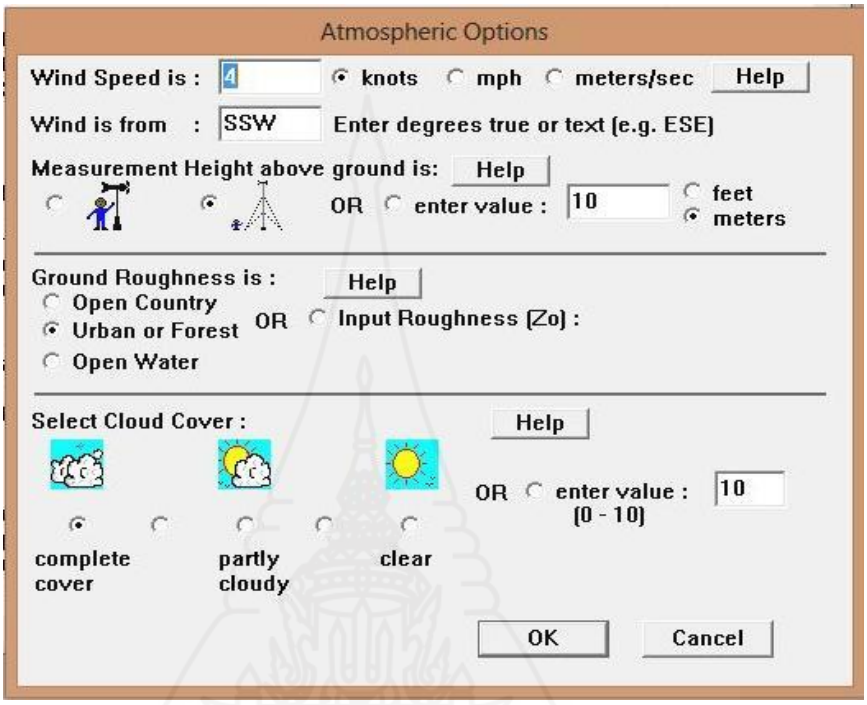
1) Open Country หมายถึง พื้นที่โล่งๆ มีเฉพาะต้นไม้เตี้ยๆ หรือเป็นทุ่งหญ้า

2) Urban or Forest หมายถึง พื้นที่มีต้นไม้ใหญ่หรืออาคารอยู่ทั่วไป

นอกจากนี้หากเรารู้ค่าความระเกะระกะของพื้นที่ ก็สามารถใส่ค่าลงไปในช่อง Input Roughness ได้ในการวิจัยนี้ เป็นแบบ Urban or Forest คือมีอาคารอยู่ทั่วไป ตามสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษาซึ่งอาคารข้างเคียง ได้แก่ อาคารของโรงงานที่เกิดเหตุ อาคารโรงงานของบริษัท ฟอร์ไมก้า ประเทศไทย จำกัด และโกดัง A10 รวมถึงอาคารอื่นๆ ในกลุ่มสยามสตีล

3.1.4 ระดับเมฆปกคลุม ให้เลือกตามภาพในโปรแกรม เช่น เมฆทึบมากให้เลือก complete cover ถ้าแดดจัดให้เลือก clear โดยใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มข้างใต้ภาพ ถ้าต้องการใส่เป็นตัวเลขให้ใส่ตัวเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0-10 ซึ่ง 10 หมายถึง ระดับที่มีเมฆปกคลุมสูงสุด การเลือกระดับเมฆปกคลุมใน ALOHA นั้นเนื่องจากต้องนำไปใช้ในการคำนวณการระเหยของสารเคมีซึ่งแปรผันไปตามปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเมฆลงมา โดยเฉพาะสารเคมีที่กระจายออกมาในแบบเจิ่งนอง (Paddle) คือเป็นของเหลวไหลนองออกมาก่อนจะระเหย ซึ่งในการศึกษานี้ต้องการศึกษาสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด จึงเลือกระดับที่เมฆปกคลุมมาก complete cover เพราะจะทำให้ปริมาณสารเคมีระเหยได้ไม่ดี เมื่อใส่ข้อมูลครบแล้วให้กด OK หน้าต่าง Atmospheric Options จะถูกปิด และเข้าสู่หน้าต่างที่ 2 Atmospheric Options 2

การกรอกข้อมูลสภาพอากาศที่ในโปรแกรม ALOHA โดยเลือก เมนู SetUp > Atmospheric จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Atmospheric Options ดังภาพที่ 3 เพื่อกรอกข้อมูล ความเร็วลม ทิศทางลม ความระเกะระกะของพื้นที่ และระดับเมฆปกคลุมตามที่ศึกษามาข้างต้น แล้วคลิกปุ่ม OK



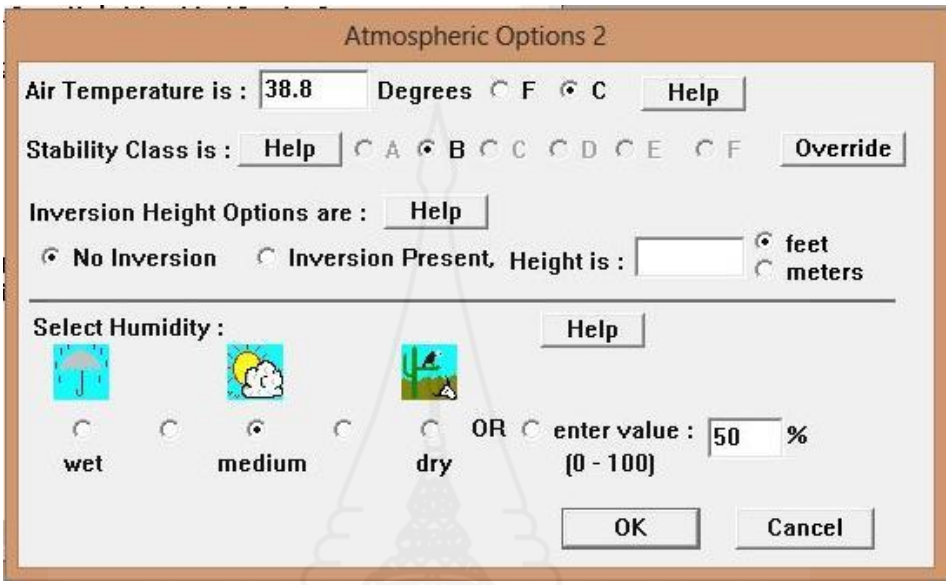
ภาพภาคผนวกที่ 3 การบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ

3.1.5 อุณหภูมิ ของอากาศมีผลต่อการกระจายของสารเคมี อุณหภูมิสูงทำให้เกิดความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซได้อย่างรวดเร็ว จากการตรวจสอบสถิติอุณหภูมิที่สูงที่สุดของสถานีอากาศเกษตรบางนา พบว่า อุณหภูมิที่สูงที่สุดในขณะที่ความเร็วลมต่ำ อยู่ที่ 38.8 องศาเซลเซียสที่ความเร็วลม 4 น้อต (วันที่ 21 เมษายน 2558) ดังแสดงรายละเอียดในตารางภาคผนวก ค

3.1.6 เสถียรภาพของบรรยากาศ โปรแกรม ALOHA จะทำนายเสถียรภาพของบรรยากาศให้เองจากข้อมูลที่กรอกมาแล้ว

3.1.7 สภาพความชื้น โปรแกรมมีการจัดสภาพความชื้นให้เลือกใช้ได้ตามลักษณะภาพที่ปรากฏ เช่น แห้งแล้ง ฝนตก เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกสภาพความชื้นที่เหมาะสม และใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา

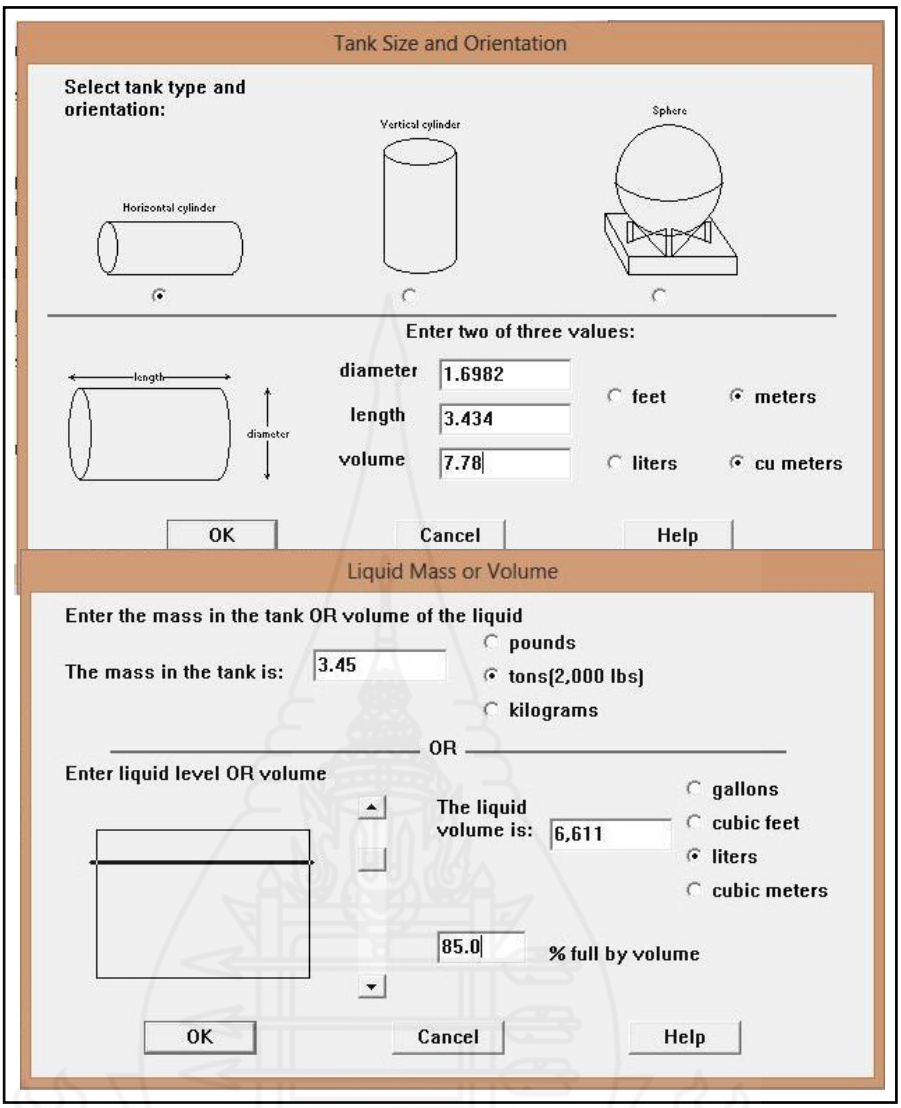
การกรอกข้อมูลอุณหภูมิในโปรแกรม ALOHA หลังจากคลิกปุ่ม OK ในหน้าต่าง Atmospheric Options จะปรากฏหน้าต่าง Atmospheric Options 2 ตามภาพที่ 4 เพื่อกรอกข้อมูลอุณหภูมิ เสถียรภาพของบรรยากาศ และสภาพความชื้นแล้วคลิกปุ่ม OK



ภาพภาคผนวกที่ 4 การบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ เสถียรภาพของบรรยากาศ และสภาพความชื้น

4. การกำหนดสภาพการบรรจุ

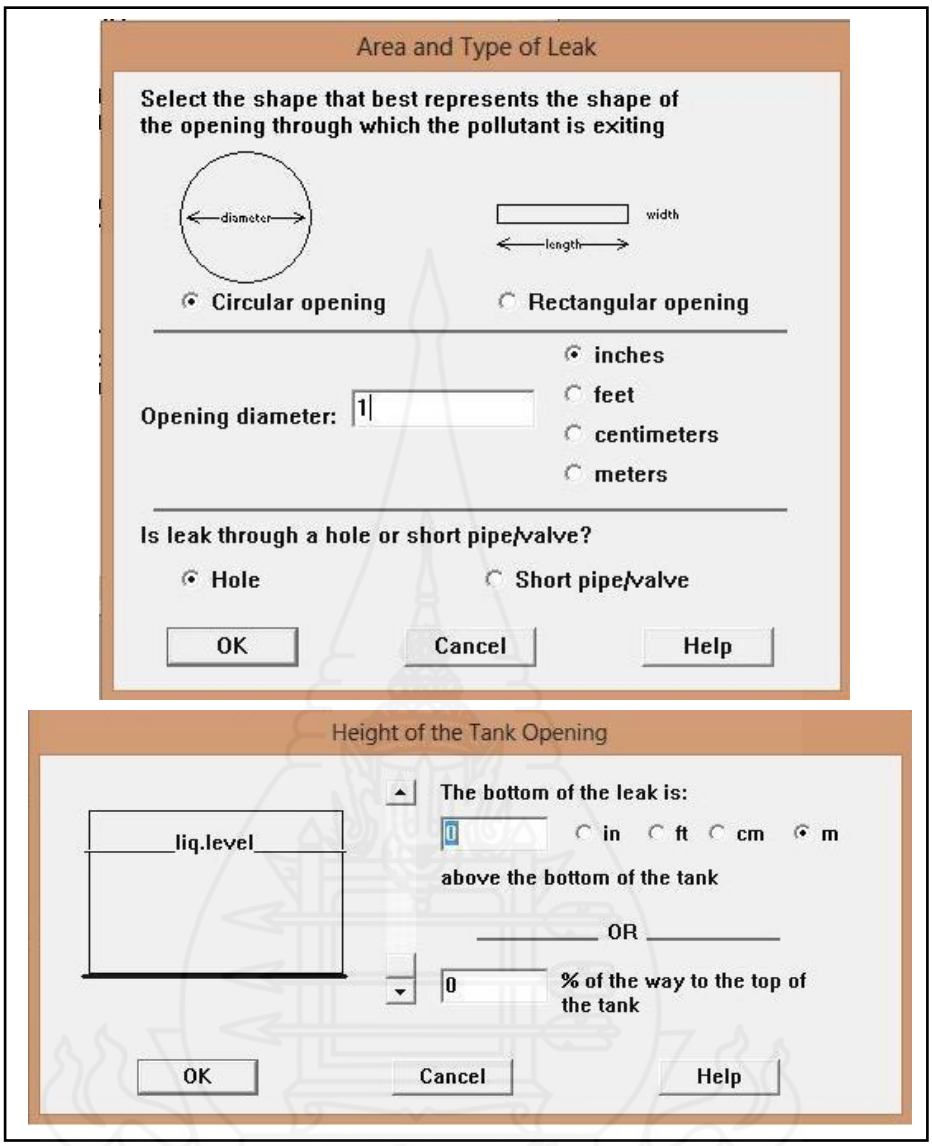
แหล่งแพร่กระจาย	ถังก๊าซ LPG ทะเบียนสถานี ธพ.1-120/47
รูปแบบภาชนะ	ทรงกระบอกแนวนอน
ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง	1.6982 เมตร
ยาว	3.434 เมตร
ปริมาตร	8,955 ลิตร
สภาพของสารเคมีในถัง	เก็บในสภาพของเหลว
น้ำหนักหรือปริมาตรสาร	85%ของปริมาตรถัง



ภาพภาคผนวกที่ 5 การบันทึกข้อมูลสภาพการบรรจุ

5. กำหนดสาเหตุ และลักษณะการรั่วไหล

จากสถิติการซ่อมบำรุง และผลการตรวจสอบสภาพการรั่วของวาล์วและข้อต่อต่างๆ พบว่า ตลอดอายุการใช้งานไม่เคยมีประวัติการรั่วตามวาล์ว และข้อต่อต่างๆ ของถังบรรจุก๊าซที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ ดังนั้นการเลือกลักษณะสาเหตุการรั่วไหล จึงได้กำหนดสาเหตุของการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ตัวถัง โดยขนาดของรอยรั่วมีรูปร่างเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ความสูงจากก้นถัง 0 เมตร ซึ่งผลจากการรั่วทำให้ก๊าซปิโตรเลียวเหลวในสถานะของเหลวรั่วออกมาในสถานะที่เป็นก๊าซเหลวและระเหยเป็นไอก๊าซ



ภาพภาคผนวกที่ 6 การกำหนดลักษณะการรั่วไหล

6. ทำการประเมินการแพร่กระจายโดยใช้โปรแกรม ALOHA แบ่งขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

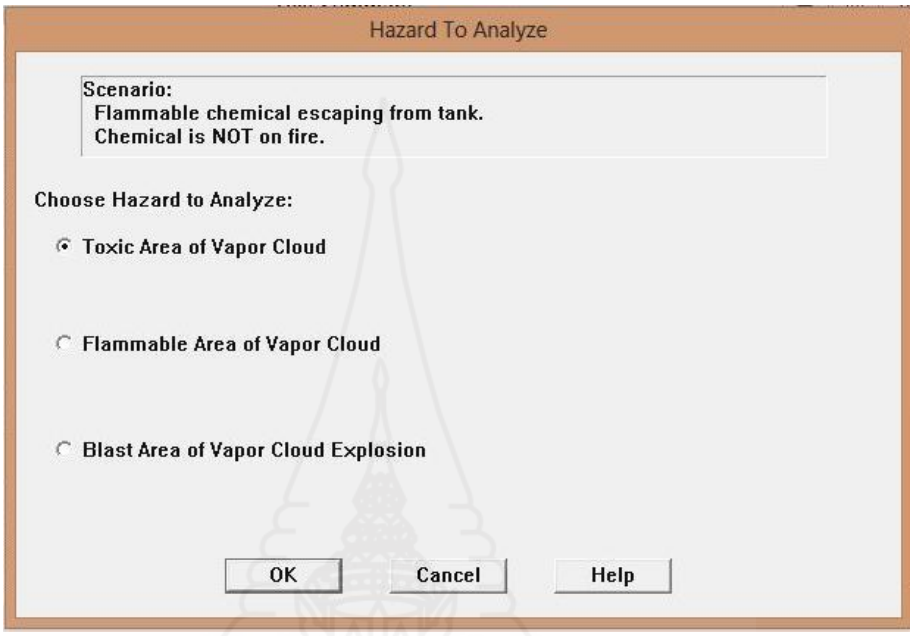
6.1 การรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟ ซึ่งประกอบด้วยการประเมิน 3 ลักษณะ คือ

1) การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

2) การประเมินการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

3) การประเมินรัศมีการรั่วไหลของการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

การเลือกให้โปรแกรม ALOHA ทำการประเมินการแพร่กระจายการรั่วไหลในลักษณะที่ไม่ติดไฟในแต่ละโมเดลโดยเลือก เมนู Display > Threat Zone จากนั้นเลือกโมเดลเพื่อให้ทำการประเมินผลกระทบตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 7



ภาพภาคผนวกที่ 7 วิธีการประเมินกรณีการรั่วไหลที่ไม่ติดไฟ

1) การประเมินรัศมีการรั่วไหลเพื่อดูความเป็นพิษต่อสุขภาพ (Toxic Area of Vapor Cloud)

สำหรับการประเมินลักษณะนี้ เป็นการประเมินเพื่อพิจารณาด้านความเป็นพิษของสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่เกิดเหตุ รวมทั้งความปลอดภัยของผู้ที่จะเข้าไประงับเหตุ โดยพิจารณาจากรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซ ซึ่งโปรแกรม ALOHA ทำนายจากการใช้สมการ Heavy Gas dispersion โดยแสดงผลการคำนวณในรูปของค่ามาตรฐาน (Acute Exposure Guideline Level(s) ; AEGLs) โดยโปรแกรม ALOHA จะประมวลผลค่า AEGL(s) แสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารเคมีขั้นต่ำที่ประชาชนทั่วไปสามารถรับสัมผัส ได้และนำไปใช้กับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในช่วงเวลารับสัมผัส 10 นาทีถึง 8 ชั่วโมง ระดับ AEGL-1 AEGL-2 และ AEGL-3 ถูกพัฒนาสำหรับช่วงเวลารับสัมผัส 5 ช่วง (10 นาที 30 นาที 1 ชั่วโมง และ8 ชั่วโมง) และถูกจำแนกความรุนแรงของผลกระทบทางความเป็นพิษใน 3 ระดับ ดังนี้

AEGL-1 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบ

ที่ไม่แสดงอาการ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจะไม่ก่อให้เกิดการพิการ และเกิดเพียงชั่วคราวรวมทั้งกลับเป็นปกติได้หากหยุดการรับสัมผัส

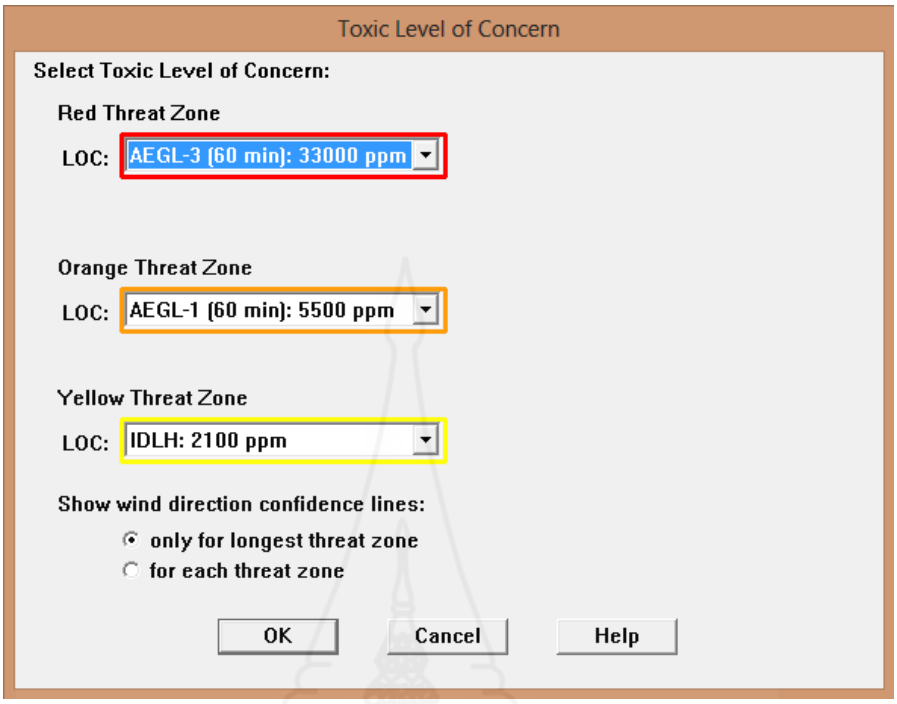
AEGL-2 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่สามารถกลับเป็นปกติได้หรือความรุนแรงเกิดเป็นระยะเวลานานาหรือทำให้ไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้

AEGL-3 คือความเข้มข้นของสารในอากาศ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m3) ซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือทำให้เสียชีวิตได้

ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่าความเข้มข้นที่มากว่า 2100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็นตัวกำหนดค่าความปลอดภัยในการกำหนดขอบเขตที่ต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของเคมีภัณฑ์ โดยใช้ค่า IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health ; IDLH) Concentrations) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของสหรัฐอเมริกา กำหนดให้เป็นระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่ เป็นอันตรายในทันที (Immediate Health Effects or Health Effects) ที่ได้รับ หรือหลังจากได้รับเป็นเวลานาน หรือรับซ้ำ (Prolonged or Repeated Exposure) เพื่อหาข้อกำจัดในการเลือกอุปกรณ์ป้องกันทางระบบหายใจที่ใช้ในสถานที่ทำงาน

ค่า IDHL ถูกคาดคะเนจากปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่สูงที่สุดในพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานได้รับแล้วยังไม่เกิดผลกระทบต่อร่างกายอย่างรุนแรงหรือถาวร หรืออวัยวะบางส่วนไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ จากค่าที่ได้จากการประมวลผลพบว่า ในกรณีที่ต้องเข้าไปจัดการเหตุฉุกเฉิน ต้องมีการสวมใส่หน้ากากป้องกันก๊าซปิโตรเลียมเหลวเข้าพื้นที่เกิดเหตุที่ระยะรัศมี 290 เมตร

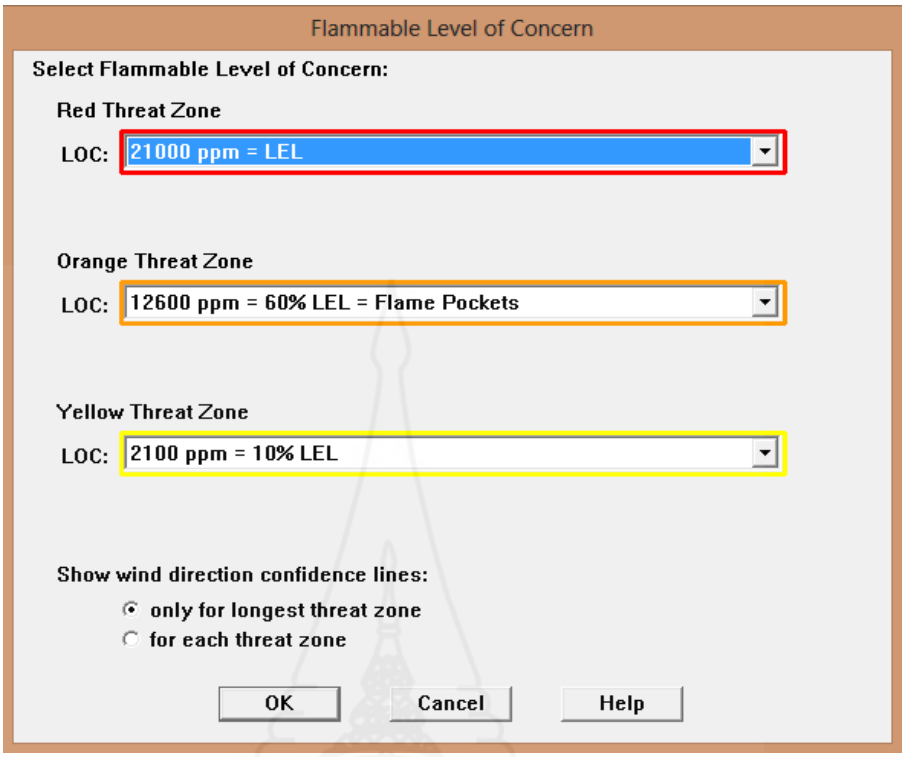
ในการทำการวิจัยในส่วนของ การรั่วไหลแบบไม่ติดไฟเพื่อพิจารณาด้านความเป็นพิษของสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเลือกระดับความรุนแรงทั้ง 3 ระดับ จะได้ภาพแสดงการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่สนใจศึกษา



ภาพภาคผนวกที่ 8 การกำหนดระดับความรุนแรงด้านความเป็นพิษทั้ง 3 ระดับ

2) การประเมินการรั่วไหลของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud)

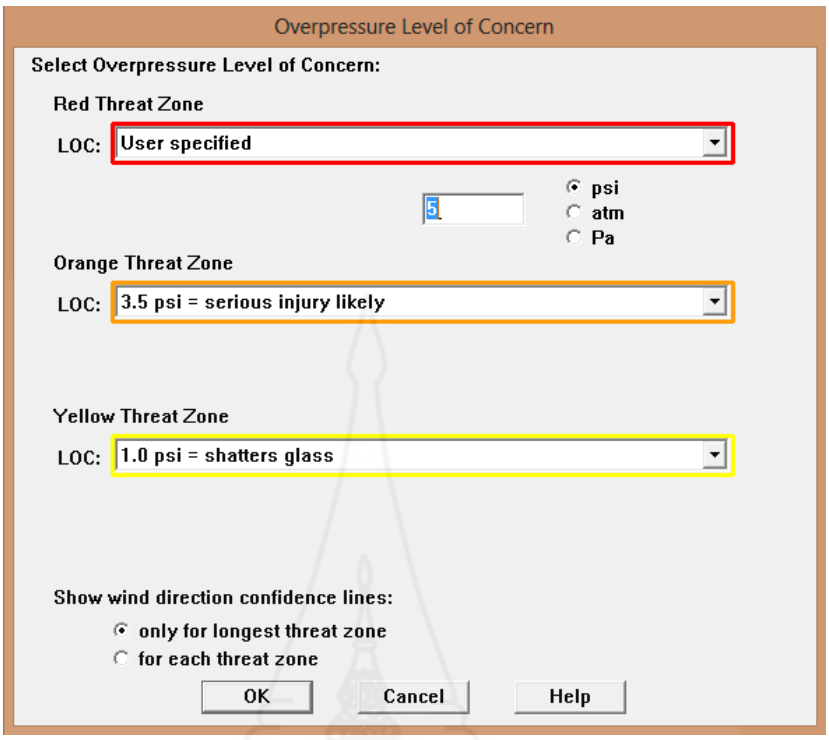
การประเมินกรณีนี้เป็นการประเมินการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยพิจารณาความเข้มข้นของสารเคมีที่แพร่กระจายออกมาจากถังบรรจุ และจ่ายก๊าซ เพื่อกำหนดระยะปลอดภัยต่อการป้องกันการเกิดไฟไหม้ โดยพิจารณาที่ค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด ซึ่งโปรแกรม ALOHA สามารถทำนายการกระจายของสารได้ตามความเข้มข้น และประเมินการรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟได้โดยการเลือกแถบเมนู Hazard To Analyze และเลือกในส่วนของ Flammable Area of Vapor Cloud จากนั้นกำหนดระดับความรุนแรงทั้ง 3 ระดับ จะได้ภาพแสดงรัศมีการแพร่กระจายของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่สนใจศึกษา



ภาพภาคผนวกที่ 9 การกำหนดระดับความรุนแรงของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟทั้ง 3 ระดับ

3) การประเมินรัศมีการรั่วไหลของการระเบิดของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Blast Aera of Vapor Cloud Explosion)

การระเบิดแบบ Vapor Clound Explosion การพิจารณาการเกิดระเบิดแบบ Vapor Cloud จะพิจารณาแรงดันที่เกิดแล้วส่งผลกระทบกับบุคคลและโครงสร้างอาคารตามระยะของความเข้มรังสีความร้อน โดยสามารถเข้าไปเลือกในแถบเมนู Hazard To Analyze และเลือกในส่วนของ Blast Area of Vapor Cloud Explosion โปรแกรมจะทำนายระยะทางที่เกิดความเข้มรังสีต่างๆ กันตามที่ต้องการ



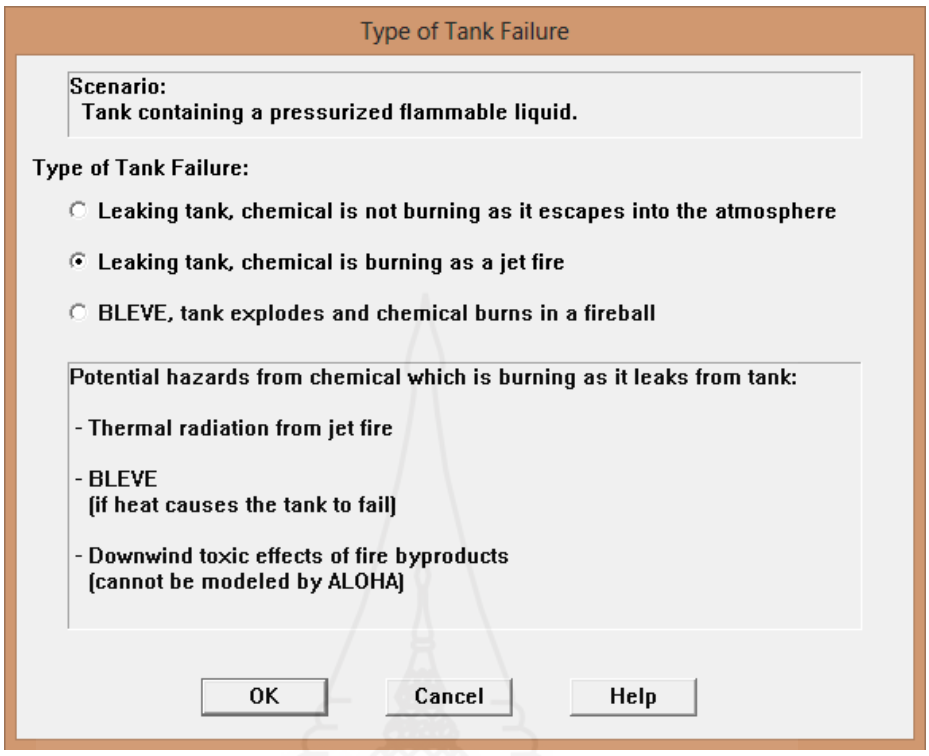
ภาพภาคผนวกที่ 10 การกำหนดระดับความรุนแรงของการระเบิด
ของกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟทั้ง 3 ระดับ

6.2 การรั่วไหลในลักษณะที่ติดไฟ ซึ่งประกอบด้วย

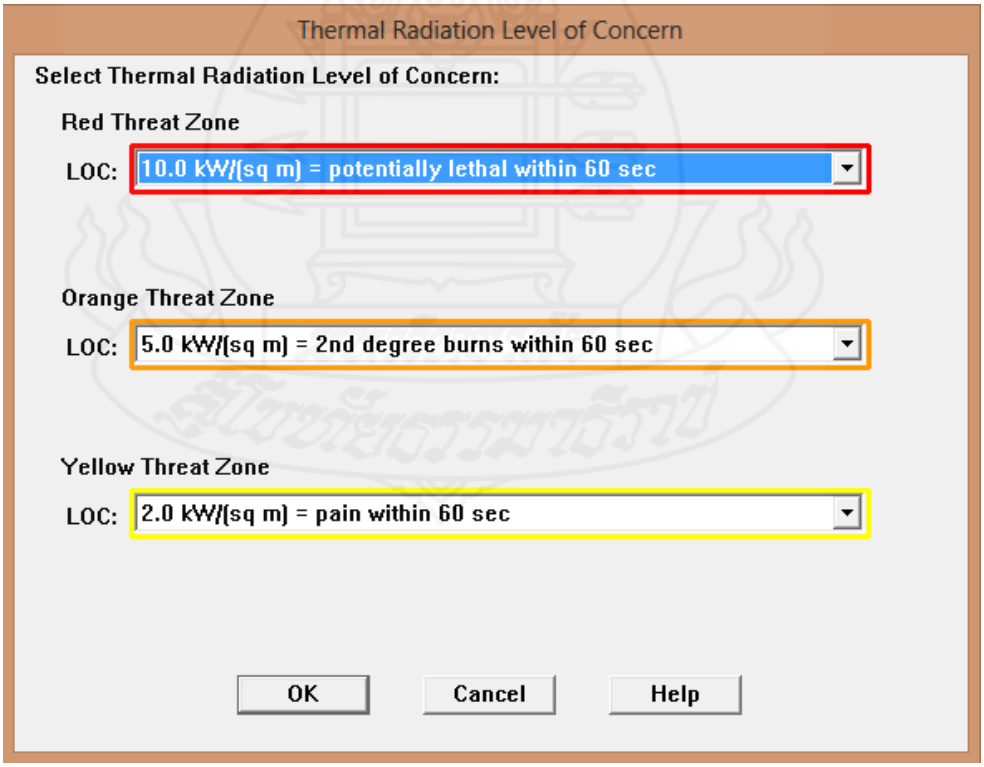
1) การประเมินการเกิดเพลิงไหม้แบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) ในลักษณะรังสีความร้อน

เป็นเพลิงไหม้ที่มีลักษณะเปลวไฟแคบและพุ่งแรง ซึ่งเกิดจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่รั่วไหลออกจากถัง แล้วเกิดการจุดระเบิดขึ้นในทันที ทำให้เกิดการลุกไหม้ในลักษณะคล้ายคบเพลิง เพื่อพิจารณาผลกระทบจากเปลวเพลิงและความเข้มของการแผ่รังสีซึ่งในการวิจัยครั้งนี้โปรแกรมทำนายการเกิดเพลิงไหม้แบบ Jet fire โดยอันตรายที่สนใจ คือ อันตรายจากรังสีความร้อน ควัน สารพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งในโปรแกรมจะสามารถทำนายได้เฉพาะอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น

การเลือกให้โปรแกรม ALOHA ทำการประเมินการแพร่กระจายการรั่วไหลในลักษณะการลุกติดไฟแบบเปลวไฟพุ่งด้วยแรงดัน (Jet Fire) โดยเลือกเมนู Display > Threat Zone จากนั้นเลือกโมเดลเพื่อให้ทำการประเมินผลกระทบตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพภาคผนวกที่ 11 การเลือกวิธีการประเมินการรั่วไหลแบบลุกติดไฟ



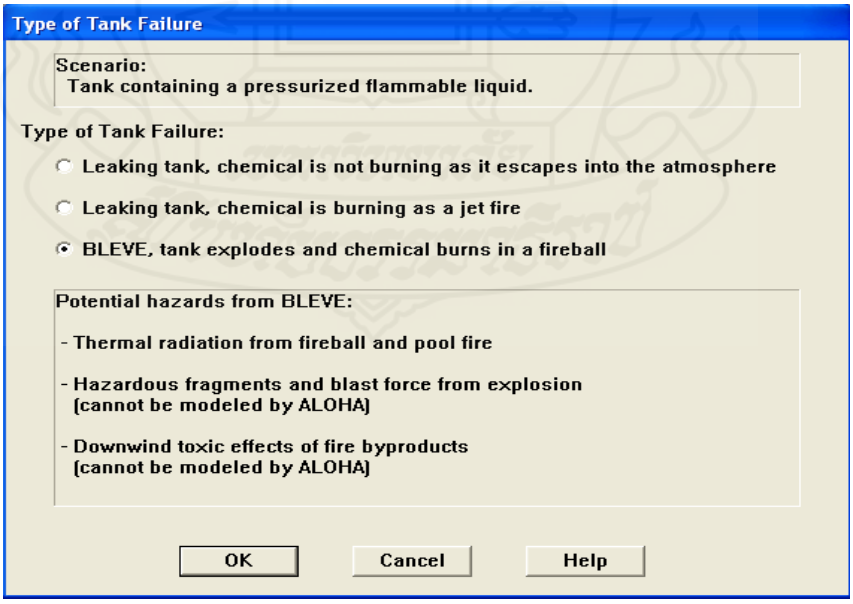
ภาพภาคผนวกที่ 12 การกำหนดระดับความรุนแรงของรังสีความร้อนทั้ง 3 ระดับ

2) การประเมินการระเบิดแบบ BLEVE ในลักษณะปริมาณรังสีความร้อนอันตรายจาก Fireball

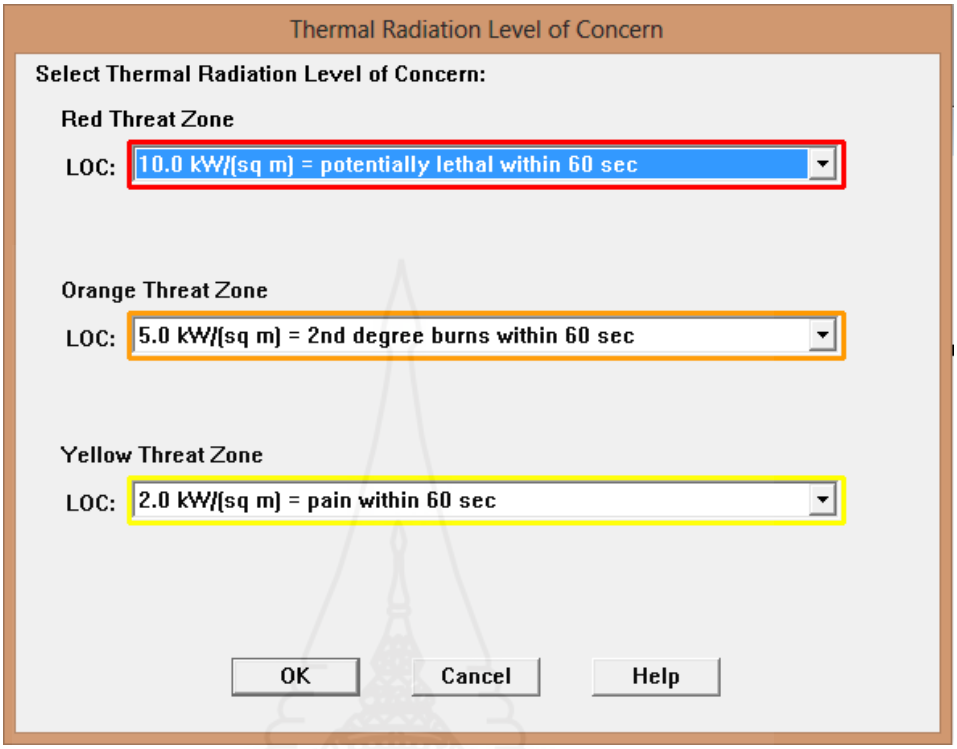
การระเบิดแบบบลีวี คือ การเกิดอัคคีภัยและการเกิดระเบิดร่วมกัน และระบายรังสีความร้อนออกมาเป็นระยะๆ ช่วงสั้นๆ การเกิดบลีวีเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ก๊าซรั่วไหลออกมาในรูปของของเหลว และขยายตัวอย่างรวดเร็วกระจายไปในบรรยากาศเป็นหมอกควัน และเมื่อมีการสันดาปเกิดขึ้นก็จะปรากฏเป็นลูกไฟ เป็นสาเหตุให้เกิดรังสีความร้อนขึ้นจำนวนมหาศาลภายในไม่กี่วินาที ซึ่งอาจทำให้ผู้ที่อยู่ในรัศมีเสียชีวิต หรือผิวหนังถูกทำลายอย่างรุนแรงขึ้นกับปริมาตรก๊าซที่มีอยู่ในภาชนะ หรือถังที่เก็บ

ในการวิจัยผลกระทบจากการเกิดระเบิดแบบบลีวี จะทำการเปลี่ยนตัวแทนสารเคมีที่ใช้แทนก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากโปรเปนเป็นบิวเทน เนื่องจากบิวเทนระเหยได้เร็วกว่า ซึ่งอันตรายที่สำคัญของบลีวี คือ อันตรายจากรังสีความร้อน ความดันที่สูงเกิน อันตรายจากวัสดุที่แตกกระจายจากการระเบิดควันพิษจากการเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งโปรแกรม ALOHA สามารถประเมินได้เฉพาะอันตรายจากรังสีความร้อนเท่านั้น ในการกำหนดความรุนแรงในการเกิดลูกไฟในกรณีสถานการณ์เลวร้ายที่สุดได้กำหนดให้เกิดการระเบิดแบบบลีวีที่ร้อยละ 100 ของปริมาตรสารที่มีอยู่ในถัง

การเลือกให้โปรแกรม ALOHA ทำการประเมินการแพร่กระจายการรั่วไหลในลักษณะการระเบิดแบบบลีวี (BLEVE) โดยเลือกเมนู Display > Threat Zone จากนั้นเลือกโมเดลเพื่อให้ทำการประเมินผลกระทบตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ



ภาพภาคผนวกที่ 13 การเลือกวิธีการประเมินการระเบิดแบบบลีวี

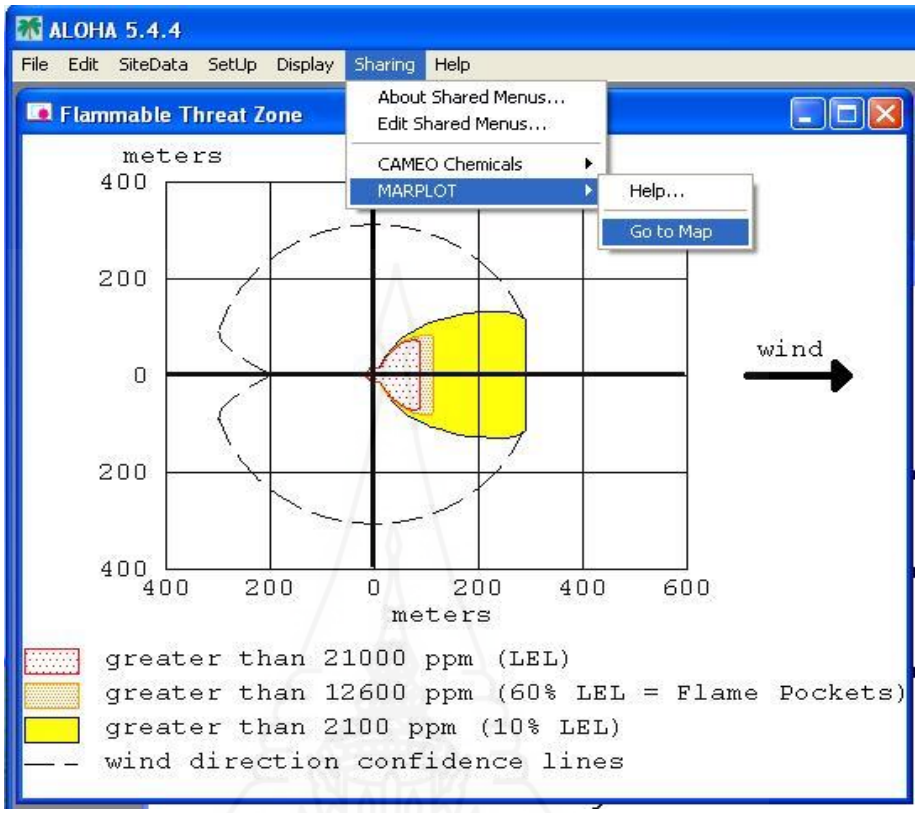


ภาพภาคผนวกที่ 14 การกำหนดระดับความรุนแรงของรังสีความร้อนจากการระเบิดทั้ง 3 ระดับ

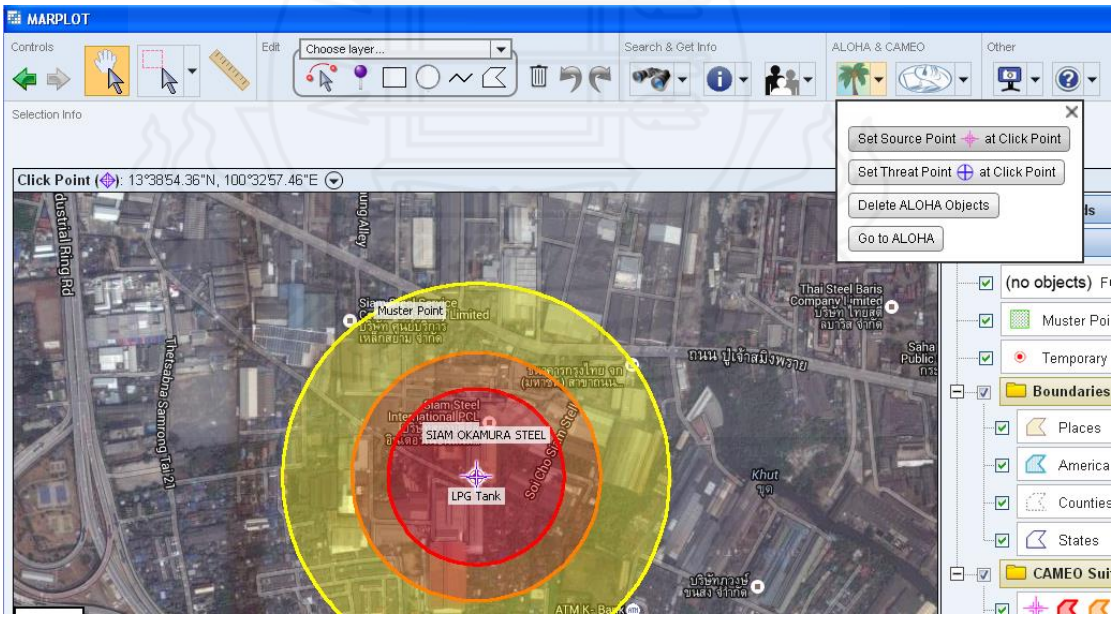
การค้นหาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยใช้โปรแกรม MARPLOT

การนำผลการประเมินมาเข้าแผนที่เพื่อทำให้ทราบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นส่งผลต่อพื้นที่ใด เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ต่อไปนั้น จะต้องมีการติดตั้งโปรแกรม MARPLOT ไว้ควบคู่กับโปรแกรม ALOHA

การเลือกให้โปรแกรม ALOHA แสดงผลการประเมินไปยังโปรแกรม MARPLOT ในทุกๆ โมเดลเมื่อโปรแกรม ALOHA แสดงรัศมีการแพร่กระจายแล้ว ต้องการให้รัศมีนี้แสดงบนแผนที่ในโปรแกรม MARPLOT โดยเลือกเมนู Sharing > MARPLOT > Go to Map จากนั้นจะมีการเข้าสู่โปรแกรม MARPLOTอัตโนมัติ ซึ่งในโปรแกรม MARPLOT สามารถสร้างวัตถุเพิ่มเติมได้ เช่น แถบแสดงชื่อสถานที่ สัญลักษณ์แสดงจุดเกิดเหตุ เข็มทิศ มาตรวัดระยะทาง เป็นต้น เมื่อเข้ามายังโปรแกรม MARPLOT แล้ว ให้เลือกเมนูใต้สัญลักษณ์โปรแกรม ALOHA (รูปต้นมะพร้าว) > เลือก Set Source Point at Click Point ระยะรัศมีจากโปรแกรม ALOHA จะปรากฏบนแผนที่โปรแกรม MARPLOT ดังภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ



ภาพภาคผนวกที่ 15 การนำข้อมูลเข้าโปรแกรมมาร์พล็อท



ภาพภาคผนวกที่ 16 การเลือกคำสั่งให้แสดงพื้นที่ได้รับผลกระทบในโปรแกรมมาร์พล็อท

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสารเคมี

PTT	MATERIAL SAFETY DATA SHEET			QC-MSDS-F001
	Product	Rev.	Page	Date
	LPG	7	1/8	9/10/2008

1. รายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ (PRODUCT DATA)

1.1 ชื่อทางการค้า (Trade Name): ก๊าซหุงต้ม (Liquefied Petroleum Gases, LPG)

1.2 การใช้ประโยชน์ (Use)

ใช้เป็นก๊าซหุงต้ม ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงในรถยนต์ และเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Used as fuel and used in petrochemical industry)

1.3 ผู้ผลิต / ผู้นำเข้า (MANUFACTERER / IMPORTER): บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) (PTT Public Company Limited)

ที่อยู่ (Address): 555 ถ. วิภาวดีรังสิต เขต จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

(555 Vipavadee-rangsit Rd., Jatujak Bangkok 10900)

โทรศัพท์ (Telephone Number) +66(0)2537-2000

2 ข้อมูลองค์ประกอบ (COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENT)

ชื่อสารเคมี (Substances)	Index No.	CAS No.	EC No.	Labeling	เปอร์เซ็นต์ (Percent)	ค่ามาตรฐานความปลอดภัย	
						TLV (ACIGH)	PEL (OSHA)
Propane ** F+: R12	601-003-00-5	74-98-6	200-827-9	F+ R: 12 S: (2-)9-16	55.0-64.2	1000 ppm TWA	-
Butane [1] and Isobutane [2] ** F+: R12 ** Note : C	601-004-00-0	106-97-8 [1] 75-28-5 [2]	203-448-7 [1] 200-857-2 [2]	F+ R: 12 S: (2-)9-16	32.5-45.0	800 ppm TWA	-

หมายเหตุ: คำอธิบายสำหรับ การจำแนกประเภท, R-Phase, S-Phase สามารถดูได้จากหัวข้อ 15 (See section 15 for the full text of the Classification, R-phrases, S-phrases declared above)

3 การบ่งชี้อันตราย (HAZARDS IDENTIFICATION)

3.1 การจำแนกประเภทของสาร (Product Specification)

เป็นสารที่มีความไวไฟสูง (Extremely Flammable)

3.2 อันตรายทางกายภาพและเคมี/ อันตรายจากไฟไหม้และการระเบิด (Physical and Chemical Hazards/ Fire and Explosion Hazards)

- ผลิตภัณฑ์นี้มีความไวไฟสูงมาก สามารถเกิดไอระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งสามารถทำให้เกิดส่วนผสมที่ทำให้ติดไฟได้ทันที (Product is high flammable liquid and can release vapors that can readily form flammable mixtures at below room temperatures)

- ผลิตภัณฑ์อาจเกิดการสะสมของไฟฟ้าสถิต ซึ่งอาจทำให้ติดไฟได้ ควรต่อสายดินเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ (Product can accumulate static charges which can cause an incendiary electrical discharge, should be bonded and grounded)

4 การปฐมพยาบาล (FIRST AID MEASURE)

4.1 กรณีสัมผัสสารเคมีทางผิวหนัง (Skin Contacting)

- ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วย สบู่ และ น้ำหลายๆครั้ง (Flush with large amounts of water, use soap if available)
- เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้าที่มีการปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ออก และนำไปทำความสะอาด (Remove grossly contaminated clothing, including shoes, and launder before reuse.)
- หากเกิดการระคายเคืองหรือเกิดผื่นแดงบริเวณที่สัมผัส ควรไปพบแพทย์ (If irritation or redness has develops, seek medical attention)
- ในกรณีที่สัมผัสถูกก๊าซหุงต้มในสถานะของเหลว ให้ใช้น้ำที่อุณหภูมิปกติล้างบริเวณที่สัมผัส เพื่อช่วยลดความเย็นที่เกิดจากการสัมผัสก๊าซหุงต้ม (In case of contact with liquid LPG. It is advisable to keep the injured organ under a flow of water of comfortable temperature.This will allow heat to transfer slowly from the water to the organs)

4.2 กรณีสัมผัสสารเคมีทางตา (Eye Contacting)

ล้างตาด้วยน้ำอย่างน้อย 15 นาที แล้วจึงไปพบแพทย์ (Flush with fresh water for 15 minute. If irritation persists, get medical attention.)

4.3 กรณีสัมผัสสารเคมีโดยการหายใจ (Inhalation)

รีบเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปในที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ แล้วจึงรีบปรึกษาแพทย์ (Remove to fresh air. Obtain medical attention in all case)

4.4 กรณีสัมผัสโดยการกลืนกิน (Ingestion)

ห้ามทำให้ผู้ป่วยอาเจียน และรีบนำไปส่งแพทย์ (If swallow, **DO NOT** induce vomiting. Keep at rest. Get prompt medical attention.)

5 ข้อมูลการดับเพลิง (FIRE-FIGHTING MEASURES)

5.1 ขั้นตอนการดับเพลิง (Fire-fighting Procedure)

- ไม่ควรใช้น้ำในการดับเพลิง แต่ควรใช้เพื่อรักษาอุณหภูมิของภาชนะที่เกิดเพลิงไหม้ให้เย็น ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่เช่น ถังเก็บน้ำมัน ควรดับเพลิงด้วยความระมัดระวัง ถ้าเป็นไปได้ควรมีการสูบผลิตภัณฑ์ออกจากถังเก็บ และฉีดน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ต่ำ หลีกเลี่ยงการฉีดน้ำโดยตรงเข้าไปยังผลิตภัณฑ์ที่เกิดเพลิงไหม้ ไม่ควรปล่อยของเสียสู่แหล่งน้ำสาธารณะ สำหรับผู้ที่เข้าไปดับเพลิงควรใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจและสวมชุดดับเพลิง หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยที่เกิดขึ้น (Water may be ineffective on flames, but should be used to keep fire-exposed containers cool. Large fire, such as tank fires, should be fought with caution. If possible, pump the content from the tank and keep adjoining structures cool and protect personnel. Avoid spreading burning liquid with water used for cooling purposes. Do

not flush down public sewers. The use of self-contained breathing apparatus and protective clothing is recommended for fire fighters. Avoid inhalation of vapors)

- ใช้โฟมหรือผงเคมีแห้งในการดับเพลิง (Use foam or dry chemical to extinguish fire)

5.2 **ข้อควรระวังในการดับเพลิง** (SPECIAL FIRE PRECAUTION)

- ไอระเหยจะอยู่ที่พื้น และสามารถไหลไปตามท่อหรือทางระบายน้ำที่ระดับต่ำ อาจเกิดการจุดติดไฟจากแหล่งกำเนิดประกายไฟที่อยู่ไกลออกไปได้ (Vapor my travel along the ground to a source of ignition (heat, electric motor) some distant away)

6 มาตรการจัดการสารเคมีรั่วไหล (ACCIDENTAL RELEASE MEASURES)

6.1 **การปนเปื้อนสู่พื้นดิน** (Land Spill)

- กำจัดแหล่งที่ทำให้เกิดประกายไฟ ป้องกันการรั่วไหลลงไปสู่แหล่งน้ำ ลำธารหรือบ่อน้ำ (Eliminate sources of ignition. Prevent liquid from entering sewers.)
- หยุดการรั่วไหลโดยใช้ทราย (Contain spilled liquid with sand.)
- ใช้วัสดุดูดซับในการจัดเก็บสารที่รั่ว หรือสูบกลับด้วยปั๊มชนิดป้องกันการระเบิดหรือปั๊มมือ ในกรณีที่สารเคมีมีความหนืดมากเกินกว่าจะใช้ปั๊มได้ ให้ตักสารเคมีด้วยพลั่วใส่ภาชนะสะอาดปิดฝา เพื่อนำไปกำจัดต่อไป (Recover by pumping (use a suitable absorbent. If liquid is too viscous for pumping, scrape up with shovels or pails and place in suitable containers for recycle or disposal.)

6.2 **การปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ** (Water Spill)

- กำจัดแหล่งที่ทำให้เกิดประกายไฟ (Eliminate sources of ignition)
- แจ้งเตือนเรือลำอื่นที่สัญจรอยู่ใกล้เคียง และแจ้งให้ท่าเรือหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบโดยทันที (Notify port or relevant authority and keep public away)
- ตักสารเคมีออกจากผิวหน้าของน้ำ หรือดูดซับด้วยวัสดุดูดซับที่เหมาะสม (Remove surface by skimming or with suitable absorbents)
- หากได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบ อาจใช้วิธีการทำให้สารเคมีจม หรือทำให้แพร่กระจายในแหล่งน้ำเปิดได้ (If allowed by local authorities and environmental agencies sinking and/or suitable dispersants may be used in non-confined waters)

7 การใช้งานและการจัดเก็บสารเคมี (HANDLING AND STORAGE)

7.1 **อุณหภูมิจัดเก็บ** (Storage Temperature (DegC)): อุณหภูมิห้อง (Ambient)

7.2 **อุณหภูมิขณะขนส่ง** (Transport Temperature): อุณหภูมิห้อง (Ambient)

7.3 **อุณหภูมิในการถ่ายเทที่เหมาะสม** (Loading/ Unloading Temperature): อุณหภูมิห้อง (Ambient)

7.4 **ความดันขณะจัดเก็บและขนส่ง** (Storage/Transport Pressure): ความดันบรรยากาศ (Atmospheric)

7.5 **การสะสมของไฟฟ้าสถิต** (Electrostatic Accumulation Hazard): เป็นที่สะสมของไฟฟ้าสถิต ควรเชื่อมต่อสายดิน (Use proper grounding procedure)

7.6 **การใช้งานและการจัดเก็บสารเคมี** (Storage/ Handling)

- ใช้งานในระบบปิดเท่านั้น (This product is intended for use in close system. Do not use in confined area)
- ไม่ใช้งาน จัดเก็บ หรือเปิดฝาภาชนะใกล้กับเปลวไฟ แสงแดด ความร้อน และแหล่งกำเนิดประกายไฟต่างๆ (DO NOT handle, store or open near an open flame, source of heat or source of ignition. Protect material from direct sunlight)
- ผลิตภัณฑ์นี้ มีการสะสมของไฟฟ้าสถิต ควรทำการเชื่อมต่อสายดิน (Material will accumulate static charges which may cause an electric spark (ignition source). Use proper bonding and/or grounding procedures)
- ห้ามอัดความดัน ตัด ให้ความร้อน หรือเชื่อมภาชนะบรรจุ (DO NOT pressurize, cut, heat, or weld containers)

8 การป้องกันการสัมผัสสารเคมี (EXPLOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION)

8.1 **การควบคุมทางวิศวกรรม/การระบายอากาศ** (Engineering control measures/Ventilation)

ควรจัดเก็บในสถานที่เปิดโล่ง มีการระบายอากาศที่ดี การใช้งานตัวอย่างของห้องปฏิบัติการจะต้องทำในตู้ดูดอากาศ (Hood) และควรใช้อุปกรณ์ระบายอากาศชนิดป้องกันการระเบิด (The use of local exhaust ventilation id recommended to control process emission near the source. Laboratory samples should be handling in a lab hood. Use explosion – proof ventilation equipment)

8.2 **คำแนะนำทั่วไป** (General Advice)

การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลจะขึ้นอยู่กับอันตรายของผลิตภัณฑ์ สถานที่ทำงาน และวิธีการใช้งานสารเคมีนั้น โดยทั่วไป ผู้ที่ทำงานประจำควรสวมแว่นตานิรภัยชนิดมีกระบังข้าง และเสื้อผ้าที่ปกป้องแขน ขา และร่างกายจากการสัมผัส สำหรับผู้ที่เข้าไปในพื้นที่ทำงานชั่วคราว ควรสวมแว่นตานิรภัยชนิดมีกระบังข้างเป็นอย่างน้อย (The use and choice of Personal Protection equipment is related to the hazard of the product, the workplace, and the way the product is handled. In general , We recommend as a minimum safety precaution the safety glasses with side-shields and work clothes protection arms, legs and body be used. In addition, any person visiting an area where this product is handles or processed should at least wear safety glasses with side-shields)

8.3 **การป้องกันระบบทางเดินหายใจ** (Respiratory Protection)

ในกรณีที่ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน ควรสวมใส่หน้ากากครึ่งหน้า ที่ป้องกันการสัมผัสกับไอระเหย สำหรับฟิลเตอร์ที่ใช้กับหน้ากากนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารเคมีในพื้นที่ทำงาน แต่ควรใช้ฟิลเตอร์ชนิด A หรือใกล้เคียงและควรได้รับการรับรองจาก NIOSH (Where concentrations in air may exceed the limits given in this section, it's recommended to use a half face filter mask to protect from overexposure by inhalation. Suitable filter material depends on the amount and type of chemicals being handled in the workplace, but filter material of type "A" or similar may be considered for use and should be use appropriate NIOSH-approved respiratory protection)

PTT	MATERIAL SAFETY DATA SHEET			QC-MSDS-F001
	Product	Rev.	Page	Date
	LPG	7	5/8	9/10/2008

8.4 **การป้องกันมือ** (Hand Protection)

ควรสวมใส่ถุงมือชนิดป้องกันสารเคมี สำหรับวัสดุที่ใช้ทำถุงมือนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารเคมีในพื้นที่ทำงาน แต่แนะนำให้ใช้ถุงมือที่ทำจาก PVC หรือ Nitrile และควรเปลี่ยนถุงมือทันทีเมื่อสังเกตว่าเสื่อมคุณภาพ (When handling this product, it's recommended to wear chemical resistant gloves. The choice of suitable protective gloves depends on work conditions and what chemicals are handled, but we have positive experience with gloves made of Nitrile. Gloves should be replaced immediately if sign of degradation is observed)

8.5 **การป้องกันดวงตา** (Eyes Protection)

อ้างอิงตามข้อ 8.2 (See general advice)

8.6 **การป้องกันผิวหนังและร่างกาย** (Skin and Body Protection)

อ้างอิงตามข้อ 8.2 (See general advice)

9 ข้อมูลทางกายภาพและทางเคมี (PHYSICAL AND CHEMICAL DATA)

9.1 **จุดเดือด** (Boiling Point): -17 °C

9.2 **ความดันไอ** (Vapor Pressure): ไม่สูงกว่า (maximum) 200 psig (37.8 deg.C)

9.3 **การละลายได้ในน้ำ** (Solubility in Water): ละลายน้ำได้น้อยมาก (negligible)

9.4 **ความถ่วงจำเพาะ** (Specific Gravity): 0.522-0.534

9.6 **อัตราการระเหย** (Evaporating Rate): 100% (%Volatile)

9.7 **ลักษณะสีและกลิ่น** (Appearance Color and Odor): ของเหลว (ภายใต้ความดัน) ไม่มีสี แต่จะมีกลิ่นจากการเติมสารประกอบซัลเฟอร์ (Liquid in high pressure condition, colorless, mercaptan odor)

10 ข้อมูลด้านอัคคีภัยและการระเบิด (FIRE AND EXPLORSION HAZARD DATA)

10.1 **จุดวาบไฟ** (Flash Point): (-105) °C

10.2 **ขีดจำกัดการติดไฟ** (Flammable limits by % Volume)

ค่าต่ำสุด (LEL): 2.0

ค่าสูงสุด (UEL): 9.0

10.3 (Hazard Rating)

NFPA: Health- 1 Fire- 4 Reactivity- 0

10.4 **อุณหภูมิสามารถติดไฟได้เอง** (Autoignition Temperature): 400 - 500 °C

10.5 **การเกิดปฏิกิริยาเคมี** (Chemical Reactivity)

มีความคงตัวสูงในสภาวะการเก็บและการใช้งานปกติ (Stable under ordinary conditions of use and storage)

10.6 **สารที่ต้องหลีกเหลี่ยงจากกัน** (Material to Avoid)

สารออกซิไดซ์ที่รุนแรงเช่น คลอเรต ไนเตรต และ เปอร์ออกไซด์ (Strong oxidizing agents, chlorate, nitrates, peroxides)

Additional Information Available from : Quality Control Division, Oil Business

Address : 555 Ardnarong Rd. Klongtoey, Bangkok 10260 Thailand Tel. +66(0)2239-7149, Fax : +66(0)2239-7149

10.7 **สารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว** (Hazardous Decomposition Products)

คาร์บอนมอนออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารไฮโดรคาร์บอน (CO, CO_2 and hydrocarbons)

11 ข้อมูลด้านพิษวิทยา (TOXICOLOGICAL INFORMATION)

11.1 **ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน** (Acute)

การหายใจ (Inhalation)

ก่อให้เกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้มีอาการปวดศีรษะ หน้ามืด ระคายเคืองต่อดวงตา จมูกและลำคอ อาจทำให้หมดความรู้สึก และอาจส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Vapor may be irritating to the respiratory tract, may cause headaches and dizziness, irritation of eyes, nose and throat, signs of intoxications. could be anesthetic and may have other central nervous system effects)

การสัมผัสทางผิวหนัง (Skin Contact)

กรณีสัมผัส LPG เหลวอาจจะดูดความร้อนจากอวัยวะที่สัมผัส จนทำให้เกิดแผลไหม้เย็น (Liquid can cause cold burn)

การกลืนกิน (Ingestion)

ไม่มีข้อมูล (Not Available)

การสัมผัสทางตา (Eyes Contact)

ก่อให้เกิดแผลไหม้เย็น (Liquid can cause cold burn)

11.2 **ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง** (Chronic)

กรณีสัมผัส LPG เหลวอาจจะดูดความร้อนจากอวัยวะที่สัมผัส จนทำให้เกิดแผลไหม้เย็น (Liquid can cause cold burn)

12 ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม (ECOLOGICAL INFORMATION)

12.1 **การกระจายสู่สิ่งแวดล้อม** (Mobility)

ระเหยได้ดี (Evaporates extremely rapidly from water or soil surfaces)

12.3 **ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและการสะสมในสิ่งมีชีวิต** (Ecotoxicity and Bioaccumulation)

ไม่เป็นอันตรายและไม่สะสมในสิ่งมีชีวิต (Expect to be practically non – toxic to aquatic organism and does not accumulate)

13 ข้อมูลการกำจัดผลิตภัณฑ์ (DISPOSAL CONSIDERATIONS)

- คำแนะนำต่อไปนี้ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์นี้เท่านั้น ถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นร่วมด้วย อาจจะต้องใช้วิธีการกำจัดผลิตภัณฑ์แบบอื่น หากมีข้อสงสัย โปรดติดต่อผู้ผลิต หรือหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบ (Combination with other materials may well indicate another route of disposal. If in doubt, contact manufacturer/importer or local Authorities)

- ผลิตภัณฑ์นี้ไม่เหมาะที่จะกำจัดโดยการฝังกลบ การทิ้งลงท่อระบายน้ำ หรือการทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (This product is NOT suitable for disposal by either landfill or via municipal sewers, drains, natural streams or rivers)

- ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมดแล้ว ควรนำกลับมาใช้ใหม่ หรือกำจัดโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตถูกต้องตามกฎหมาย (Empty packaging should be taken for recycling, recovery or disposal through a suitably qualified or licensed contractor)
- การกำจัดขยะสารเคมีจะต้องเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด (Care should in any case be taken to ensure compliance with national and local regulations)

14 ข้อมูลการขนส่งผลิตภัณฑ์ (TRANSPORT INFORMATION)

14.1 การขนส่งทางบก (Land)

CLASS: 2.1 UN Number: 1075

Proper shipping name: Petroleum Gases, Liquefied

14.2 การขนส่งทางทะเล (SEA-IMDG (Packaged Goods and BLCs))

CLASS: 2.1 UN Number: 1075

Proper shipping name: Petroleum Gases, Liquefied

14.3 การขนส่งทางอากาศ (IATA Classification)

CLASS: 2.1 UN Number: 1075

Proper shipping name: Petroleum Gases, Liquefied

15 ข้อมูลทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง (REGULATORY INFORMATION)

15.1 ข้อกำหนด (Governing Directive)

อ้างอิงตามข้อกำหนดการแยกประเภทและติดฉลากของสหภาพยุโรป (According to Dangerous Substances Directive 67/548/EC, as modified)

15.2 การแยกประเภทและการติดฉลากที่ภาชนะสารเคมี (Classification and Labeling)

- การแยกประเภทของสารเคมี/สัญลักษณ์(Classification/Symbol): เป็นสารไวไฟสูง (Extremely Flammable/F+)

15.3 ประเภทของความเสี่ยง (Nature of Special Risk)

R12 ไวไฟสูง (Extremely flammable)

15.4 คำแนะนำด้านความปลอดภัย (Safety Advice)

S2 เก็บให้พ้นมือเด็ก (Keep out of the reach of children)

S9 เก็บภาชนะบรรจุในสถานที่ที่มีการระบายอากาศได้ดี (Keep container in a well-ventilated place)

S16 เก็บให้ห่างจากแหล่งกำเนิดประกายไฟ และห้ามสูบบุหรี่บริเวณนั้น (Keep away from sources of ignition - No smoking)

PTT	MATERIAL SAFETY DATA SHEET			QC-MSDS-F001
	Product	Rev.	Page	Date
	LPG	7	8/8	9/10/2008

15.5 Symbol

16 ข้อมูลอื่นๆ (OTHER INFORMATION)

16.1 **การใช้เอกสาร** MSDS (MSDS Usage)

- ข้อมูลที่อยู่ในเอกสารนี้จะเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นี้เท่านั้น โดยจะอ้างอิงตามข้อมูลที่ผู้ผลิตได้รับ และอาจไม่ครอบคลุมหากมีการใช้งานสารเคมีอื่นร่วมด้วย หรือใช้งานผลิตภัณฑ์นี้ในกระบวนการอื่นๆ ดังนั้น จึงเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้งานเองที่จะใช้ข้อมูลให้เพียงพอและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของตน (This information relates only to the specific material designated and recommendations contained herein are to the best of manufacturer's knowledge and may not be valid for such material used in combination with any other material or in any process, therefore, it's the user's responsibility to satisfy itself as to the suitability and completeness of such information for its own particular use)

Phurita

(Mrs. PHURITA PHOTISUK)

Quality Control Division Manager

Additional Information Available from : Quality Control Division, Oil Business

Address : 555 Ardnarong Rd. Klongtoey, Bangkok 10260 Thailand Tel. +66(0)2239-7149, Fax : +66(0)2239-7149

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา

อุณหภูมิสูงสุด(เซลเซียส)
รายวัน

ที่	สถานี	เดือน/ปี	วันที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	เฉลี่ย
1	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-14	30	32	33.7	33.1	32.5	33.5	32.8	33.8	33.5	31.7	32.2	33.2	30.9	29.5	29	28.3	30.1	28.2	27.5	29.1	28.3	26.5	27.6	30.5	31.4	31.8	31.9	32.9	33.2	33	32.9	31.1
2	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-14	32.9	33	33.7	32.8	32	32.5	32.5	32.2	33.8	33.7	33.7	33	33.4	33.5	33	33.2	33	33.1	33.4	28.5	28	33.9	34	33.6	33.2	32.8	32.7	33.2	-	-	-	32.8
3	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-14	33	33.3	33.2	33.6	33.3	33.7	33.6	34	33.8	33.1	34.5	34.3	34.6	35.2	35.4	35.1	35.7	35.4	34.4	34.7	35.7	30.7	35	34.8	35.5	35.7	36	34.8	35.3	36.2	36.4	34.5
4	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-14	35.8	36.3	36.7	37.3	36.2	35.5	36.7	38.1	37.7	37	36.5	35.8	36.1	36.4	36.6	36.7	38	37.3	36.7	37.8	38	36.8	36.8	36.8	37.4	37.8	37.5	37.3	34.4	36.2	-	36.8
5	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-14	36.7	37	37.3	35	35	35.5	33.5	36.7	36.5	36.6	36.2	36.6	37.4	37.2	38.6	-	37.5	35.5	34.5	36.2	37.3	36.5	36.6	37.9	37.8	37.7	36.4	35.6	36.5	37.4	37	36.5
6	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-14	34.8	36.8	37.3	35.3	34.7	34.8	35	34.8	35.7	34.8	35.1	33.6	34.4	34.1	34.2	33	33.6	33.5	34.5	34.8	34.1	34.5	34	34.3	30.7	32.7	35.7	36.6	36.7	34.3	-	34.6
7	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-14	35.2	35.8	35.9	36.4	36.2	36	35.5	33	33.9	33.4	34.5	34.8	35.7	32.5	33.6	34.2	35	33.4	30	33.5	33.7	34	34.5	33.9	33.6	34.8	34.7	31.2	34	34.3	33.8	34.2
8	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-14	34.1	33.1	33.8	33.2	33	33.3	32.1	33.2	33.5	33.5	35	35	34.2	32.8	34	33.4	34.8	35.3	34.7	33.6	33.7	33.6	33.8	36.5	35.7	34.8	33.5	32.7	33.7	30.8	31.6	33.7
9	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-14	32.8	33.2	33	34.2	34	33.1	31.7	34.6	34.7	34.5	32.8	33.9	34.7	34.7	34	33.1	32.7	32.6	35.3	35.5	35.5	35.1	35.2	32.5	33.3	33	34.2	34.7	34.8	34.1	-	33.9
10	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-14	34.2	33.5	34.2	34.1	33.8	32	31.4	30.2	32.1	35.2	33.9	32.4	33.2	32.5	33.4	33.9	35	33.8	32.4	33	32.3	33.4	32.5	31	33	33	33.5	33.4	32.2	34	34.9	33.1
11	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ย.-14	34	34.3	33.3	31.3	32	34.2	32.4	34.2	33.7	35	35	34.8	34.7	32.1	34	33.6	33.7	32	31.8	32.6	32.8	34.5	34.4	34.3	34.7	34.8	33.7	32.5	34.4	34.5	-	33.6
12	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ธ.ค.-14	34.5	31.1	31.9	32.5	30.5	33.1	34	32.3	32.3	33	32.3	32.3	29.2	31.4	33	33	27.4	29.5	30.7	31.2	32.5	29	30.5	32.3	33.5	34	33.3	32.4	30	30.3	30	31.7
13	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-15	28.8	28.6	30.8	32.6	33.4	34.8	34	30.2	32.4	29.9	28.4	26.5	29.3	29.5	30.3	31	28.8	30	30.4	31.4	32.7	33.1	31.9	33	33.4	32.3	33.5	33.2	33.4	34.6	31.8	31.4
14	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-15	31.3	31.8	33	33.7	33	32.5	32.8	32.6	33.1	32.5	33.7	32.6	32.6	32.6	32.4	33	32.6	33.2	33.1	33.4	32.6	33.3	33.3	33.5	34.7	34.1	34.7	33.9	-	-	-	33.1
15	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-15	34.3	29.8	33.2	34.3	34.3	34.4	34.5	34.4	35	34.6	34.5	34.3	34.4	34.6	34.5	34.7	33.7	34.2	34.5	34.1	34.4	33.5	33.8	32.8	34	33.5	34.4	34.5	33.1	34.7	35.2	34.1
16	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-15	-	35.9	36.4	35.7	35.1	35.5	36	31	34.7	35.1	35.5	34.2	34.3	34.2	35.6	35.1	35.3	35.2	35.2	36	38.8	38.4	32.3	35.7	31.5	34.7	35.7	35.5	35.8	35.4	-	35.2
17	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-15	37.2	36.9	35.7	34.7	35.3	37.7	36.6	36.7	36.2	36.2	36.4	36.8	34.2	32.6	36.5	36.4	36.8	37	37.6	36.3	36.4	35.5	35.2	36.4	36.6	36.2	35.8	36.2	36.9	36.7	37.8	36.2
18	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-15	38.2	38.5	34.4	36	37.3	38	38.2	35.3	35.5	36.6	37	36.3	35.7	36	34	31.4	33.2	32.8	35.4	35.7	35.3	35.2	34.3	34.3	33.6	32	32.3	34.2	34.3	36.3	-	35.2
19	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-15	35.3	36.2	35.5	37.2	34.2	34.4	35.4	34.5	32.6	35.2	36	34.3	36	34.8	34.3	34.4	33.4	32.5	32.3	30.8	32.4	33.6	34.5	35.4	35.4	35	33.7	34.1	33.7	32.4	32.1	34.2
20	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-15	33.5	32.7	31.4	33.4	33.4	33.7	34.3	33.8	34.9	34.7	35.2	34.7	33	35.6	35.4	36	36.6	36.6	37.4	37.7	34.8	34.5	35	36.4	35.7	34	34.9	33.4	35.5	35.4	34.6	34.8
21	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-15	34.6	35.1	34.8	34.7	34.4	34.7	36.1	35.3	36.2	30.9	30.5	33.9	34.5	33.1	30	30.7	29.4	33.2	33.6	35.8	36.9	33.8	31.2	34	34.5	34.8	36	34.6	34.4	34.2	-	33.9
22	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-15	33	30.9	29.2	31.3	32.9	30.4	33.7	34.6	29.3	33.8	33	31.1	32.1	32.8	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.1

หมายเหตุสรุป :

รหัสสถานี ที่เลือก (455301)

ปี : (2015,2014)

เดือน : (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)

อุณหภูมิต่ำสุด (เซลเซียส)
รายวัน

ที่	สถานี	เดือน/ปี	วันที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	เฉลี่ย
1	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-14	17.3	17.7	18.2	19.3	20.7	21.4	22.1	22.6	22.5	23	20.9	20.7	22.2	20.5	19	16.5	17.9	18.9	18.7	18.7	19.7	17.5	16.1	14.8	15.2	17.9	19.8	19.6	21	21.6	19.9	19.4
2	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-14	21	21.4	21.7	24	25.1	24.8	24.6	24.7	22.2	22.7	21.8	24.5	24.6	24	25.5	26.1	25.4	25.1	25.6	24.4	21.5	21.2	23.8	24.8	24.9	24.6	25.3	24.9	-	-	-	23.9
3	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-14	24.9	25	24.6	24	25	25.8	25.9	25.4	25.9	26.3	26.2	26.4	26.3	25.5	26.8	26.5	27.9	27	27.7	27.7	26.6	26.5	25.2	25.5	26.9	27	27.5	27.5	27	27.7	27.6	26.3
4	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-14	27.7	28.2	28.2	27.5	25.6	24.8	27.3	28.2	28.3	28	28.8	27.9	26.5	26.7	25	27	27.9	28	28.9	28.6	28.5	28	29.6	29	28	28.6	28.3	28.7	28.5	27.4	-	27.8
5	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-14	29.2	28.1	27.3	26.5	27.1	27.6	25.8	26	29	27	24.3	27.6	29	27.6	28.4	-	29.1	28.6	27.1	26.8	27.6	27	26.9	28.3	28.7	28.6	29.2	24.6	27.3	27.2	28.6	27.5
6	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-14	24.2	26.6	29.5	25.3	26.2	26.2	28.3	26.2	27.5	27.3	28.3	26.7	26.2	29	28.4	27.3	27.6	27.4	28.7	27.6	27.6	26.6	25.2	26.8	28.6	27	25.2	27.3	27.2	26.9	-	27.1
7	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-14	25.8	27.2	26.6	27.3	27.7	26.5	28.5	27.6	26.8	26.9	28.5	28.6	27.9	25.6	25.5	25.9	26.2	27	26.8	26.4	27.1	27.1	26.3	25.6	27.3	25.8	25.8	25.7	25.5	25.8	25.8	26.7
8	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-14	26.7	25.3	26.1	25.8	27.4	24.8	25.9	25.1	26.1	25.5	26.2	25.2	26	26	25.4	26	26.9	28.2	26.7	25.3	24.7	25.5	27.1	25.6	25	26.2	24.4	23.7	25.5	25.6	26	25.8
9	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-14	25.5	25.7	25.5	24.5	24.6	25	24.6	25	25.6	25.5	26.6	25.5	26.1	25.1	25.3	25.8	25.8	26.7	26.2	26.4	26.9	27.1	27.8	25.6	24.9	25.8	25.3	27.1	24.8	25.5	-	25.7
10	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-14	24.8	25.5	24.8	24.4	25.3	25.7	24.9	24.1	24.2	25.2	25.4	25.1	24.2	26.7	25.2	24.6	26.2	25.6	26.8	25.4	25.3	26.3	25.6	26.1	24.5	25	25.4	24.2	24.9	25.6	25.6	25.2
11	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ย.-14	25.3	25	26.1	25.9	24.4	26	26.1	25.5	26.4	26.3	26.5	25.5	26.2	25.7	24.9	25.4	25.6	25.3	23.2	23	23.7	24.7	25.2	26.2	26.7	26.7	26.5	25.6	25.7	25.6	-	25.5
12	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ธ.ค.-14	26.6	26.7	26.2	25.4	25.2	25.2	24.3	24.5	23.9	23.2	23.2	25.1	22.7	23.3	21.8	23.4	21.7	21.4	20	21	21	20.9	20.5	20.5	24.6	24.5	24.9	24.9	22.2	20.7	19.3	23.2
13	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-15	20	19.4	18.1	19.5	20.7	22.6	24.6	24.6	23.6	24.6	22.3	20.8	22	19.4	18.5	16.8	19.4	19.2	20.7	18.6	19.3	19.5	20.1	21.8	22.7	22.8	23.1	23.8	24	24.8	25.7	21.4
14	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-15	23.7	21.3	23	21.4	21.8	21.5	19.3	21.2	21.8	20	20.9	24.5	25.7	26.3	23.8	24.8	23.7	25.7	26.6	24.9	25	25.5	23.4	24.3	24.6	26.2	25.7	26.3	-	-	-	23.7
15	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-15	26.8	27.3	26.7	26.7	26.6	27.5	27	26.6	26.2	26.7	26.2	26.4	27.1	27.4	26.7	27.3	27	27.4	27.4	27	28.1	23.5	26.5	26.5	25.1	24.2	25.7	26.6	23.3	25.8	27.1	26.5
16	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-15	-	27.7	24.5	26.5	28.2	27.6	27.7	29	24	27	27.8	25.4	25.8	24.1	23.9	25.7	27.2	28.1	26.7	27.4	28.6	28.5	25.6	25.7	25.3	25.4	25.7	27.3	27.5	28.7	-	26.6
17	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-15	28.5	28.4	29.1	29.2	28.8	27.4	29	29.1	28.3	28.2	28.1	29.3	25.9	26.7	26.3	29	29.1	27.2	27.7	27.6	27.5	27.4	28.5	26.8	28.9	27.6	26.8	25.6	27.5	27.1	27.7	27.9
18	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-15	28.3	28.2	26.7	27.5	28.5	29	29.8	22.1	23	27.7	28.7	27.8	23.5	25.8	25.2	26.6	24.5	25.6	25.6	25.9	25.9	27.7	27	27.7	27.4	27.6	27.7	26.5	26.6	25.5	-	26.7
19	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-15	26.4	26.5	26	26.7	28.7	28.5	26.8	27.8	27.7	27.3	26.7	27	26.7	27.4	26.9	25.4	24.9	27.4	27.6	26.2	26.4	26.3	27.9	27.7	27.4	26.7	27.1	26.2	22.9	24.7	24.5	26.7
20	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-15	23.8	25.3	24.8	24.9	25	26.2	26.2	27.2	26.3	26.5	27	26.5	26.4	26	27.2	27.4	27	25.9	27.6	26.8	26.8	27.8	26.8	27.6	28.4	27.9	26.6	25.4	25	26.8	26.8	26.4
21	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-15	25.5	25.5	25.7	25.3	26.1	25.3	26.9	27.5	27.2	25.4	25	25.3	25.2	24.7	25.4	23.5	25.3	25.9	23.5	25.2	27.2	27.8	25.1	25.4	25.3	25.2	25.9	27	24.6	25.6	-	25.6
22	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-15	25.5	26.2	26.3	25.5	25.1	23.9	25.8	25.2	25.3	25	25.1	24	24.8	24.6	25.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2

หมายเหตุสรุป :

รหัสสถานี ที่เลือก (455301)

ปี : (2015,2014)

เดือน : (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)

ความชื้นสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)
รายวัน

ที่	สถานี	เดือน/ปี	วันที่																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	เฉลี่ย
1	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-14	69	69	72	73	71	72	77	81	67	62	67	66	60	60	56	59	58	59	57	58	55	47	56	60	65	71	70	67	68	70	63	65
2	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-14	71	74	76	81	79	77	78	75	69	75	74	72	75	74	77	77	75	75	78	69	70	73	76	74	75	78	77	75	-	-	-	75
3	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-14	76	77	79	77	77	74	75	74	74	76	72	74	72	75	75	75	70	72	76	77	76	83	70	72	73	74	73	75	75	71	71	74
4	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-14	75	74	73	70	70	73	73	65	64	67	73	75	73	75	70	73	70	71	69	69	65	70	72	74	69	69	68	71	76	75	-	71
5	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-14	71	74	73	77	80	78	79	73	70	74	73	68	69	67	65	63	71	77	72	66	65	67	69	66	72	73	75	77	69	72	69	71
6	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-14	77	73	68	75	81	75	74	79	77	73	73	83	74	75	77	82	77	79	72	75	77	81	76	70	79	81	77	68	70	71	-	76
7	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-14	78	70	71	71	72	71	69	77	70	69	72	72	75	86	84	82	73	76	78	80	79	76	68	74	74	75	75	82	84	81	78	76
8	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-14	78	82	77	79	80	81	85	83	76	72	70	75	74	79	80	79	77	77	80	81	80	82	82	75	79	81	81	77	72	79	74	78
9	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-14	78	78	82	75	79	77	83	74	70	73	78	76	76	78	79	83	76	77	71	71	71	73	71	80	83	82	79	82	80	83	-	77
10	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-14	78	80	81	79	80	79	77	85	85	77	82	77	70	67	67	66	73	69	76	82	82	80	80	87	85	83	81	84	84	81	81	79
11	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ย.-14	81	80	78	83	85	80	85	79	73	72	75	73	70	66	69	68	67	61	64	68	68	66	67	62	65	66	78	84	82	81	-	73
12	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ธ.ค.-14	68	74	72	77	79	74	74	73	69	64	62	59	62	57	63	63	60	58	61	62	62	57	57	57	57	61	77	75	65	63	64	65
13	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-15	61	62	64	65	68	73	74	79	71	77	72	66	62	56	56	59	56	63	61	65	65	64	76	77	78	80	77	79	82	82	84	69
14	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-15	66	66	65	64	57	58	61	70	63	62	73	77	75	76	80	78	78	76	76	78	82	77	80	79	76	73	76	77	-	-	-	72
15	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-15	75	85	80	77	77	77	75	74	74	75	75	75	73	72	75	75	76	77	77	79	77	80	77	81	75	71	69	76	78	75	73	76
16	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-15	74	66	65	70	74	75	74	83	78	74	72	79	64	52	60	74	74	69	74	76	66	67	76	70	82	76	72	75	75	74	-	72
17	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-15	67	74	73	77	80	73	73	78	72	74	73	72	77	78	72	72	70	67	64	70	69	69	70	69	67	74	73	69	68	65	66	71
18	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-15	65	63	71	78	69	67	66	80	74	69	69	71	80	74	75	81	87	83	78	77	66	67	69	70	73	71	76	76	73	65	-	73
19	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-15	70	71	69	63	67	75	78	73	70	70	69	70	76	73	74	71	78	76	80	83	79	75	73	71	69	72	79	78	83	85	85	74
20	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-15	85	84	90	79	73	74	72	72	70	71	72	77	80	72	77	75	70	68	61	69	70	66	71	64	67	69	75	80	72	69	72	73
21	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-15	83	78	77	82	78	75	68	64	66	86	90	81	77	80	83	88	93	80	79	77	73	75	89	80	77	75	74	83	85	84	-	79
22	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกม. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-15	85	87	91	89	84	89	84	78	88	85	85	80	77	73	72	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83

หมายเหตุสรุป :

รหัสสถานี ที่เลือก (455301)

ปี : (2015,2014)

เดือน : (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)

ความเร็วลมสูงสุด(น็อต)
รายวัน

ที่	สถานี	เดือน/ปี	วันที่																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-14	7	6	4	5	7	5	5	5	6	9	6	5	8	10	5	6	7	8	9	7	8	10	5	4	3	5	6	6	5	4	7
2	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-14	4	4	7	7	8	8	7	8	8	6	8	8	7	6	9	8	8	8	9	9	7	6	7	6	8	9	8	9	-	-	-
3	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-14	6	8	8	8	8	9	9	8	8	9	6	7	6	9	5	5	6	8	8	8	9	11	7	6	7	7	8	9	9	8	8
4	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-14	10	9	9	9	7	6	8	6	7	8	8	7	5	8	6	8	8	7	8	9	8	8	8	9	7	9	9	7	6	7	-
5	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-14	9	8	9	5	5	9	4	9	7	7	8	5	6	7	8	-	8	9	6	7	6	7	8	8	7	9	7	7	8	7	7
6	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-14	8	8	7	8	8	9	8	8	9	6	8	6	10	12	9	6	9	9	7	8	8	7	6	9	7	8	8	8	8	7	-
7	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-14	7	6	7	5	9	8	8	8	9	8	8	9	5	8	6	7	8	10	10	8	7	6	8	9	10	9	7	5	6	5	7
8	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-14	5	7	8	8	7	7	9	9	7	8	9	8	8	7	9	6	8	7	7	9	6	7	7	6	6	7	7	7	8	9	7
9	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-14	9	9	6	5	8	8	6	8	4	8	3	6	8	6	9	7	9	8	5	7	7	9	8	4	6	6	3	6	5	6	-
10	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-14	5	8	5	4	5	6	9	8	2	6	5	7	7	8	7	7	6	7	7	5	4	6	6	4	4	4	6	3	3	4	7
11	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ย.-14	8	6	7	6	3	7	8	5	7	6	4	6	6	8	7	7	7	11	8	3	4	5	6	2	6	6	6	5	-	2	-
12	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ธ.ค.-14	6	6	6	6	8	6	4	8	7	9	8	7	6	4	6	5	8	8	8	6	8	7	7	8	6	7	6	7	8	7	8
13	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-15	8	9	5	5	6	3	5	8	7	7	9	6	9	6	8	8	8	6	7	6	6	6	8	5	4	8	6	6	7	3	3
14	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-15	8	5	7	7	4	7	7	9	6	8	6	6	8	8	7	8	6	6	9	6	6	8	5	7	6	8	7	8	-	-	-
15	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-15	6	6	9	9	6	8	7	9	5	8	8	8	9	7	9	9	8	8	6	8	9	6	8	3	6	6	8	6	7	7	7
16	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-15	-	7	7	9	9	6	8	9	8	7	8	5	9	8	5	8	8	8	8	9	4	6	9	7	8	5	7	8	7	4	-
17	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-15	8	7	6	6	9	8	8	9	6	8	8	5	7	8	6	8	6	7	8	9	9	9	10	8	9	9	7	7	8	8	9
18	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-15	8	7	3	7	7	7	8	6	7	5	9	5	6	7	6	4	6	7	8	9	7	6	11	8	7	8	6	7	7	9	-
19	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-15	7	9	8	9	9	5	7	6	7	8	9	6	8	8	8	7	10	8	7	7	9	5	7	4	7	9	7	7	5	7	8
20	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-15	4	8	7	4	7	6	4	6	7	6	4	7	6	7	6	6	8	7	10	6	6	12	7	8	11	7	5	7	8	7	6
21	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-15	7	7	7	7	6	6	6	8	6	3	6	7	5	5	4	8	7	8	4	7	6	8	12	7	8	7	5	4	8	7	-
22	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ.จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-15	5	4	3	4	7	0	4	5	4	7	6	6	4	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุสรุป :

รหัสสถานี ที่เลือก (455301)

ปี : (2015,2014)

เดือน : (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)

ทิศทางลมสูงสุด(องศา)
รายวัน

ที่	สถานี	เดือน/ปี	วันที่																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-14	50	40	130	30	40	80	140	200	50	50	40	50	50	50	50	60	50	90	50	50	50	50	10	60	50	40	50	50	40	130	50
2	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-14	170	180	180	190	180	190	190	180	190	180	180	220	200	190	200	210	190	190	210	20	90	190	210	190	200	210	220	210	-	-	-
3	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-14	210	190	210	190	200	210	200	190	200	190	220	210	200	210	190	200	180	210	190	190	180	210	190	210	180	180	190	210	190	190	170
4	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-14	190	230	190	190	180	210	170	180	190	190	150	190	170	190	190	200	190	190	190	210	190	220	190	190	200	210	180	210	210	190	-
5	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-14	200	170	210	180	180	90	160	230	230	180	240	190	240	230	240	-	230	190	220	280	220	240	200	230	230	20	220	180	170	210	210
6	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-14	190	210	210	220	200	180	200	220	190	230	230	230	230	170	230	200	230	180	210	230	190	230	230	230	210	230	280	230	240	50	-
7	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-14	210	220	230	190	210	230	240	230	230	230	240	180	200	210	190	240	230	230	220	220	220	240	220	180	210	180	230	240	230	210	230
8	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-14	220	230	220	230	230	220	180	190	190	240	230	230	220	190	180	220	170	220	200	180	180	230	210	210	240	190	190	230	270	230	230
9	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-14	230	220	230	280	230	230	220	230	230	210	220	240	310	220	230	230	230	210	310	240	220	230	210	210	130	170	220	190	240	220	-
10	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-14	90	230	200	350	90	60	40	90	70	230	230	70	80	50	50	60	120	50	80	120	350	50	310	40	60	50	180	320	80	310	40
11	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ย.-14	80	140	80	40	30	90	280	40	80	90	50	80	30	40	40	50	70	50	50	80	70	40	40	50	50	50	180	180	-	200	-
12	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ธ.ค.-14	50	30	80	80	50	80	40	50	50	50	50	80	50	50	50	50	30	30	50	30	50	40	30	50	40	50	90	50	50	50	50
13	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ม.ค.-15	40	50	40	60	190	160	150	50	50	320	40	40	80	350	50	30	50	50	60	80	50	70	210	210	90	230	180	160	230	190	180
14	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.พ.-15	40	40	60	130	30	50	130	100	50	100	150	160	130	190	230	200	180	180	180	200	230	190	180	200	180	180	210	210	-	-	-
15	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มี.ค.-15	170	170	190	170	140	210	170	200	190	180	190	210	200	200	190	210	180	210	210	190	210	190	190	210	90	50	140	190	210	230	190
16	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	เม.ย.-15	-	180	280	180	210	170	180	120	210	180	220	260	70	110	170	200	210	190	190	210	210	170	180	70	130	180	320	170	140	180	-
17	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	พ.ค.-15	190	180	180	180	200	190	210	210	190	160	170	190	170	200	190	190	210	220	200	210	190	220	200	230	200	210	230	230	200	230	220
18	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	มิ.ย.-15	220	240	140	230	210	220	180	230	210	210	190	220	180	210	200	190	210	220	210	250	240	280	240	240	230	210	210	230	230	230	-
19	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ค.-15	210	240	230	240	100	230	210	230	230	230	200	230	200	200	220	220	220	230	210	200	210	200	200	220	210	210	230	230	200	200	230
20	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ส.ค.-15	240	230	200	210	240	220	220	230	230	220	220	180	220	220	210	230	230	300	300	180	240	240	230	280	230	230	240	230	210	210	240
21	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ก.ย.-15	220	230	210	220	210	200	240	250	240	190	230	330	230	300	280	310	180	200	70	280	280	280	280	230	240	190	210	220	230	210	-
22	455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร	ต.ค.-15	90	280	190	220	220	-	220	240	310	180	220	320	60	30	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุสรุป :

รหัสสถานี ที่เลือก (455301)

ปี : (2015,2014)

เดือน : (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12)

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายอาทิตย์ชัย เตชสกุลวิทย์
วัน เดือน ปีเกิด	6 ธันวาคม 2530
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปี 2553
สถานที่ทำงาน	บริษัท สยามโอคามูระสตีล จำกัด
	อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกไอเอสโอ และความปลอดภัย